



ANNALES

DES MINES.

## COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur remplissant les fonctions de secrétaire :

MM.

COMBES, inspecteur général de 1<sup>re</sup> cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines, *président*.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général de 1<sup>re</sup> cl., (en retraite) membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collège de France et à l'École des mines.

DE BOUREUILLE, conseiller d'État, inspecteur général de 1<sup>re</sup> cl., secrétaire général du ministère de l'Agriculture, du commerce et des travaux publics.

DE BILLY, inspecteur général de 1<sup>re</sup> cl.

PIÉRARD, inspecteur général de 1<sup>re</sup> cl.

DE HENNEZEL, inspecteur général de 1<sup>re</sup> classe.

BAUDIN, inspecteur général de 2<sup>e</sup> cl.

GRUNER, inspecteur général de 2<sup>e</sup> cl., professeur de métallurgie.

DUSOUCH, inspecteur général de 2<sup>e</sup> cl.

MM.

DAUBRÉE, inspecteur général de 2<sup>e</sup> cl., membre de l'Académie des Sciences, professeur de minéralogie.

COUCHE, inspecteur général de 2<sup>e</sup> cl., professeur de construction et de chemins de fer.

HARLÉ, inspecteur général de 2<sup>e</sup> cl.

DE CHEPPE, ancien chef de la division des mines.

CALLON, ingénieur en chef de 1<sup>re</sup> cl., professeur d'exploitation.

DUPONT, ingénieur en chef de 1<sup>re</sup> cl., professeur de droit des Mines.

BAYLE, ingénieur en chef de 2<sup>e</sup> cl., professeur de paléontologie.

DELESSE, ingénieur en chef de 2<sup>e</sup> cl., professeur de drainage.

LAMÉ-FLEURY, ingénieur en chef de 2<sup>e</sup> cl., secrétaire du conseil général des mines.

MOISSENET, ingén. ordinaire de 1<sup>re</sup> cl., *secrétaire de la commission*.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'ingénieur, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES, rue de la Vieille-Estrapade, n° 17, à Paris.*

### Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 12 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE CUSSET ET C<sup>o</sup>, RUE RACINE, 26.

# ANNALES DES MINES

OU

## RECUEIL

### DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

### SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XIV.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE V<sup>o</sup> DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

1868



---

**BIBLIOGRAPHIE.**

---

**DEUXIÈME SEMESTRE DE 1868.**

---

**OUVRAGES FRANÇAIS.**

---

*1° Mathématiques pures.*

- Annales de l'observatoire impérial de Paris, publiées par U. J. Le Verrier, directeur de l'observatoire. Mémoires, t. IX, in-4, VIII-450 p. et 4 pl. (7519).
- BRESSE. Cours de mécanique appliquée, professé à l'école impériale des ponts et chaussées. 2<sup>e</sup> édition, 2<sup>e</sup> partie. Hydraulique, in-8, XXII-568 p. et pl. (7550).
- BRETON. Problèmes de la théorie des ondes, résolus par la géométrie pure, in-8, 8 p. (9580).
- COMMINES DE MARSILLY (de). Recherches mathématiques sur les lois de la matière, in-4, VIII-162 p. (9591).
- LABROSSE. Tables des azimuts du soleil correspondant à l'heure vraie du bord, entre les parallèles 55° sud et 55° nord, in-8, XXVII-155 p. (5332).
- LAGARRIGUE. Récréations scientifiques, ou exposé des faits les plus intéressants et les plus curieux dans les sciences mathématiques, physiques et naturelles, in-18 jésus, 431 p. (5335).
- LEMONNIER. Mémoires sur les surfaces dont les lignes de courbure sont planes ou sphériques, in-4, 112 p. (5545).
- LEMONNIER. Mémoire sur les points d'inflexion et les points steiner dans les lignes de troisième ordre, in-4, 48 p. (6382).
- ROBIN. Des lieux géométriques, in-8, 24 p. (8657).

2° *Physique et chimie.*

- ABRIA. Voyage de la lumière au travers des cristaux, ou de la structure des corps étudiée à l'aide de leurs propriétés optiques, in-18, 47 p. (5411).
- BÉRARD. La chaux, in-8, 51 p. (8018).
- BOUSSINGAULT. Agronomie, chimie agricole et physiologie. 2<sup>e</sup> édition, revue et considérablement augmentée, t. IV, in-8, 409 p. (5459).
- CÉZANNE. Le câble transatlantique, in-18, 72 p. (5447).
- FREYCINET (de). Rapport supplémentaire sur l'assainissement industriel et municipal en France et à l'étranger, in-8, 186 p. et 12 pl. (6352).
- GASPARIN (de). Deuxième mémoire sur l'analyse des terres arables, in-8, 52 p. (10059).
- GIRARDIN. Chimie générale et appliquée. Enseignement spécial et professionnel, 5<sup>e</sup> année, in-8, 286 p. (8509).
- KÜHLMANN. Note sur l'extraction et l'industrie du soufre dans les solfatares de la Sicile, in-8, 26 p. (7385).
- LARTIGUE. Études sur les mouvements de l'air à la surface terrestre et dans les régions supérieures de l'atmosphère; suivies du résumé des lois qui régissent les tempêtes et les ouragans, in-8, 54 p. (5558).
- LEBOUCHER. Recherches expérimentales et théoriques sur un cas particulier de la théorie des corps flottants, in-4, 29 p. et pl. (9778).
- MARTIN (de). Les trois formes de la matière minérale, organique, organisée, in-8, 169 p. (6005).
- NAQUET. De l'atmicité, in-8, 25 p. (5768).
- POIRÉ. Leçons de chimie appliquée à l'industrie, à l'usage des industriels, des écoles normales primaires, des établissements d'instruction primaire supérieure, des écoles professionnelles, etc., in-18 Jésus, III-487 p. (9525).
- WURTZ. Traité élémentaire de chimie médicale, comprenant quelques notions de toxicologie et les principales applications de la chimie à la physiologie, à la pathologie, à la pharmacie et à l'hygiène, 2<sup>e</sup> édition, t. I, chimie inorganique, in-8, VI-672 p. (5855).

3° *Géologie, minéralogie, métallurgie.*

- BENOIST. Note sur le grès infraliasique du département de la Meurthe, in-8, 6 p. et pl. (8017).
- BEUDANT. Minéralogie, géologie, 12<sup>e</sup> édition, in-12, XXII-45 p. (8744).
- BOURLOT. Histoire de l'homme antédiluvien, âges du mammoth, de l'ours des cavernes et du renne, in-8, 59 p. (5647).
- Bulletin de la Société de l'industrie minérale, t. XII, 1866-1867, in-8, 200 p. et pl. (8752).
- CAZALIS DE FONDOUGE. Recherches sur la géologie de l'Égypte, d'après les travaux les plus récents, notamment ceux de M. Fighari-Bey et le canal maritime de Suez, in-8, 96 p. (8762).
- CORDIER et d'ORBIGNY. Description des roches composant l'écorce terrestre et des terrains cristallins constituant le sol primitif; avec indication des diverses applications des roches aux arts et à l'industrie, ouvrage rédigé d'après la classification, les manuscrits inédits et les leçons publiques de feu P. L. A. Cordier, professeur de géologie au muséum d'histoire naturelle, membre de l'Institut, in-8, XVI-555 p. (9989).
- DAUBRÉE. Substances minérales, in-8, 540 p. (7335).
- DOLFUS AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers, t. VIII, (1<sup>re</sup> partie). Observations météorologiques et glaciaires au col du Saint-Théodule (Valais), station Dolfus Ausset 3.335 mètres alt. Grand in-8, X-637 p. (5935).
- Éléments de géologie à l'usage des séminaires et des collèges par M. l'abbé C. P., ancien professeur d'histoire naturelle, 2<sup>e</sup> édition entièrement refondue et enrichie de 51 pl. contenant plus de 140 vignettes, in-12, XIV-241 p. (8078).
- FRIEN. Quelques mots sur une bélemnite du lias moyen, in-8, 12 p. et pl. (9715).
- JACQUOT, TERQUEM et BARRE. Description géologique et minéralogique du département de la Moselle, in-8, VII-494 p. et 5 pl. (7181).
- PETITGAND. La métallurgie à l'exposition universelle de 1867, à Paris. Le cuivre, son histoire, ses usages. État présent, méthodes et procédés de traitement, etc., in-8, 110 p. (9492).
- RAULIN. Le terrain houillier. Conférence, in-8, 15 p. (9851).
- AULIN. Éléments de géologie (géologie de France). Ouvrage rédigé conformément aux programmes officiels de 1866 pour l'enseignement secondaire spécial (première année), in-18 Jésus, 286 p. (8902).

- REYNÈS. Essai de géologie et de paléontologie aveyronnaise, in-8, 110 p. et 7 pl. (9856).
- VERNEUIL (de) et DE LORIERE. Description des fossiles du néocène supérieur de Utrilas et ses environs (province de Teruel), 1<sup>re</sup> livraison, in-4, VII-34, p. (8701).

4<sup>e</sup> Mécanique appliquée. Exploitation et droit des mines.

- ARMENGAUD. Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques, comprenant les notions préliminaires sur l'hydraulique, les calculs et tables sur les dépenses d'eau, les applications aux roues à aubes planes et à aubes courbes, aux roues à augets recevant l'eau sur le sommet et sur le côté et aux turbines ou roues horizontales de divers systèmes, 2<sup>e</sup> édition entièrement refondue et augmentée, et accompagnée d'un atlas de 34 pl. in-folio, in-4, VIII-552 p. (7276).
- AUDENET. Consommation de combustible des machines à vapeur marines, in-8, 56 p. (6097).
- BESSON. Blindage à clavette et à renforts, in-8, 59 p. et 3 pl. (5452).
- BONNEFOY, HUBAC, JOUBLIN, MOREL, MOUCHE et POSTEC. Les machines à vapeur marines et les propulseurs à l'exposition universelle de 1867. Rapports adressés à S. E. M. le ministre de la marine, accompagnés de 36 pl. gravées, in-8, IV-178 p. (8747).
- Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, t. LXII, in-4 à 2 colonnes, 451 p. et 60 pl. (5667).
- Description des machines et procédés pour lesquels les brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, t. LXIII, in-4 à 2 colonnes, 424 p. et 60 pl. (7812).
- Description des machines et procédés pour lesquels les brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre des travaux publics, t. LXIV, in-4, à 2 colonnes, 459 p. et 52 pl. (10870).
- LAMÉ FLEURY. Code annoté des chemins de fer en exploitation ou recueil méthodique et chronologique des lois, décrets, ordonnances, arrêtés, circulaires, etc., concernant l'exploitation tech-

nique et commerciale des chemins de fer, publiés, commentés, annotés, au moyen de décisions des autorités administratives et judiciaires, 2<sup>e</sup> édition, tenue au courant de la législation et de la jurisprudence, in-8, XVI-1125 p. (6541).

5<sup>e</sup> Constructions. Chemins de fer.

- COUCHE. Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer; ouvrage suivi d'un appendice sur les travaux d'art, t. I<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> fascicule, in-8, 561-525 p. et pl. 21 à 35 (5661).
- DARTEIN (de). Étude sur l'architecture lombarde et sur les origines de l'architecture romano-byzantine, livraisons 6 à 10, 49-96 p. (9994).
- DU BOIS et LUCAS. Biographie universelle des architectes célèbres, 2<sup>e</sup> fascicule, livraisons 3, 4, 5. Aa-Abb, in-8, 1-52 p. (9025).
- DURFAY. Guide du constructeur ou analyse de prix des travaux de bâtiments et ouvrages d'arts comprenant la terrasse, la maçonnerie, la plâtrerie, le carrelage et le pavage, l'asphalte, la fumisterie, la marbrerie, la peinture, etc., avec un tableau du poids des fers carrés, méplats et ronds, des fils de fer, de la tôle, etc., 5<sup>e</sup> édition, in-8, 566 p. (9407).
- ECK. Traité complet de constructions en poteries, fer, tôle et briques perforées, à l'usage des bâtiments civils, industriels et militaires; suivi d'un recueil de machines anciennes et modernes appropriées à l'art de bâtir; dédié à tous les constructeurs, avec 84 pl., 1<sup>re</sup> vol., 2<sup>e</sup> édition, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> parties, in-4, 281 p. (8795).
- FORQUENOT. Note sur les expériences de traction de la compagnie d'Orléans (1857 à 1866). in-8, 57 p. et pl. (8809).
- GOSCHLER. Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer, t. IV. Service de l'exploitation, administration, in-8, xx-688 p. (7567).
- JOLY. Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution des eaux dans les habitations particulières, à l'usage des architectes, des entrepreneurs et des propriétaires, in-8, XII-212 p. (8574).
- MICHELOT. Expériences sur la résistance des matériaux à l'écrasement, in-8, 15 p. (9475).
- SMILES. La vie de Stephenson, comprenant l'histoire des chemins de fer et de la locomotive. Ouvrage traduit de l'anglais par F. Landolphe, in-18 Jésus, 428 p. et vignettes (9550).
- VIOLLET LE DUC. Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle, 2<sup>e</sup> édition, t. III, in-8, 517 p. (9349).

6° *Sujets divers.*

- Agenda Oppermann, à l'usage des ingénieurs, architectes, agents voyers, conducteurs de travaux, mécaniciens, etc., 1869, in-8, 178 p. (10822).
- AMPLOUX DE BELLEVAL. Du sel marin, ses avantages et ses inconvénients pour l'agriculture provençale, in-8, 124 p. (9570).
- Assainissement du littoral méditerranéen du département de l'Hérault. Rapports de l'ingénieur et chef des ponts et chaussées du département de l'Hérault, in-8, 221 p., 5 tableaux et 2 pl. (9563).
- BEAU DE ROCHAS. Commentaire de la loi portant création d'une caisse d'assurance en cas d'accidents résultant de travaux agricoles et industriels en ce qui touche la responsabilité des entrepreneurs; suivi de l'analyse des statuts de la caisse sanitaire, association mutuelle des entrepreneurs pour la compensation des risques de leur responsabilité civile en matière d'accidents, in-8, 127 p. (8965).
- BELGRAND et LEMOINE. Étude sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866, in-8, 80 p. (9568).
- BERT. La machine humaine, 1<sup>re</sup> partie. Équilibre de la matière, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> édition, 2<sup>e</sup> partie. Équilibre de la force (5431).
- BOUET WILLAUMEZ. Tactique supplémentaire à l'usage de la flotte cuirassée, 1<sup>er</sup> août 1864, tirage de juin 1868, in-8, 33 p. (5437).
- CHARIE MARSAINES. Mémoire sur le sauvetage des naufragés, in-8, 52 p. (6928).
- CHRITEN. Traité scientifique de l'art du lapidaire, contenant la théorie et la pratique de cet art; les connaissances chimiques et minéralogiques nécessaires aux lapidaires; la taille de chaque pierre précieuse y compris celle de quelques autres fossiles gemmes, etc., avec planches, dessins, ustensiles et outils relatifs à cet art, in-18 jésus, 491 p. (8043).
- Conférences faites à la gare Saint-Jean, à Bordeaux, sous le patronage de la compagnie du chemin de fer du Midi, 1<sup>re</sup> série, in-18 jésus, 524 p. (5455).
- DELAGARDE. Agriculture. Les engrais perdus dans les campagnes (2 milliards par an), comment on les recueille et comment on les emploie, procédés aussi simples qu'économiques à la portée des plus pauvres cultivateurs; 2<sup>e</sup> édition, in-18 jésus, 156 p. (8525).

- DELOGRE. Note sur l'expédition au pôle nord, projetée par M. Gustave Lambert, hydrographe français, in-8, 16 p. (6506).
- DIDRON. Les vitraux à l'exposition universelle de 1867, in-4, 62 p. (9021).
- DISLÈRE. Notes sur la marine américaine, in-8, 41 p. (6498).
- DUNKELBERG. De la création des prairies irriguées, principes économiques et techniques, suivis d'un appendice sur le drainage et l'irrigation par le drainage. Traduit de l'allemand par Achille Cochart, ex-sous-chef du service agricole à l'exposition de 1867 (Billancourt), avec 2 pl. en couleur et 95 figures dans le texte, in-8, VII-215 p. (9412).
- DUPERREY. Risie maritime. Étude rétrospective sur la canalisation de cette rivière, de son embouchure à Pont-Audemer, in-8, 76 p. (9052).
- Études sur l'exposition de 1867. Annales et archives de l'industrie au XIX<sup>e</sup> siècle, nouvelle technologie des arts et métiers, des manufactures, de l'agriculture et des mines, etc., t. V, in-8, VIII-440 p. et 47 pl. (7157).
- FIGIER. L'année scientifique et industrielle; ou exposé des travaux scientifiques, etc., 7<sup>e</sup> année (1862), in-8, jésus 552 p. (5487).
- FLACHAT. Marine à vapeur commerciale, in-8 p. (7162).
- FONTANE. De la marine marchande à propos du percement de l'isthme de Suez, in-8, 355 p. (6531).
- FREPPÉ. Les droits et les devoirs de la science, discours prononcé par M. l'abbé Freppé à la distribution des prix du collège Stanislas, le 11 août 1868, in-8, 10 p. (6956).
- JAMES. Accidents et maladies. Premiers soins à donner avant l'arrivée du médecin, in-18 jésus, IV-405 p. (5510).
- KERANSTRET (de). Des ordres de bataille dans les combats à l'épée, in-8, 50 p. (6361).
- KOPP. Propriétés et emploi de la nitroglycérine dans les carrières, in-8, 26 p. (7186).
- LA BARRE-DUPARCQ (de). Des rapports entre la richesse et la puissance militaire des États. Mémoire lu à l'Académie des sciences morales et politiques, in-8, 127 p. (5515).
- LESSEPS (de). Le percement de l'isthme de Suez, in-18, 50 p. et carte (5542).
- Loi sur l'achèvement des chemins vicinaux et documents parlementaires relatifs à cette loi, publiés par Son Excellence M. Pinard, ministre de l'intérieur, in-4, 484 p. (7000).
- MARCHAL. Nouvelle notice sur les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande communication; précédée

- des observations faites sur la première notice par MM. les agents voyers en chef de Loir-et-Cher de la Côte-d'Or, in-8, 50 p. (7008).
- MARTIN. Des machines, conséquences économiques et morales qui résultent de leur puissance productive, deuxième conférence faite à Périgueux, le 25 novembre 1867, in-8, 55 p. (10420).
- Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, t. V, 5<sup>e</sup> cahier, in-8, 135-278 p. (9091).
- Mémoires de la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. Année 1867, 3<sup>e</sup> série, 4<sup>e</sup> volume, in-8, 698 p. (9092).
- Mémoires de la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. Année 1867, 3<sup>e</sup> série, 5<sup>e</sup> volume, in-8, 618 p. (9093).
- MÉRISSE. Les marais salants de l'ouest, leur passé, leur présent et leur avenir; avec une carte du salin de Guérande, plan d'une saline, tableau des récoltes de 1796 à 1867, tableau de l'enlèvement des sels, tableau de la Société des sels, in-8, 196 p. (8610).
- NIEUWERKERKE (de). Rapport de M. le comte de Nieuwerkerke, sénateur, surintendant des beaux-arts, sur la situation des musées impériaux pendant le règne de Napoléon III (1855-1866), in-8, 183 p. (9109).
- PASSY. L'industrie humaine, in-8, 52 p. (5376).
- PINTA. Le labourage à vapeur, ses frais comparés à ceux du labourage ordinaire, in-8, 14 p. (7050).
- Programme des conditions d'admission aux Écoles des mines, in-12, 12 p. (7954).
- Programme des conditions d'admission à l'École centrale d'architecture, in-12, 8 p. (8645).
- Quel est l'ennemi héréditaire de l'Allemagne. in-8, 47 p. (7053).
- RICHARD. Vérité sur les salines. Quelques mots sur le passé, l'état présent et l'avenir des marais salants de l'ouest, des salins du Midi, des salines de l'Est et des salines du Sud-Ouest, in-8, 16 p. (8908).
- ROBERT. Les améliorations sociales du second empire, 2 vol., in-8, 159 p. (5592).
- SAGERET. Du progrès maritime, étude économique et commerciale, in-8, 404 p. (9149).
- VIVENOT (de). De l'influence de la compression et de la raréfaction de l'air sur les actes mécaniques et chimiques de la respiration. Traduit de l'allemand par le docteur Thierry-Mieg, in-8, 27 p. (7102).

## OUVRAGES ANGLAIS.

- M. F. MAURY. *The Physical Geography of the Sea*. Géographie physique de la mer; 15<sup>e</sup> édition.
- C. W. PUIGKULL. *A Summer in Iceland*. Un été en Islande; traduction par le Rév. M. R. Barnard.
- REV. ROBERT FRASER. *The Seaside Naturalist...* Le naturaliste des bords de la mer: zoologie, botanique et géologie.
- M. REIMANN. *On Aniline...* De l'Aniline et de ses dérivés; traité de la fabrication de l'Aniline; revu par W. Crookes.
- D. T. ANSTED. *Geological Gossip*. Causeries sur la géologie.
- T. G. BONNEY. *The Alpine Regions...* Les régions alpestres de la Suisse et des contrées voisines.
- J. A. WANKLYN. *Water Analysis...* Traité pratique de l'analyse des eaux potables.
- BATTY. *Catalogue of the copper coinage...* Catalogue des monnaies, jetons, etc... en cuivre de la Grande-Bretagne, de l'Irlande et des colonies anglaises.
- R. MURRAY. *Treatise on marine Engines...* Traité des machines marines et des vaisseaux à vapeur; 4<sup>e</sup> édition, revue par E. Nugent.
- MUNGO PONTON. *Earthquakes...* Tremblements de terre et volcans.
- J. BOURNE. *Examples...* Exemples de machines de construction récente, mues par la vapeur, l'air ou le gaz: 1<sup>re</sup> partie.
- CAPT. GOODENOUGH. *Notes on gunpowder*. Notes sur la poudre à canon.
- J. MATHER. *The coal mines...* Les mines de houille; leurs dangers, moyens d'y remédier.
- J. LOGAN LOBLEY. *Mount Vesuvius...* Le Vésuve: description, histoire... liste des minéraux.
- ED. DOBSON. *A rudimentary...* Traité élémentaire de la fabrication des briques et des tuiles; 4<sup>e</sup> édition, avec additions par Robert Mallet.
- H. N. HUMPHREYS. *The coinage of the British Empire*. Les monnaies de l'Angleterre et de ses possessions.
- EDWIN LEES. *The botany of the Malvern Hills...* Botanique et aperçu géologique des Malvern Hills.
- J. MITCHELL. *A Manual of practical Assaying*. Manuel de l'essayeur, édité par William Crookes.

- ED. DAVIDSON. *The railways of India...* Les chemins de fer de l'Inde, leur début, leur développement et leur construction.
- ELLIS. A. DAVIDSON. *Orthographic...* Des projections orthogonale et isométrique.
- R. A. PEACOCK. *Physical and historical evidences...* Preuves physiques et historiques de l'affaissement des terres sur de vastes étendues, le long des côtes nord et ouest de la France.
- THOMAS BOX. *A practical treatise on heat...* Traité pratique de la chaleur, à l'usage des ingénieurs et des architectes.
- SIR DAVID BREWSTER. *Lettars...* Lettres sur la magie naturelle; nouvelle édition.
- W. M. BUCHANAN. *Dictionary...* Dictionnaire des termes scientifiques.
- W. CROOKES et E. ROHRIG. *A practical treatise on metallurgy...* Traité pratique de métallurgie, arrangé sur la dernière édition allemande de la métallurgie du professeur Kerl.
- W. POTTS. *A system of ventilation...* Système de ventilation, applicable aux habitations, aux bâtiments publics, aux hôpitaux, etc.
- W. F. REID. *A practical...* Traité pratique de la fabrication du ciment de Portland.
- Society of Engineer's transactions for 1867.* Transactions de la société des ingénieurs, pour l'année 1867.
- GÉNÉRAL FRANCIS RAWDON CHESNEY. *Narrative...* Récit de l'expédition de l'Euphrate, exécutée par ordre du gouvernement anglais, pendant les années 1855, 1856 et 1857.
- W. GRAHAM. *The Brassfounder's manual...* Manuel du fondeur en bronze; 2<sup>e</sup> édition, revue et augmentée.

## OUVRAGES AMÉRICAINS.

- J. L. BISHOP. *A History...* Histoire des manufactures en Amérique de 1608 à 1860; nouvelle édition, 5 volumes in-8.
- E. LOOMIS. *A Treatise...* Traité de météorologie.
- A. T. BLEDSOE. *Philosophy of Mathematics.* Philosophie des mathématiques.
- H. V. POOR. *Manual of the Railroads...* Manuel des chemins de fer des États-Unis pour 1868-69.
- S. A. MITCHELL. *New general Atlas.* Nouvel Atlas général.

- J. D. DANA. *A System of Mineralogy.* Traité de minéralogie; 5<sup>e</sup> édition, revue et augmentée.
- J. ROSS BROWNE. *Report on the mineral...* Rapport sur les ressources minérales des États et des territoires situés à l'ouest des montagnes Rocheuses.
- B. HARDINGE. *On the original...* Sur le mode de formation de l'or.

## OUVRAGES ITALIENS.

- ATTI DELLA R. ACADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO. Vol. III; 2<sup>e</sup> liv. *Preparazioni dei legnami...* Préparation des bois avec le résidu bitumineux du raffinage du pétrole; par SOBRERO.
- Cenni su alcuni minerali italiani.* Notes sur quelques minéraux de l'Italie; par STROVER.
- BADIN. *Grotte e caverne.* Grottes et cavernes.
- CAPELLINI. *Giacimenti...* Gisements de pétrole de la Valachie: leur relation avec les terrains tertiaires de l'Italie centrale.
- Compte-rendu des travaux de la 6<sup>e</sup> session du congrès international de statistique réuni à Florence en 1867; publié par ordre de M. de Blassis.
- ISSEL. *Dei molluschi...* Sur les mollusques terrestres et d'eau douce recueillis dans l'Archipel de Malte.
- MARCHI. *Descrizione...* Description d'un nouveau thermomètre enregistreur à maxima et minima.
- Esposizione...* Exposition universelle de 1867 à Paris. Rapport des commissaires.
- PULVIRENTI. *Ricerche chimiche...* Recherches chimiques pour servir à l'étude des vins de la Sicile.
- T. SANTOPADRE et F. CARDELLI. *Illustrazione...* Histoire des eaux minérales de Riolo.
- BATTISTA. *Il combustibile...* Le combustible de l'Italie.
- O. BECCARI. *Cenno di un viaggio...* Notes d'un voyage à Bornéo; bulletin de la Société géographique italienne: 1<sup>re</sup> année, 362 p.
- CANEVA. *Studi sulla teoria.* Études sur la théorie de la lumière.
- CHIOSTRI. *Dell'influenza...* De l'influence du son sur l'électricité atmosphérique.
- G. BELLAVITIS. *Considerazioni...* Considérations sur les mathématiques pures.

- CAMPANI et GABRIELLI. *Acque...* Composition chimique des eaux minérales thermales de Gallevaje, val de Cecina, Toscane.
- D'ACHIARDI. *Studio comparativo...* Étude comparée des coraux des terrains tertiaires du Piémont et des Alpes Venètes.
- DE ZIGNO. *Flora fossilis...* Les plantes fossiles de l'oolite.
- Statistica del Regno d'Italia.* Statistique de l'industrie minérale d'après les rapports des ingénieurs du corps royal des mines.
- ATTI del R. *istituto veneto di scienze, lettere ed arti.* Compte rendu de l'Institut royal vénitien, t. XII et t. XIII.
- BIZIO. *Analisi...* Analyse de l'eau minérale de Staro.
- BRIOSCHI. *Sopra le equazioni...* Sur les équations du 8<sup>e</sup> degré.
- COCCHI. *L'origine...* De l'origine des combustibles fossiles.
- PASINI. *Studii...* Les études géologiques en Italie, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.
- SCHIAPARELLI. *Sulla velocità...* Sur la vitesse des météores cosmiques et sur leur mouvement à travers l'atmosphère terrestre.
- SISMONDA. *Nuove osservazioni...* Nouvelles observations géologiques sur les terrains anthracifères des Alpes.

---

 OUVRAGES ALLEMANDS.

- GÜMBEL. *Geognostische Beschreibung...* Description géologique du royaume de Bavière, 2<sup>me</sup> partie. (Gotha.)
- *Beiträge...* Études sur la formation de la craie (procène) dans le nord-ouest de la Bohême, comparée avec les dépôts contemporains en Bavière et en Saxe. (Munich.)
- WAGNER. *Die Darwin'sche Theorie...* La théorie de Darwin, et la loi de migration des êtres organisés. (Leipzig.)
- WEIKAUFF. *Die Conchylien des Mittelmeeres...* Les coquillages de la mer Méditerranée, leur étendue géographique et géologique, 2<sup>me</sup> volume. (Cassel.)
- WIEBE. *Skizzenbuch...* Recueil de croquis pour l'ingénieur et le constructeur de machines. (Berlin.)
- Bergwerks-u. Hüttenkarte...* Carte des mines et usines de la Westphalie. (Essen.)
- Berg-u. hüttenmännisches Jahrbuch...* Annales des mines et usines des académies de Schemnitz, de Léoben et de Przibram pour 1867. (Vienne.)

- REDTENBACHER. *Résultats scientifiques et pratiques destinés à la construction des machines,* traduction française de la 4<sup>me</sup> édition de l'ouvrage allemand, nouvelle édition. (Heidelberg.)
- BERENDT. *Beitrag zur Lagerung...* Étude sur la position et l'étendue du terrain tertiaire dans la province de Prusse. (Königsberg.)
- Allgemeines Berggesetz...* Législation générale sur les mines pour le royaume de Saxe, du 16 juin 1868. (Dresde.)
- BALLING. *Die Eisenindustrie Böhmens...* L'industrie du fer en Bohême; histoire, statistique et traitement actuel. (Prague.)
- ETTINGSHAUSEN, *die fossile Flora...* Flore fossile du bassin tertiaire de Bilin. (Vienne.)
- GINTL. *Über die Bestimmung d. Kohlenstoffgehaltes...* Sur la détermination de la teneur en carbone des variétés de graphite. (Vienne.)
- TSCHERMAK. *Über Damourit...* Sur la Damourite, comme produit de transformation.
- *Optische Untersuchung d. Sylvin...* Examen optique de la sylvine.
- *Optische Untersuchung der Boraxkrystalle...* Examen optique des cristaux de borax.
- *Ein Hilfsmittel...* Un moyen de développer l'équation du phénomène chimique dans la formation d'un minéral. (Vienne.)
- Zeitschrift...* Journal de la société des mines et usines de la haute Silésie, par Körfer, 7<sup>me</sup> année. (Breslau.)
- ABICH. *Geologische Beobachtungen...* Observations géologiques sur des voyages dans les montagnes situées entre le Kour et l'Aras, Arménie. (St-Petersbourg.)
- NAUMANN, *Elemente der Mineralogie...* Éléments de la minéralogie, 7<sup>me</sup> édition. (Leipzig.)
- BACH. *Geologische Karte...* Carte géologique de l'Europe centrale. (Stuttgart.)
- HOCHSTETTER et BISCHING. *Leitfaden...* Guide de la cristallographie descriptive, pour servir à l'étude de la minéralogie. (Vienne.)
- HRABAK. *Über die Anwendung...* Sur l'emploi de la détente variable dans les machines à vapeur pour l'extraction dans les puits de mines.
- *Die Dampfmaschinen Berechnung...* Tables et règles pratiques pour le calcul des machines à vapeur. (Prague.)
- DÜNKER. *Paläontographica.* Études sur l'histoire naturelle du monde ancien. (Cassel.)
- LESOINNE. *Die mechanische Aufbereitung...* Préparation mécanique

- des minerais et des houilles, ouvrage posthume publié par Aug. Gillon, nouvelle édition. (Leipzig.)
- LOTTNER. *Geognostische Skizze...* Esquisse géologique du terrain houiller de Westphalie, 2<sup>me</sup> éd. (Iserlohn.)
- HUGGINS. *Ergebnisse der spectral-analyse...* Résultats de l'analyse spectrale appliquée aux corps célestes, avec suppléments par W. KLINGERFUES. (Leipzig.)
- Mineralogische Studien.* Études minéralogiques, recueil de monographies scientifiques. (Breslau.)
- BÜCHNER, 6 *Vorlesungen...* 6 Leçons sur la théorie de Darwin, au sujet de la transformation des espèces, et de la première formation du monde organisé. (Leipzig.)
- HÄIDINGER. *Der Meteorsteinfall...* La chute de météorites de Slavotié en Croatie, le 22 mai 1868. (Vienne.)
- REIM. *Analyse eines Leuchtgases...* Analyse d'un gaz d'éclairage extrait de résidus de pétrole. (Vienne.)
- WEISSMAN. *Über die Berechtigung...* Une leçon sur la rectification de la théorie de Darwin. (Leipzig.)
- ZEPHAROVICH. *Mineralogische Mittheilungen.* Communications sur la minéralogie à l'Académie des sciences de Vienne.  
— *die Krystallform...* Forme cristalline de quelques molybdates et de l'inosite. (Vienne.)
- BLAESE. *Katechismus der Chemie...* Principes de la chimie, pour l'enseignement élémentaire de la minéralogie. (Riga.)
- KOENEN. *Das marine Mittel-Oligocän...* La formation marine de l'oligocène moyen (système rupélien, Dumont; étage tongrien, Mayer) dans l'Allemagne du nord, et ses mollusques. (Cassel.)
- Mittheilungen...* Comptes rendus de la société des architectes et ingénieurs de la Bohême. (Prague.)
- SÄDEBECK. *Über die Krystallform...* Sur la forme cristalline de la pyrite de cuivre. (Berlin.)
- SCHILLING. *Traité d'éclairage par le gaz,* traduit en français par Edm. Servier. (Munich.)
- RITTINGER. *Erfahrungen...* Expériences relatives à l'art des mines et usines pendant l'année 1867. (Vienne.)
- MAYER. *Catalogue systématique et descriptif des fossiles des terrains tertiaires,* qui se trouvent au musée de Zurich, 3<sup>me</sup> cahier. (Zurich.)
- FRANKE et RAABE. *Geognostische Specialkarte...* Carte géologique du duché de Schaumbourg, exécutée sous la direction de M. Dunker. (Berlin.)

- FUCHS. *Beitrag zur Kenntniss...* Étude sur les coquilles fossiles du terrain tertiaire du Vincentin, 1<sup>re</sup> partie. (Vienne.)
- Jahresbericht...* Rapport annuel sur les progrès de la chimie, et des parties qui s'y rapportent dans les autres sciences, par H. Will, avec la collaboration de Th. Engelbach, Al. Naumann et C. Zœpritz. (Giessen.)
- QUENSTEDT. *Petrefactenkunde Deutschlands.* Paléontologie de l'Allemagne, 2<sup>me</sup> vol. (Leipzig.)
- SÜESS. *Über die Gliederung...* Sur la structure du terrain du Vincentin. (Vienne.)
- ULLIK. *Mineral-chemische Untersuchungen...* Recherches de chimie minérale. (Vienne.)
- WINKLER. *Vorträge...* Leçons sur la construction des chemins de fer. (Prague.)
- DÜRRE. *Aphorismen über Giessereibetrieb.* Aphorismes sur la conduite d'une fonderie.  
— *Über die Constitution des Roheisens.* Sur la Constitution de la fonte. (Leipzig.)
- FEISTMANTEL. *Beobachtungen über...* Observations sur quelques plantes fossiles du bassin houiller de Radnic. (Prague.)
- FRANKENHEIM. *Zur Krystallkunde...* La science des cristaux, 1<sup>er</sup> volume; caractère des cristaux. (Leipzig.)
- MICHAELIS. *Die hydraulischen Mörtel...* Les mortiers hydrauliques et spécialement le ciment de Portland, considéré au point de vue de la chimie et des arts. (Leipzig.)
- *Beiträge...* Matériaux pour la géologie et la paléontologie, publiés par W. BENECKE, avec la collaboration de U. Schlämmbach et W. Waagen. (Munich.)
- SIEVERS, *Uebersichtskarte...* Carte d'ensemble des mines et usines du district de Dortmund. (Iserlohn.)

# ANNALES DES MINES.



---

## NOTE

SUR UN SYSTÈME DE ROUES EMPLOYÉES POUR UNE LOCOMOTIVE  
ROUTIÈRE.

Par M. WORMS DE ROMILLY, ingénieur des mines.

---

On a construit des locomotives routièrès dont les roues présentaient une disposition particulière qui permettait de faire reposer directement la machine sur l'essieu.

Les rais de ces roues, au lieu d'être rigides, sont formés de ressorts en arc de cercle, dont les extrémités (Pl. I, fig. 1) sont recourbées en anneaux. Une série de boulons également distants font saillie sur la jante et sur le moyeu, et reçoivent les anneaux qui sont emmanchés sur eux à frottement doux. La jante et le moyeu, au lieu de former un système invariable, sont par conséquent mobiles l'une par rapport à l'autre. Nous nous proposons de déterminer l'intensité des efforts supportés par chaque ressort lorsqu'une charge est appliquée à l'essieu, et les déplacements du moyeu par rapport à la roue.

*Nature des forces auxquelles chaque ressort est soumis.* — Si une pression est exercée sur l'essieu, chaque ressort sera soumis à ses extrémités à un effort déterminé. Soient  $F_x$ ,  $F_y$  les composantes de la force appliquée à l'extrémité B (fig. 2), suivant les directions rectangulaires  $BB'$ ,  $BB''$ , et

$F'_x, F'_y$ , les composantes de la force appliquée en B'; les trois relations :

$$F_x + F'_x = 0, \quad F_y + F'_y = 0, \quad F_x \times BB' = 0,$$

expriment que le ressort est en équilibre sous l'action des forces qui agissent sur lui, et on en tire :

$$F_x = F'_x = 0, \quad F_y = -F'_y.$$

Ainsi chaque ressort est soumis à deux forces égales et opposées et dirigées suivant la droite qui joint ses points d'attache à la jante et au moyeu.

*Forme que prend un ressort sous l'action des forces F.* — Nous avons dit que les ressorts étaient en forme d'arc de cercle; si la force F n'est pas assez grande pour produire une déformation considérable, on peut supposer que le ressort reste circulaire.

Soit BEB' (fig. 1) un ressort rapporté à la tangente menée par le milieu de l'arc BB' et à la normale en ce point, les forces sont appliquées aux points C, C'. Quand le ressort est abandonné à lui-même, son rayon de courbure est  $\rho$ , et l'angle au centre de l'arc BE est  $\omega$ ; désignons par  $d$  l'ordonnée du point B et par  $b + d$  celle du point C; par  $2L$  la longueur de l'arc BB', et par  $2l$  celle de la corde BB' = CC'. Si la force F cesse d'être nulle, le ressort se déforme, son rayon de courbure devient  $\rho'$ , et soit alors  $\Omega$  l'angle des normales en E et en B; le moment de la force F, par rapport à un point quelconque du ressort, devra être égal à  $\frac{EI}{\rho'} - \frac{EI}{\rho}$  pour que l'équilibre ait lieu: E étant le coefficient d'élasticité du métal, I le moment d'inertie de la section par rapport à la fibre neutre. Voyons ce que fournit cette condition pour les points B et C.

En B, on a

$$\frac{EI}{\rho'} - \frac{EI}{\rho} = Fb;$$

d'où on tire, en remplaçant  $\rho'$  par  $\rho + d_1\rho$ ,

$$d_1\rho = -\frac{Fb\rho^2}{EI}.$$

En E, on a de même :

$$(a) \quad \frac{EI}{\rho''} - \frac{EI}{\rho} = F(b + \rho'' - \rho'' \cos \Omega).$$

Le ressort ne change pas de longueur en se déformant; on a donc :

$$L = \rho\omega = \rho''\Omega,$$

ce qui, en posant

$$\rho'' = \rho + d_2\rho, \quad \Omega = \omega + d\omega,$$

donne

$$\rho d\omega + \omega d_2\rho = 0.$$

En remplaçant dans l'équation (a)  $\rho''$  et  $\cos \Omega$  par les valeurs déduites de ces relations et négligeant les secondes puissances de  $d_2\rho$  et  $d\omega$ , on trouve :

$$d_2\rho = -\frac{F(b+d)\rho}{\frac{EI}{\rho} + F\left(d - \frac{Ll}{\rho}\right)}.$$

Or  $\frac{Ll}{\rho}$  diffère peu de  $2d$ ; donc, à cause de l'équation (a), le terme  $F\left(d - \frac{Ll}{\rho}\right)$  est du même ordre de grandeur que  $\frac{EI}{\rho} d_2\rho$ , on peut donc le négliger à côté de  $\frac{EI}{\rho}$ , et il vient :

$$d_2\rho = -\frac{F(b+d)\rho^2}{EI}.$$

Nous avons supposé que le ressort, après sa déformation, était encore circulaire; en prenant pour le rayon de cour-

bure la moyenne des valeurs des rayons de courbure extrêmes, nous nous écarterons très-peu de la vérité et nous pouvons poser :

$$d\rho = \frac{d_1\rho + d_2\rho}{2} = - \frac{F\rho^2 \left(b + \frac{d}{2}\right)}{EI},$$

$d\rho$  étant l'accroissement de longueur du rayon primitif de courbure du ressort.

Appelons  $2A$  la longueur de la corde du ressort après la déformation.

$$A = \rho \sin \omega = l + \left(l - L + \frac{Ld}{\rho}\right) \frac{d\rho}{\rho}$$

ou, en remplaçant  $d\rho$  par sa valeur :

$$(1) \quad A = l - F\rho \frac{\left(b + \frac{d}{2}\right) \left(l - L + \frac{Ld}{\rho}\right)}{EI},$$

$$A^2 = l^2 - 2F l \rho \frac{\left(b + \frac{d}{2}\right) \left(l - L + \frac{Ld}{\rho}\right)}{EI}.$$

*Mise en équation du problème.* — Considérons une roue munie d'un nombre  $n$  de ressorts disposés symétriquement et soumise à une force  $P$  appliquée sur l'essieu. Les points d'attache des ressorts sur la jante et sur le moyeu seront régulièrement répartis sur deux circonférences de rayons  $R$  et  $r$ ; prenons pour axes deux droites rectangulaires menées par le centre de la jante que nous supposons fixe, l'axe des  $x$  passant par l'axe du boulon  $M$  sur lequel est fixé un des ressorts (fig. 2). Soit  $m$  le point d'attache du même ressort sur le moyeu; l'inclinaison de la droite  $mM$  que nous appellerons la corde du ressort dépendra de la position du point  $m$ ; si nous désignons par  $\theta_i$  l'angle formé

avec l'axe des  $x$  par la corde du  $i^{\text{ème}}$  ressort, nous aurons :

$$\theta_1 = 0, \quad \theta_i = \frac{2(i-1)}{n} \pi + 0.$$

Appliquons à l'essieu une force  $P$  dont la direction fasse un angle  $\lambda$  avec l'axe des  $x$ , le moyeu se déplacera par rapport à la jante, les ressorts se déformeront, et un nouvel état d'équilibre s'établira. Soit  $F_i$  la force qui agit alors sur le  $i^{\text{ème}}$  ressort, suivant la direction de sa corde, et  $\varepsilon_i$  ce qu'est devenu l'angle  $\theta_i$  après la déformation; les deux relations

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_1^n F_i \cos(\varepsilon_i - \lambda) = P \\ \sum_1^n F_i \sin(\varepsilon_i - \lambda) = 0 \end{array} \right.$$

exprimeront deux des trois conditions d'équilibre.

Le centre du moyeu s'est déplacé; ses coordonnées ne sont plus nulles. Désignons-les par  $\mu, \zeta$ .

Les coordonnées du point  $M$  sont :

$$X_i = R \cos \frac{2(i-1)\pi}{n}, \quad Y = R \sin \frac{2(i-1)\pi}{n}.$$

Celles du point  $m$  étaient d'abord :

$$\begin{aligned} x'_1 &= p, & y'_1 &= q. \\ x'_i &= r \cos \left( \frac{2(i-1)}{n} \pi + \arcsin \frac{q}{r} \right), \\ y'_i &= r \sin \left( \frac{2(i-1)}{n} \pi + \arcsin \frac{q}{r} \right), \end{aligned}$$

$p$  et  $q$  étant les coordonnées du point  $m$  correspondant au point  $M$  situé sur l'axe des  $x$  et satisfaisant par suite à la relation

$$(3) \quad p^2 + q^2 = r^2.$$

Le déplacement du moyeu peut être regardé comme

formé d'une translation qui amène le centre au point  $\mu, \xi$ , puis d'une rotation d'un angle  $\eta$  autour de ce point.

Les coordonnées nouvelles des points  $m$  seront donc après la déformation :

$$\begin{aligned} x_i &= \mu + r \cos \left[ 2 \left( \frac{i-1}{n} \right) \pi + \eta + \arcsin \frac{q}{r} \right] \\ y_i &= \xi + r \sin \left[ 2 \left( \frac{i-1}{n} \right) \pi + \eta + \arcsin \frac{q}{r} \right]. \end{aligned}$$

La longueur  $2A_i$  de la corde du  $i^{\text{ème}}$  ressort sera donnée par la relation

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} 4A_i^2 &= \left[ R \cos \frac{2(i-1)}{n} \pi - \mu - r \cos \left( \frac{2(i-1)}{n} \pi + \eta + \arcsin \frac{q}{r} \right) \right]^2 \\ &\quad + \left[ R \sin \frac{2(i-1)}{n} \pi - \xi - r \sin \left( \frac{2(i-1)}{n} \pi + \eta + \arcsin \frac{q}{r} \right) \right]^2. \end{aligned} \right.$$

Il nous reste à exprimer que le moment des forces  $F_i$  est nul par rapport au centre du moyeu par lequel passe la résultante  $P$ , ce qui fournit l'équation :

$$(5) \quad \sum_1^m F_i r \cos \left( \varepsilon_i + \frac{\pi}{2} - \frac{2(i-1)}{n} \pi - \eta - \arcsin \frac{q}{r} \right) = 0.$$

Remarquons que l'angle  $\varepsilon_i$  est facile à exprimer en fonction des autres variables; on a :

$$(6) \quad \left\{ \begin{aligned} \sin \varepsilon_i &= \frac{Y_i - y_i}{2A_i} = \\ &= \frac{R \sin \frac{2(i-1)}{n} \pi - \xi - r \sin \left( \frac{2(i-1)}{n} \pi + \eta + \arcsin \frac{q}{r} \right)}{2A_i} \\ \cos \varepsilon_i &= \frac{X_i - x_i}{2A_i} = \\ &= \frac{R \cos \frac{2(i-1)}{n} \pi - \mu - r \cos \left( \frac{2(i-1)}{n} \pi + \eta + \arcsin \frac{q}{r} \right)}{2A_i}. \end{aligned} \right.$$

Nous avons donc  $2n + 5$  inconnues  $F_1 \dots F_n, A_1 \dots A_n \dots, \mu, \xi, \eta, p, q$  et  $2n + 4$  équations 1, 2, 3, 4, 5.

On peut donc prendre arbitrairement l'une des variables,  $p$  par exemple.

Expression du rapport  $\frac{F_i}{A_i}$ . — L'équation (1) nous donne pour  $F_i$  en fonction de  $A_i^2$  la valeur

$$F_i = 4h(l^2 - A_i^2),$$

en posant

$$h = \frac{EI}{8l\rho \left( b + \frac{d}{2} \right) \left( l - L + \frac{Ld}{\rho} \right)}.$$

D'autre part, l'équation (4) développée nous donne

$$4A_i^2 = 4l^2 - a - 2b \cos \alpha - 2c \sin \alpha,$$

où

$$a = 4l^2 - R^2 - \mu^2 - \xi^2 - r^2 + 2Rp + 2rq\eta,$$

$$b = R\mu - \mu p - \xi q - \xi p \eta + \mu q \eta,$$

$$c = R\xi + \mu q - \xi p + \xi q \eta + \mu p \eta,$$

$$\alpha = \frac{2(i-1)}{n} \pi.$$

et par conséquent

$$F_i = h(a + 2b \cos \alpha + 2c \sin \alpha).$$

Enfin, en remplaçant  $F_i$  par cette valeur dans l'expression (1) de  $\Lambda_i$ :

$$\Lambda_i = l - \frac{1}{8l}(a + 2b \cos \alpha + 2c \sin \alpha).$$

Remarquons que  $\Lambda_i$  sera d'autant moins différent de  $l$  que le second terme sera plus faible. La fatigue du ressort dépend donc de la grandeur de ce terme. Pour le rendre minimum, il faut rendre tel le facteur :

$$a + 2b \cos \alpha + 2c \sin \alpha.$$

Or  $b$ ,  $c$  sont du même ordre de grandeur que  $\mu$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ , tandis que  $a$  contient des termes que l'on peut considérer comme très-grands par rapport à ces quantités, et dont la somme est :

$$4l^2 - R^2 - r^2 + 2Rp.$$

Supposons que la corde du ressort, lorsque la roue n'est soumise à aucun effort, soit tangente à la circonférence du moyeu au point  $m$  (fig. 5), le triangle  $omM$  donne :

$$R^2 = 4l^2 + r^2, \quad Rp = r^2;$$

d'où

$$4l^2 - R^2 - r^2 + 2Rp = 0.$$

et l'expression de  $a$  devient :

$$a = -\mu^2 - \zeta^2 - 2Rq\eta.$$

En outre, comme

$$a + 2b \cos \alpha + 2c \sin \alpha$$

est alors très-petit par rapport à  $l$  et  $h$ , on peut prendre pour le rapport  $\frac{F_i}{\Lambda_i}$  l'expression approchée

$$(7) \quad \frac{F_i}{\Lambda_i} = \frac{h}{l}(a + 2b \cos \alpha + 2c \sin \alpha).$$

*Développement de l'équation (5).* — L'équation (5) peut s'écrire en développant les calculs et en tenant compte de ce que l'angle  $\eta$  est très-petit :

$$\sum_1^n F_i [(q + \eta p) \cos(\varepsilon_i - \alpha) - (p - \eta q) \sin(\varepsilon_i - \alpha)] = 0.$$

En complétant le développement et substituant à  $\sin \varepsilon_i$ ,  $\cos \varepsilon_i$ , les valeurs (6), on trouve :

$$\sum_1^n \frac{F_i}{\Lambda_i} (G \cos \alpha + H \sin \alpha + D) = 0,$$

dans laquelle

$$(8) \quad \begin{cases} G = p\xi - q\mu - \eta(p\mu + q\xi), \\ H = -(p\mu + q\xi) - \eta(p\xi - q\mu), \\ D = R(p + p) + \eta R(p - q) \end{cases}$$

ou enfin à cause des valeurs (7)

$$(9) \quad \sum_1^n (G \cos \alpha + H \sin \alpha + D)(a + 2b \cos \alpha + 2c \sin \alpha) = 0.$$

*Développement des équations (2).* — Les équations (2) peuvent s'écrire :

$$\begin{aligned} \sum_1^n F_i (\cos \varepsilon_i \cos \lambda + \sin \varepsilon_i \sin \lambda) &= P, \\ \sum_1^n F_i (\sin \varepsilon_i \cos \lambda - \cos \varepsilon_i \sin \lambda) &= 0 \end{aligned}$$

et en substituant à  $\sin \varepsilon_i$ ,  $\cos \varepsilon_i$ ,  $F_i$ , etc., leurs valeurs trouvées plus haut :

$$\frac{Pl}{h} = \sum_1^n (a + 2b \cos \alpha - 2c \sin \alpha) \begin{cases} \cos \lambda (R \cos \alpha - \mu - p \cos \alpha + \eta p \sin \alpha + \\ \quad + q \sin \alpha + \eta q \cos \alpha), \\ + \sin \lambda (R \sin \alpha - \xi - p \sin \alpha - \eta p \cos \alpha - \\ \quad - q \cos \alpha + \eta q \cos \alpha). \end{cases}$$

La seconde équation se déduirait de celle-ci en remplaçant  $\sin \lambda$  par  $\cos \lambda$ ,  $\cos \lambda$  par  $-\sin \lambda$ , et en supprimant le terme qui forme le second membre.

Valeur de  $\sum_1^n \cos^n \alpha \sin^m \alpha$ . — Le signe  $\sum_1^n$  qui se trouve devant les termes des équations (9) et (10) exprime qu'il faut faire la somme des valeurs obtenues en remplaçant  $\alpha$  par les  $n$  quantités comprises dans la formule  $2 \left( \frac{i-1}{n} \right) \pi$ ; dans ces équations, nous avons mis en évidence les facteurs qui dépendent de  $\alpha$ , et l'on voit qu'il suffit de connaître la valeur des expressions

$$\Sigma \sin \alpha, \quad \Sigma \cos \alpha, \quad \Sigma \sin^2 \alpha, \quad \Sigma \cos^2 \alpha, \quad \Sigma \sin \alpha \cos \alpha.$$

Quant aux termes qui ne contiennent pas de facteur dépendant de  $\alpha$ , il faudra les multiplier par  $n$ , puisque dans la sommation ils seront répétés  $n$  fois.

Les expressions cherchées nous seront données par les relations connues :

$$\sum_1^n \cos(i-a)\beta k = \frac{\sin \frac{n\beta k}{2} \cos(n-1) \frac{\beta k}{2}}{\sin \frac{\beta}{2} k},$$

$$\sum_1^n \sin(i-1)\beta k = \frac{\sin \frac{n\beta k}{2} \sin(n-1) \frac{\beta k}{2}}{\sin \frac{\beta}{2} k}.$$

Si  $\beta$  est de la forme  $\frac{2\pi}{n}$  et  $k < n$ , les numérateurs des seconds membres contiennent le facteur nul  $\sin \frac{n\beta k}{2} = \sin nk\pi$ , et les dénominateurs, le facteur  $\sin \frac{\beta}{2} k = \sin \frac{k}{n} \pi$ , qui ne peut pas être nul dans ces conditions. On a donc :

$$\sum_1^n \cos(i-1) \frac{2\pi}{n} = \sum_1^n \cos \alpha = 0,$$

et de même :

$$\sum_1^n \sin \alpha = \sum_1^n \sin 2\alpha = \frac{1}{2} \sum_1^n \sin \alpha \cos \alpha = 0,$$

$$\sum_1^n \cos 2\alpha = \sum_1^n \cos^2 \alpha = \sum_1^n \sin^2 \alpha = 0.$$

On a d'autre part :

$$\sum_1^n \cos^2 \alpha + \sum_1^n \sin^2 \alpha = \sum_1^n 1 = n,$$

et par suite :

$$\sum_1^n \cos^2 \alpha = \sum_1^n \sin^2 \alpha = \frac{n}{2}.$$

Résolution de l'équation (9). — En vertu de ces relations, l'équation (9) se réduira, après suppression du facteur  $n$  commun à tous les termes, à :

$$aD + bG + cH = 0,$$

ou, en effectuant les calculs et négligeant les termes du troisième degré en  $\mu, \xi, \eta$  :

$$2R^2q(p-q)\eta^2 + 2Rq^2(p+q)\eta - R(p+2q)(\mu^2 + \xi^2) = 0.$$

Le terme en  $\eta^2$  peut être négligé à cause du terme en  $\eta$ ; il reste donc

$$\eta = \frac{p+2q}{2R(p+q)} (\mu^2 + \xi^2).$$

Ainsi, l'angle  $\eta$  est infiniment petit par rapport à  $\mu$  et  $\xi$ , et nous pouvons négliger les termes qui le contiennent en facteur devant ceux qui sont du premier degré en  $\mu$  ou  $\xi$ .

Résolution des équations (10). — En opérant comme nous l'avons fait pour l'équation (9), et négligeant, en outre, les termes en  $\eta$ , la première équation (10) devient :

$$-a(\mu \cos \lambda + \xi \sin \lambda) + b[(R-p)\cos \lambda - q \sin \lambda], \\ + c[q \cos \lambda + (R-p)\sin \lambda] = \frac{2PL}{nh}.$$

La seconde, déduite de celle-ci par la règle que nous avons indiquée, est

$$a(\mu \sin \lambda - \xi \cos \lambda) - b[(R - p) \sin \lambda + q \cos \lambda] + c[(R - p) \cos \lambda - q \sin \lambda] = 0.$$

Si on multiplie la première de ces équations par  $\sin \lambda$ , la deuxième par  $\cos \lambda$ , et qu'on les ajoute membre à membre, on obtient les équations plus simples qui suivent :

$$-a\xi - bq + c(R - p) = \frac{2Pl}{nh} \sin \lambda,$$

$$-a\mu + b(R - p) + cq = \frac{2Pl}{nh} \cos \lambda.$$

Remarquons d'ailleurs que le facteur  $a$  ne contient que des termes en  $\mu^2$ ,  $\xi^2$ ,  $\eta$ ; on peut donc ne pas en tenir compte. Quand on remplace  $b$ ,  $c$  par leurs valeurs, l'inconnue  $\mu$  disparaît de la première équation,  $\xi$  de la seconde, et on a enfin :

$$(11) \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu = \frac{2Pl \cos \lambda}{nh(R^2 - r^2)} = \frac{16Pl^2 \rho \left(b + \frac{d}{2}\right) \left(l - L + \frac{Ld}{\rho}\right)}{n(R^2 - r^2)EI}, \\ \xi = \frac{2Pl \sin \lambda}{nh(R^2 - r^2)}, \end{array} \right.$$

et par conséquent :

$$(12) \quad \eta = -\frac{(p + 2q)}{2Rq(p + q)} \frac{4P^2 l^2}{n^2 h^2 (R^2 - r^2)^2}.$$

Si nous supposons  $\cos \lambda = 1$ ,  $\xi$  est nul, la valeur trouvée plus haut pour  $F$ , devient

$$F_i = [2(R - p) \cos \alpha + 2q \sin \alpha] \frac{2Pl}{n(R^2 - r^2)},$$

dont les maxima et minima ont lieu pour

$$-2(R - p) \sin \alpha + 2q \cos \alpha = 0 \quad \text{tg } \alpha = \frac{q}{R - p},$$

et sont

$$F_{ma} = \frac{4Pl}{n\sqrt{R^2 - r^2}}, \quad F_{mi} = -\frac{4Pl}{n\sqrt{R^2 - r^2}}.$$

Si  $\omega$  est la largeur d'un ressort,  $\tau$  sa hauteur,  $\epsilon$  désignant l'effort maximum que doit supporter le métal employé, la condition d'équarrissage sera donnée par l'inégalité :

$$(13) \quad \epsilon > \frac{\tau}{2I} F_{ma},$$

qui donne

$$\omega \tau^2 > \frac{24Pl}{n\epsilon \sqrt{R^2 - r^2}} \left[ b + d + \frac{4Pl\rho \left(b + \frac{d}{2}\right) \left(d - \frac{Ll}{\rho}\right)}{n\sqrt{R^2 - r^2}EI} \right],$$

ou en prenant pour la flèche la valeur  $(b + d)$  qui est un peu trop faible :

$$\omega \tau^2 > \frac{24Pl(b + d)}{n\epsilon \sqrt{R^2 - r^2}};$$

mais on devra alors adopter pour  $\omega$  et  $\tau$  des valeurs un peu supérieures à celles qu'indiquerait cette formule.

*Roue soumise à l'action d'un couple.* — Nous avons supposé dans ce qui précède qu'une force unique était appliquée sur l'essieu. Voyons maintenant quelle serait la déformation causée par un couple agissant sur lui.

Si nous désignons par  $f$  l'intensité du couple appliqué à l'essieu et par  $F$  l'intensité du couple appliqué à la jante, chaque ressort peut être considéré comme soumis à des forces  $f = \frac{f}{n}$ ,  $F = \frac{F}{n}$ , dirigées suivant les tangentes au moyeu et à la jante,  $n$  étant le nombre des ressorts.

Nous décomposerons les forces  $f$ ,  $F$  en composantes  $f_1$ ,

$F_2$  dirigées suivant les droites  $MO$ ,  $mO$  menées du point d'application de ces forces au centre de la roue et en composantes  $f_1$ ,  $F_1$  dirigées suivant la corde du ressort  $Mm$  (fig. 5).

Nous avons d'abord la relation

$$FR = f'r.$$

Désignons par  $\alpha$  l'angle  $moM$ , par  $\theta$  l'angle  $mMo$ , et par  $\eta$  l'angle dont tourne l'essieu sous l'action du couple.

Après la déformation  $\alpha$  est devenue  $\alpha + \eta$  et  $\theta$  est devenu  $\theta + \gamma$ .

Nous avons d'ailleurs par définition

$$F_2 = \frac{F'}{\sin(\theta + \gamma)} = \frac{r}{R} \frac{f'}{\sin(\theta + \gamma)}, \quad f_1 = \frac{f'}{\sin(\alpha + \eta + \theta + \gamma)}.$$

Pour qu'il y ait équilibre, il faut que

$$(14) \quad r \sin(\alpha + \eta + \theta + \gamma) = R \sin(\theta + \gamma),$$

et dans le triangle  $mMo$ , nous avons

$$r \sin(\alpha + \eta) = Mm \sin(\theta + \eta),$$

ou en remplaçant  $Mo$  par sa valeur  $2A$  (1) :

$$(15) \quad r \sin(\alpha + \eta) = \left(2l - \frac{F}{4lh}\right) \sin(\theta + \eta) = \\ = \frac{r}{R} \left(2l - \frac{F}{4lh}\right) \sin(\alpha + \theta + \eta + \gamma).$$

Lorsque la roue est libre, on a dans le triangle  $mMo$  :

$$\frac{\sin(\alpha + \theta)}{R} = \frac{\sin \theta}{r} = \frac{\sin \alpha}{2l} = \frac{1}{R},$$

en admettant, comme dans le cas d'une force unique appliquée à l'essieu, que la corde du ressort abandonné à lui-

même est tangente à la circonférence du moyeu, c'est-à-dire que  $omM$  est droit.

En ayant égard à cette égalité, l'équation (14) donne

$$\gamma = 0,$$

et l'équation (15) devient

$$\eta = -\frac{F}{4lhR \cos \alpha} = -\frac{Fr}{4lh\rho},$$

$p$  étant l'abscisse du point  $m$ .

Enfin, la condition d'équarrissage sera

$$\omega \tau^2 > \frac{6(b+d)f}{n\varepsilon}$$

ou plus exactement

$$\omega \tau^2 > \frac{6f}{n\varepsilon} \left[ b + d + f\rho \frac{\left(b + \frac{d}{2}\right) \left(d - \frac{Ll}{\rho}\right)}{nEI} \right].$$

Dans les locomotives, les ressorts sont intercalés, pour ainsi dire, entre l'essieu et les bielles motrices, qui doivent se déformer pour suivre les déplacements des essieux.

L'emploi des roues à ressorts présenterait donc des avantages pour les locomotives routières qui doivent marcher sur des terrains peu unis, où les secousses sont nombreuses et violentes. Cette disposition isole complètement l'appareil moteur, ce qui permettrait de simplifier son mécanisme toujours compliqué dans les locomotives routières. Il faudrait d'ailleurs ne pas donner aux roues un trop grand diamètre, sans quoi on serait conduit à des dimensions exagérées pour les ressorts.

## NOTE

SUR L'INVENTION DU PROCÉDÉ BESSEMER POUR LA FABRICATION  
DE L'ACIER.

Par M. E. DE BILLY, inspecteur général des mines.

Les moyens de produire la fonte, l'acier et le fer en très-grandes masses sont d'invention moderne; la sidérotechnie, à peu près stationnaire pendant des siècles, prend, depuis environ quatre-vingts ans (\*), un essor déterminé tantôt par le perfectionnement des anciens procédés, tantôt par l'invention de méthodes nouvelles, qui subissent à leur tour des perfectionnements.

L'introduction des méthodes de fabrication au combustible minéral, et surtout celle du puddlage, a fait faire un grand pas; aujourd'hui, c'est l'invention du procédé Bessemer qui vient marquer une nouvelle époque dans la métallurgie du fer.

L'importance de ce procédé, le rang élevé que tenaient à l'exposition universelle de 1867 les produits de cet ingénieux moyen de fabrication m'avaient engagé, comme membre du jury des récompenses de la classe 40, à proposer la plus haute distinction en faveur de l'inventeur, et j'ai eu la satisfaction de voir cette idée, accueillie par le jury de classe et par celui du cinquième groupe, recevoir la sanction de la commission impériale.

Amené par cette circonstance à rédiger un rapport à l'appui de ma proposition, j'avais formé le projet d'écrire,

---

(\*) On sait que le traitement des minerais de fer au coke date de 1740, et que l'invention du puddlage est de 1783.

pour les *Annales des mines*, un mémoire plus étendu sur la situation actuelle du procédé Bessemer, sur les perfectionnements qu'il a subis depuis son application industrielle, sur ceux qu'il attend encore pour être d'un usage plus général, sur l'importance qu'il a acquise dans la métallurgie du fer. Et déjà j'avais mis la main à l'œuvre, quand M. Bessemer, que je ne connaissais pas alors, vint m'offrir, dans les meilleurs termes, ses remerciements au sujet de ma participation à la récompense qui lui avait été décernée. Depuis lors, il s'était établi entre nous des relations qui, soit par la conversation, soit par correspondance, ont ajouté, aux documents que j'avais tirés de différents côtés, des détails nombreux et précis sur les circonstances de l'invention, détails bien propres à donner de l'intérêt à ma notice projetée.

J'attendais encore quelques renseignements complémentaires lorsque parut le beau travail de M. l'inspecteur général Grüner (\*), où les considérations techniques et scientifiques, concernant le nouveau procédé, sont exposées d'une manière si claire et si complète qu'en y revenant aujourd'hui, je m'exposerais à des répétitions dénuées d'intérêt. Dès lors, il m'a paru préférable de modifier la forme de ma notice, et de me borner aux détails historiques relatifs à l'invention, et dont aucune publication n'avait encore parlé.

Mais antérieurement déjà, MM. Grüner et Lan avaient décrit le procédé Bessemer dans leur ouvrage métallurgique sur l'Angleterre (\*\*); plus tard, deux autres ingénieurs des mines, MM. de Cizancourt et Castel, avaient inséré dans nos *Annales*, le premier, une étude sur l'acier, où il décrit le

(\*) Grüner : de l'acier et de sa fabrication. *Annales des mines*, 6<sup>e</sup> série, t. XII, p. 207.

(\*\*) État présent de la métallurgie du fer en Angleterre; par MM. Grüner et Lan. Paris, 1862).

même procédé (\*), l'autre un mémoire spécial sur la fabrication de l'acier par cette méthode à l'usine de Gratz, en Autriche (\*\*), publications très-instructives auxquelles, ainsi qu'au mémoire récent de M. Grüner, nous renvoyons pour les détails techniques et industriels.

Il n'est pas sans intérêt de suivre dans leurs phases diverses, dans leurs développements, les idées et les faits qui ont abouti à une grande découverte, de parcourir avec l'inventeur la voie souvent bien irrégulière qui l'a conduit au succès. Plus d'une fois on a vu un chercheur ingénieux, poursuivant la réalisation d'une idée, ne pas atteindre ce but, mais trouver, à côté, ce qui était bien loin de sa pensée, et arriver à un résultat dépassant de beaucoup en importance la solution du problème qu'il s'était proposé.

L'invention du procédé Bessemer en est un curieux exemple.

M. Bessemer se trouvant à Paris vers la fin de 1854, entretint l'un de ses amis, sans d'ailleurs y attacher de l'importance, d'une invention permettant d'imprimer le mouvement de rotation à un projectile de forme allongée dans un canon à parois lisses, ajoutant qu'il avait été fort étonné de ce que les autorités de l'arsenal de Woolwich ne l'avaient pas jugé digne d'être soumis à l'épreuve.

Cet ami, persuadé que l'empereur des Français trouverait intérêt à connaître l'invention, sollicita et obtint en faveur de M. Bessemer une audience de Sa Majesté qui, après avoir écouté l'inventeur, n'hésita pas à lui dire que s'il désirait mettre son invention en pratique à Vincennes, il y trouverait toute espèce de facilités. Mais M. Bessemer, craignant les difficultés à naître de son peu de connaissance de la langue française, sollicita une seconde audience de l'empereur.

(\*) De Cizancourt. Etude sur l'acier, *Annales des mines*, 6<sup>e</sup> série, t. IV, p. 225.

(\*\*) Castel. Fabrication de l'acier par le procédé Bessemer à l'usine de Gratz, *Annales des mines*, 6<sup>e</sup> série, t. VIII, p. 149.

reur, afin d'informer Sa Majesté de ses hésitations et d'obtenir d'elle l'autorisation de fabriquer les projectiles dans son propre établissement de Londres. Non-seulement l'empereur y accéda, mais il ajouta qu'il entendait prendre à sa charge les frais que cette manière d'opérer occasionnerait à M. Bessemer (\*). Et, en effet, peu de jours après, ce dernier, retourné à Londres, reçut de M. le duc de Bassano une lettre de crédit sur MM. Baring et compagnie, par laquelle, sans même limiter la somme, les essais devaient être couverts aux frais de la cassette impériale.

M. Bessemer ne mit aucun délai à confectionner un certain nombre de projectiles destinés à des canons de 12 à 30 livres; il les transporta à Vincennes. L'épreuve faite un jour de grande neige, dans la deuxième quinzaine de décembre, donna lieu à un si singulier mélange de réussite à certains égards, et d'insuccès à d'autres, que le résultat final resta tout à fait incertain. Plusieurs coups avaient donné lieu à une rotation parfaite, mais l'emploi d'un projectile allongé pesant 90 livres, dans une pièce de 50, avait causé un effet de recul jugé dangereux, et une action sur la pièce même, dont la puissance pouvait amener de graves inconvénients.

Le commandant Minié, chargé de suivre ces expériences, déclara que, tout en admettant la possibilité d'obtenir une rotation, de tels projectiles ne pourraient servir qu'avec des canons plus résistants.

Bien que cette déclaration dût faire considérer à M. Bessemer son invention comme impraticable, elle n'en fit pas moins impression sur son esprit, et elle le dirigea dans la

(\*) *His Majesty the Emperor not only acceded to my request but with a thoughtful kindness which I can never sufficiently appreciate, remarked that I should in this case be put to some personal expense which he would not permit, and said His Majesty, I will see that arrangements are made to meet the cost of your experiments.* (Lettre de janvier 1868.,

voie d'une autre recherche, celle des moyens d'obtenir un métal plus résistant pour la fabrication des pièces d'artillerie.

Il retourna en Angleterre, me dit-il, très-partagé entre l'espoir et le désappointement, qui, après s'être balancés pendant quelque temps dans son esprit, amenèrent finalement la détermination d'entreprendre avec énergie de nouvelles recherches, auxquelles il fit servir tout ce que, en sa qualité d'ingénieur pratique, il avait appris sur la nature et la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier. Mais le savoir industriel lui faisant défaut, il se mit à l'étude avec la plus grande ardeur, lisant les ouvrages sur la matière, visitant les forges anglaises, cherchant, par tous les moyens dont il disposait, à posséder complètement la théorie de la fabrication du fer.

Peu à peu, il se forma sur cette fabrication des opinions personnelles qui n'étaient pas toujours d'accord avec les théories admises ou établies par les auteurs dont il avait étudié les ouvrages, et il construisit à Baxterhouse (Londres), sa résidence d'alors, un petit fourneau dans lequel il chercha le perfectionnement que l'on pourrait obtenir en mélangeant une fonte fortement carburée avec de l'acier cémenté. C'était un four à réverbère, sur la sole duquel il fondit les deux métaux avec adjonction de laitiers siliceux, afin de protéger le bain métallique contre l'action de l'air et des autres gaz qui passeraient sur la surface.

Les nombreuses difficultés que rencontra M. Bessemer dans ces expériences lui imposèrent, à plusieurs reprises, des modifications, même la reconstruction complète de son four. Toutefois, après huit à neuf mois d'essais, il obtint, par la fusion du mélange métallique, un petit canon qui, après tournage et forage, était aussi brillant que s'il avait été d'acier. Les petits copeaux de ce métal obtenus au tour étaient de couleur blanche et différents des copeaux ternes, poudreux et de couleur foncée que donne la fonte. Quant à la

ténacité du métal, elle était presque double de celle de la fonte ordinaire.

Confiant dans ce résultat, M. Bessemer se hâta de mettre son canon sous les yeux de l'empereur, et se conformant au désir exprimé par Sa Majesté, il se rendit à la fonderie de canons de Ruelle, près Angoulême, où il choisit un emplacement pour la construction d'un four destiné à la continuation des essais.

On ne saurait s'étonner de la persistance d'un Anglais au perfectionnement de l'artillerie française, si l'on se rappelle qu'à cette époque les drapeaux de la France et de l'Angleterre flottaient glorieux et confondus dans la presqu'île de Crimée.

Les dessins du four projeté furent aussitôt exécutés par l'inventeur, et les matériaux de construction tels que briques réfractaires, fers d'armatures, etc., furent envoyés d'Angleterre. Sur ces entrefaites, M. Bessemer construisit à Londres un four identique avec celui de Ruelle, tous deux beaucoup plus spacieux que celui où l'on avait fait les premières expériences. Mais ces grandes dimensions amenèrent de nouvelles difficultés, et pendant que l'on achevait le four en France, M. Bessemer se prit à désespérer de pouvoir jamais fondre, dans un four ouvert, la quantité d'acier de cémentation nécessaire au mélange avec les quatre à cinq tonnes de fonte exigées pour produire un canon. Il ne s'arrêta pas cependant en cette pénible situation de doute et d'incertitude, conservant toujours l'espoir d'une solution vainement attendue jusqu'alors.

Les essais de projectiles et les matières envoyées à Ruelle avaient coûté 10 500 francs, dont 10 000 prélevés sur le crédit ouvert par l'empereur; il en fut rendu compte, et l'affaire en resta là pour le moment.

Toutefois, le métal obtenu avec un mélange de fonte et d'acier pouvait déjà passer pour un résultat, car il avait de si bonnes qualités que, parvenu aujourd'hui à tenir en fu-

sion des quantités d'acier extrêmement considérable, M. Bessemer produit encore dans son usine ce mélange parfaitement propre à divers usages, dont plusieurs assez importants, tels que marteaux à forger l'acier, têtes de pilons destinés au bocardage des quartz aurifères de l'Australie, etc.

De tels marteaux employés dans l'usine Bessemer à Sheffield ont cinq à six fois la durée de ceux en fonte.

M. Bessemer fait observer, à cette occasion, que le mélange de fer très-carburé avec de la fonte décarburée produit, à la fusion, un métal tout à fait différent de celui qu'on obtient en traitant ensemble la masse entière, sans décarburation préalable, jusqu'à obtenir la même proportion de carbone par le traitement.

Ce dernier mode de procéder donne un métal aigre et dur, tandis que l'autre produit un métal extrêmement tenace, se laissant bien travailler à la lime et au ciseau, auquel le tour enlève des copeaux blancs et bouclés comme ceux du petit canon soumis à l'empereur.

L'essai dont nous venons de rendre compte, et dans lequel on reconnaît le principe d'un affinage par réaction, ou de la méthode de fabrication de l'acier au four à réverbère, décrite, en 1812, par Hassenfratz (\*), n'était donc pas resté tout à fait stérile; toutefois, on était encore loin du but.

Cependant un temps précieux s'écoulait, les frais devenaient considérables, mais en même temps le sujet semblait grandir à mesure qu'on avançait, car M. Bessemer avait compris qu'il s'agissait, non pas d'un intérêt de détail dans une industrie accessoire, mais bien d'un perfectionnement d'importance majeure dans la grande fabrication du fer, perfectionnement bien autrement précieux pour les arts de la paix, que l'aurait été pour la guerre celui qui avait été le point de départ des expériences.

(\*) Hassenfratz, *Sidérologie*, t. IV, p. 95 à 95.

A cette époque, M. Bessemer, dans la continuation persévérante de ses travaux, s'engagea dans une voie pratique différente de celle qu'il avait suivie jusqu'alors; elle lui était indiquée par l'impossibilité de liquéfier dans un four ouvert de grandes masses d'acier.

Comparant au fer la plupart des métaux employés dans l'industrie, il les voyait fusibles à l'état de pureté, capables d'être coulés parfaitement homogènes dans des moules, susceptibles alors d'être forgés, laminés, étirés de toute manière sans renfermer aucun mélange mécanique de matières étrangères, tandis que le fer, dès qu'il est privé de la faible proportion de carbone dont la combinaison constitue la fonte, ne peut plus être maintenu liquide dans des fours ouverts, et se solidifie dans l'acte même de la purification, formant alors des petits grains au milieu des scories de l'affinage. Et ces corps étrangers, dont le fer ne peut être complètement débarrassé, sont la cause de nombreuses imperfections qui ne sont pas inhérentes au métal. C'est ainsi qu'il ne peut développer toute sa ténacité, ses molécules étant séparées les unes des autres par des substances beaucoup moins tenaces, et qu'on ne peut en former de grandes masses sans avoir recours à une opération généralement imparfaite, le soudage d'une certaine nombre d'éléments de petite dimension.

Ces réflexions firent bientôt comprendre à M. Bessemer que le grand problème à résoudre dans la fabrication du fer était la purification complète du métal à l'état liquide, et la production de grandes masses homogènes que l'on verserait dans des lingotières soit à l'état de fer doux malléable complètement décarburé, soit à l'état plus ou moins voisin de l'acier et renfermant des proportions variables de carbone, ce dernier provenant de celui qu'on y aurait laissé, augmenté de celui qu'y aurait introduit une certaine quantité de fer fortement carburé, ajoutée vers la fin de l'opération.

Mais comment y parvenir?

M. Bessemer avait appris à ses dépens que la chaleur la plus intense d'un four à réverbère était insuffisante pour la fusion de l'acier en masses considérables, et, dans l'emploi des creusets, on était limité, soit par la faiblesse des dimensions, soit aussi par celle de la température.

Différents moyens de résoudre la question furent bientôt imaginés par M. Bessemer, et successivement abandonnés, quand il lui parut que l'emploi de l'air atmosphérique était le seul moyen pratique de conduire à la véritable solution du problème, parce que les substances étrangères contenues dans la fonte sont oxydables, et que l'acte de la combinaison du carbone avec l'oxygène de l'air amènerait nécessairement une forte augmentation de température.

Ce néanmoins il restait encore place à l'hésitation, car on pouvait craindre que la presque infusibilité du fer malléable par les moyens industriels connus n'amènât la solidification de la masse avant la parfaite épuration du métal.

Après plusieurs semaines passées dans le doute et l'incertitude, la confiance dans le principe prit le dessus, et M. Bessemer résolut de le soumettre à l'expérience.

Il construisit alors, sur ses propres dessins, un four et une soufflerie; le convertisseur était un simple cylindre placé verticalement, garni à l'intérieur d'argile réfractaire, ayant à la partie inférieure six tuyères horizontales distribuées sur le pourtour, et à sa partie supérieure un orifice de 4 pouces anglais de diamètre.

Le jour impatientement attendu de l'expérience étant arrivé, M. Bessemer fit couler à peu près 7 quintaux (environ 390 kilog.) de fonte dans le convertisseur, puis il donna le vent. Un bruit sourd d'ébullition, accompagné d'un vif courant d'air chaud et de quelques étincelles sortant par l'orifice supérieur, marqua le commencement de l'opération. On avait suspendu à une chaîne, au-dessus de l'orifice, une plaque en tôle afin d'arrêter toutes les projections. A quel-

ques minutes d'intervalle, les premières étincelles furent suivies par une petite flamme dont le volume et l'intensité allèrent croissant, et qui, réfléchi par la plaque de tôle, répandit à l'entour une très-vive lumière.

Bientôt après apparurent des projections de scories qui augmentèrent promptement, et dont la solidification à l'intérieur, diminuant de plus en plus la section de l'orifice, accrurent la violence de sortie de la flamme blanche et transformèrent l'appareil en un puissant chalumeau.

Aussi la plaque, suspendue à 1 pied (environ 0<sup>m</sup>.50) de l'ouverture, fut-elle bientôt fondue, et les scories furent projetées en l'air avec abondance, comme les gouttes d'eau entraînées par le courant dans certains appareils à vapeur.

Immédiatement après, le métal liquide, à l'état de fer malléable et incandescent, fut lancé comme l'eau d'une fontaine sur les toits des constructions voisines qu'il menaçait d'incendier. Et comme à ce moment l'approche de la vanne d'air était absolument impossible, il fallut bien laisser continuer l'opération jusqu'à ce qu'elle eût épuisé sa fureur. Le revêtement intérieur en briques se trouvait alors complètement fondu et détruit; le peu de métal resté dans l'appareil était à la fois parfaitement liquide et totalement décarburé.

Je ne continuerai pas ce récit sans appeler l'attention sur la concordance des phases de cette opération encore fort imparfaite avec celles des opérations exécutées aujourd'hui dans les appareils les plus perfectionnés.

Sans doute le résultat de cette première expérience laissait beaucoup à désirer; cependant M. Bessemer le considéra comme un véritable succès, puisqu'il prouvait de la manière la plus positive que la fonte liquide renfermée dans un vaisseau et traversée par un courant d'air forcé peut être, sans combustible additionnel, entièrement décarburée, et que la chaleur développée de cette manière excède de beaucoup la température à laquelle le fer malléable se liquéfie. Il y vit

une garantie suffisante pour les résultats de nouveaux efforts à tenter en vue du perfectionnement des appareils et des détails de l'opération.

Vers cette époque, M. Bessemer, qui avait associé à son entreprise d'ingénieur son beau-frère, M. Robert Longsdon, lui offrit une part dans ses brevets, en compensation du temps que lui-même dépensait à la poursuite de son invention, et, depuis lors, cette association s'est maintenue, M. Longsdon, sans jamais désespérer du résultat, ayant suivi et soutenu son beau-frère dans la bonne comme dans la mauvaise fortune, notamment à une époque où toute l'industrie du fer en Angleterre frappait le nouveau procédé d'anathème et de ridicule. Et à différentes reprises, M. Bessemer n'a affirmé qu'il attribuait une bonne part du succès définitif au talent, non moins qu'à l'énergie de son associé.

D'après le conseil de M. l'ingénieur Rennie, alors président de l'association britannique pour l'année 1856, M. Bessemer fit, de son invention, l'objet d'une conférence publique, dont le texte, publié dès le lendemain par le *Times*, produisit dans l'industrie métallurgique une grande sensation. Le procédé, annoncé et discuté par toute la presse quotidienne, donna lieu à de nombreuses théories et à des essais non moins nombreux, car il était facile de faire passer un courant d'air au travers d'une certaine quantité de fonte liquéfiée.

Mais il était tout aussi facile de prévoir que ces essais manqueraient, et, dès lors, le procédé vanté dans l'origine, comme la plus importante des découvertes modernes, comme la merveille de l'époque (*the marvel of the age*), fut décrié comme un insuccès absolu, comme une véritable déception.

Cette époque fut pour M. Bessemer la plus difficile, la plus pénible de sa vie (*my hardest struggle*), car toute la presse, toute l'industrie du fer, après s'être montrées fa-

vorables dans l'origine, éclatèrent d'un commun accord, en violentes clameurs, déclarant le procédé tout à fait inapplicable, et comparant l'invention à un de ces météores lumineux qui, brillants au zénith, vont s'éteindre dans les ténèbres de l'horizon.

On objectait que, ne pouvant fondre, même un quintal de fer dans un four, il serait insensé de croire à la possibilité de maintenir plusieurs tonnes de fer à l'état liquide dans une buanderie.

Un mémoire lu à la Société polytechnique de Liverpool signala le métal Bessemer comme cassant à chaud et à froid, comme se brisant au laminoir en menus débris, à tel point qu'il en fallait réunir les fragments au balai, et les enlever dans une pelle à poussière.

Toutefois, les nombreux détracteurs du procédé différaient sur les causes de l'insuccès; les uns prétendaient que le métal étant trop sec et dépourvu de laitier, ne pouvait être travaillé au marteau; d'autres l'attribuaient à la structure cristalline du métal qui, privé de fibres, manquait aussi de ténacité; d'autres enfin, les plus absolus de tous, déclaraient que le métal Bessemer étant du fer brûlé ne pouvait être d'aucun usage.

M. Bessemer, tout en rendant justice à la valeur réelle des hommes familiarisés avec les opérations pratiquées dans les grandes usines à fer de l'Angleterre, fut surpris du peu de valeur qu'il convient d'accorder à l'opinion de beaucoup d'entre eux quand ils manquent de connaissances théoriques, et qu'il s'agit de faits étrangers à leur routine.

Cherchant à combattre les principales objections, il répondait à la première que si, dans l'opération du puddlage, il y a inconvénient à ne pas avoir une quantité suffisante de laitier (*working a ball to dry*), parce qu'alors le fer se forge mal, cela provient de ce qu'au lieu d'une substance liquide interposée au grain du fer, il s'y trouve alors une écaille sèche qui empêche le soudage. Mais ce fait ne

saurait se produire dans une masse compacte de métal fondu, où chacune des molécules du fer est naturellement adhérente à ses voisins.

A l'opinion que la nature cristalline de la masse et l'absence de fibres empêchent la ténacité, il répliquait que cette croyance était fondée, d'une part, sur la constatation des qualités du fer fibreux obtenu au puddlage; d'autre part, sur ce que les fers affinés par ce procédé doivent souvent leur aspect cristallin à la seule présence du phosphore qui diminue certainement la ténacité du fer. Il ne révoquait pas d'ailleurs en doute la favorable influence du martelage sur la qualité du fer, notamment sur sa ténacité, influence qui peut s'exercer tout aussi bien sur le métal obtenu par le nouveau procédé que par le puddlage.

La plus prévalante des objections et la plus difficile à déraciner, était celle qui faisait passer le métal Bessemer comme fer brûlé, en le comparant aux masses de fer qui, destinées au forgeage ou au soudage, restent trop longtemps exposées à une haute température sous l'influence d'un courant d'air. Mais cette comparaison manque de justesse comme les précédentes; ce n'est pas, en effet, la température élevée qui produit le mal, car le métal Bessemer, bien préparé, suivant les procédés actuels, acquiert, après fusion et solidification, soit au marteau, soit au cylindre, la force de cohésion la plus énergique dont le fer soit capable.

Comme preuve à l'appui de sa réponse, M. Bessemer faisait valoir les qualités supérieures des rails, de dimensions habituelles, offrant les profils les plus variés, fabriqués au laminoir avec des lingots obtenus dans le premier appareil d'expérimentation.

Aussi les objections élevées par des hommes qui auraient dû être mieux au courant du sujet n'ébranlèrent pas sa confiance, et il continua ses travaux, fermement persuadé qu'à tout principe bon en lui-même doit correspondre un moyen d'application.

Mais pour arriver à des procédés industriels, pour obtenir des résultats commerciaux positifs, il rencontrait encore de nombreux et puissants obstacles, tels que :

La rapide destruction du garnissage réfractaire intérieur du vaisseau destiné à l'opération ;

La difficulté de chasser de la fonte le soufre et le phosphore ;

Le maniement de masses très-considérables de fer liquéfié à des températures jusqu'alors inconnues dans les arts ;

Enfin, le peu de temps qui s'écoule entre la production du fer malléable liquide et sa solidification.

Et il dut consacrer à la solution de ces questions tout son temps, toute son énergie, sans entrer davantage en discussion, soit avec les journaux, soit avec une foule de correspondants anonymes qui l'inondaient de leurs objections.

Quand chacun de ces derniers eut épuisé le sujet à son point de vue sans plus rencontrer de contradiction, il cessa d'écrire, persuadé que l'inventeur était réduit au silence faute de pouvoir se défendre, et se déclarait, par là même, vaincu.

Pendant les expériences se poursuivaient, les appareils étaient modifiés et perfectionnés, les produits obtenus étaient soumis aux premiers chimistes de l'Angleterre pour être analysés, et quand il se fut presque épuisé en vains efforts pour chasser de la fonte le soufre et le phosphore, M. Bessemer essaya l'opération sur d'excellentes fontes suédoises, entièrement privées de ce dernier métalloïde, afin de savoir jusqu'à quel point il réussirait sans la présence de ce corps étranger.

Des lingots obtenus de cette manière à Londres dans l'appareil d'essai, furent aussitôt convertis à Sheffield en barres, et un quintal de ce produit envoyé à MM. Galloway, ingénieurs à Manchester, pour être soumis à des essais, et livrés par eux, comme acier ordinaire, aux ouvriers de leur établissement. Personne n'y donna une attention particu-

lière, et après un mois d'usage, l'examen des outils que l'on en avait confectionnés fit déclarer ce métal équivalent aux meilleurs aciers à outils de Sheffield.

Trois ans s'étaient écoulés en recherches, en expériences, en efforts intellectuels et matériels de tous genres ; dix-sept brevets avaient été pris en Angleterre et à l'étranger, de 16 à 18.000 livres sterling (400.000 à 450.000 francs) avaient été engloutis ; tout le fruit des travaux antérieurs de M. Bessemer avait disparu.

Dans cette cruelle situation, M. Bessemer eut à résister aux plus instantes, aux plus tendres exhortations pour qu'il s'arrêtât et pour qu'il reconnût lui-même qu'il poursuivait une chimère, sa résistance ne trouvant d'appui que dans ses fermes convictions, dans sa persévérante énergie, et il continua ses dispendieuses expériences, semblable à Bernard Palissy jetant au four les pièces de son mobilier quand il eut épuisé sa dernière provision de bois.

Bien que l'invention fût conduite presque au contact de la perfection, tout n'était pas encore résolu ; les industriels restaient sourds aux invitations d'employer les produits d'un procédé qui, aux yeux des uns, était un insuccès absolu, qui, pour d'autres, était complètement effacé de leur mémoire.

Même en Suède, on avait été si loin que le syndicat des maîtres de forges avait formellement proscrit l'emploi de ce procédé, dans la crainte qu'il ne nuisît à la bonne réputation des fers du pays.

Pendant un maître de forges suédois, intelligent et de bonne position industrielle, M. G. F. Goranson, voulant apprécier par lui-même la valeur et l'état réels de l'invention, se rendit en Angleterre, et dès qu'il l'eut étudiée, il entra en arrangements avec l'inventeur afin d'appliquer le procédé dans son pays. Les machines à vapeur et les appareils particuliers à l'invention, exécutés à Manchester, furent aussitôt envoyés en Suède, montés et mis en œuvre à l'usine

de M. Goranson, à Edsken, près Fahlun. Ce fut le 5 janvier 1859 qu'eut lieu la première fonte, et si nous appuyons sur cette date, c'est qu'elle marque la dernière phase de l'invention.

En effet, le résultat de l'opération ne laissa rien à désirer, le succès fut complet, la lumière s'était faite soudaine, éclatante !

Telle fut la sensation produite par cette expérience décisive, que l'industrie métallurgique de la Suède nomma une commission chargée d'examiner le procédé.

Le prince royal de Suède, prenant part à ce mouvement, se rendit à Edsken, et le rapport de la commission fut si complètement favorable que le syndicat des maîtres de forges (Jern Kontoret), revenant sur sa décision première, alla jusqu'à recommander aux forges suédoises de mettre le procédé Bessemer en pratique dans le plus bref délai.

Ce nonobstant, l'industrie anglaise demeurait insensible aux nombreux appels qui lui étaient adressés, et M. Bessemer se vit contraint d'établir à Sheffield une usine dont les aciers vendus au-dessous des prix du marché mettraient forcément en évidence des faits sur lesquels il lui semblait que l'on tenait volontairement les yeux fermés. MM. Galloway, dont il avait une première fois obtenu le concours, le secondèrent de nouveau, en essayant avec succès, pendant une seconde année, l'acier Bessemer dans leurs usines de Manchester. Enfin, quand le brevet fut à moitié de sa durée, le premier acier Bessemer parut sur le marché. C'était de l'acier en barres pour outils, vendu 44 livres sterling la tonne, alors que les prix variaient entre 56 et 70 livres sterling. A dater de ce moment, l'essor était donné, le doute n'était plus possible, et l'application en grand fut entreprise par d'importantes maisons, telles que Sir J. Brown et compagnie, MM. Cammel et compagnie à Sheffield, la compagnie des chemins de fer de Londres et

du Nord-Ouest; enfin, il se forma des associations spéciales pour l'application exclusive du nouveau procédé.

Au commencement de 1868, outre les établissements que je viens de citer, on comptait en Angleterre parmi les fabricants de métal Bessemer, MM. Lloyd Foster et compagnie à Wednesbury, les sociétés dites Lancashire Steel company, Manchester Steel company, toutes deux à Manchester, H. Bessemer et compagnie et l'usine dite New Peniston Works près Sheffield, Barrow, Hematite Steel company à Ulverston, où l'on ne compte pas moins de onze convertisseurs de cinq à huit tonnes chacun, Fox et fils, les sociétés Bolton Steel and Iron company, Mersey Steel company à Liverpool, Dowlays Iron company à Merthyr-Tidwill, Ebbw-Vale Iron company à Pontypool, Rowan à Glasgow. Ces quatorze usines réunissent un total de cinquante-six convertisseurs dont la contenance, variable entre 5 et 10 tonnes forme un total de 288 tonnes, pouvant faire chacun en vingt-quatre heures huit opérations, même davantage.

L'introduction du procédé en France date de 1858, alors qu'il était encore assez imparfait; elle est due à M. James Jackson et fils à Imphy-Saint-Seurin, qui, ayant fait avec l'inventeur des arrangements pour soumettre, dans leur usine, le procédé à des essais, ont concouru à son perfectionnement. Ils ont été pendant quelque temps les agents pratiques en France de MM. H. Bessemer et compagnie, situation dans laquelle ils sont aujourd'hui, dans une certaine mesure, et jusqu'à l'expiration du brevet (\*), remplacés par la société Boigues-Rambourg de Fourchambault.

Cinq maisons françaises, MM. Pétin, Gaudet et compagnie à Assailly, de Dietrich à Niederbronn, la société des fonderies et forges de Terre-Noire, la Voulte et Bességes, la compagnie de Châtillon-Commentry à Saint-Jacques,

(\*) Le brevet est pour quinze ans à dater du 15 décembre 1861.

MM. Jackson et fils, figuraient pour leurs produits Bessemer à l'Exposition universelle de 1867 : la première y a obtenu un grand prix, les quatre autres la médaille d'or.

A ces noms nous devons joindre aujourd'hui la maison Wendel à Hayange pour l'application du procédé Bessemer. Et en ce moment les usines françaises réunissent un total de quinze convertisseurs, dont la contenance variable entre 3 et 9 tonnes forme un total de 67 tonnes.

En Autriche, l'application a été postérieure à l'expiration du brevet; introduite d'abord à l'usine de Turrach en Styrie, elle s'y est développée de la manière la plus remarquable. Tout le monde a pu admirer à l'Exposition de 1867 les beaux produits de l'usine de Neuberg, en Styrie, où, sous l'habile direction de M. de Tunner, on a établi une échelle des nuances de qualités depuis l'acier malléable, dur non soudable, jusqu'au fer doux dit homogène qui ne prend plus la trempe, échelle qui pourrait être partout imitée pour les produits de cette importante et difficile fabrication. Nous avons reçu, comme membre du jury, un tableau d'analyses, publiée pour l'Exposition par la direction de Neuberg, qui permet de suivre les transformations successives du métal aux différentes époques de l'opération; il a été inséré par M. l'inspecteur général Grüner dans le travail susmentionné (\*). On compte encore dans les États autrichiens parmi les fabricants de métal Bessemer les usines de Wittkowitz en Moravie, de Turrach en Styrie, de Heft en Carinthie, celle de Reschitza dans le Banat, appartenant à la société des chemins de fer de l'État, celle de Grätz, propriété de la compagnie des chemins de fer Sud-Autriche.

Les six usines que nous venons de mentionner réunissent quatorze convertisseurs d'une contenance totale de 42 tonnes.

(\*) *Annales des mines*, 6<sup>e</sup> série, t. XII, p. 258.

Quant à la Prusse, M. Bessemer assure que l'autorité y a remis la délivrance du brevet d'un jour à l'autre, jusqu'à ce que la publication du brevet en Angleterre ait pu servir de prétexte à un refus. Et aujourd'hui, la Prusse est une des contrées où le procédé reçoit la plus grande application; car, sans parler des usines de Hörde et de Bochum en Westphalie, de Kœnigshütte en Silésie, qui, en 1867, avaient exposé au champ de Mars des produits de leur fabrication, on peut compter M. Krupp comme un des producteurs les plus considérables d'acier Bessemer de l'Europe entière, possédant treize convertisseurs, dont plusieurs capables de produire 7 tonnes par opération, et pouvant fournir un millier de tonnes par semaine.

Trois autres usines prussiennes sont encore à mentionner parmi les fabricants de métal Bessemer, Oberhausen en Westphalie, Prœvali et MM. Pœnsngen, Giesbers et compagnie à Dusseldorf. On peut admettre que ces six usines réunissent vingt-sept convertisseurs d'une contenance totale d'environ 120 tonnes.

Tout récemment, deux convertisseurs de 5 tonnes ont été établis à l'usine de Marienhütte près Zwickau, en Saxe.

A l'Exposition de 1867, les produits de métal Bessemer de la Suède se voyaient parmi ceux des usines de Fagersta, de Siljansfors, de Carlsdal, de Longshyttan.

Dans les sept usines suédoises où le procédé se trouve appliqué, les convertisseurs sont petits, d'environ 2 tonnes; une seule, Sandviken, en a de 4 tonnes, en sorte que les quatorze convertisseurs de la Suède réunissent 32 tonnes.

En Russie, le procédé était, en 1867, à l'état d'essai aux usines de Nischné-Taguilsk appartenant au comte Demidoff, qui disposent d'excellents minerais à cet usage.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, le succès définitif de l'invention Bessemer à l'usine Goranson date de 1859, et en

moins de neuf ans le procédé s'est introduit et développé en Angleterre, en France, en Belgique, en Suède, en Prusse, en Saxe, en Autriche, en Italie, aux États-Unis, et l'on peut dire aujourd'hui qu'une forge de très-grande importance dépourvue de l'appareil Bessemer, quand elle dispose de minerais propres à ce traitement, attend son complément.

Les prévisions de l'inventeur sont désormais réalisées, le métal Bessemer est principalement employé en grandes pièces à l'état de rails, de bandages et d'essieux de locomotives, de cloches, et en grandes masses telles qu'arbres de couches, grandes tôles fortes, plaques de blindage; nous insisterons en particulier sur les pièces de canon comme ayant été, on se le rappelle, le point de départ de l'invention. On a vu sortir de l'usine d'Assailly les éperons du *Magenta* et du *Solferino* pesant 16 tonnes chacun. Mais on se sert aussi du métal Bessemer en pièces de moindre volume, pour la fabrication des tôles moyennes et fines, des organes de machines, des projectiles, etc. Ce métal remplace avec grand avantage la fonte moulée, quand la pièce exige beaucoup de résistance, comme pour les cages de laminoirs, les pièces de croisement des chemins de fer, les roues dentées, etc.

Quant aux variétés supérieures du métal qui, par leur teneur en carbone, leur dureté et la facilité avec laquelle elles prennent la trempe, offrent les qualités de l'acier, elles sont utilisées pour la fabrication des limes, des armes blanches, de la coutellerie.

Ces différents genres de fabrication ont été naturellement précédés d'essais. C'est ainsi qu'avant d'employer le métal Bessemer en grand pour rails, la compagnie anglaise du North-Western avait disposé, aux stations de Crewe et de Camdentown, qui sont au nombre des plus actives de son réseau, sur la même voie, afin d'avoir une complète identité de conditions, l'un des cours de rails en Bessemer, et

l'autre en bon fer anglais. Après deux ans et demi d'expériences comparatives, qui comprennent le passage de plus de 7 millions de wagons, les rails en fer qui étaient à double champignon symétrique, avaient été remplacés jusqu'à douze fois, après avoir été préalablement retournés, tandis que les rails en Bessemer, système Vignole, maintenaient leur surface supérieure en parfait état de service. Ces dernières avaient donc résisté autant que vingt-quatre surfaces en fer; comme les rails en fer avaient coûté 180 fr. la tonne, ceux en Bessemer 550 francs, c'est-à-dire environ le double, la résistance des rails Bessemer avait procuré, sur les douze remplacements du fer, une économie d'environ six fois la valeur de ceux-ci.

Cette expérience, considérée avec raison comme déterminante, décida la substitution du métal Bessemer au fer sur la voie dans toute l'étendue du réseau North-Western.

L'exemple fut bientôt suivi en France; dès le 6 mars 1865, la compagnie d'Orléans commandait 2.000 tonnes de rails, système Vignole, à raison de 371 francs la tonne (\*), pour la section entre Murat et Aurillac, section reçue le 11 juillet 1868, et mise en exploitation peu de jours après. Dans le courant de 1867, la compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée a traité avec l'usine de Terre-Noire, près Saint-Étienne, pour 20.000 tonnes de rails au prix de 315 francs la tonne.

Et, plus récemment, d'autres compagnies françaises de chemins de fer, celle du Nord, celle du Midi, ont fait de même, principalement pour les sections à fortes rampes.

L'Exposition de 1867 offrait un assortiment presque complet d'objets fabriqués avec le métal Bessemer. La suite de lingots si variés, et de si beaux grains de Neuberg en Styrie, les canons et projectiles d'Imphy-Saint-Seurin, les rails, les bandages de roues, les essieux de MM. Petin, Gaudet et

(\*) Rendu à pied d'œuvre, environ 550 francs pris à l'usine.

compagnie, de Dietrich et compagnie, de la compagnie de Châtillon-Commentry, de Bochum en Prusse, et de plusieurs établissements anglais, les tôles de Neuberg, les tôles fines de Turrach remarquables par leur brillant et leur extrême ductilité, les ustensiles de ménage exposés par l'usine dite Johann-Adolphshütte, les canons de fusil suédois, les limes, les armes blanches, la coutellerie de Neuberg et de Fagersta, formaient un ensemble des usages variés de ce métal.

Après avoir exposé les circonstances de cette grande invention, je ne saurais passer sous silence une déclaration de M. Bessemer, constatant un fait digne d'intérêt dans l'histoire de la métallurgie, et je transcris ici, dans ce but, le passage d'une lettre qu'il m'écrivait il y a peu de mois. Rappelant l'origine de ses essais, quand il cherchait le perfectionnement du métal propre à la fabrication des canons pour le gouvernement français, M. Bessemer ajoutait : « Si chez Sa Majesté l'Empereur, j'avais rencontré la même absence d'encouragements que de la part de mon propre « gouvernement, très-certainement mon invention de produire l'acier d'une manière économique et rapide n'aurait jamais été faite; quelque bénéfice (et j'ose dire que ce bénéfice n'est pas de faible importance) que le monde « puisse tirer à l'avenir de ces inventions, elles n'auraient « jamais été réalisées sans la politique éclairée, sans la « libéralité habituelle de l'Empereur. Suivant toute probabilité, Sa Majesté ignorera toujours cette circonstance, « ce néanmoins, je sens que mon sincère aveu du fait, « m'est tout à la fois un plaisir et un devoir (\*). »

Ce serait ici le lieu de nous étendre sur le mode d'opérer sur les perfectionnements introduits successivement dans

(\* And although His Majesty will probably never know this fact, I nevertheless feel its mere acknowledgment is for me both a duty and a pleasure. (Lettre du 24 janvier 1868.)

les appareils, sur les propriétés des diverses nuances du métal Bessemer, si nous n'avions pas été précédé par les publications techniques déjà mentionnées plusieurs fois dans ce travail.

Nous nous bornerons à peu d'observations.

A raison de sa plus forte proportion, le carbone est l'agent calorifique le plus puissant de l'opération, mais le silicium en est certainement le plus actif et le plus favorable, et les fontes privées de ce métalloïde sont jusqu'à présent jugées impropres au bessemerage.

Le convertisseur fixe ayant les tuyères sur son pourtour n'est plus guère employé qu'en Suède, où déjà l'une des usines a établi la cornue mobile autour d'un axe horizontal et recevant le vent par le fond. (Voir Pl. I, fig. 4.)

Un perfectionnement notable, donnant lieu à une sensible économie de combustible, consiste à prendre la fonte liquide dans le haut fourneau, au lieu de la refondre dans un four spécial. C'est l'usine de Terre-Noire qui, la première en France, a tenté et réussi dans cet heureux changement, et si je suis bien informé, on va l'essayer à Imphy-Saint-Seurin. En Suède et en Autriche, où l'on dispose de minerais d'une pureté exceptionnelle, ce procédé est plus généralement appliqué sans aucun inconvénient pour la pureté des produits

Nous insisterons encore sur la ténacité du métal, parce qu'elle avait été fort contestée dans l'origine.

Des tableaux figurant à l'exposition suédoise contenaient à ce sujet des renseignements précieux; nous nous bornerons à rappeler des moyennes d'expériences nombreuses faites en Angleterre, principalement à Woolwich, sur le métal Bessemer préalablement soumis au travail du marteau ou de la presse hydraulique. La résistance du métal par millimètre carré y ressort, en moyenne :

	kil.
Pour le fer Bessemer à. . . . .	79,90
Pour la tôle Bessemer à. . . . .	75,00
Pour l'acier Bessemer à. . . . .	170,00

Ce sont les résistances les plus élevées obtenues jusqu'ici par le fer et ses dérivés, car les chiffres correspondants sont pour les bons fers au charbon de bois de 60 à 65 kilogr., pour les tôles de Low Moor environ 40 kilogr., pour les aciers rarement 100 kilogr.

D'après Fairbairn, les résistances à l'écrasement et à la rupture par traction ressortent en moyenne pour le métal Bessemer à 156 kilogr. et à 74 kilogr., respectivement.

Enfin, nous dirons un mot sur l'économie de la fabrication en tenant compte des qualités du métal obtenu, et faisant observer que cette économie porte principalement sur le combustible, c'est-à-dire sur celui des éléments de la métallurgie dont nous avons le plus à nous préoccuper pour l'avenir.

Le tableau ci-après permet de comparer entre eux les prix de revient du fer en barres, soit au charbon de bois, soit à la houille, de l'acier naturel obtenu par l'un et l'autre combustible, mais toujours avec de la fonte au charbon de bois, de l'acier cémenté avec du fer affiné au combustible végétal, de l'acier fondu obtenu, soit avec acier cémenté, soit avec acier puddlé, et enfin le prix de revient du métal Bessemer.

Pour la fonte au bois j'ai maintenu le prix de 140 francs la tonne, afin de rendre les chiffres comparables entre eux, tout en sachant que pour obtenir les bonnes qualités d'acier fondu, par exemple, on emploie des fontes beaucoup plus chères, et dont le prix en Angleterre approchait, il y a six ans à peine, de 220 francs la tonne. Il sera facile au lecteur de faire les substitutions de matières premières à prix plus élevés.

Je prends les produits à l'état de gros fer ou de massiaux pour les rendre plus comparables aux lingots de métal Bessemer.

## TABLEAU

DES

DÉPENSES MOYENNES APPROXIMATIVES

POUR OBTENIR

AVEC LA FONTE UNE TONNE DE 1.000 KILOG.

Dépenses moyennes approximatives pour obtenir avec la fonte une tonne de 1.000 kilog. de :

NATURE des dépenses.	A			B			C			D			E			F			G			H				
	Fers en barres au charbon de bois.			Fers en barres à la houille.			Acier naturel au charbon de bois.			Acier naturel puddlé.			Acier cimenté avec fer au bois.			Acier fondu avec acier cimenté au bois.			Acier fondu avec acier naturel puddlé.			Métal Dessemer.				
	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.	Poids.	Prix des 1.000 kil.	Valeur.		
Fonte . . . . .	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.	fr.		
	1.350	140	189,00	1.250	105	131,25	1.230	140	170,80	1.220	140	170,80	1.350	140	189,00	1.384,00	140	193,76	1.256	140	175,92	1.222,0	140	171,10		
Combustible. . . . .	Charbon de bois. . . . .			" " "			1.300 70			" " "			1.430 70 100,10			1.465,75			70 107,63			(9) 38,4 170 6,60				
	Houille. . . . .			" " "			1.800 10 18,00			900 35			1.800 13 23,40			750 14 10,50			768,65			1.854 13 24,10			990,0 14 13,86	
Main-d'œuvre. . . . .	" " 20,00			" " 25,00			" " "			" " 30,00			" " 27,50			" " 58,19			" " 60,90			" " 40,40				
Entretien, fournitures diverses et frais généraux. . . . .	" " 30,00			" " 20,00			" " "			" " 22,50			" " 48,00			" " 87,10			" " 87,20			" " 16,40				
	(1) 339,10			(2) 194,25			(3) 194,25			(4) 246,70			(5) 380,00			(6) 526,18			(7) 415,32			(8) 220,56				
	A déduire pour scrapes. . . . .																							2,40		
																								218,16		
	A ajouter l'indemnité du brevet. . . . .																							50,00		
																								268,16		

(1) Il s'agit ici de très-bons fers de Franche-Comté. Nous avons maintenu pour le prix de la tonne de fonte et de 70 fr. la tonne de charbon de bois pour les procédés de fabrication C, D, E, F, G, H, afin de rendre les chiffres comparables entre eux.

(2) Ce sont les chiffres donnés par M. l'inspecteur général Grüner dans son cours de métallurgie à l'École des mines; ils s'appliquent au gros fer marchand dans les forges de la Loire.

(3) Chiffres extraits du *Voyage métallurgique en Angleterre*, par MM. Grüner et Lan, p. 100, mais nous avons maintenu les prix de 140 fr. et 70 fr. pour la tonne de fonte et de charbon de bois, afin de rendre les valeurs comparables à celles des autres procédés résumés sur ce tableau. Il s'agit ici de la méthode Rivoise et d'aciers ébauchés.

(4) Fabrication de l'acier puddlé en massiaux dans la Loire. Chiffres extraits de l'ouvrage de MM. Grüner et Lan.

(5) Chiffres extraits du cours de métallurgie de M. Grüner, en substituant au fer la fonte (cédé A) et les chiffres qui s'y rapportent; c'est de l'acier commun.

(6) Chiffres extraits du cours de M. Grüner et du *Voyage métallurgique*; on a admis une consommation de 1.025 d'acier cimenté par tonne d'acier fondu. A l'acier cimenté consommé on a substitué la fonte et les dépenses en combustibles, main-d'œuvre, frais généraux et d'entretien nécessaires pour obtenir cet acier en lingots. C'est de l'acier très-ordinaire, les qualités supérieures exigent des fontes plus chères.

(7) Même observation que ci-dessus; on a admis à la fusion 3 p. 100 de déchet. C'est de l'acier en lingots et de qualité ordinaire.

(8) Roulement d'une usine pendant un mois où il n'y a eu ni rebuts ni opérations manquées. Ce prix de revient, qui se rapporte à des lingots pour rails, ne comprend pas la redevance à l'inventeur qui est de 50 fr. par tonne. Le chiffre 36<sup>k</sup>,7 de houille correspond à 22 kilog. de menu coke employé au chauffage préalable des appareils.

(9) Il s'agit ici de 38<sup>k</sup>,1 de riblons.

La simple inspection de ce tableau nous apprend que, de tous les procédés d'affinage, celui de M. Bessemer exige la plus faible dépense de combustible, celle de la houille employée à la fusion de la fonte consommée, et au moteur des machines soufflantes.

Quant au prix de revient de la tonne produite, celui du métal Bessemer est le plus faible, à l'exception de celui du puddlage; mais, dans ce dernier cas, l'excédant de dépense est bien plus que compensé par la qualité du métal obtenu.

Et maintenant que nous avons fait ressortir l'importance de l'invention et le mérite des perfectionnements introduits dans le mode de procéder, nous ne saurions dissimuler que cette méthode de traitement n'a pas encore dit son dernier mot, car jusqu'aujourd'hui, le procédé Bessemer n'est applicable qu'aux fontes dépourvues d'aluminium, de soufre et de phosphore, ce dernier corps surtout est retenu presque en totalité dans le métal donné par le nouveau procédé. Si l'on analyse en effet les laitiers provenant du traitement d'une fonte renfermant une certaine teneur en phosphore, on les en trouve presque entièrement dépourvus et la presque totalité du phosphore reste concentrée dans la masse métallique (\*). Or il est connu qu'un millième de soufre ou de phosphore suffit pour rendre l'acier cassant à chaud avec le premier de ces métalloïdes, cassant à froid avec le second.

De nombreux essais tentés en vue de l'expulsion du phosphore à l'état d'hydrogène phosphoré sont restés sans résultat; quand on emploie la vapeur d'eau, elle refroidit le bain métallique; quand on fait usage de gaz permanents, tels que l'hydrogène carburé, ils restent sans efficacité.

De là résulte que, jusqu'aujourd'hui, les minerais les plus purs sont seuls propres à la fabrication du métal Bessemer, inconvénient majeur, puisqu'il conduit à une trop

(\*) Voir les analyses citées ci-dessus, publiées par la direction de Neuberg.

forte consommation de minerais de qualité supérieure. Cet inconvénient a une grande importance pour la métallurgie française, parce qu'il exclut de l'emploi, entre autres, ces énormes gîtes de fer hydroxydé oolithique formant la principale ressource en minerai de fer dans plusieurs de nos départements de la Lorraine, de la Franche-Comté et de la Bourgogne.

Pour donner une idée de la consommation des minerais de qualité supérieure, il suffira de rappeler que le nombre total des convertisseurs fonctionnant aujourd'hui en Angleterre, en France, en Autriche, en Prusse, en Saxe, en Suède (\*) s'élève déjà à 128, réunissant une contenance totale de 555 tonnes environ (\*\*). Si l'on admet une moyenne de quatre opérations pendant trois cents jours de l'année, on arrive à une production totale annuelle de 666.000 tonnes de métal Bessemer, exigeant l'emploi d'environ 814.000 tonnes de fonte correspondant à une consommation d'environ 1.628.000 tonnes de minerai.

Il y aurait aussi à perfectionner les lits de fusion des hauts fourneaux de telle sorte que l'on puisse plus généralement prendre la fonte directement au sortir du creuset sans avoir à la refondre pour l'écouler dans le convertisseur.

Il resterait aussi à transporter du domaine de l'essai dans celui de la grande fabrication le laminage direct du métal fondu, procédé qui permettrait d'obtenir des plaques d'acier ou des tôles ayant des dimensions théoriquement illimitées.

Quoi qu'il en soit des perfectionnements que l'avenir nous réserve, un procédé de fabrication aussi simple dans son principe, aussi varié dans ses résultats, au moyen

(\*) Je manque de renseignements au sujet de la Russie, de l'Italie et des États-Unis.

(\*\*) Le chiffre exact de la production de 1867 en France a été de 19.942 tonnes provenant de 24.189 tonnes de fonte, et cette production a beaucoup augmenté dans l'année 1868; elle s'élève aujourd'hui à près de 5.000 tonnes par mois.

duquel on obtient des masses énormes d'un métal entièrement pur de laitier et de scories, produisant depuis les aciers les plus durs, à peine soudables, jusqu'au fer doux qui ne prend plus la trempe, suivant la minute à laquelle on s'arrête, ou suivant le degré de carburation restitué en terminant l'opération, procédé capable de satisfaire économiquement à presque tous les usages auxquels on emploie le fer, l'acier, et même la fonte, est certainement une des inventions les plus considérables de la métallurgie moderne.

Une des qualités saillantes de cette méthode de fabrication est qu'elle met en œuvre l'intelligence plus que les forces physiques; des réactions chimiques y remplacent le pénible travail du forgeron ou du puddleur, les manœuvres s'y font à la machine, surtout à la presse hydraulique; une observation intelligente fait connaître au maître-ouvrier la marche de l'opération et le moment de l'arrêter.

J'ajouterai que la simple vue de ces opérations, où des convertisseurs contenant jusqu'à 12 tonnes de métal en état de fluidité sont maniés avec une facilité, une sûreté et une régularité sans égales, est bien propre à faire impression et à révéler la grandeur de la puissance intellectuelle.

Juillet 1868.

#### LÉGENDE.

- A. Coupe du convertisseur pendant l'opération.
- B. Coupe du convertisseur pendant la coulée.
- A', B'. Élévation du convertisseur dans ces deux positions.
- C, C'. Poche de coulée;  $a, a'$ , trou que l'on débouche au moyen du mécanisme  $b$  pour remplir les lingotières.
- D, D'. Appareil destiné à imprimer à la poche un mouvement circulaire qui la fait passer au-dessus d'une rangée de lingotières enfoncées dans le sol, et figurées au plan en E, F, G.
- K. Section de la conduite du vent K, L, M; le vent atteint le convertisseur en traversant l'axe de rotation L et pénètre en M dans la boîte à vent.

#### NOTE

SUR LA COURBURE DES SURFACES.

Par M. E. ROGER, ingénieur en chef des mines.

Une surface possède-t-elle, en chaque point, une courbure qui lui soit propre, ou bien la notion de la courbure ne doit-elle s'appliquer qu'aux lignes, en nombre infini, que l'on peut tracer sur cette surface à partir du point dont on s'occupe? En d'autres termes, est-il possible et utile d'introduire dans la Géométrie pure et dans les sciences d'application qui en dépendent, à côté de la considération des courbures *linéaires*, celle des courbures *superficielles*? C'est ce que nous voudrions examiner ici.

#### I.

Il existe, entre la courbure des sections normales d'une surface et leur orientation, une relation très-remarquable, énoncée pour la première fois par Euler et qu'on peut formuler ainsi :

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B},$$

en désignant par  $\gamma$  le rayon de courbure de la section normale qui rencontre sous deux angles complémentaires  $\mu$  et  $\frac{\pi}{2} - \mu$  deux sections normales douées de propriétés particulières et qu'on appelle *lignes de courbures*; ces lignes sont celles dont la courbure  $\frac{1}{A}$  ou  $\frac{1}{B}$  est, selon les cas, un *maximum* ou un *minimum*.

On a proposé de mesurer la courbure d'une surface en un point donné soit par le produit  $\frac{1}{AB}$ , soit par la moyenne

$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{B} \right)$ , des courbures extrêmes. Mais, dans le premier cas, on serait conduit à attribuer une courbure nulle à toute surface développable (cylindre, cône, etc.) (\*); dans le second cas, la courbure serait nulle pour toute surface convexo-concave dont les lignes de courbure auraient même rayon. Telle n'est pas évidemment l'idée qu'on doit se faire de la courbure d'une surface.

Concevons, autour d'un point M, toutes les sections normales que l'on peut tracer sur une surface, et donnons à chacune de ces lignes une longueur  $l$ , variable avec l'orientation de la section. L'ensemble de ces longueurs ou étendues linéaires détermine, autour du point M, une étendue superficielle qui est mesurée, ou, ce qui revient au même, définie par l'intégrale  $\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} l^2 d\mu$ . D'après cela, si l'on veut s'élever de la notion de la courbure linéaire à celle de la courbure superficielle de la même manière que l'on s'élève de la notion de l'étendue linéaire à celle de l'étendue superficielle, il est clair que l'on devra mesurer ou définir la courbure d'une surface au moyen de l'intégrale

$\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \frac{d\mu}{\gamma^2}$ . Et le théorème d'Euler nous donne tout de suite :

(\*) M. Gauss, qui a proposé, comme mesure de la courbure des surfaces, le produit des courbures extrêmes, convient lui-même qu'à consulter l'analogie, ce système de mesure est défectueux. Mais qu'importe, ajoute-t-il, pourvu que l'on s'entende ? Il nous semble, au contraire, que s'écarter des lois de l'analogie, c'est courir le très-grave danger de s'entendre plus difficilement, et, en jetant une certaine confusion dans la science, de rendre par cela même plus malaisées la démonstration des vérités acquises et surtout la recherche des vérités nouvelles.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \frac{d\mu}{\gamma^2} &= \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \left( \frac{\cos^4 \mu}{A^2} + \frac{2 \sin^2 \mu \cos^2 \mu}{AB} + \frac{\sin^4 \mu}{B^2} \right) d\mu = \\ &= \frac{5\pi}{8} \left( \frac{1}{A^2} + \frac{2}{5AB} + \frac{1}{B^2} \right). \end{aligned}$$

Quelques théorèmes, que l'on ne jugera peut-être pas dépourvus d'intérêt, se déduisent immédiatement de cette définition de la courbure des surfaces.

1. *La courbure d'une surface ne peut être nulle que si les deux rayons de courbure principaux, et par suite tous les rayons de courbure, sont nuls, auquel cas la surface se réduit à un plan.*

En effet, on a :

$$\frac{1}{A^2} + \frac{2}{5AB} + \frac{1}{B^2} = \frac{2}{3} \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{B} \right)^2 + \frac{1}{3} \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{B} \right)^2.$$

2. *Parmi toutes les surfaces applicables, le minimum de la courbure appartient à la surface dont les sections normales présentent une courbure uniforme. (On appelle surfaces applicables celles qui résultent de la déformation d'une surface donnée, supposée flexible mais inextensible ; le produit  $\frac{1}{AB}$ , dans toutes les surfaces ainsi obtenues, demeure invariable, d'après un théorème de M. Gauss.)*

En effet, on a :

$$\frac{1}{A^2} + \frac{2}{5AB} + \frac{1}{B^2} = \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{B} \right)^2 + \frac{8}{5AB}.$$

3. *Lorsque deux surfaces sont telles que les sommes  $\frac{1}{A^2} + \frac{1}{B^2}$  ont de part et d'autre, en deux points donnés, la même valeur, la surface qui possède la courbure la plus forte est celle pour laquelle les courbures principales diffèrent le moins ; la courbure maximum appartient, dans cette catégorie de surfaces, à celle dont les sections normales offrent une courbure uniforme.*

En effet, on a :

$$\frac{1}{A^2} + \frac{2}{3AB} + \frac{1}{B^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{1}{A^2} + \frac{1}{B^2} \right) - \frac{1}{3} \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{B} \right)^2.$$

## II.

Si la courbure superficielle, telle que nous la concevons, n'est point une pure abstraction, une simple définition de mots, si elle correspond à quelque chose de réel, on doit s'attendre à voir cette notion jouer un rôle dans l'étude de certaines questions du ressort des sciences d'application. C'est, en effet, ce qui arrive. Nous allons le montrer par quelques exemples.

1. Considérons une masse liquide ou gazeuse, de forme quelconque, enveloppée de toutes parts d'une pellicule solide plus ou moins mince. Imaginons qu'à un moment donné, un courant se forme dans la masse fluide, et qu'une série de molécules vienne frapper normalement l'enveloppe solide, pour se disperser ensuite uniformément dans toutes les directions, tangentiellement à l'enveloppe. Quelle sera la pression supportée par la pellicule solide, au point qui reçoit le choc ?

Ou bien encore, une action violente se produisant instantanément en un point quelconque de la pellicule, au contact de la masse fluide, et cette action amenant un brusque dégagement de vapeurs ou de gaz, comment exprimer la pression exercée sur l'enveloppe ? Voilà deux énoncés qui touchent à la fois à la Géologie (théorie des volcans et des soulèvements) et à la Mécanique industrielle (chaudières à vapeur).

Or, dans l'un et l'autre cas, la pression normale résulte de deux forces distinctes qui correspondent aux deux périodes du phénomène : 1° la force d'impulsion qui précipite les molécules fluides contre l'enveloppe ; 2° si l'enveloppe résiste à ce premier choc, la résultante des forces centrifuges développées par le mouvement des molécules

fluides s'échappant dans toutes les directions, sans quitter l'enveloppe même. (On néglige, en les confondant avec la force d'impulsion, les réactions provenant des molécules réfléchies vers l'intérieur par la résistance de l'enveloppe.) Soit  $H$  la force d'impulsion, et  $v$  la vitesse avec laquelle une molécule suit une section normale de rayon  $\gamma$ . La résultante (\*) des forces centrifuges sera évidemment proportionnelle à l'intégrale  $\int_0^{2\pi} \left( \frac{v^2}{\gamma} \right)^2 d\mu$ ; de sorte que la pression normale sera, en introduisant une nouvelle constante arbitraire  $H'$ ,

$$H + H' \left( \frac{1}{A^2} + \frac{2}{3AB} + \frac{1}{B^2} \right).$$

2. Considérons maintenant une masse liquide homogène terminée par une surface libre de forme quelconque, et recherchons l'attraction exercée sur une molécule placée à la surface par la masse liquide tout entière, en admettant que toutes les molécules s'attirent mutuellement et que l'intensité des attractions dépende seulement de la distance. Nous supposons, en outre, que ces attractions décroissent très-rapidement avec la distance, de telle manière qu'il soit permis, en imaginant une série de molécules disposées sur une courbe plane autour du point dont on s'occupe, de remplacer la courbe par son cercle osculateur.

Concevons, par le centre  $M$  de la molécule attirée, trois axes coordonnés rectangulaires, dont l'un ( $z$ ) soit la normale à la surface, et les deux autres ( $x, y$ ) les deux lignes de courbure. La position d'un point quelconque  $M'$  de la surface

(\*) Analytiquement, le problème est le même que celui-ci : Déterminer le poids d'un élément superficiel en admettant que les densités des sections normales issues du centre de cet élément varient avec leur orientation, et soient constamment proportionnelles à la courbure  $\frac{1}{\gamma}$  qui correspond à l'orientation  $\mu$ .

pourra être définie, soit par deux des trois coordonnées  $(x, y, z)$  soit par deux autres variables,  $\lambda, \mu$ , dont l'une est la distance  $MM'$ , et l'autre, l'orientation de la section normale à laquelle  $M'$  appartient. On aura d'ailleurs, pour passer de l'un de ces systèmes de coordonnées à l'autre, les formules de transformation suivantes, dans lesquelles  $\gamma$  désigne le rayon de courbure de la section normale  $MM'$ , et  $G$  la projection de la longueur  $MM' = \lambda$  sur le plan tangent :

$$\left. \begin{aligned} x &= G \cos \mu \\ y &= G \sin \mu \\ z &= \frac{\lambda^2}{2\gamma} \end{aligned} \right\} \text{ avec } \left\{ \begin{aligned} \frac{1}{\gamma} &= \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \\ \lambda^2 &= G^2 + z^2. \end{aligned} \right.$$

Si la surface pouvait être confondue avec le plan tangent en  $M$ , l'attraction totale se réduirait évidemment à une résultante  $H$  dirigée suivant la normale, et dont la valeur serait indépendante de la forme de cette surface libre. Cela posé, imaginons qu'on mène en  $M$  le plan tangent, et supposons d'abord que la surface soit concave. L'attraction totale ne différera de  $H$  qu'en raison des attractions exercées par les molécules comprises entre la surface libre et le plan tangent. La résultante  $h$  des attractions de ces molécules sera d'ailleurs normale à la surface, en vertu de la symétrie que la masse liquide présente nécessairement par rapport à la normale, du moment qu'il est permis de remplacer chacune des sections normales de la surface libre par son cercle osculateur. Il est clair, en outre, que cette résultante agira en sens contraire de  $H$ .

Afin d'évaluer  $h$ , nous décomposerons l'intervalle compris entre le plan tangent et la surface au moyen d'une série de surfaces *analogues* que nous obtiendrons en remplaçant, dans les équations précédentes, les constantes  $\frac{1}{A}$  et  $\frac{1}{B}$  par des paramètres variables  $\frac{w}{A}$  et  $\frac{w}{B}$ , la quantité  $w$  étant

elle-même susceptible de prendre toutes les valeurs possibles, entre les limites 0 et 1. De cette manière,  $x, y$  et  $z$  deviendront des fonctions déterminées de  $\lambda, \mu$  et  $w$ , et comme il est inutile de conserver, dans les valeurs de  $x$  et de  $y$ , des termes du troisième ordre en  $\lambda$  (attendu que les termes de cet ordre sont négligés dans la valeur de  $z$ ), on pourra écrire comme il suit les formules de transformation :

$$\left\{ \begin{aligned} x &= \lambda \cos \mu \\ y &= \lambda \sin \mu \\ z &= \frac{\lambda^2 w}{2} \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right). \end{aligned} \right.$$

Les équations

$$\lambda = \text{const.}, \quad \mu = \text{const.}, \quad w = \text{const.}$$

correspondent à trois séries de surfaces qu'on peut considérer comme *orthogonales*, dans les limites d'approximation où nous nous plaçons. Pour le démontrer, désignons respectivement par  $[\mu, w]$ ,  $[w, \lambda]$ ,  $[\lambda, \mu]$  les angles que font deux à deux les trois trajectoires déterminées par les intersections des trois surfaces en un point quelconque  $N$ . On aura

$$\left. \begin{aligned} \cos[\mu, w] &= \frac{\frac{dx}{d\mu} \frac{dx}{dw} + \frac{dy}{d\mu} \frac{dy}{dw} + \frac{dz}{d\mu} \frac{dz}{dw}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{d\mu}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\mu}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\mu}\right)^2} \sqrt{\left(\frac{dx}{dw}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dw}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dw}\right)^2}} \\ \cos[w, \lambda] &= \frac{\frac{dx}{dw} \frac{dx}{d\lambda} + \frac{dy}{dw} \frac{dy}{d\lambda} + \frac{dz}{dw} \frac{dz}{d\lambda}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dw}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dw}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dw}\right)^2} \sqrt{\left(\frac{dx}{d\lambda}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\lambda}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\lambda}\right)^2}} \\ \cos[\lambda, \mu] &= \frac{\frac{dx}{d\lambda} \frac{dx}{d\mu} + \frac{dy}{d\lambda} \frac{dy}{d\mu} + \frac{dz}{d\lambda} \frac{dz}{d\mu}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{d\lambda}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\lambda}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\lambda}\right)^2} \sqrt{\left(\frac{dx}{d\mu}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\mu}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\mu}\right)^2}} \end{aligned} \right.$$

En remplaçant, dans ces équations, les différentielles partielles  $\frac{dx}{d\mu}$  ... par leurs valeurs ci-après :

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\lambda} = \cos \mu, & \frac{dy}{d\lambda} = \sin \mu, & \frac{dz}{d\lambda} = \lambda w \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right), \\ \frac{dx}{d\mu} = -\lambda \sin \mu, & \frac{dy}{d\mu} = \lambda \cos \mu, & \frac{dz}{d\mu} = \left( \frac{1}{B} - \frac{1}{A} \right) \lambda^2 w \sin \mu \cos \mu, \\ \frac{dx}{dw} = 0, & \frac{dy}{dw} = 0, & \frac{dz}{dw} = \frac{\lambda^2}{2} \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right), \end{cases}$$

on verra aisément que les trois cosinus prennent les valeurs suivantes :

$$\cos[\mu, w] = \left( \frac{1}{B} - \frac{1}{A} \right) \lambda w \sin \mu \cos \mu,$$

$$\cos[w, \lambda] = \lambda w \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right),$$

$$\cos[\lambda, \mu] = \left( \frac{1}{B} - \frac{1}{A} \right) \lambda^2 w^2 \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right).$$

Ces trois cosinus s'annulent en même temps que  $\lambda$ . Il est donc permis de considérer ici le point N comme le centre d'un parallépipède rectangle dont le volume V serait

$$V = \sqrt{\left( \frac{dx}{d\lambda} \right)^2 + \left( \frac{dy}{d\lambda} \right)^2 + \left( \frac{dz}{d\lambda} \right)^2} \sqrt{\left( \frac{dx}{d\mu} \right)^2 + \left( \frac{dy}{d\mu} \right)^2 + \left( \frac{dz}{d\mu} \right)^2} \sqrt{\left( \frac{dx}{dw} \right)^2 + \left( \frac{dy}{dw} \right)^2 + \left( \frac{dz}{dw} \right)^2} d\lambda d\mu dw.$$

L'attraction exercée par ce parallépipède infinitésimal sur la molécule M placée à l'origine sera proportionnelle à V; et comme d'ailleurs elle doit dépendre de la distance, on pourra l'exprimer par une fonction telle que  $V\varphi(\lambda)$ . Cette force donnera, dans la direction de la normale en M, une composante  $\frac{z}{\lambda} V\varphi(\lambda)$ . Si l'on réunit maintenant toutes les

composantes de la même nature produites par l'ensemble de la masse liquide comprise entre la surface libre et le plan tangent, on fera dépendre la somme  $h$  de toutes ces forces de l'intégrale triple ci-après :

$$h = \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \frac{z}{\lambda} U \varphi(\lambda) d\lambda d\mu dw,$$

en posant

$$V = U d\lambda d\mu dw.$$

Les limites des intégrations sont tout naturellement indiquées; les distances  $\lambda_0$  et  $\lambda_1$ , entre lesquelles s'exercent, sur la molécule M, les attractions de la masse liquide, demeurent seules inconnues.

Rien n'est plus aisé maintenant que d'achever le calcul. En effet, on a d'abord

$$U = \frac{\lambda^3}{2} \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right),$$

et par suite

$$h = \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \varphi(\lambda) \frac{\lambda^4 w}{4} \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right) d\lambda d\mu dw.$$

En intégrant par rapport à  $w$ , on aura

$$h = \frac{1}{8} \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} \int_0^{2\pi} \varphi(\lambda) \lambda^4 \left( \frac{\cos^2 \mu}{A} + \frac{\sin^2 \mu}{B} \right) d\lambda d\mu.$$

Une deuxième intégration, effectuée par rapport à  $\mu$ , donnera ensuite

$$h = \frac{5\pi}{32} \left( \frac{1}{A^2} + \frac{2}{5AB} + \frac{1}{B^2} \right) \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} \varphi(\lambda) \lambda^4 d\lambda.$$

Et comme l'intégrale  $\int_{\lambda_0}^{\lambda_1} \varphi(\lambda) \lambda^4 d\lambda$  est indépendante de la forme de la surface, on voit que l'attraction exercée par l'ensemble de la masse liquide sur la molécule superfici-

cielle  $M$  se résout en une force normale à la surface libre, dont la valeur, exprimée au moyen de deux constantes arbitraires, est

$$H - h = H' - H'' \left( \frac{1}{A^2} + \frac{2}{3AB} + \frac{1}{B^2} \right).$$

Si, au lieu d'être concave, la surface libre était convexe, l'attraction totale, il est aisé de le voir, s'exprimerait absolument de la même manière. Nous retrouvons ainsi, au signe de la constante  $H'$  près, la formule qui donne la solution du problème, entièrement différent, que nous avons traité en premier lieu.

---



---

## DESCRIPTION

DE LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE ET DES RESSOURCES MINÉRALES  
DU CANTON DE VICDESSOS  
ET SPÉCIALEMENT DE LA MINE DE RANCIÉ.

Par M. MUSSY, ingénieur des mines.

---

Ce mémoire se divisera en trois parties :

1° Note sur la constitution géologique du canton de Vicdessos et les ressources minérales de la contrée autres que la mine de fer de Rancié.

2° Note sur la mine de Rancié.

3° Note sur l'emploi du minerai de Rancié dans la métallurgie du département de l'Ariège.

La première partie comprend trois sujets distincts :

1° Constitution géologique du canton de Vicdessos.

2° Affleurements des minerais de fer compris dans les concessions de Rancié et Lercoul.

3° Description détaillée des ressources minérales du canton, autres que la mine de Rancié.

Cette note est accompagnée de la carte géologique du canton de Vicdessos, qui est un extrait réduit de la carte générale de l'Ariège que je viens de terminer et d'un plan de surface à l'échelle de

5<sup>m</sup>.01 pour 400 mètres,

représentant la constitution géologique des concessions de Rancié et Lercoul et le détail des affleurements des minerais de fer de ces deux concessions.

## PREMIÈRE PARTIE.

## I. — Description géologique du canton de Vicdessos.

*Généralités.* — Le département de l'Ariège immédiatement adossé aux flancs des Pyrénées vers leur centre, est formé des deux vallées principales de l'Ariège et du Sallat; une crête de montagne assez élevée, sépare ces deux bassins; contre elle s'appuie le canton de Vicdessos, qui en même temps s'étend jusqu'à la haute frontière qui le limite d'avec l'Espagne et la république d'Andorre.

Le sol du canton de Vicdessos est très-élevé, les montagnes ont une base large et jettent à une grande distance de leurs faîtes, des rameaux puissants, souvent presque aussi hauts que les sommets.

La chaîne des Pyrénées est le résultat d'un soulèvement postérieur au terrain nummulitique qui s'est étendu de Perpignan à Bayonne suivant la direction  $0^{\circ}$  à  $20^{\circ}$  N; antérieurement à cette époque le sol de cette contrée avait bien dû éprouver un certain nombre d'oscillations en diverses directions, qui déjà à plusieurs reprises l'avaient fait surgir du sein des mers; mais le dernier soulèvement postérieur aux terrains nummulitiques a été de beaucoup le plus important et a dû lui donner à peu de chose près le relief qu'il possède encore.

En pénétrant au jour, les roches primitives qui forment l'axe de la chaîne ont dû refouler au Nord et au Sud les formations préexistantes et leur imprimer jusqu'à de grandes distances une série d'ondulations parallèles à l'axe du soulèvement dont l'importance diminuait à mesure qu'elles s'éloignaient de cet axe; de ces ondulations sont nés une série de chaînons secondaires et de vallées profondes toutes dirigées de l'Est à l'Ouest avec une légère tendance à incliner au Nord-Ouest; et lorsqu'on veut de la plaine

atteindre la haute crête, on rencontre chacun de ces chaînons qu'il faut gravir comme les marches d'un grand escalier dont chacune d'elles correspond à un étage géologique distinct.

Les ondulations dans les roches préexistantes au soulèvement n'ont pu se produire sans amener dans ces roches des disjonctions et des ruptures dont la direction devait naturellement être à peu près perpendiculaire à leur orientation générale; dans ces lignes de rupture dirigées généralement du Sud au Nord, les eaux se sont facilement frayé un passage, ont déblayé les matériaux qui les encombraient et y ont creusé des vallées plus ou moins profondes.

Les Pyrénées présentent donc deux natures de vallées à caractères bien différents suivant leur origine; les unes sont principalement dues aux ondulations imprimées aux couches par le soulèvement de la chaîne, les autres doivent leur formation aux ruptures produites dans les roches par ces ondulations et plissements.

Les premières sont dirigées généralement de l'Est à l'Ouest avec une légère tendance à s'appuyer au Nord-Ouest; elles sont plus ouvertes et elles le sont d'autant plus qu'elles s'éloignent de l'axe du soulèvement; les bords en sont plus doux, faciles à gravir, à pente douce et couverts d'un sol cultivé; la cause qui les a produites étant plus continue, elles se prolongent sur de plus grands espaces en direction; sur les bords on trouve fréquemment des dépôts modernes très-élevés provenant de l'érosion des vallées supérieures.

Les vallées de fracture sont le plus souvent très-étroites, à bords escarpés et présentent partout les traces du ravage des eaux qui ont dû s'y frayer avec peine un passage; les deux versants sont nus, désolés, à pente rapide; les deux bords sont généralement recouverts par des plateaux d'égal niveau, secs et de culture difficile; elles sont presque toutes dirigées du Sud au Nord; ces caractères

tères sont la conséquence forcée de leur origine; les fractures dans les roches préexistantes au soulèvement ont dû être d'autant plus nombreuses et plus irrégulières, qu'elles étaient plus voisines de l'axe du soulèvement et en s'éloignant de cet axe elles diminuent de puissance et d'étendue; aussi dans tout le voisinage de la chaîne centrale les vallées sont dirigées du Sud au Nord; elles sont nombreuses, les montagnes sont déchiquetées, les eaux se divisent à l'infini; en s'éloignant de la chaîne centrale les montagnes s'arrondissent, prennent une base plus large; les eaux se réunissent dans les vallées du plissement qui dominant.

Un cours d'eau, quelque restreint qu'il soit, limite rarement son parcours dans une vallée unique. Généralement, à partir de sa source, il suit une vallée de fracture; après une course variable, il tourne soit à l'est, soit à l'ouest, pour suivre une vallée de plissement, où il exécute la plus grande partie de son voyage, avant d'atteindre le cours d'eau plus important où il va confondre ses eaux.

Cette tendance de presque tous les cours d'eau à avoir une direction sud-nord vers leur source, et une direction ouest quelques degrés nord vers leur confluent, est excessivement remarquable dans tout le département et s'applique particulièrement au canton de Vicdessos. La rivière principale, qui porte le nom de rivière d'Auzat en amont du village de ce nom, et de rivière de Vicdessos en aval du même village, présente ce caractère. Dans sa partie supérieure, depuis sa source jusqu'à Auzat, elle suit du sud vers le nord une vallée de fracture perpendiculaire aux formations de la contrée; à partir d'Auzat, jusqu'à son confluent à Tarascon, elle s'incline à l'est pour suivre les plis des couches et devient une vallée de plissement.

Outre cette vallée principale, le canton de Vicdessos possède un certain nombre de vallées de fractures parallèles à la haute vallée d'Auzat. La principale est celle de Siguer; les autres, moins importantes, portent les noms

de vallées d'Arties, Goulier et Sem. Ces vallées déversent leurs eaux sur la rive droite de la rivière de Vicdessos.

Sur la rive gauche sont plusieurs vallées de plissement dirigées de l'est à l'ouest, dont les plus connues sont celles de Lartigue, Saleix et Suc. En aval de Vicdessos, la grande rivière ne reçoit guère, sur la même rive, que des ravins très-courts, dirigés nord-sud, provenant de l'érosion des eaux qui descendent rapidement de la montagne en suivant ses lignes de plus grande pente. Les principaux sont ceux de Sentenac, Orus et Illier.

Le canton de Vicdessos est adossé à la haute chaîne des Pyrénées et renferme les pics les plus élevés du département de l'Ariège, dont les principaux sont :

- 1° Pic du port de Siguer. . . . . 2900 mètres.
- 2° Pic du Montcalm. . . . . 3148 id.

La chaîne frontière a de 2.700 à 2.800 mètres de hauteur moyenne. Sur plusieurs points, comme aux pics du port de Siguer et au Montcalm, sont de petits glaciers couverts de neiges perpétuelles.

Les passages ou ports de la haute crête qui conduisent en Espagne ou dans la république d'Andorre ont une hauteur minimum de 2.200 à 2.500 mètres.

En avant de la chaîne frontière, le canton présente de hauts sommets en forme de postes avancés.

Les plus remarquables sont :

- 1° Le pic d'Andron, haut de. . . . . 2472 mètres.

dominant les vallons de Goulier et Sem;

- 2° Le pic des Trois-Seigneurs, haut de. . . 2165 id.

faisant limite aux cantons de Vicdessos, Massat et Tarascon.

Toute la crête qui borne le canton à l'ouest et s'étend du pic de Bentefarine, situé sur la frontière, jusqu'au pic

des Trois-Seigneurs, en séparant du sud vers le nord les bassins du Sallat et celui de l'Ariège, est d'une hauteur moyenne de plus de 2.200 mètres; elle laisse, pour communiquer d'un bassin à l'autre, deux échancrures étroites, qui portent le nom de port de Saleix et port de Massat, dont l'élévation atteint 1.800 et 1.600 mètres.

Le sol moyen du canton est, par suite, très-élevé. Si l'on rasait, par la pensée, le sommet des montagnes, de façon à combler les vallées et à former un parallépipède à surface horizontale, on trouverait à ce dernier une hauteur de 1.770 mètres.

La rivière principale de Vicdessos, qui descend du faite des Pyrénées et prend sa source aux glaciers du Montcalm, hauts de près de 5.000 mètres, parcourt le canton sur une longueur d'à peu près 24 kilom. A son point le plus bas, au-dessous du pont de Laramade, elle n'est guère qu'à une hauteur de 600 mètres, et est descendue dans ce court trajet de près de 2.400 mètres, avec une pente moyenne de 6",10 par mètre.

Cette énorme pente explique les nombreux phénomènes d'érosion que présente la vallée dans la plus grande partie de son étendue, dont la conséquence a été le dépôt de grands amas de transport dans la partie basse de la vallée, vers Niaux et Tarascon.

Sur quelques points sont des traces évidentes de la marche des glaciers qui ont dû couvrir le pays à l'époque glaciaire. Entre Vicdessos et Auzat, au point où la rivière, qui vient du sud vers le nord, change brusquement de direction pour couler à l'est, on peut remarquer sur le bord même de la grande route de belles surfaces de rochers, bien polies et fortement striées en lignes parallèles entre elles et parallèles au cours de la vallée. Caractéristiques du mouvement des glaciers, elles paraissent dues au frottement des blocs erratiques qui accompagnent généralement les glaciers dans leur marche.

*Étages géologiques.* — Les formations géologiques du canton de Vicdessos appartiennent aux terrains primitifs, de transition et du lias; les étages crétacé et nummulitique manquent totalement, ainsi que le miocène tertiaire, dont le développement est si grand dans la basse Ariège: on peut constater, en outre, quelques dépôts quaternaires et le diluvium sur le bord des cours d'eaux principaux.

L'ensemble de ces couches peut être classé ainsi qu'il suit :

I. Terrains primitifs. . . . .	1° Granite et gneiss. 2° Micaschistes.
II. Terrains de transition. . . . .	3° Silurien inférieur. 4° Silurien supérieur.
III. Lias. . . . .	5° Lias inférieur. 6° Lias moyen. 7° Lias supérieur.
IV. Quaternaire. . . . .	8° Quaternaire.
V. Diluvium. . . . .	9° Diluvium.

Le canton possède, en outre, un assez grand nombre d'amas de roches ophitiques de nature variée, en relation avec l'étage liasique.

I. TERRAINS PRIMITIFS. . . . .	{ 1° Granite et gneiss. 2° Micaschiste.
--------------------------------	--

*Terrains primitifs.* — Le terrain primitif, composé de granite, gneiss, pegmatite et micaschiste, forme au nord et au midi du canton de puissants bourrelets qui le traversent dans toute son étendue. Le massif du nord fait partie de la grande bande de roches primitives qui s'étend dans tout le département, depuis le pic de Saint-Barthélemy, à l'est, jusqu'à Castillon, à l'ouest. Il est principalement formé de granite et gneiss. Son point culminant, dans le canton, est le pic des Trois-Seigneurs.

Le massif du Sud appartient à la grande bande primitive.

qui forme la crête frontière des Pyrénées dans le département, depuis son extrémité orientale au pays de Quérigut jusqu'au fond de la vallée d'Auzat; il est surtout composé de micaschiste présentant presque partout et surtout vers la frontière, de nombreux pointements de roches primitives plus anciennes, telles que le granite, le gneiss, la syénite, la protogine et la pegmatite.

A l'extrémité occidentale du canton toute la région haute, connue sous le nom de Bassiés, est constituée par un beau granite porphyroïde; cette masse, dont l'étendue sur la crête séparative des bassins du Sallat et de l'Ariège, atteint plus de 8 kilomètres, s'avance vers l'Est en forme de coin, pour mourir sur les bords de la rivière de Vicdessos entre Auzat et Arties; du côté du Nord, ses racines paraissent rejoindre celle du massif des Trois-Seigneurs et entre elles est un long bassin étroit, rempli par les sédiments modernes du lias. Du côté du Sud, une large formation régulière à profondes racines de schistes anciens sépare le granite de Bassiés du massif primitif de la frontière.

#### Granite des Trois-Seigneurs.

Le granite ordinaire à grains moyens forme la majeure partie du massif primitif des Trois-Seigneurs; il est formé de feldspath blanc, gris, rarement rouge, de quartz grisâtre, de mica vert ou brun, assez souvent mélangé de talc surtout aux pourtours de la formation. Ce granite se présente fréquemment en larges bancs à stratification indistincte, il est recoupé de délits en divers sens souvent verticaux, le feldspath est un mélange d'albite et d'orthose.

Le granite est fréquemment accompagné sur ses bords de roches primitives plus modernes telles que le gneiss, le micaschiste, la pegmatite, les schistes siliceux et talqueux; vers Lapège, à l'entrée du canton, il offre de beaux rochers de quartz blanc, criblé de tourmaline noire informe ou

crystallisée. Entre Laramade et Cabre, son contact avec les calcaires secondaires qui forment le sommet de Teillet est marqué par une auréole mince des schistes siliceux et talqueux passant rapidement au micaschiste et au gneiss.

Plus à l'Ouest, dans le vallon de Suc, au quartier de l'Escourgeat, le granite paraît séparé des roches secondaires par une formation régulière de 300 à 400 mètres de roches granitoïdes plus ou moins stratifiées; le schiste siliceux, le schiste talqueux, le pétrosilex tacheté de talc, l'amphibole noire mêlée de quartz et talc sont fréquents et sont séparés du granite pur par des épaisseurs variables de micaschiste, pegmatite, protogine et gneiss, plus ou moins orientés et stratifiés; sur plusieurs points apparaissent des nids de graphite, au milieu de ces schistes granitoïdes.

Au centre de la formation, près l'étang d'Arbu et le sommet des Trois-Seigneurs, les éléments du granite s'isolent et s'orientent en belles assises verticales, alternantes de micaschiste, schiste siliceux et pegmatite, riche en beaux cristaux de tourmaline: le micaschiste au même point présente des nids fréquents de graphite.

D'autres fois, comme sur les montagnes d'Orus et Illier, la roche granitique se décompose facilement et donne des arènes sableuses jaunâtres plus ou moins imperméables dont la surface est fréquemment recouverte de petits gisements tourbeux.

Les principales tourbières sont les suivantes :

qui forme la crête frontière des Pyrénées dans le département, depuis son extrémité orientale au pays de Quérigut jusqu'au fond de la vallée d'Auzat ; il est surtout composé de micaschiste présentant presque partout et surtout vers la frontière, de nombreux pointements de roches primitives plus anciennes, telles que le granite, le gneiss, la syénite, la protogine et la pegmatite.

A l'extrémité occidentale du canton toute la région haute, connue sous le nom de Bassiés, est constituée par un beau granite porphyroïde ; cette masse, dont l'étendue sur la crête séparative des bassins du Sallat et de l'Ariège, atteint plus de 8 kilomètres, s'avance vers l'Est en forme de coin, pour mourir sur les bords de la rivière de Vicdessos entre Auzat et Arties ; du côté du Nord, ses racines paraissent rejoindre celle du massif des Trois-Seigneurs et entre elles est un long bassin étroit, rempli par les sédiments modernes du lias. Du côté du Sud, une large formation régulière à profondes racines de schistes anciens sépare le granite de Bassiés du massif primitif de la frontière.

#### Granite des Trois-Seigneurs.

Le granite ordinaire à grains moyens forme la majeure partie du massif primitif des Trois-Seigneurs ; il est formé de feldspath blanc, gris, rarement rouge, de quartz grisâtre, de mica vert ou brun, assez souvent mélangé de talc surtout aux pourtours de la formation. Ce granite se présente fréquemment en larges bancs à stratification indistincte, il est recoupé de délits en divers sens souvent verticaux, le feldspath est un mélange d'albite et d'orthose.

Le granite est fréquemment accompagné sur ses bords de roches primitives plus modernes telles que le gneiss, le micaschiste, la pegmatite, les schistes siliceux et talqueux : vers Lapège, à l'entrée du canton, il offre de beaux rochers de quartz blanc, criblé de tourmaline noire informe ou

cristallisée. Entre Laramade et Cabre, son contact avec les calcaires secondaires qui forment le sommet de Teillet est marqué par une auréole mince des schistes siliceux et talqueux passant rapidement au micaschiste et au gneiss.

Plus à l'Ouest, dans le vallon de Suc, au quartier de l'Escourgeat, le granite paraît séparé des roches secondaires par une formation régulière de 300 à 400 mètres de roches granitoïdes plus ou moins stratifiées ; le schiste siliceux, le schiste talqueux, le pétrosilex tacheté de talc, l'amphibole noire mêlée de quartz et talc sont fréquents et sont séparés du granite pur par des épaisseurs variables de micaschiste, pegmatite, protogine et gneiss, plus ou moins orientés et stratifiés ; sur plusieurs points apparaissent des nids de graphite, au milieu de ces schistes granitoïdes.

Au centre de la formation, près l'étang d'Arbu et le sommet des Trois-Seigneurs, les éléments du granite s'isolent et s'orientent en belles assises verticales, alternantes de micaschiste, schiste siliceux et pegmatite, riche en beaux cristaux de tourmaline : le micaschiste au même point présente des nids fréquents de graphite.

D'autres fois, comme sur les montagnes d'Orus et Illier, la roche granitique se décompose facilement et donne des arènes sableuses jaunâtres plus ou moins imperméables dont la surface est fréquemment recouverte de petits gisements tourbeux.

Les principales tourbières sont les suivantes :

DÉSIGNATION des tourbières.	SURFACE.		PROFONDEUR.	HAUTEUR au-dessus de la mer.
	hect.	ares.	mèt. quarré.	mètres.
1° Tourbière de Bernadouze (Suc).	4	00	2.80	1.300
2° Tourbière du port de Massat (Suc).		4	0.70	1.400
3° Tourbière de Rivebelle (Suc).		3	0.60	1.500
4° Tourbière des Trois-Seigneurs (Suc).		2	0.50	1.700
5° Tourbière Lagreou (Sentenac).	1	20	1.50	1.400
6° Tourbière d'Orus.		1	0.50	1.200
7° Tourbière de Cabanatus (Illier).	2	50	2.00	1.160
8° Tourbière de Sauvegarde (Illier).	1	75	1.00	1.100

## Granite de Bassiès.

Le granite de la région de Bassiès est composé, surtout sur son pourtour, de ses trois éléments ordinaires, feldspath gris, albite, orthose, quartz translucide et mica vert ou brun; il est dur et se présente en bancs puissants à stratification confuse; il contient rarement des minéraux étrangers tels que le talc, l'amphibole et la tourmaline; il présente fréquemment dans son intérieur des noyaux sphéroïdaux de granite à grains plus fins, plus abondants en mica et de couleur plus foncée, qui parfois, lui donne l'aspect globuleux, quand ils sont abondants.

Au centre de la formation et surtout au voisinage des lacs de Bassiès, le granite tend à prendre une structure stratifiée; passe au gneiss; souvent l'orthose s'isole en cristaux orientés et la roche devient un véritable gneiss porphyroïde à larges cristaux de feldspath; la haute crête escarpée qui sépare le vallon de Bassiès de la gorge de l'Artigue, est formée de ce gneiss porphyroïde divisé en dalles de grandes dimensions; ces dalles superposées s'avancent sur cette gorge en surplomb et en forme d'encorbellement.

Le vallon de Bassiès, creusé en son entier dans le granite offre plusieurs étangs dont l'inférieur est considérable; son sol plus ou moins tourbeux renferme une quantité considé-

nable de pins arrachés, sans doute, aux forêts qui couvraient autrefois le voisinage et dont il ne reste plus aucune trace; le niveau de ce lac est, du reste, supérieur aux limites de leur végétation actuelle.

## Granite et micaschiste de la frontière.

Le terrain primitif de la frontière court, suivant la direction O. 30 à 40° S., en recouvrant toute la haute partie méridionale du canton, sur une largeur de 8 à 10 kilomètres; il forme les crêtes frontières. Il est principalement constitué par de puissantes couches de micaschiste stratifiées en bancs souvent horizontaux, oscillant en ondulations variées, déposées dans les plis d'un massif granitique souterrain qui assez souvent pointe au jour.

Les pointements les plus considérables sont ceux du fond de la vallée de Siguer, où est une formation granitique assez importante, aux pics de Neych et Pepelat, qu'on recoupe aux Escalles avant d'atteindre l'étang de Peyregrand.

Dans les vallons de Niouret, Artiés et Auzat, les pointements granitiques sont nombreux, mais peu étendus, si ce n'est toutefois à l'extrémité de ce dernier, où est un affleurement de cette roche assez grand au pic de Médécourbe et aux ports d'Espagne.

Dans ses pointements étendus le granite est à grains moyens formé de feldspath, quartz et mica; mais quand il n'affleure que sur un court espace, en forme d'îlot, il passe fréquemment à des roches moins anciennes, telles que le gneiss confus, le gneiss orienté, la protogine et la pegmatite graphique. Tel est le cas de tous les pointements fréquents de la haute serre d'Andron, qui sépare les deux vallons de Niouret et Artiés.

La masse des micaschistes est formée de lits minces alternants de mica et quartz à noyaux quartzeux et struc-

ture onduleuse entrelacée ; ces micaschistes sont fréquemment associés à d'autres roches qui, d'un côté, passent insensiblement au granite des flots par des alternances de micaschiste et pegmatite riche en grenats et tourmalines, des gneiss très-micacés et feuilletés et des gneiss ordinaires ; ces micaschistes passent également par degrés insensibles aux schistes ordinaires siluriens ; les noyaux quartzeux disparaissent ou s'orientent en schistes siliceux purs, les schistes purement micacés se séparent d'autre part, deviennent peu à peu simplement luisants et satinés, et se rapprochent lentement de la constitution des schistes ordinaires ardoisiers et pyriteux de l'étage silurien. Au voisinage du granite, les bancs de pegmatite et quartz pur se présentent fréquemment en belles assises, dont la couleur blanche tranche de loin au milieu des couches de couleur foncée des micaschistes ; vers les sédiments siluriens, les schistes siliceux et talqueux, les pétrosilex abondent au milieu des micaschistes.

Les minéraux sont assez communs dans cet étage ; la tourmaline est visible en beaux cristaux dans les pegmatites ; dans les micaschistes on trouve des pyrites de fer en abondance, du graphite, du grenat, de l'amphibole et surtout des macles de nature variée entre les feuilletés de roches.

Parmi ces macles, les unes ont une cassure compacte, de couleur uniforme grisâtre, les autres sont tachetées, noir et gris, en formes régulières rhombiques de diverses natures.

Les roches primitives présentent une apparence d'orientation qu'il est parfois difficile de bien préciser ; les micaschistes sont plissés en tous sens, criblés de délits qui se croisent entre eux ; au milieu de cette structure complexe, on peut cependant apercevoir dans les assises de micaschistes et pegmatites, et même dans les gneiss porphyroïdes de Bassiés, une tendance à s'orienter suivant la direction N. 25 à 30° O.

Dans le granite pur, il n'est pas rare de voir deux séries de fentes fréquentes dont l'une, verticale, affecte la direction précédente, et l'autre, à peu près perpendiculaire, paraît osciller de O. 45 à 40° N. Ces deux systèmes de fentes paraissent assez souvent recouper la masse en énormes fragments pseudorhomboidaux.

## II. TERRAINS DE TRANSITION. . . 2° Silurien inférieur.

*Terrains de transition. Silurien inférieur.* — Le terrain de transition du canton de Vicdessos se compose surtout de schistes variés et de rares couches calcaires ; les schistes sont classés dans le silurien inférieur, et le calcaire dans l'étage purchisonien ou silurien supérieur.

Le schiste argileux ordinaire forme la majeure partie de ce puissant étage : il présente deux variétés principales ; l'une grisâtre et tendre, a une cassure terreuse, une structure contournée en petit, une surface onduleuse et est imprégnée presque toujours de graphite ; la seconde variété est plus dure et tenace, gris sombre ou brun foncé et imprégnée de pyrites qui par leur décomposition à l'air lui donnent une surface rougeâtre ; elle se divise en plaques plus ou moins épaisses et en fragments pseudoréguliers.

Cette variété s'imprègne souvent de quartz et devient un schiste siliceux, la silice domine parfois et la roche est un quartz grenu schistoïde dont les assises de couleurs variées lui donnent une apparence rubannée ; les mêmes quartzites schisteux présentent souvent de beaux plissements brusques sans rupture des assises. Ils sont imprégnés de pyrites et graphites dans toute leur masse ; parfois les divers éléments, schistes, silice, pyrite, graphite s'isolent en couches voisines et parallèles et produisent de petits gisements de pyrites de fer plus ou moins cuivreuses, entourés de schistes terreux, graphiteux, liés à de beaux filons de quartz pur.

La première variété purement terreuse se durcit parfois, en se délitant en feuillets très-minces, propres à donner d'excellentes ardoises; dans les délits s'intercalent des paillettes fines de mica et la roche est un schiste ardoisier, luisant, verdâtre.

En s'approchant de la formation des micaschistes, les schistes siluriens deviennent presque toujours verdâtres et satinés, leur surface est ondulée, très-luisante, se couvre de mica ou de talc et au contact des roches plus anciennes, ils passent aux schistes talqueux et micacés. D'autres fois, en se rapprochant de la formation plus moderne du lias, le schiste devient tout à fait terreux, s'effleurit à l'air et donne des terres jaunâtres argileuses.

La roche schisteuse s'imprègne assez fréquemment de calcaire et passe au calcschiste, mais en dehors des formations de calcschistes en amandes allongées, classées dans le silurien supérieur, les bancs de calcaire enclavés dans les schistes siluriens sont assez rares, toujours très-minces et discontinus.

Des bancs de calcaire se présentent au contact des schistes anciens et de la formation granitique, au nord du granite de Bassiés dans la forge de l'Artigue, ce calcaire est cristallin, amphibolique et recoupé par des filons de syénite.

La présence des pyrites dans les schistes leur donne la propriété de s'effleurir à l'air, en produisant des aluns naturels et des sources minérales ferrugineuses et séléniteuses; cette circonstance est surtout remarquable dans la vallée d'Auzat et dans le ravin d'Agenson. Sur un très-grand nombre de points, les schistes anciens présentent des filons de quartz irréguliers criblés de pyrites de fer et fer carbonaté décomposé superficiellement et transformé en fer oxydé rouge; ces gisements sont rarement importants, mais ils sont répandus en petits amas et noyaux dans toute la masse de la formation qu'ils imprègnent presque partout.

La montagne de Rancié qui comprend les principaux gisements métalliques du canton, est formée par les couches liasiques, son sommet appartient au calcaire inférieur du lias.

Si de ce sommet on se dirige vers le sud, en suivant les crêtes de montagne qui séparent le vallon de Sem de la vallée de Siguer, on recoupe successivement toutes les assises des terrains de transition et primitif. A une centaine de mètres au sud du pic de Rancié commencent les schistes anciens par une série de schistes argileux, tendres, facilement décomposables, feuilletés, un peu luisants, gris verdâtres; ces schistes sont orientés O. 25° S. avec plongement de 80° au sud; ils sont en discordance manifeste de stratification avec les calcaires de Rancié dont la direction est E. O. avec plongement sud de 50° à 70°. Entre les feuillets de ces schistes sont de nombreuses dendrites d'oxyde de fer et de manganèse, qui par leur décomposition à l'air donnent à la roche une teinte rougeâtre.

Plus au sud est une assise de 50 à 40 mètres de schiste siliceux dur à nodules de quartz avec fer carbonaté; au delà sont les schistes luisants et verdâtres ardoisiers. Cet ensemble schisteux dont la puissance ne dépasse pas 500 mètres forme le col dit de Lescouil; au delà les crêtes de Lescouil jusqu'au col de Grail présentent sur près d'un kilomètre une série de calcaires et calcschistes cristalloïdes appartenant au silurien supérieur.

Au col de Grail apparaissent de nouveau les schistes, dirigés O. 25° S. avec prolongement de 70 à 75°; de part et d'autre du bassin circonscrit de calcaire murchisonien, les schistes paraissent plonger au-dessous et d'âge évidemment inférieur. En montant de Grail à Andron, on trouve une série de schistes verdâtres ardoisiers, luisants, très-schisteux et fissiles; à une certaine distance du col, ils deviennent verticaux et plus loin plongent un peu au Sud; ils sont piquetés de petites aiguilles allongées de 2 à 3 milli-

mètres de long sur 1 millimètre de large; ces aiguilles roussâtres non cristallines paraissent formées d'oxyde de fer et le produit de la décomposition d'une variété de macle; ces schistes contiennent en abondance de petits filons de quartz avec pyrite et fer carbonaté.

Arrivé au pic de Garbié au sommet de la Montagnette, on rencontre les micaschistes dont le contact avec les schistes précédents est dirigé E.-O.; à ce contact est un gros filon de quartz; dans les micaschistes sur le versant de Siguer, la stratification est incertaine et douteuse, le granite se présente, non loin, en petits massifs isolés dans le vallon de Niouret, et plisse en tous sens les roches de micaschistes qui l'avoisinent. Plus loin jusqu'à la frontière d'Espagne continue l'ensemble de la formation de micaschistes, schistes siliceux et pegmatites en ondulations variées autour de nombreux pointements de granite; tout d'abord dominant les schistes siliceux et micaschistes, les bancs sont plus minces et bien stratifiés dans des directions variables de N. 10 à 40° O.; au delà d'Andron, les schistes siliceux disparaissent et sont remplacés par des pegmatites et bancs de quartz pur, dont les débris sont épars au pourtour du pic de Peyrot. Plus loin jusqu'à la frontière, les micaschistes deviennent plus compactes, forment de grosses masses à stratification indécise et alternent avec d'énormes assises de pegmatite criblée de tourmaline.

Au pied de la crête d'Andorre, vers le chalet de Toura est un beau cirque dont le sol est formé par un pointement de granite autour duquel reposent de toutes parts en stratification presque horizontale, les grandes assises de pegmatites et micaschistes qui couronnent les sommets du cirque.

La formation du schiste silurien coupe le milieu du canton de Vicdessos du Nord-Est au Sud-Ouest, suivant la direction de O. 50° à 40° S.; elle s'appuie vers le Sud sur les micaschistes. Au Nord dans sa première moitié, elle supporte

les calcaires liasiques et au delà repose sur le granite de Bassiés; vers Auzat un petit rameau de cette formation se détache au Nord du terrain primitif de Bassiés, pour aller expirer en pointe allongée au fond du vallon de Saleix.

Les minéraux de cet étage sont assez communs, les pyrites de fer sont disséminées dans toute la masse, leur décomposition à l'air donne quelques minerais de fer hydroxydé dans les environs de Gestiés. A Ranet, vallée d'Auzat, est un gisement assez considérable de pyrite de fer plus ou moins cuivreuse qui est concédé et a été l'objet de travaux assez importants; ce filon est visible sur les deux bords de la rivière jusqu'à une hauteur de plus de 100 mètres; il est associé à des schistes graphiteux et à un banc de quartz; la pyrite peut rendre en moyenne de 4 à 5 pour 100 de cuivre.

Plus au sud, dans la même vallée, au-dessus de Marc, est un petit amas de pyrite arsenicale.

Dans le rameau détaché du vallon de Saleix, au contact du granite, les schistes présentent une série d'affleurements irréguliers de fer carbonaté associé à la blende, la calamine, la galène et la pyrite, qui ont été l'objet de tentatives de recherches, soit pour fer, soit pour zinc, au Coulomiers, près Auzat, et au pied du hameau de Saleix.

Dans la concession de Lercoul, les schistes anciens présentent, au voisinage des calcaires liasiques, quelques gisements de minerais de fer irréguliers formés surtout de fer carbonaté pauvre, parfois décomposé superficiellement et transformé en fer hydroxydé. Quelques travaux de recherches ont été tentés autrefois sur ces amas, aux quartiers de la Tire et de Jean de Lutte.

L'amphibole se trouve en cristaux allongés dans les calcaires intercalés dans cet étage, surtout au voisinage du granite.

Les macles se rencontrent fréquemment dans les schistes luisants et micacés de la base de la formation.

La direction générale des couches des schistes siluriens est de O. 25 à 50° S.

II. TERRAIN DE TRANSITION. . . . 2° Silurien supérieur.

*Silurien supérieur.* — Au milieu de la grande assise des schistes siluriens qui traverse le département, depuis la vallée d'Ax jusqu'au fond de celle d'Auzat, en s'appuyant au sud sur les terrains primitifs, on trouve dans les mêmes limites une série d'amas calcaires discontinus en forme d'amandes allongées, riches en formations métallifères et surtout en minerais de fer. Ces amas ont rarement plus de 2 à 5 kilomètres de long, quelques centaines de mètres d'épaisseur; à tout leur pourtour, ils paraissent reposer sur les schistes qui les enclavent et appartenir à un âge plus moderne.

Les fossiles, dans ce calcaire, sont aussi rares que dans les schistes plus anciens. Durocher cite un tribolite dans les schistes siluriens; j'ai eu de mon côté l'occasion de voir un tribolite bien caractérisé provenant des calcaires de transition du Montvaillier.

Le canton de Vicdessos présente à son extrémité vers l'est, au sud de Gesties, un petit témoin de cette formation; il en présente un autre, plus important, sur les crêtes de Lescouil, qui domine au sud la montagne de Rancié. Le calcaire de transition supérieur s'étend sur ce faite du nord au sud pendant près d'un kilomètre; il se développe de l'est à l'ouest sur 2 kilomètres et demi, depuis les cabanes d'Antéput, versant de Lercoul, jusqu'à la région de Nagot, rive gauche du ravin de Sem.

Ces amandes calcaires contiennent fréquemment, soit au contact des schistes, soit dans leur intérieur, de nombreux amas de fer carbonaté, tantôt à l'état blond rhomboédrique, tantôt en partie décomposé et transformé par gradations successives en fer carbonaté brun, fer oxydé

compact ou cristallin. Ces gisements paraissent faire partie même de la roche calcaire, en être contemporains et avoir le même mode de formation.

Dans le petit amas calcaire de Gesties est un gisement de minerai de fer au quartier de Crouzilles.

L'amas calcaire de Lercoul présente plusieurs affleurements considérables aux granges d'Antéput, et au Bouischet. Sur la rive droite du ravin de Sem sont des affleurements de fer carbonaté; au col de Grail, au Pinet, à Lercoul et sur l'autre côté du ravin, à Nagot, est un gisement abandonné depuis longtemps, paraissant avoir eu de l'importance, qui fait suite à celui de Lercoul.

Le calcaire de cet étage est gris bleuâtre souvent cristalloïde, il est généralement feuilleté et stratifié en assises minces, il passe souvent à des calcschistes et des schistes terreux; au centre de la formation est un banc schisteux à nodules de quartz. Au voisinage des affleurements de fer carbonaté la roche se modifie, elle devient cristalline, blanche à l'intérieur, sa pâte est grenue et saccharoïde, elle est criblée de petits grains de fer carbonaté qui, par décomposition à l'air, se transforment en fer oxydé coloré en rouge et tachent toute la surface d'une teinte rougeâtre. La présence du minerai de fer à l'intérieur est toujours superficiellement révélée par ces amas de calcaire rouge qu'on peut appeler calcaires métallifères, et sont les véritables affleurements des gisements de minerais qu'ils renferment à leur centre.

La direction des couches de cette formation est sensiblement Est-Ouest, le pendage oscille autour de la verticale.

III. LIAS. . . . .	}	5° Lias inférieur.
		6° Lias moyen.
		7° Lias supérieur.

*Lias.* — Le centre du bassin de Vicdessos est occupé par une série d'assises de calcaires et calcschistes secon-

daires, qui courent de l'Est à l'Ouest en bande régulière de 1 à 2 kilomètres de puissance.

Cet étage s'étend de Gesties au pic de Montceint, entre les deux cols de Saleix et de Massat, en reposant au Nord sur le granit des Trois Seigneurs; l'ensemble des couches plonge au Sud de 60 à 80° en paraissant supporter les schistes de transition depuis Gesties jusqu'au fond du vallon de Saleix; au delà, les couches calcaires qui forment les grandes hauteurs du Montceint, sont à peu près verticales et enclavées entre les granites des Trois-Seigneurs et de Bassiés. Aux environs de Vicdessos, la formation comprend trois sous-étages distincts dont les deux extrêmes, constitués ordinairement par des calcaires plus ou moins cristallins, renferment à leur centre une série principalement schisteuse; dans cette dernière, M. Dufrenoy a constaté au col d'Agneit, entre Aulus et Vicdessos, une série de fossiles comprenant le *pecten equivalvis*, des *térébratules*, des *bélemnites*, des *polypiers* qui font rapporter la formation à l'âge du lias supérieur; j'ai eu l'occasion de voir un *pecten equivalvis* qu'on m'a dit avoir arraché aux assises inférieures du calcaire liasique du pic de Rizoult, entre Goulier et Sem; je n'ai pu vérifier ce fait par moi-même.

Au voisinage des mines de Rancié et à leur mur sont des amas assez considérables dolomitiques, noirâtres, caverneux et siliceux, tout à fait identiques aux dolomies du lias supérieur et bien développées dans la basse Ariège; cet ensemble de caractères fait reconnaître dans la formation secondaire de Vicdessos l'âge du lias supérieur; je la diviserai, pour la description purement locale, en trois sous-étages, inférieur, moyen et supérieur; cette division purement artificielle n'est applicable qu'à la région même de Vicdessos, et n'a aucune relation avec la classification des couches liasiques que j'ai adoptée dans ma description générale de la géologie de l'Ariège; l'ensemble de ces sous-

étages correspond uniquement au lias supérieur du reste du département.

*Lias inférieur.* — L'assise inférieure du lias est formée principalement du calcaire gris bleuâtre esquilleux et cristalloïde; elle renferme des grains de pyrite blanche, est pétrie de petites lamelles cristallines paraissant des débris de coquillages. La direction des couches est O. 5° S. avec plongement sud de 60 à 70°; ces couches calcaires contiennent le gisement principal de Rancié; à leur voisinage, elles passent à des calcaires ferrugineux imprégnés de fers carbonatés qui, par leur décomposition à l'air, donnent une teinte rougeâtre à toute la roche; d'autres fois, au contact du minerai, elles sont transformées en calcaires très-cristallins, saccharoïdes, grenus et, d'autre part, en calcaires à larges cristallisations spathiques mélangés de fers carbonatés; un peu au-dessus de Sem et au mur de Rancié, l'étage présente un amas dolomitique celluleux, gris et noirâtre, la roche est siliceuse, se divise en grands bancs irréguliers à stratification indécise.

Au col de Rizoult, entre Sem et Goulier, à la base de l'étage sont des brèches calcaires marneuses, roussâtres, couvertes de polypiers siliceux, dont les arêtes vives sont bien visibles sur les surfaces rongées par les eaux; c'est de ce point qu'est sorti le peigne cité plus haut; ces calcaires bréchoïdes passent insensiblement vers l'est à un affleurement de calcaire rouge métallifère, et du côté de l'ouest à des argiles jaunâtres, des ocres, des sables ophitiques terreux, et finalement à un massif d'ophite qui domine la crête de Berquié.

A ce calcaire sont subordonnées de petites assises de schistes tantôt carburés, criblés de quartz et pyrites de fer, étincelants sous le briquet, comme dans l'intérieur de la partie rectiligne de la galerie de Becquey, tantôt purement argileux, terreux; alternant avec des grauwakes schisteuses comme sur la rive gauche du ravin de Sem, au quartier de la Piquette.

Ce sous-étage calcaire qui forme la partie inférieure du lias est circonscrit dans les environs même de Vicdessos; il court en ligne droite de l'est à l'ouest; partant du voisinage de Lercoul, où il présente l'affleurement métallifère de la Canale, il monte droit au pic de Rancié en donnant naissance sur ce parcours aux divers affleurements de l'Usclade, Labède, Benazet, la More; du pic de Rancié au sommet de Berquié, il met au jour les masses minérales de la concession de Rancié; au delà, vers l'ouest, il continue droit au château d'Olbiér où il est ployé brusquement vers le nord, suivant la direction O. 25 à 53° N., traverse la rivière en amont de la Vexanelle et disparaît un peu plus loin avant le village de Saleix.

Dans tout ce parcours cet étage a une puissance moyenne d'environ 400 mètres; les assises oscillent parfois autour de la verticale, mais leur plongement général est de 60 à 70° au Sud.

*Lias moyen.* — Le sous-étage du lias moyen a une physionomie essentiellement schisteuse, il est formé d'assises alternantes de schistes argileux, gris plus ou moins foncés et de calcaires marneux noirâtres; de temps à autre s'intercalent des bancs de poudingues à ciment et fragments calcaires ou marnocalcaires alternant avec des schistes argileux. Les assises schisteuses sont souvent carburées, noires, pliées en forme de V; ces assises verticales ont dû être fortement pressées et présentent souvent des surfaces de délits ou clivages obliques à leur stratification; l'ensemble schistocalcaire est fréquemment recoupé perpendiculairement aux strates, de petits filons de spath calcaire comme au pont de l'oratoire et sur la route de Vicdessos à Auzat.

Le schiste argileux s'imprègne parfois de paillettes de mica et passe à la grauwake schisteuse; d'autres fois il est parsemé de talc, devient onctueux au toucher, prend une couleur verdâtre, comme au ravin qui monte de Sem au col de Rancié; assez souvent dans la même région le schiste

talqueux voit se développer à son intérieur des noyaux amygdalaires de calcaire siliceux blanc rosâtre à structure grenue qui donne à la roche l'apparence d'une griotte.

Le schiste est rarement fissile et ardoisier, cependant au fond du vallon de Saleix, il se termine par quelques ardoisières, dont l'exploitation autrefois essayée est à peu près abandonnée; l'ardoise était d'assez belle qualité mais terreuse et de courte durée.

Les seules carrières d'ardoises régulièrement exploitées dans le canton sont situées au quartier d'Emmercie, voisin de Lercoul et appartiennent aux assises supérieures du schiste silurien; des carrières moins importantes se trouvent dans la même formation à Gestiés, Siguer et dans les vallons de Sem, Goulier, Artiés et Auzat.

L'étage moyen des schistes liasiques est assez fréquemment pyriteux et présente quelques filons de quartz avec pyrite et ocre. Comme le précédent, il est circonscrit aux environs de Vicdessos, il s'étend de l'Est à l'Ouest depuis Lercoul jusqu'au fond du vallon de Saleix, en formant les cols de Rancié et Sem; sa structure schistoterreuse le rend plus sensible à l'érosion des eaux superficielles et il forme les parties basses de la contrée.

Sa puissance varie entre 500 et 400 mètres, son orientation générale est O. 5 à 10° N., les assises oscillent autour de la verticale mais ont un plongement général de 60 à 70° au Sud.

*Lias supérieur.* — La série liasique se termine au Nord par une bande régulière de calcaire saccharoïde blanc ou légèrement coloré en gris et rosâtre; ce calcaire affecte l'apparence d'un marbre blanc, mais il est criblé de grains siliceux qui en empêchent le poli et lui ôtent toute valeur. A ce calcaire sont subordonnées par places et surtout au voisinage du granite et des roches ophitiques de belles brèches susceptibles de recevoir le poli de marbre, comme à Suc et vers l'étang de l'Hers; ces brèches dont le ton gé-

néral est jaune nankin sont formées de fragments anguleux de dimensions variées blancs, rouges ou bleus, tantôt calcaires plus ou moins cristallins, tantôt schisteux, surtout quand ils sont bleuâtres; la pâte est un calcaire jaunâtre compacte; ces brèches sont surtout développées vers l'étang de l'Hers, dans les hautes montagnes de Montceint et Montbéa entre les ports de Suc et Saleix.

Au centre de la formation, à Vicdessos, la roche est surtout formée de calcaire blanc saccharoïde à grains siliceux donnant par le frottement une odeur d'hydrogène sulfuré.

A l'autre extrémité du canton, dans le vallon de Siguer, le calcaire saccharoïde diminue de puissance et s'associe à des bancs de calcaires gris bleuâtre esquilleux très-légèrement cristalloïdes et même par places à des calcaires schisteux noirâtres.

Les minéraux étrangers sont fréquents dans cet étage. Le quartz y est disséminé presque partout en grains, rarement en cristaux. La pyrite de fer est très-commune presque partout. Le talc se voit en lames dans le calcaire de Suc. L'amphibole, l'épidote en masses vertes ou couleur fleur de pêcher, sont fréquentes aux environs des masses ophitiques associées à cet étage.

Dans le voisinage du granite et des ophites à Vicdessos, Suc et Saleix, la roche présente en abondance des cristaux de couseranites noires ou verdâtres.

Ce sous-étage cristallin traverse tout le canton de l'Est à l'Ouest depuis Gesties jusqu'au Montceint en reposant sur le granite des Trois seigneurs; il paraît plonger au Sud sous les formations plus anciennes du lias et de transition. Dans la première partie de son parcours il est dirigé O. 5° S., à une puissance variable de 500 à 400 mètres; au delà vers Aulus, il s'incline au Nord en prenant la direction O. 25 à 30° N., il augmente de puissance jusqu'à affleurer au Montceint sur une étendue de plus de 2 kilomètres.

*Roches ophitiques.* — La formation du lias présente un

grand nombre d'amas ophitiques répartis irrégulièrement dans toutes ses assises; le plus grand nombre sont à son bord septentrional près du granite; d'autres sont au centre de l'étage et même à sa limite méridionale au contact des schistes anciens.

Ces ophites peuvent se rapporter à quatre types principaux.

1° Le premier qui représente la masse des principaux affleurements est connu depuis longtemps sous le nom de lherzolite; cette roche cristalline et granitoïde, est formée d'une pâte de péridot vert olive clair, dans laquelle sont implantés en plus ou moins grande abondance des cristaux de pyroxène vert poireau foncé; les éminents travaux de M. Daubrée ont reconnu dans cette roche, autrefois considérée comme simple, un véritable diabase à éléments de péridot et pyroxène. La roche est assez souvent traversée par de petits filons de pyroxène pur très-cristallin et largement lamelleux. Elle est toujours dure à son intérieur. brusque sous le marteau, se casse en fragments anguleux et irréguliers. Elle se décompose superficiellement et présente souvent un enduit pulvérulent de couleur ocréuse; cet enduit est formé d'une pâte terreuse jauné ou rougeâtre provenant de la décomposition du péridot compacte, au milieu de laquelle se détachent en belle couleur vert clair, les cristaux de pyroxène dont la couleur a été légèrement altérée.

Cet ophite contient fréquemment des cristaux d'amphibole, passe à des serpentines en s'imprégnant de talc et stéatite vert clair à surface lisse et éclatante; cette circonstance est surtout remarquable dans les ophites de Bernadouze et l'Escourgeat du vallon de Suc. Au même point, l'ophite présente quelques nids d'asbèth fibreux et à son contact avec le granite quelques amas de fer oligiste quartzeux, sur lesquels ont été essayés autrefois quelques tentatives infructueuses d'exploitation;

2° La lherzolite se décompose parfois complètement jusqu'à une grande profondeur et donne des vakes terreuses, passant du gris verdâtre clair ou foncé au brun rougeâtre et noirâtre; la roche prend un aspect plus ou moins globulaire, parfois bréchoïde: elle est principalement constituée par une argile ocreuse mélangée de sables au milieu de laquelle se détachent en cristaux vert clair de petites aiguilles de pyroxène et d'amphibole. La moitié méridionale des massifs ophitiques de l'Escurgeat, vallon de Suc et de la crête de Berquié (environs de Vicdessos) se trouve dans cet état;

3° Sur le chemin de Sem à Lercoul au plateau du col de Rancié est un ophite de nature spéciale; la roche est une diorite compacte schisteuse, passant du côté du Sud à des schistes argileux verdâtres et satinés et du côté du Nord à une véritable lherzolite; cet ophite est en banc minces, bien stratifiés, il est formé d'une pâte feldspathique gris verdâtre au milieu de laquelle se développent des cristaux d'amphibole vert foncé;

4° Au pied du port de Saleix, sur le versant de Vicdessos est une roche ophitique qui a toutes les apparences d'une cornéenne noire schisteuse avec cristaux d'amphibole lamelleuse et pyrite de fer; ces cornéennes passent souvent à de simples schistes argileux durs et métamorphiques, sont orientées régulièrement de l'est à l'ouest et stratifiées en bancs minces et réguliers.

Le détail des formations ophitiques du canton de Vicdessos est donnée par le tableau suivant:

## 1° Lherzolite pure.

SITUATION géographique.	SITUATION géologique.	DIMENSIONS.	SUPERFICIES.
1° Croix de Sainte-Tanoque, entre Lercoul et Sem.	1° Dans le calcaire saccharoïde au voisinage du granite, en relation avec de belles brèches nankins.	1° Longueur de l'est à l'ouest. 200 Largeur du nord au sud. 150	mét. hect. ares. m.q. 1° 2 00 00
2° A 300 mètres au nord de Sem et au même niveau.	2° Dans le calcaire saccharoïde avec brèches près du granite.	2° Longueur de l'est à l'ouest. 100 Largeur du nord au sud. 40	2° 0 40 00
3° Crête de Berquié accompagnée de vakes terreuses à son pourtour méridional.	3° A la base du calcaire du lias inférieur à son contact avec les schistes anciens.	3° Longueur de l'est à l'ouest. 200 Largeur du nord au sud. 50	3° 1 00 00
4° A 1 kilomètre au nord-ouest du village de Saleix.	4° Dans le calcaire saccharoïde.	4° Affleurement circulaire de 60 mètres de diamètre.	4° 0 28 00
5° Quartier de Fontanabouche près Vicdessos.	5° Au contact du granite et du calcaire saccharoïde.	5° Longueur NS 500 Largeur EO. 100	5° 5 00 00
6° Quartier de Porteleny près Vicdessos.	6° Dans le calcaire saccharoïde non loin du granite.	6° Longueur NS 100 Largeur EO. 40	6° 0 40 00
7° Pladessus de Sentenac entre Orus et Sentenac.	7° Au contact du granite et du calcaire saccharoïde avec brèches.	7° Longueur EO 200 Largeur NS. 50	7° 1 00 00
8° Bernadouze et l'Escurgeat de Suc accompagnée de vakes terreuses au pourtour méridional.	8° Dans le calcaire saccharoïde tout près de son contact et avec les roches primitives.	8° Longueur EO 1.700 Largeur NS. 150	8° 25 50 00
9° La taupe de Pours de Suc.	9° Dans le calcaire saccharoïde.	9° Longueur EO 600 Largeur NS. 100	9° 6 00 00
Total . . . . .			41 58 00

## 2° Diorite schisteuse.

1° Chemin de Sem à Serrouh plateau de Teillet.	1° Au contact du calcaire saccharoïde et des schistes du lias moyen. . . . .	1° Longueur E.-O. 400 Largeur N.-S. 100	mét. hect. ares. m.q. 1° 4 00 00
--	--	--	-------------------------------------

## 3° Cornéenne schisteuse.

1° Croix de Salin-gre, vallon de Saleix à droite du chemin d'Aulus. . . . .	1° Au contact du calcaire saccharoïde et des schistes terreux du lias moyen non loin du granite de Bassies. . . . .	1° Longueur E.-O. 150 Largeur N.-S. 40	1° 60 00
2° Pied du port de Saleix versant de Vicdessos. . . . .	2° Au contact du calcaire saccharoïde et du granite de Bassies. . . . .	2° Longueur E.-O. 1.200 Largeur N.-S. 200	2° 24 00 00
			28 60 00

L'ensemble des roches ophitiques du canton de Vicdessos occupe une surface totale de 70 hectares 18 ares.

La surface totale du canton étant d'environ 25 000 hectares la formation ophitique en occupe à peine le  $\frac{1}{360}$ ; il est difficile d'attribuer aux ophites une influence quelconque sur le relief de la contrée.

#### IV. TERRAINS QUATERNAIRES.

*Terrains quaternaires.* — Le terrain quaternaire du canton de Vicdessos se compose d'amas de transport situés souvent à des niveaux élevés, leur disposition est presque toujours identique; ils remplissent des fonds de vallons ou sont adossés à leurs pentes en arrière d'un barrage calcaire qui paraît avoir tenu en amont pendant longtemps les eaux à un niveau élevé; cette circonstance a permis des dépôts de matières de transport en abondance pendant de longs siècles; ce barrage calcaire a fini par céder à la pression et l'érosion des masses d'eau supérieures et a laissé à des altitudes plus ou moins grandes ces terres de transport.

Ces amas quaternaires sont toujours circonscrits et de peu d'importance; ils sont formés de marnes sableuses et argileuses à stratification confuse empâtant des blocs de toute nature, à bords anguleux très-légèrement arrondis, empruntés aux roches immédiatement voisines et disposés parfois en apparence de bancs stratifiés, alternant avec les terres; la surface de ces amas est très-souvent recouverte de blocs erratiques arrachés aux couches primitives de la montagne. Ces blocs parfois sont assez abondants pour former de véritables formations superposées aux sables et cailloux quaternaires.

Les principaux amas quaternaires du canton sont ceux de Lercoul, du plateau du plot à Rancjé, des vallons de Sem, Goulier et Suc. L'amas du plot est remarquable par la quantité de blocs erratiques, qui le recouvrent; ces blocs s'étendent bien au delà de l'amas quaternaire pour se ré-

pandre, plus ou moins isolés, sur toutes les hauteurs voisines jusqu'à une altitude de 1800 mètres. A leur nature on voit qu'ils ont été attachés aux montagnes primitives des Trois-Seigneurs et ont dû leur transport à travers la profonde vallée de Vicdessos à des phénomènes de l'époque glaciaire.

#### V. DILUVIUM.

*Diluvium.* — La plupart des rivières du canton sont accompagnées dans leurs parcours, d'amas de cailloux roulés à stratification confuse et surface horizontale; ces dépôts connus sous le nom de diluvium des vallées sont souvent considérables; généralement peu puissants et composés d'éléments grossiers dans les hautes vallées, ils prennent en descendant leurs cours une plus large surface et se composent de galets dont les dimensions vont toujours en diminuant. Les roches qui les composent sont les roches dures de la montagne que le frottement habituel des galets décompose difficilement, comme le granite, le gneis, le mica-schiste, l'éurite, la pegmatite, le quartz; on y trouve aussi quelques ophites et lherzolites.

Comme je l'observai au commencement de cette note, les vallées du canton peuvent se diviser en deux natures bien distinctes, les unes sont dues aux plissements et ondulations des couches parallèles au soulèvement des Pyrénées; d'autres au contraire doivent leur naissance aux fractures nord-sud produites dans les diverses assises par ces ondulations.

Dans les vallées de plissement les formations diluviennes sont de faible importance, les eaux originaires du diluvium n'ont trouvé dans ces vallées largement ouvertes, aucune résistance pouvant amener un dépôt des galets qu'elles charriaient.

Dans les vallées de fracture nord-sud, au contraire, les fentes ont dû sur un grand nombre de points et surtout au

passage des roches calcaires être encombrées de matériaux qui devaient présenter une forte résistance à l'issue des eaux et devaient amener à leur amont la formation de vastes nappes d'eau éminemment favorables aux dépôts des cailloux du diluvium. De là dans tous ces vallons, une disposition de la formation diluvienne en séries alternantes de barrages et de vastes estuaires.

La force des eaux tenant en suspension les galets, diminuait à mesure qu'elles s'éloignaient de leur origine montagnueuse; les plus gros cailloux commençaient à se déposer dans les hautes vallées et les plus fins étaient entraînés au loin dans les vallons de la plaine. On peut constater que le diluvium ne forme des dépôts considérables que dans les vallées de fractures et qu'au contraire, il ne produit dans les vallées est-ouest de plissement que des amas à des niveaux très-élevés circonscrits et peu importants qui passent insensiblement aux formations plus anciennes quaternaires.

#### II. — Affleurements de minerais de fer des concessions de Rancié et de Lercoul.

*Affleurements de Rancié et Lercoul. — Lias.* — Je suivrai pour la description des affleurements de minerai de fer de Rancié un ordre inverse de celui adopté pour la classification des assises géologiques de la contrée; je commencerai par les minerais compris dans les couches liasiques en débutant par le sommet même de Rancié; en descendant du sommet vers l'est, on va sur le versant de Lercoul, en descendant à l'ouest on reste dans la concession de Rancié.

*Sommet de Rancié.* — Le sommet de Rancié est formé de calcaire gris un peu schisteux, dirigé O. 5° S. avec pendage sud de 50°.

Du côté du nord entre le pic de Rancié et le pic de Ranchette, est une série de rochers très-escarpés composés de

calcaire gris bleuâtre cristalloïde au milieu desquels apparaissent en amas isolés de petits îlots de calcaire rouge saccharoïde métallifère.

Du côté du sud vers le col de Lescouil, les calcaires sont plus schistoïdes et au col font place aux schistes ardoisiers de transition; ces derniers sont fréquemment talqueux et satinés, légèrement verdâtres, exploités pour ardoise en dessous du village de Lercoul, au quartier d'Ennmercié. Les schistes sont orientés O. 20 à 30° S. et plongent au sud de 70°, ils sont en discordance manifeste de stratification avec les calcaires liasiques.

Au sommet de Rancié l'affleurement métallifère principal passe à son sud, compris partie dans les calcaires, partie dans les schistes et en discordance complète de stratification avec ces deux formations.

Les couches calcaires sont orientées O. 5° S., les assises schisteuses, ainsi que leur contact avec les calcaires sont dirigés O. 30° S.; les grands effondrements de la surface qui font suite aux travaux de la Roque de Rancié suivent une ligne orientée E. 40° S.; en passant dans leur partie inférieure des calcaires aux schistes presque sans interruption placés à cheval sur les deux versants de la montagne.

Au sud du sommet vient se perdre dans les effondrements un affleurement de roches rouges métallifères, qui vient de l'ouest vers l'est en accompagnant régulièrement dans son toit le gisement principal de Rancié, sans jamais avoir été l'objet d'aucune recherche annonçant la présence du minerai.

Au nord de Rancié sont également de petits affleurements de roches rouges, visibles sur 15 à 20 mètres en direction et 3 à 4 mètres d'épaisseur sans minerai.

De Rancié se dirigeant du nord-est vers Lercoul par les pics de Ranchette, on recoupe des calcaires gris légèrement schistoïdes, dirigés E. 25 à 30° N. avec plongement sur

de 65°; au milieu des crêtes de Ranchette sont de petits affleurements en amas isolés de roches cristallines intimement mélangés d'oxyde de fer, qui paraissent dans leur ensemble aller de l'est à l'ouest.

*Affleurement de Ranchette.* — Arrivé au dernier pic de Ranchette distant environ de 500 mètres du sommet de Rancié, on descend vers Lercoul et à 20 mètres en dessous de la crête on rencontre un affleurement de roche rouge dirigé O. 30° N.; plongeant au sud et ayant 3 à 4 mètres d'épaisseur; le toit et le mur sont formés de calcaire gris passant parfois à la roche blanche cristalline; l'affleurement, comme toujours, est formé de calcaire à surface rougeâtre; à l'intérieur la cassure est blonde et on peut apercevoir un mélange intime de fer et chaux carbonatés ayant l'apparence de braunspath; les couches du toit et du mur sont orientées dans cette région N. 40 à 45° E. avec plongement sud-est de 70°; l'affleurement court suivant la direction N. 55 à 60° E.; il devient parfois très-puissant et atteint par place 20 à 25 mètres; une ligne allant directement du pic de Ranchette à Lercoul représente son alignement. En descendant d'environ 100 mètres suivant l'affleurement, on recoupe sur la gauche les schistes des cols de Rancié et Lercoul, ces schistes viennent dès lors former le mur de l'affleurement qui reste alors au contact des schistes et des calcaires; en descendant 10 mètres plus bas, on trouve un petit amas d'eurite qui a 2 mètres d'épaisseur, est visible sur 20 mètres en direction et plus bas, disparaît en pointe dans les schistes; en descendant suivant l'eurite, on s'éloigne de l'affleurement de roches rouges cité plus haut; en haut du massif d'eurite, l'affleurement en est séparé par 30 mètres de schistes; en bas, il en est distant de plus de 60 mètres; un petit travail sans importance et fort ancien a été tenté dans ces eurites.

En descendant, l'affleurement rouge diminue un peu de puissance, il continue pendant 40 ou 50 mètres pour prendre

alors la direction E. 10 à 15° N. et descend ainsi jusqu'au niveau du col de Lercoul, le schiste lui servant toujours de mur et le calcaire de toit; les couches calcaires sont E. O. presque verticales; l'affleurement est très-capricieux, les roches rouges atteignent parfois une épaisseur de 50 mètres, d'autres fois elles se réduisent à 4 ou 5<sup>m</sup> et se ramifient en nombreux rameaux dans le calcaire gris; la moyenne de la puissance est de 15 à 20 mètres, il continue ainsi jusqu'à 150 mètres environ au-dessus du village de Lercoul à la tête des anciens vides de la Canale; vers ce point, les affleurements forment un coude très-brusque; à la partie supérieure du coude les schistes sont toujours au mur avec calcaire au toit.

*La Canale.* — A la suite, les grands effondrements de la Canale prennent la direction N. 20 à 25° O. à peu près perpendiculaire à la précédente; ils ont une longueur de 200 mètres, une largeur de 2 à 5 mètres et attestent des travaux anciens très-considérables. Au mur de ces effondrements le calcaire saccharoïde rouge prend en descendant un grand développement en forme de triangle allongé et atteint à la base des travaux une largeur de 60 mètres, en recoupant à angle droit les couches ordinaires gris bleuâtres du calcaire liasique.

*L'Usclade.* — Dans les mêmes calcaires à 200 mètres environ au sud-ouest des mines de la Canale est l'ancienne mine de Labède ou l'Usclade; cette mine se révèle au jour par un affleurement très-mince de calcaire ferrugineux courant O. 35° N.; cet affleurement a rarement plus de 2 mètres et souvent moins d'un mètre et sur toute son étendue, qui peut atteindre 200 mètres, il est complètement enclavé dans les calcaires gris esquilleux non cristallins.

*La Tire.* — En remontant depuis la Canale jusqu'au col de Lercoul la limite du calcaire liasique et des schistes anciens, on trouve dans ces dernières et à peu de distance des calcaires deux petits affleurements de fer carbonaté aux

quartiers de la Tire et de Jean de Lutte qui ne se révèlent au jour que par des traces noirâtres de fer hydroxydé.

*Benazet.* — En remontant plus haut le même contact, à 150 mètres au-dessous du sommet de Rancié, on rencontre encore dans la concession de Lercoul un affleurement de calcaire métallifère au quartier de Benazet ; cet affleurement situé au contact même des schistes anciens et du lias, est fort irrégulier, a de 5 à 10 mètres d'épaisseur et près de 100 mètres d'étendue ; il est formé de calcaire rouge métallifère avec nerfs entrelacés de schistes argileux et veinules de fer carbonaté et fer hydroxydé compacte. Sur plus de 40 mètres d'étendue de l'est à l'ouest, de profondes cavités et grands effondrements annoncent d'anciens travaux considérables.

*La More.* — En remontant plus haut, on pénètre dans la concession de Rancié, tout en restant sur le versant de Lercoul ; les calcaires présentent au contact des schistes quelques petits affleurements ferrifères discontinus de 2 ou 3 mètres de puissance parmi lesquels on distingue celui de la More ; en continuant au delà on revient au sommet de Rancié.

*Gisement principal de Rancié.* — Si des effondrements de ce sommet cités plus haut on descend vers l'ouest, on atteint avant les grands vides supérieurs de la Roque une série de petits vides et cavités superficielles, dirigés E. 40° S. parallèles au gisement de la Canale de Rancié dont ils paraissent la suite après un rejet de 100<sup>m</sup> vers l'ouest ; ces affleurements sont peu puissants et complètement enclavés dans les assises du calcaire gris. Au mur sont, comme au sommet de Rancié, quelques petits amas de roches ferrifères avec traces de vieux travaux.

A 50 mètres au dessous du sommet de Rancié apparaissent au centre des calcaires, les effondrements relativement modernes des mines de la Roque et la Craugne, tête du gisement principal de Rancié, dont l'exploitation date du

commencement de ce siècle ; ces effondrements ont près de 400 mètres de long, sur 50 à 150 mètres de large et 30 à 40 mètres de haut ; à leur toit est un calcaire gris feuilleté, à leur mur est un puissant amas de roches ferrifères de plus de 200 mètres qui descend jusqu'au contact de l'étage schistoterreux du lias moyen ; cet amas, comme toujours, est formé de calcaire cristallin saccharoïde, criblé de fer carbonaté dont la décomposition à l'air donne à la roche une teinte rougeâtre ; de temps à autre au contact du minerai apparaissent des calcaires à larges cristallisations spathiques avec petits filets de quelques centimètres d'hématite brune et des nerfs quartzeux en saillie sur les roches ; au toit de la Roque est un banc de 1 à 2 mètres de stéatite grisâtre qui se voit dans l'intérieur des travaux dans la communication qui conduit de Saint-Louis à la Roque.

En descendant, l'affleurement minéral de calcaire rouge cristallin et ferrifère continue avec une puissance très-irrégulière jusque vers le bas du vallon de Sem à la première rampe du chemin qui conduit de Sem aux mines ; à la limite méridionale de l'affleurement, contre les calcaires gris du toit ou dans leur voisinage apparaissent successivement les mines du Tartier, du Poutz, de l'Auriette, de la Graillière, de Sainte-Barbe, de l'Escudelle et de Becquey dont les entrées sont actuellement de grands vides irréguliers, reliés entre eux par des filets relativement minces de fer hydroxydé. Le toit de ces mines au Poutz, à Sainte-Barbe et Becquey est le calcaire gris de la montagne, le mur appartient à l'affleurement rouge ferrifère qui atteint souvent plus de 100 mètres ; la roche ferrifère est surtout puissante au Poutz et à Sainte-Barbe ; vers le milieu du gisement principal, à l'Auriette et la Graillière, la roche ferrifère se rétrécit et les massifs de minerais intérieurs sont réduits dans des proportions analogues ; sur certains points, à l'entrée de la Graillière, la roche rouge n'a guère plus de 10 mètres ; dans ces mines intermédiaires l'amas minéral est moins reporté à la

limite Sud de l'affleurement, le toit paraît rouge spathique comme le mur.

La direction générale de l'affleurement est sensiblement Est-Ouest, dans sa partie supérieure elle paraît incliner à l'orientation E. 5° S.

*La Canale et Pujol-Rouch.* — De la masse principale se détachent deux rameaux de roches ferrifères avec minerai, l'un dans la région supérieure des affleurements, l'autre dans sa partie basse. Le premier porte le nom de la Canale de Rancié, il se sépare de l'amas principal entre la Roque et la Craugne, pour se diriger au Nord-Ouest suivant la direction O. 40° N., il est accompagné à son toit et à son mur de masses énormes de roches rouges ferrifères et l'angle aigu compris entre les deux gisements appartient à la même roche rouge spathique, sur plus de 100 mètres d'étendue à l'ouest aussi bien à la surface que dans l'intérieur des travaux. Arrivé au niveau du Poutz, l'affleurement rouge de la Canale descend, toujours puissant, en allant de l'Est à l'Ouest, jusque un peu au-dessus du niveau de Sainte-Barbe à Pujol-Rouch; là, il disparaît dans les roches dolomitiques qui dominent le village de Sem; dans ce dernier parcours il est séparé de l'affleurement de Rancié par 40 à 80 mètres de calcaire gris et une bande de schistes terreux et graphiteux, pénétrés de quartz et pyrites qui partant en pointe du niveau du Poutz, s'élargit en descendant jusqu'à avoir plus de 100 mètres à l'intérieur de la mise en roche de Becquey.

*Bellagre.* — L'autre rameau secondaire porte le nom de Bellagre; beaucoup moins étendu que le précédent, il n'atteint guère que 50 à 60 mètres; il se détache de la masse principale un peu en dessous du vide extérieur de l'Escudelle; en ce point est un énorme affleurement de roches spathiques à surface rougeâtre criblées de filons entrelacés de fer hydroxydés et de quartz pur en saillie sur les roches encaissantes; la largeur totale de l'affleurement est de plus

de 150 mètres; le rameau de Bellagre se dirige depuis l'Escudelle, au Nord-Ouest suivant la ligne O. 30 à 35° N.; il vient mourir à la première rampe du chemin des mines.

L'affleurement principal s'arrête à peu près au même niveau en dessous du vide de l'Escudelle.

Toute la région du Plot, qui forme un vaste plateau au-dessus du Poutz, entre la Canale et la masse principale, est recouverte d'un dépôt mince de sables et de cailloux quaternaires qui voilent une partie notable des affleurements. Sur ce dépôt sont épars des blocs irréguliers de roches primitives appartenant aux montagnes des Trois-Seigneurs et apportés sur ce point par les phénomènes de l'époque glaciaire; dans ces blocs on reconnaît des granites, des gneiss, des pegmatites et surtout des micaschistes avec macles.

*Affleurement du toit de Rancié.* — Dans le toit de l'affleurement de Rancié, au milieu des calcaires gris, court de l'est à l'ouest un second affleurement de roches rouges cristallines, relativement mince, mais continu. Partant des vides du sommet de Rancié, il descend assez régulièrement jusqu'au niveau de Sainte-Barbe. Réduit parfois à quelques mètres, comme dans les régions supérieures de la Roque, il a jusqu'à 40 et 50 mètres entre le Poutz et Sainte-Barbe. Cet affleurement, distant du toit de Rancié de 100 à 150 mètres, ne correspond à aucun gisement minéral connu.

*La Piquette.* — Si l'on traverse le vallon de Sem, on trouve sur la rive gauche, au quartier de la Piquette, un assez long affleurement de roches rouges qui montent de l'est à l'ouest droit au col de Rizoult. Cet affleurement, situé à la limite méridionale de la formation liasique, atteint à sa base près de 100 mètres et se termine en pointe au col; il est séparé des calcaires de Berquié par une bande de même puissance de schistes terreux qui paraissent faire suite à ceux de Becquey.

La roche est formée de calcaires cristalloïdes plutôt que cristallins; le fer carbonaté n'y est disséminé qu'en grains assez rares; le calcaire spathique y est plus fréquent, et l'ensemble a un aspect infiniment moins minéral que sur la rive droite du vallon de Sem.

Dans les schistes terreux du toit de cet affleurement, vers le col de Rizoult, sont quelques traces de galène mélangée d'antimoine; on en trouve quelques rognons isolés dans les champs sur lesquels, à diverses reprises, ont été essayées des tentatives de recherches sans résultats.

#### Affleurements des calcschistes anciens.

*Affleurement d'Antéput.* — Si l'on suit le chemin qui conduit de Lercoul au col de Grail, on trouve un peu au delà des granges d'Antéput, à l'extrémité orientale des calcschistes de Lescouil un gros affleurement de calcaire rouge métallifère. Cette masse, dirigée du nord-est au sud-ouest, peut avoir 400 à 500 mètres de long, et 80 à 150 mètres de puissance; elle ne correspond à aucun gisement connu, mais sur plusieurs points on voit des cavités, des talus de terre évidemment artificiels et annonçant la présence d'anciens travaux, dont la tradition ne s'est point conservée jusqu'à nos jours.

*Le Bouischet.* — Plus haut, avant d'atteindre le sol de Grail, est l'affleurement ferrifère du Bouischet, qui correspond à des travaux anciens et modernes parfaitement connus. Cette mine est située à l'extrémité de la concession de Lercoul, au voisinage immédiat de Rancié; le calcaire rouge ferrugineux est complètement enclavé dans les calcaires, mais est très-voisin de leur contact avec les schistes ardoisiers de Grail. Sa puissance est de 50 à 80 mètres; il ne descend guère que d'une centaine de mètres sur le versant de Lercoul.

Du côté de l'ouest, il gravit la crête de la montagne,

pénètre dans la concession de Rancié, descend dans le vallon de Sem, en se bifurquant en deux branches séparées par une centaine de mètres de calcaire gris. Chacune de ces branches diminue de puissance en descendant; celle du sud se réduit à 15 mètres au quartier du Pinet, où est l'ouverture d'une ancienne mine abandonnée; celle du nord ne descend pas aussi bas, s'amincit rapidement, et n'atteint guère que 5 à 6 mètres au niveau du vallon.

Plus au nord-est, dans les mêmes calcschistes anciens, un petit affleurement de 50 à 40 mètres de long de l'est à l'ouest et de 2 à 3 mètres d'épaisseur; il ne renferme aucun gisement connu. Au Pinet, le minerai paraissait principalement formé de fer carbonaté.

*Lescouil.* — En revenant du Pinet au Poutz et marchant droit au nord, on recoupe toutes les assises de calcaires et calcschistes de Lescouil; à leur contact avec les schistes anciens qui les bornent au nord est un affleurement de calcaire rouge de plus de 40 mètres d'épaisseur; les schistes du mur sont orientés O. 25° S., avec plongement sud de 65°; le calcaire du toit est analogue à celui de Rancié, un peu plus schisteux et pétri de pyrites blanches; un peu au-dessus du Poutz, au centre de l'affleurement, est l'entrée de l'ancienne mine abandonnée de Lescouil; cette mine est creusée sur un filon apparaissant sur une vingtaine de mètres en direction et 3 mètres de puissance maximum; le minerai, très-irrégulier, se réduit parfois à 0<sup>m</sup>,50, est formé principalement de fer carbonaté spathique blond, parfois transformé en fer oxydé rouge par épigénie, tout en conservant sa forme cristalline rhomboédrique.

*Nagot.* — L'affleurement de roche rouge monte le ravin de Lescouil au contact des schistes et des calcaires, se réduit à 2 mètres au niveau de la Roque et disparaît un peu au delà; du côté de l'ouest, il descend en s'amincissant, disparaît sous les terres de transport du vallon de Sem pour reparaître au delà au quartier de Nagot, où il va

former la pointe extrême du massif des calcschistes anciens; la roche rouge est disposée en long amas dirigé du sud-est au nord-ouest, qui a 400 mètres de long, 100 mètres d'épaisseur à sa base et se termine, du côté de Goulier, en pointe triangulaire; le chemin des mines au col de Rizoult la traverse dans toute son étendue; sur le bord de ce chemin est l'entrée de l'ancienne mine abandonnée de Nagot, où la tradition indique des travaux anciens très-considérables; plusieurs mineurs y auraient été enterrés à la suite d'éboulements; les travaux de Nagot sont inaccessibles pour la plus grande partie; on ne peut pénétrer qu'à peu de distance de l'entrée.

• *Affleurements des schistes anciens.* — Les schistes anciens terreux ou ardoisiers renferment, sur un très-grand nombre de points, des filons quartzeux avec pyrite et fer carbonaté; tantôt le fer carbonaté domine comme aux environs de Rancié et Lercoul, tantôt la pyrite de fer plus ou moins cuivreuse l'emporte comme à la mine de Ranet, vallon d'Auzat; parfois au fer carbonaté s'associent comme au Couloumié, près d'Auzat et au-dessous de Saleix, de la blende et de la galène.

Ces gisements sont rarement de grande importance; les divers éléments, schistes argileux, quartz, graphite, pyrites, fer carbonaté et autres, sont presque toujours intimement mélangés dans la masse des assises de la formation silurienne, dont elles font partie essentielle; dans ce cas la portion minérale est très-faible, à peine visible et sans valeur, parfois ces divers éléments s'isolent en couches parallèles, les minéraux se concentrent en amas plus ou moins irréguliers et peuvent assez rarement s'exploiter.

De là, une série de filons toujours concordants avec les couches, tantôt de pyrite, tantôt de fer carbonaté, plus ou moins associé à d'autres minéraux, accompagnés de masses quartzieuses dont les saillies ressortent au-dessus

du sol voisin et de schistes graphiteux tendres où les eaux creusent un ravin qui donne à la crête de quartz voisine un relief plus accentué.

### III. — Gisements minéraux du canton de Vicdessos autres que ceux de Rancié.

#### 1° SCHISTES ANCIENS.

Les schistes anciens du canton de Vicdessos présentent quelques gisements de minerais de fer, de pyrite, de blende avec galène, dont les principaux sont, en marchant de l'est à l'ouest, les suivants :

1° Minerai de fer. . . . .	de Gestiés.
2° Id. . . . .	Lercoul.
3° Pyrite de fer cuivreuse. . . . .	de Ranet.
4° Pyrite arsenicale. . . . .	Marc (Auzat).
5° Blende. . . . .	du Couloumié.
6° Id. . . . .	Saleix.

#### 1° Minerai de fer de Gestiés.

*Fer de Gestiés.* — Sur plusieurs points de la commune de Gestiés, entre autres au quartier de Las Malos, près l'ancienne forge et au Rouch, près le col d'Axiat, les schistes renferment quelques indices de fer hydroxydé quartzeux encore inexplorés.

#### 2° Minerai de fer de Lercoul.

*Fer de Lercoul.* — Les schistes qui font toit à la mine de la Canale présentent au sud de cette dernière et un peu au-dessus, au quartier de Jean de Lutte et la Tire, des travaux, les uns très-anciens, les autres postérieurs à 1855; ils sont exécutés sur un filon pauvre, complètement enclavé dans les schistes micacés et talqueux, et à 10 à 15 mètres de leur contact avec les calcaires.

Ce filon contient du fer spathique brun, mélangé intimement à de la chaux spathique ; le minerai est généralement pauvre et à peu près inexploitable ; l'épaisseur du filon est à peine de 0<sup>m</sup>.50, souvent moins et atteint rarement trois mètres.

Les travaux de la Tire se composent d'une galerie d'environ 150 mètres de long ; cette galerie a rencontré sur cet espace quelques petits massifs de minerai de fer spathique ; la plus grande longueur des massifs est de 10 mètres, leur épaisseur varie de 0<sup>m</sup>.10 à 2 mètres, est en moyenne de 0<sup>m</sup>.50.

Ce minerai est presque toujours inexploitable, et en réalité n'est que du calcaire plus ou moins ferrifère, rarement riche en fer ; après 150 mètres, cette galerie s'est bifurquée, la branche principale a continué encore 50 mètres et a perdu toute trace de filons ; la deuxième partie de la bifurcation est revenue sur ses pas et n'a trouvé que du minerai trop pauvre pour être exploité.

Vers 1831, un chantier a été essayé dans ces travaux à la bifurcation des galeries, il donnait du minerai pauvre spathique contenant beaucoup de roche.

### 3° Pyrite de fer cuivreuse de Ranet.

*Pyrite de fer cuivreuse de Ranet.* — Le gisement de pyrite de Ranet est dirigé E. 15 à 20° N., son plongement vers le sud est de 80°, il est presque vertical ; le toit du gîte est un calcaire gris foncé un peu schisteux ; le mur est formé de schistes gris à l'intérieur, verdâtres à la surface ces schistes assez durs en général deviennent fissiles et tendres sur une épaisseur de 4 à 5 mètres dans le voisinage du gîte.

Le gîte lui-même comprend quatre éléments distincts ; du côté de son toit est un énorme filon de quartz dont l'épaisseur atteint parfois 7 à 8 mètres ; au mur le filon est rempli en masse par des schistes pourris, noirs, bitu-

mineux se délitant facilement en donnant une boue noire de mauvaise odeur ; l'épaisseur de ces schistes qui est parfois de 2 mètres atteint souvent 8 à 10 mètres ; c'est dans ces schistes noirs et surtout du côté du mur que sont dispersées par veinules irrégulières, par plaquettes, par lentilles variables, de la chaux spathique et de la pyrite de fer cuivreuse ; cette pyrite est très-rarement pure, elle contient beaucoup de fer et en moyenne 4 à 5 pour 100 de cuivre dans les régions les plus favorisées.

Au toit de ces schistes noirs et au mur du quartz est une masse de calcaire gris compacte qui est constante dans toute l'étendue du filon ; généralement stérile, elle est parfois imprégnée de pyrite de fer ; son épaisseur varie entre 3 et 6 mètres.

Entre ce calcaire et le quartz, est une bande mince de 1 à 2 mètres de schistes noirs pourris contenant aussi par place des veinules de chaux spathique et pyrite.

Ces quatre éléments se reconnaissent partout où les travaux ont mis le filon à nu et sont un excellent guide pour la reconnaissance des affleurements.

Ces affleurements forment une ligne presque parfaite entre les vallons d'Auzat et d'Artiés et se poursuivent également sur la rive droite du ruisseau d'Artiés et sur la rive gauche de la rivière d'Auzat ; ils sont reconnus sur une longueur de 3 kilomètres.

Mais autant le filon est régulier en grand, autant la dispersion du minerai est irrégulière dans sa masse.

La partie quartzreuse du filon contient peu de pyrite ainsi que le calcaire intercalé ; le minerai est généralement dans les schistes noirs du mur mélangé à la chaux spathique ; il est disposé en lentilles ayant des épaisseurs variables de 0<sup>m</sup>.02 à 0<sup>m</sup>.40 ; elles sont limitées en tous sens, parfois ont quelques décimètres de longueur en toutes dimensions ; parfois plusieurs mètres, elles se perdent généralement

après un parcours restreint pour reparaître plus loin sans apparence de continuité.

Le minerai dominant est la pyrite de fer; la pyrite de cuivre pure est rare; la pyrite de fer dans la profondeur est plus cuivreuse; elle peut contenir en moyenne 4 à 5 p. 100 de cuivre en la supposant nettoyée de gangue.

Les travaux sont les suivants, de haut en bas :

Sur la rive droite de la rivière d'Auzat.

1° Une amorce de 5 mètres, dont le front est partie dans le quartz, partie dans les schistes noirs du mur; ces derniers ont quelque peu de minerai.

2° Une galerie de 15 mètres, en direction dans les schistes noirs du mur et longeant le calcaire intercalé.

Le filon a 0<sup>m</sup>,20 d'épaisseur, la galerie a donné tout le temps du minerai; au même niveau une amorce de 8 mètres dans le toit quartzueux n'a donné aucun résultat.

3° Une galerie dans les schistes du mur assez constante et sans minerai.

4° Une galerie débutant par une tranchée de 6 mètres au jour, ayant en direction une longueur de 90 mètres, en y joignant 10 à 12 mètres; de recoupes au toit et au mur, on a à ce niveau un travail équivalent à 105 mètres de galerie; cette galerie a été percée, moitié en stérile, moitié en minerai qui pouvait avoir une épaisseur moyenne de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20; le minerai était disposé par rognons successifs alternant avec du stérile.

5° Cette galerie débute par une recoupe du mur au toit de 14 mètres, puis se met en direction, elle a 75 mètres, elle a été à peu près constamment en minerai avec une épaisseur variable de 0,05 à 0<sup>m</sup>,50 mais en moyenne de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20.

6° Dans cette galerie, non loin du jour, une descenderie fait communiquer cet étage avec un autre inférieur; cette descenderie a été percée à peu près constamment dans les pyrites ayant une épaisseur de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20.

7° Une galerie commencée tout près de la rivière à 2 mètres au-dessus du niveau des eaux, a traversé 80 mètres d'alluvions grossières remplissant le fond de la vallée, puis est entrée dans le filon et s'est terminée après un parcours total de 190 mètres, dont 45 ou 50 au plus dans les pyrites ayant une épaisseur moyenne de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,25; le reste a été stérile; elle est au mur du gîte; dans cette galerie deux percements allant du mur au toit ont permis de reconnaître le petit gîte compris entre le calcaire intercalé et le quartz du toit et n'ont pas donné de résultats sérieux; on n'a trouvé que quelques veinules et plaquettes sans grande importance.

Cette galerie est la galerie d'écoulement de tous les travaux présents et à venir.

Sur le versant et rive droite du ruisseau d'Artiès.

8° Une amorce a reconnu les filons avec les mêmes éléments que dans la vallée d'Auzat.

9° Une autre amorce inférieure a également reconnu les schistes noirs du filon. Ce quartz et le calcaire intercalé des pyrites ont été trouvés dans les schistes.

Sur la rive gauche de la rivière d'Auzat.

10° Une galerie a été commencée au contact des schistes et du calcaire intercalé; en ce point le calcaire est imprégné de pyrites.

Dans la même région une recoupe de 25 mètres faite dans le filon quartzueux a reconnu une veinule de cuivre pyriteux presque pur de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur.

Du carreau de la mine, un chemin à peu près charrettable de 6 kilomètres conduit au village d'Auzat à la grande route qui va de ce dernier village à Foix et à une longueur de 52 kilomètres.

Plusieurs variétés de pyrites de Ranet ont été essayées à

mon laboratoire de Vicdessos et ont donné par la voie sèche les résultats suivants :

1° Une pyrite blanche à grains fins compacte formant une portion assez importante de la région supérieure des travaux n'a pas donné de cuivre.

2° Une pyrite blanche cubique à cristallisations assez belles formant la majeure partie du minerai des travaux supérieurs a donné :

Pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 0<sup>g</sup>.80. . . . . 0<sup>g</sup>.80 p. 100

3° Une pyrite ordinaire jaune assez fréquente dans les travaux inférieurs a donné :

Pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 6<sup>g</sup>.75. . . . . 6<sup>g</sup>.75 p. 100

4° Une pyrite jaune verdâtre fibreuse assez commune de la galerie inférieure a donné :

Pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 11<sup>g</sup>.25. . . . . 11<sup>g</sup>.25 p. 100

5° Des terres de la surface contenant du cuivre carbonaté et sulfaté provenant de la décomposition des pyrites ont donné :

Pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 7<sup>g</sup>.00. . . . . 7<sup>g</sup>.00 p. 100

6° Une pyrite jaune dans le quartz du toit du gisement qui se maintient assez régulièrement a donné :

Pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 8<sup>g</sup>.50. . . . . 8<sup>g</sup>.50 p. 100

7° Deux mattes provenant d'essais faits de fonte sur les diverses variétés de minerais mélangées après grillage préalable ont donné :

L'une, pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 11<sup>g</sup>.20. . . . . 11<sup>g</sup>.20 p. 100

L'autre, pour 100 grammes :

Cuivre. . . . . 5<sup>g</sup>.50. . . . . 5<sup>g</sup>.50 p. 100

#### 4° Pyrite arsenicale du Marc (Auzat).

Si on remonte la vallée d'Auzat, on recoupe au-dessus du Marc, des schistes satinés, micacés et talqueux ; à une centaine de mètres au-dessus de la rivière de Rat au niveau du hameau de Rouzaoudis, on trouve un petit filon de pyrite arsenicale ; les couches encaissantes sont orientées O. 10° S. avec plongement nord de 75°, le filon est formé de quartz et pyrite arsenicale, il est vertical et dirigé N. 10° O. ; il a 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur et est perpendiculaire à la stratification des roches ; à l'entrée de la tranchée faite sur ce filon, moitié pyrite, moitié quartz est une grauwake schisteuse du côté du nord, au sud sont des schistes ardoisiers, satinés et micacés.

#### 5° Blende du Couloumié.

La mine de zinc du Couloumié, située au quartier de ce nom, est distante d'environ 500 mètres à vol d'oiseau du centre du village d'Auzat et est placée sur une petite butte dominant le village au sud-ouest, élevée à peu près de 60 mètres au-dessus du vallon.

Sur toute la ligne de contact du massif granitique de Bassiés et des schistes de transition qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres à l'ouest à partir du Couloumié, sont une série de petits amas de fer carbonaté avec blende, mouches de pyrite et rarement de galène ayant 2 à 3 mètres et jusqu'à 15 mètres d'étendue en direction, sur ces amas aucune tentative de recherches n'a été faite autre que celle du Couloumié.

Le gisement du Couloumié comprend deux filons ; l'un

est au contact du granite et des schistes, et constitue plutôt un amas qu'un véritable filon; il est dirigé O. 10° S., peut avoir 1 mètre d'épaisseur à peu près régulière; il est formé de fer carbonaté avec blende, il plonge de 65° à 70° au nord, comme le contact du granite et des schistes; il contient, du toit au mur, trois bandes principales; du côté du toit schisteux domine le fer carbonaté, et la blende est pauvre au centre, la blende est plus pure, et contre le toit granitique, la blende est mélangée de quartz, de roche compacte qui est un pétrosilex ferrugineux et quelques pyrites pauvres en cuivre; l'épaisseur utile ne dépasse pas 0<sup>m</sup>,50 comme minerai de zinc.

La blende est pauvre en zinc, sa teneur ne dépasse pas 40 à 42 p. 100 d'après les essais faits à mon laboratoire, et la teneur en fer varie entre 15 et 20 p. 100; la gangue rougeâtre se confond avec la blende, s'en sépare difficilement et atteint souvent, dans les pierres bien triées, le cinquième du volume de la masse.

Un petit filon croiseur, dirigé O. 70° S., recoupe le précédent à l'entrée des travaux; il est formé de quartz avec pyrite et a produit dans la blende un enrichissement dont l'épaisseur est de 1<sup>m</sup>,50.

La blende a été reconnue en direction par les recherches sur une longueur de 15 mètres avec une épaisseur moyenne utile de 0<sup>m</sup>,50 et une hauteur de 5 à 6 mètres.

#### 6° Blende et galène de Saleix.

Au pied du village de Saleix et sur la rive droite de la rivière de ce nom, est un gros affleurement quartzeux enclavé dans les schistes de transition de 15 à 20 mètres de long de l'est à l'ouest et de 1 à 2 mètres de puissance; dans ce quartz apparaissent, par amas très-irréguliers des indices de fer carbonaté, mélangé de blende, pyrite de fer, cuivre et galène; quelques tentatives de recherches ont été essayées sans succès.

#### 2° CALCSCHISTES ANCIENS.

Les calcschistes anciens présentent un certain nombre de gisements de minerais de fer dont les plus connus sont les suivants :

1°	Minerai de fer. . . . .	de Gestiés
2°	Id. . . . .	Bouischet (Lercoul).
3°	Id. . . . .	Lescouil (Rancié).
4°	Id. . . . .	Pinet (id).
5°	Id. . . . .	Nagot (id).

#### 1° Minerai de fer de Gestiés.

*Fer de Gestiés.* — Sur la montagne de Gestiés, au quartier de Cruzilles, est au milieu des schistes siluriens un petit amas de calcschiste ancien analogue à ceux de Lercoul; dans cet amas est une ancienne mine de fer réouverte en 1836; on y établit une galerie de 20 à 25 mètres dans le but de recouper le gîte; on tomba dans d'anciens travaux ouverts sur l'affleurement; les fragments de minerai que l'on y rencontra indiquaient une hématite de bonne qualité.

#### 2° Minerai de fer du Bouischet (Lercoul).

*Fer du Bouischet.* — A 200 mètres au nord du col de Grail et à une faible hauteur au-dessous de ce point, sont les anciens travaux assez considérables du Bouischet; ils ont été entrepris à l'extrémité orientale d'un long affleurement de calcaire rouge métallifère situé à l'extrême limite méridionale de l'amas calcaire ancien de la montagne de Lescouil.

La direction de l'amas est E.-O., parallèle aux couches; son plongement est sud, à peu près vertical; sa puissance à l'affleurement est de 1 à 2 mètres et au front des travaux qui s'étend à près de 50 mètres dans l'intérieur de la mon-

tagne, elle est de 8 à 10 mètres; la hauteur totale des excavations atteint 20 mètres.

Pour parvenir au fond de ce travail, on parcourt d'abord sur une longueur de 10 mètres, un passage large de 4 à 6 mètres, dont le sol fortement en pente est formé par des éboulis et dont le faite est très-élevé. A droite et à gauche, on remarque un calcaire gris indistinctement stratifié et à surface inégale, qui forme les parois du gîte.

On marche ensuite sur un plancher incliné, suspendu au-dessus d'un vide profond de 5 à 6 mètres dont le sol est couvert d'éboulis; ici on peut examiner la voûte qui est formée par un minerai médiocre, la puissance du gîte augmente graduellement et on arrive à une grande chambre haute de 7 mètres dont la largeur est de 10 mètres et dont la longueur égale la hauteur. Les roches du toit et du mur y sont à découvert, le sol de cette chambre est presque partout recouvert d'éboulis. La voûte est constituée par du minerai et à la surface antérieure sur toute la hauteur et sur une largeur de 6 mètres environ, on voit une belle masse de minerai, qui partant de la paroi gauche du toit se continue jusqu'à la rencontre d'une veine calcaire, où elle cesse.

Cette veine large de 1<sup>m</sup>,50 commence à 2 mètres en arrière du front et prend naissance un peu au-dessus du sol de la chambre, elle règne sur toute la hauteur et rompt la continuité entre les deux massifs de minerai dont l'un touche au toit et l'autre au mur. Du côté du mur et en longeant ce dernier, le minerai a été enlevé sur une longueur qui dépasse de 8 mètres le front; cet enlèvement a donné lieu à une galerie large de 5 mètres dont la paroi gauche est formée par la veine de calcaire interposé dans le gîte; ce calcaire en quelques endroits passe à l'état de minerai.

Le minerai est formé de fer carbonaté spathique et de fer hydroxydé compacte provenant de la décomposition de ce

dernier, on y voit des traces de pyrite disséminée en grains.

Au fond des travaux, vers 1840, a été pratiquée à l'avancée du gîte, une galerie de 14 mètres; elle a mis à nu un renflement de 3 à 4 mètres de puissance sur une longueur de 6 mètres, dirigé S. 46° E. avec plongement de 75° au sud-ouest.

Le gisement du Bouischet est annoncé à la surface par des affaissements du sol qu'on peut suivre sur une cinquantaine de mètres.

Dans les schistes qui enclavent du côté du sud le calcaire du Bouischet, ont été essayées en 1853 et 1854 des recherches infructueuses sur des pyrites de fer.

Pour recouper la partie inférieure du gisement du Bouischet dont le front des travaux n'a pas tardé à être complètement inondé, une galerie d'écoulement a été commencée en 1838 à 80 mètres environ au-dessous de l'entrée des anciens travaux; cette galerie a été poursuivie jusqu'en 1848, époque à laquelle elle atteignait 155 à 140 mètres.

Elle a été commencée dans les schistes du mur avec la direction N. 80° O., elle a rencontré une bande de calcaire qu'elle a trouvé obliquement sur une longueur de 8 mètres, au bout desquels elle a retrouvé les schistes; plus loin, elle a suivi pendant 5 mètres la ligne de séparation des calcaires et des schistes.

### 3° Minerai de fer du Pinet (Rancié).

*Fer du Pinet.* — La mine de fer du Pinet est ouverte sur un gîte de minerai de fer hydroxydé mélangé de quartz enclavé dans les calcaires schisteux qui se trouvent au sud de Rancié.

Les travaux de cette mine se composent d'une excavation en forme de galerie où le minerai a été enlevé complètement par les anciens sur une longueur totale de 30 mètres, une hauteur de 5 mètres; l'épaisseur totale du gîte était

de 1<sup>m</sup>,50, sa direction est E. 10° N., son prolongement est de 80 degrés au sud.

Le front de cette excavation est dans le calcaire gris, on ne voit nulle part de traces de minerai.

A 4 mètres du front on rencontre une descenderie qui a 3 mètres de profondeur, elle se dirige de l'est à l'ouest, le sol est en éboulis, il est probable que les anciens ont exploité le minerai en descendant à en juger par les éboulis du sol.

#### 4° Minerai de Lescouil (Rancié).

*Fer de Lescouil.* — Les travaux de la mine de fer de Lescouil ont été exécutés sur un affleurement de minerai de fer carbonaté.

La galerie d'entrée suit le minerai pendant 5 mètres dans la direction E. 18° N.; au delà elle tourne à angle droit vers le sud et continue en minerai pendant une longueur à peu près égale pour disparaître au delà dans le calcaire rouge spathique.

Trois petites recherches tentées plus loin à la suite du minerai ont pénétré dans le calcaire gris du toit, sans donner de résultats.

Au mur de la galerie d'entrée sont des grottes naturelles dans la roche spathique.

#### 5° Mine de fer de Nagot (Rancié).

*Fer de Nagot.* — L'exploitation de la mine de fer de Nagot remonte à une époque très-reculée; la tradition indique qu'au XIV<sup>e</sup> siècle les travaux de cette mine étaient en pleine activité et qu'à la suite d'un grand éboulement où des mineurs furent ensevelis, elle fut abandonnée.

On pénètre dans cette mine par une descenderie ouverte dans le calcaire rouge spathique; à 8 mètres en contre-bas de l'entrée est une traverse de 3 mètres, dirigée N. S. qui

débouche dans un vide où existe un massif de fer hydroxydé mélangé de quartz; sa direction est O. 42° N., son plongement de 75 à 80 degrés au sud, et sa puissance atteint 5 mètres, le toit est gris, le mur rouge; le front, vers l'est, est en éboulis; au front de l'avancée et au sol est le minerai quartzeux.

Si après avoir visité cet ancien vide, on revient sur ses pas, au pied de la descenderie d'entrée, on rencontre à la suite de la première une seconde descenderie ouverte sur un gîte de minerai quartzeux dirigée de l'est à l'ouest; la puissance du minerai est de 1<sup>m</sup>,50, le toit et le mur sont formés de calcaire rouge. Ce travail peut avoir 30 mètres d'étendue, le minerai exploitable a été complètement enlevé, au front et à droite de la galerie sont les éboulis des anciens.

#### 5° MINERAI DES CALCAIRES LIASIQUES.

*Minerai du lias.* — Les calcaires du lias présentent un certain nombre de mines de fer dans la concession de Lescouil; ce sont celles de :

- 1° La Canale.
- 2° L'Usclade.
- 3° Benazet.

Dans la concession de Rancié, ils renferment le gisement principal de la concession.

A ces mines il faut ajouter quelques amas très-irréguliers de fer oligiste qui se trouvent, dans la vallée de Suc, en relation avec les ophites de Bernadouze et l'Escourgeat.

#### 1° Minerai de fer de la Canale.

*La Canale.* — L'ancienne mine de la Canale présente de grands effondrements dirigés N. 20 à 25° O.; ils ont une longueur de 200<sup>m</sup>, une largeur de 4 à 5<sup>m</sup>, et attestent des travaux anciens très-considérables.

Le minerai, à en juger par les échantillons qu'on trouve au milieu des décombres, est formé de fer hydraté, hématite brune, compacte et fibreuse de très-belle qualité, tout à fait analogue au minerai de Rancié; aucune tradition positive ne donne des renseignements sur l'étendue des travaux et la date de leur abandon, qui sans doute a eu lieu à la suite d'une invasion des eaux.

Peu de temps après 1835, époque de la concession faite des mines de Lercoul à la famille d'Orgeix, une galerie en descente de 170 mètres de long, fut pratiquée à la base des effondrements, elle resta jusqu'à son front dans les éboulis des anciens, ne rencontra que dessoles et placages de minerai sans importance et ne donna aucun résultat sérieux.

Vers la tête des effondrements, dans les calcaires gris du mur, est une vaste grotte de forme analogue à celles qui d'ordinaire contiennent le minerai. Dans tous les environs de la Canale, les roches sont très-tourmentées; l'affleurement descend suivant la ligne E. 70° S., à peu près verticale avec une puissance moyenne de 4 à 5 mètres; il continue jusqu'à 30 mètres au-dessous du chemin conduisant de Lercoul à la Prade; vers le bas sont deux galeries d'écoulement dont l'une seule est accessible.

2° Minerai de fer de l'Uslade.

*L'Uslade.*— Dans les calcaires et à 150 ou 200 mètres au sud-ouest des vides de la Canale, est l'ancienne mine de la Bède ou l'Uslade; cette exploitation fort ancienne a été ouverte sur un gisement assez étroit, dirigé O. 35° N.; il se révèle à la surface par une dépression superficielle, ayant une longueur d'environ 200 mètres et une largeur moyenne d'un mètre, qui se continue à la partie inférieure par un affleurement mince de calcaire ferrugineux; on pénètre dans ces anciens travaux au moyen de boisages formant une série de plans inclinés en zigzag et on descend à partir de l'entrée sur une profondeur de 80 à 90 mètres; le minerai a été enlevé

presque en entier; les parois du vide font juger, par leur écartement, de l'épaisseur du gîte, qui paraît être généralement d'un mètre et rarement par places de 2 à 3 mètres; vers 1828, les paysans de Lercoul tiraient quelque peu de minerai de ces anciens travaux.

En 1840, les éboulis du front ont été enlevés; une galerie de 9 mètres de profondeur a reconnu un petit gisement de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre intact sur quelques mètres en direction.

En 1861, on a essayé de reprendre cet ancien travail, le minerai était trop mince et son exploitation trop coûteuse; cet essai a été promptement abandonné.

3° Minerai de fer de Benazet.

*Benazet.*— En montant à partir de l'Uslade au contact des schistes et des calcaires, on rencontre à 100 ou 150 mètres au-dessous du sommet de Rancié, un long affleurement visible sur près de 100 mètres d'étendue et de 5 à 10 mètres d'épaisseur; ce dernier est formé de calcaire rouge métallifère avec nerfs de schistes argileux et traces de fer carbonaté et fer hydroxydé compacte. A sa partie inférieure sont des travaux très-anciens dits de Benazet. Les travaux accessibles s'étendent à 50 mètres du jour avec une profondeur égale; ils présentent des excavations de 20 mètres de hauteur où on pénètre sur des boisages disposés en plans inclinés; ils sont d'une irrégularité frappante; ils consistent en de grands vides séparés par des veines de calcaire ou des massifs de minerai pauvre qu'on a laissés en place et en boyaux étroits pratiqués, soit en avancement vers la montagne, soit en revenant vers le jour; au front actuel, le gîte a plusieurs mètres d'épaisseur, mais la partie métallifère, quoique plus riche qu'à la surface, est toujours fortement mélangée de calcaire spathique et de nerfs de schistes. Dans les deux chantiers accessibles au fond des travaux, le minerai est composé de fer hydroxydé compacte, et hématite brune et disposé en lentilles irréguli-

Le minerai, à en juger par les échantillons qu'on trouve au milieu des décombres, est formé de fer hydraté, hématite brune, compacte et fibreuse de très-belle qualité, tout à fait analogue au minerai de Rancié; aucune tradition positive ne donne des renseignements sur l'étendue des travaux et la date de leur abandon, qui sans doute a eu lieu à la suite d'une invasion des eaux.

Peu de temps après 1835, époque de la concession faite des mines de Lercoul à la famille d'Orgeix, une galerie en descente de 170 mètres de long, fut pratiquée à la base des effondrements, elle resta jusqu'à son front dans les éboulis des anciens, ne rencontra que des soles et placages de minerai sans importance et ne donna aucun résultat sérieux.

Vers la tête des effondrements, dans les calcaires gris du mur, est une vaste grotte de forme analogue à celles qui d'ordinaire contiennent le minerai. Dans tous les environs de la Canale, les roches sont très-tourmentées; l'affleurement descend suivant la ligne E. 70° S., à peu près verticale avec une puissance moyenne de 4 à 5 mètres; il continue jusqu'à 30 mètres au-dessous du chemin conduisant de Lercoul à la Prade; vers le bas sont deux galeries d'écoulement dont l'une seule est accessible.

2° Minerai de fer de l'Usclade.

*L'Usclade.* — Dans les calcaires et à 150 ou 200 mètres au sud-ouest des vides de la Canale, est l'ancienne mine de la Bède ou l'Usclade; cette exploitation fort ancienne a été ouverte sur un gisement assez étroit, dirigé O. 35° N.; il se révèle à la surface par une dépression superficielle, ayant une longueur d'environ 200 mètres et une largeur moyenne d'un mètre, qui se continue à la partie inférieure par un affleurement mince de calcaire ferrugineux; on pénètre dans ces anciens travaux au moyen de boisages formant une série de plans inclinés en zigzag et on descend à partir de l'entrée sur une profondeur de 80 à 90 mètres; le minerai a été enlevé

presque en entier; les parois du vide font juger, par leur écartement, de l'épaisseur du gîte, qui paraît être généralement d'un mètre et rarement par places de 2 à 3 mètres; vers 1828, les paysans de Lercoul tiraient quelque peu de minerai de ces anciens travaux.

En 1840, les éboulis du front ont été enlevés; une galerie de 9 mètres de profondeur a reconnu un petit gisement de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre intact sur quelques mètres en direction.

En 1861, on a essayé de reprendre cet ancien travail, le minerai était trop mince et son exploitation trop coûteuse; cet essai a été promptement abandonné.

3° Minerai de fer de Benazet.

*Benazet.* — En montant à partir de l'Usclade au contact des schistes et des calcaires, on rencontre à 100 ou 150 mètres au-dessous du sommet de Rancié, un long affleurement visible sur près de 100 mètres d'étendue et de 5 à 10 mètres d'épaisseur; ce dernier est formé de calcaire rouge métallifère avec nerfs de schistes argileux et traces de fer carbonaté et fer hydroxydé compacte. A sa partie inférieure sont des travaux très-anciens dits de Benazet. Les travaux accessibles s'étendent à 50 mètres du jour avec une profondeur égale; ils présentent des excavations de 20 mètres de hauteur où on pénètre sur des boisages disposés en plans inclinés; ils sont d'une irrégularité frappante; ils consistent en de grands vides séparés par des veines de calcaire ou des massifs de minerai pauvre qu'on a laissés en place et en boyaux étroits pratiqués, soit en avancement vers la montagne, soit en revenant vers le jour; au front actuel, le gîte a plusieurs mètres d'épaisseur, mais la partie métallifère, quoique plus riche qu'à la surface, est toujours fortement mêlée de calcaire spathique et de nerfs de schistes. Dans les deux chantiers accessibles au fond des travaux, le minerai est composé de fer hydroxydé compacte, et hématite brune et disposé en lentilles irrégu-

lières de 4 à 5 mètres d'étendue et de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre d'épaisseur; toutes les roches encaissantes sont imprégnées de fer carbonaté pauvre.

4<sup>e</sup> MINÉRAI DE FER DE SUC.

*Minérai de Suc.* — A la moitié du port de Suc, au quartier de Bernadouse, on observe des affleurements d'hématite rouge intimement associée à la lherzolite. Elle se présente en amas et placages à la limite du granite et de la lherzolite et quelquefois dans le granite. Cette mine est très-riche, fusible, de bonne qualité. La tradition rapporte qu'elle a servi à alimenter à Bernadouse une forge ancienne dont on voit encore des vestiges. Elle fut l'objet de quelques recherches en 1809, 1835 et 1836. Ce gîte ne présente pas de suite.

(La suite à une prochaine livraison.)

Vicdessos, le 16 octobre 1868.

RECHERCHES

SUR LE DÉPÔT LITTORAL DE LA FRANCE.

Par M. DELESSE (\*).

Des études sur le dépôt littoral de nos côtes m'ont occupé dans ces dernières années, et je me propose d'en indiquer ici les principaux résultats.

Une nombreuse collection de ce dépôt devait d'abord être réunie; c'est ce qui a été fait, soit dans des excursions spéciales, soit avec le concours de différentes personnes, notamment d'ingénieurs hydrographes et d'ingénieurs des ponts et chaussées chargés du service des ports.

Pour déterminer la composition minéralogique du dépôt littoral, je l'ai soumis à des lévignations et à des essais chimiques. J'ai surtout opéré des triages sur une quantité déterminée de matière, pesant ensuite séparément chacun des minéraux ou des roches qu'elle renfermait. Ce procédé est bien préférable à l'analyse chimique élémentaire, car il donne la nature ainsi que la proportion des divers minéraux; il permet, du reste, de faire une analyse quantitative avec une exactitude qui est bien suffisante pour les recherches de ce genre.

— Si l'on considère, en premier lieu, les dunes des côtes de France, elles sont presque toujours essentiellement formées de quartz hyalin.

Comme ce minéral est relativement léger et comme ses

(\*) Extrait d'un ouvrage en voie de publication chez M. Eugène Lacroix.

grains, bien qu'anguleux, sont cependant assez réguliers, il se prête mieux que tout autre à un transport par le vent. Cependant les divers minéraux d'une plage se retrouvent aussi dans les dunes qui l'avoisinent ; on y rencontre, par exemple, de la lydienne dans les Landes, de la glauconie dans le Pas-de-Calais et dans la mer du Nord. Le mica, le feldspath, le grenat s'y observent également. Le carbonate de chaux sécrété par les mollusques concourt encore à la formation des dunes ; il n'y en a presque pas dans les dunes des Landes et de la Hollande ; mais celles de la Bretagne en contiennent assez pour être exploitées comme amendement calcaire.

La proportion de carbonate de chaux des dunes varie, du reste, avec celle du sable qui forme la plage ; de plus, elle est généralement moindre que celle du dépôt de marée basse.

Le plus souvent, les dunes sont essentiellement composées de sable quartzeux ; toutefois, elles contiennent également les divers minéraux de la plage et particulièrement le carbonate de chaux sécrété par les mollusques.

La rareté ou l'absence complète de l'argile mérite d'être signalée ; elle se conçoit d'ailleurs très-bien, puisque l'argile, restant humide, doit visiblement tendre à empêcher le déplacement du sable et par suite la production des dunes.

— Considérons maintenant le dépôt littoral des côtes de France. Il présente une composition minéralogique assez variée, au niveau de la marée haute, parce qu'il renferme les débris provenant des falaises voisines. Mais, au niveau de la marée basse, il est beaucoup plus uniforme ; dans l'Océan, il reste même constant sur une grande étendue. Alors, quelles que soient les roches qui concourent à sa formation, la mer ne tarde pas à les détruire, en sorte que l'on y retrouve surtout les minéraux qui résistent bien à son action à cause de leur dureté ou de leur inaltérabilité.

De tous les minéraux du dépôt littoral de marée basse, le plus important est de beaucoup le quartz hyalin. Il y est répandu à profusion et souvent même il le constitue presque entièrement. Ce résultat s'explique par la dureté du quartz et par son abondance dans les roches.

Le silex est très-fréquent sur nos côtes crayeuses, et il se présente en galets qui redescendent jusqu'au niveau inférieur de la marée basse, dans les endroits où la mer est fortement agitée. Il s'observe surtout en esquilles et en fragments anguleux dans le dépôt littoral ; mais, quand le grain de ce dernier devient fin, la proportion du quartz l'emporte sur celle du silex, même sur les côtes crayeuses. Car le silex est plus fragile et moins dur que le quartz, contre lequel il est sans cesse frotté, en sorte que son usure est nécessairement plus rapide ; aussi voit-on le quartz augmenter au détriment du silex, et d'autant plus que les sédiments sont plus fins.

Les feldspaths ne se montrent en quantité notable dans le dépôt littoral qu'au voisinage des côtes granitiques, comme la Bretagne, les Maures, les Pyrénées-Orientales ou des côtes porphyriques comme l'Esterel. Leurs formes sont ordinairement plus ou moins anguleuses, moins cependant que celles du quartz hyalin qui leur est associé et qui provient de la destruction des mêmes roches. L'orthose est de beaucoup le feldspath qui résiste le mieux ; cependant il se détruit rapidement ; car il est sans cesse subdivisé par suite de ses clivages, et il se kaolinise avec une grande facilité lorsqu'il est agité dans l'eau de mer. L'anorthose ne s'observe guère que dans les grains ou fragments de roches qui en contiennent.

Un sable feldspathique borde généralement les côtes granitiques. Dans la Méditerranée, on le trouve dans les golfes de Jouan, de Napoule, de Fréjus, le long des montagnes des Maures et à l'ouest du golfe du Lion, dans les Pyrénées-Orientales. Dans l'Océan, il entoure en grande

partie la Bretagne et le Cotentin. Ce sable constitue un arkose qui n'est pas encore agrégé et qui se forme à l'époque actuelle.

Les argiles se montrent dans le dépôt littoral au fond des golfes et des anses retirées, mais elles sont surtout entraînées à l'état de limon, et elles vont se déposer dans les eaux calmes des mers profondes. D'un autre côté, lorsque des couches d'argile ou de schiste affleurent sur un rivage, comme à Honfleur, la proportion d'argile contenue dans le dépôt littoral peut devenir très-grande.

Malgré leur faible dureté, les micas résistent bien à l'action destructive de la mer, parce qu'ils se décomposent difficilement et que leurs paillettes se maintiennent longtemps en suspension, en sorte qu'elles sont soustraites au frottement contre des minéraux plus durs. Ils se rencontrent surtout dans le voisinage de nos côtes granitiques.

Le grenat s'observe dans le dépôt littoral de la Méditerranée, le long des Maures et des Bouches-du-Rhône; il s'observe aussi dans l'Océan, sur la côte des Landes, à l'embouchure de la Loire, en Bretagne, dans le Pas-de-Calais et sur le rivage des Pays-Bas, dans la mer du Nord.

Le péridot se rencontre vers l'embouchure des fleuves comme le Rhône et la Loire, qui comprennent dans leur bassin des régions volcaniques.

Le pyroxène et l'amphibole sont très-accidentels.

La glauconie est au contraire très-fréquente sur nos côtes, tant dans la Méditerranée que dans l'Océan. Elle se montre surtout au nord-est de la France, vers les affleurements du terrain crétacé inférieur, qui est lui-même très-riche en glauconie; tantôt elle est à l'état de vase verte argileuse, tantôt en grains qui ont encore conservé la forme des foraminifères dans lesquels elle s'est moulée.

Il y a souvent du fer oxydulé dans le dépôt littoral de la France; mais il est généralement en parcelles microscopiques, en sorte qu'il faut avoir recours à l'aimant pour con-

stater sa présence. Vers l'embouchure de la Seine et de la Somme, la partie du dépôt littoral qui est attirable à l'aimant ne dépasse pas 2 dix-millièmes. Elle est souvent supérieure à 1 millième lorsque le rivage présente des schistes cristallins ou des granites, comme dans le golfe de la Napoule et à Belle-Isle, ou bien dans les embouchures des fleuves comme la Loire, le Rhin, qui traversent des régions volcaniques. Il est rare que le dépôt littoral contienne plusieurs millièmes de fer oxydulé; cependant, sur quelques points du rivage, notamment près d'Hyères, le fer oxydulé peut être accumulé par le clapotement des vagues, et alors il constitue une grande partie du dépôt.

On trouve dans le dépôt littoral de la France quelques gemmes et même de la pyrite de fer qui toutefois s'effleurit facilement.

Quant au carbonate de chaux, il est en proportions très-variables dans le dépôt littoral, et il peut provenir soit de roches calcaires, soit surtout des têts de mollusques.

Dans la Méditerranée, il est très-abondant sur les côtes calcaires appartenant aux terrains crétacés, tertiaires et jurassiques, comme celles de Nice ou de Marseille; ses grains sont toujours bien arrondis.

Dans l'Océan, le calcaire n'entre ordinairement que pour une proportion assez minime du dépôt littoral; car le balancement des marées le dissout et l'use rapidement, en sorte qu'il ne tarde pas à disparaître, lors même qu'il est pierreux et compacte. C'est ce qui s'observe entre le Havre et Dunkerque, ou bien au pied des falaises des Basses-Pyrénées. Il peut même arriver que le dépôt littoral formé sur un rivage de craie ou de calcaire friable ne contienne pas trace de débris calcaires.

Sur les côtes de France baignées par l'Océan, le carbonate de chaux du dépôt littoral provient presque entièrement des têts sécrétés par les mollusques de l'époque actuelle. Il est en fragments anguleux ou faiblement arrondis,

et il résiste beaucoup mieux à la destruction que les calcaires les plus compactes. Aussi voyons-nous une côte dépourvue de calcaire, comme celle de la Bretagne, présenter cependant un dépôt littoral très-riche en carbonate de chaux qui est exclusivement fourni par des débris de coquilles.

Voici d'ailleurs les résultats donnés par le triage et l'étude minéralogique de quelques dépôts littoraux de nos côtes qui ont été pris, soit sur la Méditerranée, soit sur l'Océan.

## Méditerranée.

## Près de l'embouchure du Var.

Quartz hyalin . . . . .	2,2
Id. jaune ou violâtre . . . . .	2,5
Protogine et débris granitiques . . . . .	15,4
Porphyre quartzifère . . . . .	2,3
Grès gris, blanc ou violacé . . . . .	8,3
Grès feldspathique . . . . .	2,9
Schiste micacé grisâtre . . . . .	2,1
Calcaire argileux noir bleuâtre . . . . .	47,3
Calcaire argileux gris ou blancâtre . . . . .	15,2
Dolomie caverneuse . . . . .	2,2

## Golfe Juan.

Quartz hyalin . . . . .	55,0
Débris granitiques . . . . .	41,8
Porphyre quartzifère . . . . .	1,2
Calcaire blanchâtre ou grisâtre . . . . .	1,0

## Esterel près de l'embouchure de l'Agay.

Quartz hyalin en cristaux bipyramides . . . . .	10,0
Porphyre de l'Esterel . . . . .	76,30
Grès bigarré, micacé, brun rougeâtre . . . . .	13,40
Coquilles brisées . . . . .	0,30

## Pointe d'Alon, entre Bandol et la Ciotat.

Quartz hyalin . . . . .	2,0
Silex en fragments anguleux . . . . .	7,0
Calcaires compactes divers . . . . .	91,0

## Saint-Cyprien près l'embouchure du Tech.

Quartz hyalin . . . . .	27,8
Débris de roches granitiques . . . . .	32,0
Schiste micacé quartzeux . . . . .	40,2

## Anse Persefle ou pied des Pyrénées.

Quartz hyalin . . . . .	75,5
Micaschiste avec séricite . . . . .	8,3
Schiste micacé quartzeux . . . . .	1,7
Schiste feldspathique et micacé . . . . .	5,7
Gneiss blanc grisâtre . . . . .	8,2
Coquilles brisées . . . . .	0,6

## Océan.

## Près l'embouchure de l'Adour.

Quartz hyalin . . . . .	78,0
Quartz brun jaunâtre, caverneux . . . . .	8,5
Quartz de diverses couleurs . . . . .	8,5
Quartzite noir . . . . .	3,6
Coquilles brisées . . . . .	1,4

## Ilot de Corqouan.

Quartz hyalin . . . . .	90,70
Quartz hyalin brun jaunâtre . . . . .	2,3
Quartzite noir et ophite . . . . .	0,2
Calcaire blanc . . . . .	3,2
Coquilles brisées . . . . .	3,5

## Baie de Bourgneuf.

Quartz hyalin . . . . .	71,1
Débris de gneiss . . . . .	19,4
Mica blanc et tombac . . . . .	1,0
Matières dissoutes dans l'acide chlorhydrique . . . . .	0,9
Coquilles brisées . . . . .	7,6

## Barneville (Cotentin).

Quartz hyalin . . . . .	86,5
Débris feldspathiques contenant du quartz . . . . .	11,7
Schiste micacé verdâtre . . . . .	3,3
Matières dissoutes dans l'acide . . . . .	3,3
Coquilles brisées . . . . .	25,2

## Ile de Tatihou.

Quartz hyalin . . . . .	14,3
Quartz hyalin avec mica et schiste micacé . . . . .	0,3
Débris de roches granitiques . . . . .	17,4
Matières dissoutes dans l'acide . . . . .	4,4
Coquilles brisées et grains calcaires . . . . .	63,0

## Le Havre.

Quartz hyalin . . . . .	70,0
Silex en fragments anguleux . . . . .	3,0
Glaucanie . . . . .	17,0
Coquilles brisées et calcaires . . . . .	10,0

## L'écamp.

Quartz hyalin . . . . .	18,2
Silex en fragments anguleux . . . . .	67,2
Glaucanie . . . . .	0,6
Coquilles brisées . . . . .	14,0

## Étaples.

Quartz hyalin avec un peu de silex . . . . .	86,0
Glaucanie . . . . .	1,8
Matières dissoutes dans l'acide . . . . .	2,3
Coquilles brisées . . . . .	9,9

## Cap Gris-Nez.

Quartz hyalin avec un peu de silex . . . . .	68,4
Glaucanie . . . . .	1,7
Matières dissoutes dans l'acide . . . . .	3,2
Coquilles brisées . . . . .	6,7

On voit par ces exemples que dans la Méditerranée les dépôts littoraux présentent une composition minéralogique qui dépend surtout de celle des côtes voisines et des bassins hydrographiques auxquels ils appartiennent.

Dans l'Océan, l'influence des côtes est moins sensible; de plus les calcaires étant détruits par le balancement des marées, les dépôts littoraux y contiennent toujours une proportion très-forte de silice et spécialement de quartz hyalin.

Le dépôt littoral de l'Océan, pris au niveau de la marée basse, offre d'ailleurs des caractères minéralogiques qui sont remarquablement constants. Lorsqu'on dose, par exemple, son carbonate de chaux, l'on est surpris des faibles variations qu'il présente. Mais dans la Méditerranée, le dépôt littoral est beaucoup plus variable, car les marées n'opérant pas son mélange sur une grande échelle, on comprend qu'il soit essentiellement formé aux dépens des roches qui constituent le rivage voisin.

La carte géologique de la France dressée par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont permet du reste de prévoir la composition minéralogique du dépôt littoral; et j'ajouterai que les recherches auxquelles je me suis livré viennent en confirmer la parfaite exactitude.

— Si l'on s'éloigne du rivage, la profondeur de l'eau augmente et en même temps le dépôt marin change de propriétés physiques et chimiques. Ainsi, son grain diminue et d'un autre côté sa proportion de carbonate de chaux devient plus grande. La différence est déjà marquée lorsqu'on compare le dépôt de marée haute avec celui de marée basse; elle est surtout manifeste lorsqu'on compare ces dépôts avec ceux qui sont retirés du fond de la mer au moyen de la sonde.

Dans la Méditerranée, j'ai constaté cependant que, sur une côte calcaire, le carbonate de chaux va quelquefois en diminuant avec la profondeur, au moins dans certaines limites; mais cette exception tient alors à la nature de la côte, qui est calcaire et fournit elle-même du carbonate de chaux; en sorte qu'elle vient confirmer la règle.

On peut donc regarder comme une loi générale que dans

les dépôts marins pris sur un même rivage le carbonate de chaux tend à augmenter avec la profondeur. Ce résultat s'explique d'ailleurs très-bien, le carbonate de chaux étant essentiellement fourni par les mollusques qui peuplent la mer.

Toutefois la composition minéralogique de la côte exerce aussi une influence marquée sur les dépôts marins; dans la Méditerranée, par exemple, j'ai reconnu que la vase prise dans le fond du golfe de Fos est beaucoup moins riche en carbonate de chaux que celle qu'on trouve à la même profondeur dans le golfe contigu de Marseille. Cette différence me paraît devoir être attribuée à ce que le golfe de Marseille est découpé dans une côte essentiellement calcaire.

L'ensemble de ces recherches montre que le dépôt littoral présente des caractères variables avec les bassins hydrographiques auxquels il appartient et avec la nature des plages émergées et submergées sur lesquelles il se forme; toutefois, dans l'Océan, il reste constant sur de vastes étendues.

## ÉTUDE

SUR LA CONDENSATION DANS LES MACHINES A VAPEUR.

Par M. E. COUSTÉ,  
Directeur des manufactures de l'État.

Une importante question est posée depuis longtemps à la sagacité des ingénieurs, dans les pays où la navigation à vapeur a pris quelque développement : *l'emploi de la vapeur à pressions élevées dans les machines marines*. Le plus grand obstacle qu'on ait rencontré dans cette application, consiste dans l'incrustation des générateurs produite par l'eau de mer. En Angleterre, on a essayé de résoudre le problème par l'adoption du *condenseur à surface*, qui permet d'alimenter les chaudières avec de l'eau dépourvue de matières incrustantes. Cet appareil ne pouvait réussir qu'à la condition de présenter au contact de la vapeur de très-grandes superficies condensantes. De là, des difficultés pratiques qui ont fait échouer les tentatives de Watt, de Hall, de Cavé, de Bourdon, d'Éricson et de tant d'autres ingénieurs ou constructeurs. Dans ces dernières années, on a trouvé moyen de donner au *condenseur à surface*, des superficies de plus de 1 mètre carré par force de cheval ; et l'on a obtenu ainsi quelques bons résultats.

Je crois, et j'essayerai de prouver dans ce mémoire, que cette solution, quoique constituant un progrès, est fondée sur un principe rétrograde, ne réalise qu'une partie des avantages à obtenir, et que ces avantages ne peuvent être obtenus complètement et sûrement qu'à l'aide du *condenseur à injection*.

A cet effet, je me propose :

D'analyser le phénomène de la condensation dans les machines à vapeur, en établissant la théorie physico-mathématique du condenseur en général ;

Ce qui permettra d'évaluer la perte du travail moteur causée par la condensation ;

De comparer entre eux les deux systèmes connus, la *condensation par injection* et la *condensation par surface*, et de prouver que le premier a une grande supériorité sur le second ;

De déterminer d'importantes améliorations dont le *condenseur à injection* actuel est susceptible ;

De prouver que le *condenseur à surface* est sujet à des perturbations qui diminuent et peuvent même annuler les avantages de la pression élevée.

Je prouverai en outre que le *condenseur à injection* est applicable aux machines marines à pressions élevées, aussi bien qu'aux autres moteurs à vapeur, moyennant une modification essentielle que j'indique dans la fonction du condenseur ; et je décrirai les moyens pratiques de réaliser cette application.

#### PREMIÈRE PARTIE.

1. Il y a deux sortes de condenseur : dans l'une, la vapeur est mise en contact direct avec l'eau condensante ou eau froide, qui reste confondue avec le liquide provenant de la condensation ; dans l'autre, l'eau condensante agit sur la vapeur par l'intermédiaire d'un métal bon conducteur du calorique ; et cette paroi a pour objet de maintenir séparés le liquide provenant de la condensation et l'eau condensante.

La première sorte s'appelle *condenseur à injection* ; c'est la plus communément employée ;

La seconde s'appelle *condenseur à surface* ou *condenseur de Hall*. Jusqu'à ces derniers temps, elle n'avait été employée que dans quelques moteurs particuliers (machines à éther, à chloroforme, à esprit de bois, etc.), qui ne sont point sortis du domaine des essais.

2. *Travail résistant dans le condenseur*. — Je commencerai par déterminer la formule générale qui exprime le travail résistant du condenseur, en raisonnant, pour fixer les idées, sur le condenseur à injection.

*Retard de la condensation*. — L'acte de la condensation complet n'est jamais instantané, il exige toujours un certain laps de temps. L'étant la course du piston,  $nL$  sera la portion de course qu'il effectue pendant que l'acte de la condensation s'accomplit.

Soit :

$T_m$  le travail moteur, brut, développé par la vapeur, à chaque coup de piston ;

$T_{c,i}$  le travail résistant du *condenseur à injection*, pour un coup de piston (\*) ;

$T_{c,s}$  la quantité analogue pour le *condenseur à surface* (\*) ;

$T_c$  la quantité analogue pour le condenseur de l'un ou l'autre système (\*) ;

$T_a$  le travail résistant de la pompe à air ;

$S$  l'aire du piston du cylindre (en centimètres carrés) ;

$L$  la course du piston (en mètres) ;

$E$  la portion de course du piston, pendant laquelle la vapeur est introduite à pleine pression dans le cylindre ;

$P$  la pression (en kilogrammes par centimètre carré) de la vapeur dans le cylindre après détente, et au moment où va s'ouvrir la communication avec le condenseur ;

(\*) Quand ces quantités prendront leur valeur maxima je les désignerai par  $\widehat{T_{c,i}}$   $\widehat{T_{c,s}}$   $\widehat{T_c}$ .

II la pression de la vapeur dans le cylindre, avant détente (en kilogrammes par centimètre carré).

$p$  la pression normale dans le condenseur ; c'est la pression qui subsiste après que la condensation est terminée pour chaque coup de piston (en kilogrammes par centimètre carré).

$nL$  la fraction de course du piston pendant laquelle la condensation s'accomplit.

$v$  le rapport de la capacité vide  $v$  du condenseur (y compris les conduits de communication avec le cylindre), à la capacité  $V$  du cylindre (comprenant le volume décrit par le piston et les *espaces nuisibles*) ; ainsi  $v = \frac{\text{condenseur}}{\text{cylindre}} = \frac{v}{V}$ .

Dès que le cylindre est mis en communication avec le condenseur, la pression  $P$ , correspondante au volume  $V$ , devient  $\frac{PV}{V+v}$ . Au même instant, la pression  $p$ , qui correspondait au volume  $v$ , devient  $\frac{pv}{V+v}$ . En sorte que, au dit instant, la pression dans le condenseur est  $\frac{PV+pv}{V+v}$

ou  $\frac{P+pv}{1+v}$ .

Pendant la période  $nL$  de la course, cette pression diminue graduellement, au fur et à mesure que la condensation s'opère, depuis  $\frac{P+pv}{1+v}$  jusqu'à  $p$  ; et pendant la période  $(1-n)L$ , elle reste égale à  $p$ .

Représentons les valeurs successives de cette pression par les ordonnées d'une courbe. Soit (fig. 2, Pl. II)

$$x'' = Oa' = L; \quad x' = Oa = nL; \quad aa' = (1-n)L; \quad y_0 = OA = \frac{P+pv}{1+v}; \quad y' = aB = a'C = p.$$

La partie BC de la ligne sera droite et parallèle à l'axe

des  $x$  ; la partie AB sera courbe et tangente à BC au point B.

$T_c$  sera représenté par la surface S du piston multipliée par l'aire de cette courbe, comprise entre les ordonnées OA et a'C.

L'aire ODCa' est  $Lp$ .

Pour exprimer l'autre partie de l'aire, il faut connaître la courbe AB. Dans un cas particulier, on la déterminerait approximativement au moyen de l'indicateur de Watt. Dans cette analyse générale, nous la remplacerons avec une approximation suffisante par l'arc d'une parabole ayant son sommet en B, passant en A, et ayant son axe parallèle à l'axe des  $y$ . Cet arc différera généralement peu de la vraie courbe.

Dès lors, la partie ADB de l'aire totale sera

$$\frac{1}{3} AD \times DB,$$

ou

$$\frac{1}{3} \left( \frac{P+pv}{1+v} - p \right) nL = \frac{1}{3} L \frac{P-p}{1+v} n.$$

L'aire totale est donc

$$\frac{1}{3} L \left( \frac{P-p}{1+v} n + 3p \right)$$

et le travail du condenseur sera

$$T_c = \frac{1}{3} SL \left( \frac{P-p}{1+v} n + 3p \right) \dots \dots \dots (1).$$

Telle est l'expression du travail résistant du condenseur, en ce qui concerne la contre-pression seule, et déduction faite du travail  $T_a$  dû à la pompe à air, qu'il faudrait ajouter simplement pour avoir le total de la résistance due à l'ensemble de l'appareil de condensation.

La formule (1) convient aux deux systèmes de conden-

seur. Nous la transformerons plus loin, de manière à y introduire les particularités de chacun de ces systèmes.

3. Auparavant, il importe de considérer les valeurs, tant arbitraires que nécessaires, que peuvent prendre les quantités indiquées au n° 2.

*Travail résistant de la pompe à eau et à air.*

$T_a$  est une quantité à peu près constante, quand il s'agit d'une machine construite; car elle varie peu avec la quantité d'eau à extraire, avec la faible contre-pression du condenseur, avec les faibles variations de la pression atmosphérique. Mais lorsqu'on projette la construction d'un moteur, il faut adopter les dispositions qui permettront d'employer le minimum d'eau; soit pour économiser cette eau qui, dans certains cas, est coûteuse ou rare; soit pour diminuer  $T_a$  qui dépend principalement de l'aire du piston de la pompe.

*Avantages d'une grande détente.*

4.  $P$  dépend de la pression initiale  $\Pi$  de la vapeur à l'entrée dans le cylindre, et de la détente adoptée. Il y a avantage à donner à cette détente le plus d'étendue possible.  $L$  et  $S$  étant invariables dans une machine construite, la détente sera limitée par la quantité d'effet utile à produire dans un temps donné; et comme cette quantité peut varier dans le cours de la marche, on doit pouvoir faire varier aussi la détente, soit automatiquement, soit par l'intervention du machiniste. Mais on conçoit que, toutes choses égales d'ailleurs, le champ de la détente sera d'autant plus grand que  $\Pi$  sera plus grande. De là, un intérêt (un intérêt considérable) à employer la vapeur à pressions élevées.

*Pression normale dans le condenseur.*

5. La pression dans le condenseur passe, comme nous l'avons dit, par différentes valeurs, pendant la course du piston. Pour une valeur déterminée de  $P$ , et pour une quantité d'eau introduite, l'acte de la condensation s'accomplira dans un certain temps, ou inférieur, ou égal, ou supérieur à la durée d'un coup de piston. Dans le premier cas, la pression du condenseur arrivera à la valeur normale  $p$  avant la fin de la course; dans le second,  $p$  sera atteinte à la fin même de la course; dans le troisième cas, la pression normale augmentera jusqu'à une valeur  $p'$ , telle que la condensation soit complète dans le laps de temps d'un coup de piston.

Il faut donc attribuer à  $p$  la valeur que prend la pression du condenseur au moment où le piston est arrivé à la fin de sa course.

Remarquons que  $p$  est toujours la somme de deux pressions; l'une  $f$  due à la vapeur qui subsiste normalement dans le condenseur, après l'accomplissement de la condensation; l'autre  $f_1$  due aux gaz provenant de l'eau condensante, de l'eau d'alimentation, et de l'air qui peut trouver accès par les fuites. Toutefois dans un appareil bien entretenu et basé sur de bons principes (nous verrons plus loin que cette dernière condition n'est pas remplie pour les *condenseurs à surface*), il ne doit pas exister de fuites; d'un autre côté, les gaz provenant de l'eau alimentaire des générateurs sont d'une quantité insignifiante qui peut être négligée, pour des machines bien conduites, parce que cette eau est puisée dans le condenseur même, et a été dépouillée là de la majeure partie de ses gaz.

Il importe d'évaluer  $f$  et  $f_1$ .

Dans un cas particulier,  $f$  serait déterminée, au moyen des tables de forces élastiques, d'après la température normale du condenseur. A cet égard, remarquons que cette

température est actuellement supérieure à celle de l'eau extraite du condenseur, parce que le contact de l'eau condensante et de la vapeur a été partiel et de trop courte durée, l'eau étant généralement à un état de division insuffisant pour que l'équilibre s'établisse dans un temps aussi court. Pour la déterminer, il faudra placer un thermomètre dans la partie du condenseur opposée à l'arrivée de la vapeur et à l'abri du jet d'injection.

*Pression normale due à la vapeur d'eau.*

La quantité  $f$  étant ainsi obtenue, on aurait  $f_1$  par la différence  $p - f$ , où  $p$  sera donnée par le manomètre du condenseur.

6. Mais il est utile d'introduire dans la formule (1), la valeur de  $p$  en fonction de la température normale  $\theta$  de condensation, de la température  $t$  de l'eau froide et du volume  $q$  d'eau provenant de la vapeur condensée à chaque coup de piston.

On a, d'après Southern,

$$f = A + \left(\frac{B + \theta}{C}\right)^{5,13}; \quad \begin{aligned} A &= 0,0034542, \\ B &= 46,278, \\ C &= 145,36. \end{aligned}$$

Soit en outre :

$\theta$  température normale du condenseur, correspondant à la force élastique de la vapeur  $f$ ;

$t$  la température de l'eau froide injectée ;

$\frac{1}{m}$  la proportion en volume de gaz que cette eau contient ;

$Q$  le volume d'eau froide théoriquement nécessaire à l'injection pour chaque coup de piston ;

$q$  le volume d'eau qui provient de la condensation de la vapeur, à chaque coup de piston.

*Pression normale due au gaz.*

On a  $Q = q \frac{650 - \theta}{\theta - t}$ . Mais dans les condenseurs à injection actuels, cette quantité  $Q$  doit être doublée dans la pratique. Le volume de gaz introduit dans le condenseur à chaque coup de piston est donc, à la pression extérieure,

$$\frac{2Q}{m} \quad \text{ou} \quad \frac{2q}{m} \cdot \frac{650 - \theta}{\theta - t},$$

à la température de l'eau froide  $t$ , et

$$\frac{2q}{m} \cdot \frac{650 - \theta}{\theta - t} \cdot \frac{274 + \theta}{274 + t}$$

à la température  $\theta$  du condenseur.

La pression de ce gaz est celle de l'atmosphère, ou  $1^k.03$  par centimètre carré, sous le volume ci-dessus, et devient sous le volume  $v$  du condenseur

$$f_1 = \frac{2,06}{m} \cdot \frac{q}{v} \cdot \frac{650 - \theta}{\theta - t} \cdot \frac{274 + \theta}{274 + t}$$

On a donc

$$p = A + \left(\frac{B + \theta}{C}\right)^{5,13} + \frac{2,06}{m} \cdot \frac{q}{v} \cdot \frac{650 - \theta}{\theta - t} \cdot \frac{274 + \theta}{274 + t} \dots (2)$$

*Durée de l'acte de la condensation.*

7. La quantité  $n$  varie par suite de circonstances qu'il est essentiel d'analyser.

D'abord l'écoulement de la vapeur du cylindre dans le condenseur, quoique très-rapide à cause de la différence des pressions, n'est pas instantané : les conduits de communication sont larges, mais les ouvertures obtenues par

le mouvement du tiroir sont étranglées pendant un certain temps; et c'est ce qui se manifeste dans les diagrammes par l'arrondi qu'ils présentent aux changements de course du piston, et par la chute rapide de la pression, un peu avant le moment précis où l'introduction dans le cylindre cesse. Cependant, dans les machines à condenseur par injection bien construites, on peut négliger cette cause du *retard de la condensation*, surtout si la vitesse du piston n'est pas exagérée. Il n'en sera pas de même dans les machines qui condensent *par surface*, parce que les superficies condensantes sont généralement formées par des tuyaux de petit diamètre dans lesquels la vapeur éprouve de la difficulté à circuler, surtout quand elle y rencontre une certaine proportion d'air ou d'autres gaz permanents. Dans le cas du condenseur à surface, cette cause de retard n'est donc pas négligeable.

En second lieu, l'eau froide est introduite sous forme de jet plus ou moins divisé, offrant une certaine superficie au contact de la vapeur.

Or l'eau étant peu conductrice du calorique, ce n'est guère que par contact direct que l'équilibre de température tend à s'établir, et que s'opère par suite la condensation. La vapeur se condense donc par contact avec la superficie du jet, avec celle du liquide rassemblé au fond du condenseur et avec les surfaces internes de la partie vide du condenseur. Mais toutes ces surfaces s'échauffent par la condensation même, et deviennent ainsi d'autant moins aptes à condenser; et leur renouvellement ne se faisant que dans une certaine mesure, pour un régime donné de l'appareil, on conçoit qu'elles puissent être insuffisantes pour détruire instantanément l'excès de la pression  $P$  sur la pression  $p$  (\*).

(\*) En réalité, il en est toujours ainsi: même dans les meilleures machines, la condensation dure, comme je l'ai dit, pendant une

*Signification de n.*

8. Évaluons  $n$ , rapport entre la portion  $x'$  du parcours du piston pendant laquelle la condensation s'accomplit entièrement et le parcours total  $L$ .

On a en général  $x = \frac{L}{2}(1 - \cos \omega)$ , pour l'espace parcouru par le piston pour un angle de rotation  $\omega$  de la manivelle, en négligeant les variations très-faibles de l'inclinaison de la bielle. La vitesse angulaire de la manivelle étant constante, on a

$$\omega = \varpi \frac{\tau_1}{\tau} \quad \text{ou} \quad \omega = \frac{\tau_1}{\tau};$$

en prenant pour unité angulaire l'angle  $\varpi = 180^\circ$ ;  $\tau_1$  étant le temps correspondant à  $x$ , et  $\tau$  celui correspondant au parcours total du piston. On a donc

$$x' = \frac{L}{2} \left( 1 - \cos \frac{\tau_1'}{\tau} \right),$$

$\tau_1'$  étant le temps correspondant à  $x'$ , et

$$\frac{x'}{L} = n = \frac{1}{2} \left( 1 - \cos \frac{\tau_1'}{\tau} \right).$$

On suppose  $\tau_1'$  et  $\tau$  exprimées en " (secondes).

partie relativement considérable de la course; et si les diagrammes qu'on voit dans la plupart des auteurs ne portent pas la trace de ce fait, la partie relative aux pressions dans le condenseur y étant en général figurée par une droite parallèle à celle qui marque la pression atmosphérique, c'est que l'instrument avec lequel ces diagrammes ont été obtenus, ou n'a pas été manié avec tout le soin nécessaire, ou manquait de sensibilité ou de précision. Je citerai plus loin (n° 19) des diagrammes relevés par une personne qui est aussi habile opérateur qu'ingénieur distingué, qui ont tous le caractère de retard de la condensation, c'est-à-dire présentent une courbe comme dans la figure du n° 2.

Soit  $\Phi$  la vitesse d'absorption du calorique par le condenseur, ou la quantité absorbée pendant 1'';  $\tau_1 \Phi$  sera la quantité absorbée pendant la durée de l'acte de la condensation. Cette quantité a pour expression  $Dq(650 - \theta)$ ;  $D$  étant la densité de l'eau, ou bien  $q(650 - \theta)$  en prenant  $D = 1$ . On a donc

$$\tau_1 = \frac{q(650 - \theta)}{\Phi},$$

et en substituant

$$n = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \frac{q(650 - \theta)}{\tau \Phi} \right].$$

Or on peut poser  $\Phi = R\varphi$ ,  $R$  étant un coefficient  $< 1$ , qui dépend tant du retard dû à la présence de l'air que des frottements de la vapeur soit dans les tuyaux adducteurs du condenseur en général, soit dans les tubes du condenseur à surface.

$\varphi$  se composera :

1° Du calorique transmis à travers la paroi du condenseur, et exprimé par

$$\alpha = k\sigma \frac{a - b}{e} \dots \dots \dots (3)$$

où l'on représente par :

$k$  le coefficient de conductibilité intérieure, pour la chaleur, de la paroi, c'est-à-dire la quantité de chaleur qui passe en 1'' à travers 1 mètre carré de cette paroi supposée de 1 millimètre d'épaisseur, et pour une différence de 1 degré de température entre les deux faces de ladite paroi;

$\sigma$  la surface de chacune de ces deux faces (\*);

$a$  la température moyenne de la face interne;

$b$  *id.* *id.* *id.* externe;

(\*) Par analogie avec la notation indiquée au n° 2, j'indiquerai par  $\sigma$  la valeur minima de cette quantité.

$e$  l'épaisseur, en millimètres, de la paroi du condenseur, supposée constante;

2° Du calorique  $\beta$  absorbé au contact du liquide réuni au fond du condenseur;

3° Et du calorique absorbé par l'eau froide injectée. Cette quantité, la plus grande de beaucoup, sera exprimée par  $\mu\Sigma(\Theta - t)$ , en représentant par

$\mu$  le coefficient de conductibilité extérieure (pénétrabilité pour la chaleur) de l'eau, c'est-à-dire la quantité de chaleur qui pénètre en 1'' à travers 1 mètre carré de superficie d'eau, pour une différence de 1 degré entre la température de cette eau et celle du milieu échauffant;

$\Sigma$  la superficie, en mètres carrés du jet;

$\Theta$  la moyenne des températures par lesquelles passe le condenseur pendant la durée d'un coup de piston;

$t$  comme plus haut, la température de l'eau injectée.

On peut donc poser comme valeur générale de  $n$  :

$$n = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos \frac{q(650 - \theta)}{R\tau[\alpha + \beta + \mu\Sigma(\Theta - t)]} \right\} \dots \dots (4)$$

9. En substituant dans la formule (1) cette valeur de  $n$ , et la valeur de  $p$  donnée par la formule (2), on a, en faisant pour abrégé

$$M = \frac{2,06}{m} \cdot \frac{650 - \theta}{0 - t} \cdot \frac{274 + \theta}{274 + t} \quad \text{et} \quad f = A + \left( \frac{B + \theta}{C} \right)^{5,13},$$

$$T_o = \frac{1}{3} SL \left[ \left( P - f - M \frac{q}{v} \right) \frac{1}{1 + v} \frac{1}{2} \times \right.$$

$$\left. \left( 1 - \cos \frac{q(650 - \theta)}{R\tau[\alpha + \beta + \mu\Sigma(\Theta - t)]} \right) + 3 \left( f + M \frac{q}{v} \right) \right] \dots \dots (5)$$

Cette formule est générale et convient aux deux sortes de condenseur, moyennant l'annulation du terme  $\mu\Sigma(\Theta - t)$ , en ce qui concerne le condenseur à surface, comme nous le verrons plus loin.

Pour le condenseur à injection, on peut supprimer  $\alpha$  et  $\beta$ , comme négligeables par rapport à  $\mu\Sigma(\Theta - t)$ . En effet, les faces interne et externe sont toujours incrustées ou oxydées, et la première toujours recouverte d'une couche très-mince d'eau à peu près stagnante; ces circonstances diminuent considérablement la conductibilité de la paroi. D'autre part, il est évident que  $\beta$  est une quantité très-faible, parce que les couches chaudes de l'eau rassemblée au fond du condenseur se tiennent toujours à la surface supérieure et sont, par suite, seules en contact avec la vapeur, et que la conductibilité intérieure de l'eau est très-faible.

On peut donc poser pour le condenseur à injection

$$T_{ci} = \frac{1}{3}SL \left[ \left( P - f - M \frac{q}{v} \right) \frac{1}{1+v} \cdot \frac{1}{2} \times \left( 1 - \cos \frac{q(650 - \theta)}{\tau\mu\Sigma(\Theta - t)} \right) + 5 \left( f + M \frac{q}{v} \right) \right] \dots (6)$$

en supposant ici  $R = 1$ , d'après ce qui a été dit au n° 7.

Nous aurons aussi à employer l'expression de  $T_{ci}$  sous les formes

$$T_{ci} = \frac{1}{3}SL \left[ (P - p) \frac{1}{1+v} \cdot \frac{1}{2} \left( 1 - \cos \frac{q(650 - \theta)}{\tau\mu\Sigma(\Theta - t)} \right) + 3p \right] \dots (7)$$

$$T_{ci} = \frac{1}{3}SL \left[ \frac{P - p}{1+v} n + 3p \right] \dots (8)$$

Nous mettrons en outre cette expression sous une autre forme qui fera mieux voir l'influence de la surface  $\Sigma$ .

Soit  $\Sigma$ , la valeur particulière de cette surface, telle que la durée de la condensation soit égale à la durée d'un coup de piston, ou corresponde à  $n = 1$ .

On a, d'après l'expression (4), dans laquelle on supprimera  $\alpha$  et  $\beta$ , et où l'on fera  $R = 1$ ,

$$n = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \frac{q(650 - \theta)}{\tau\mu\Sigma_1(\Theta - t)} \right] = 1; \text{ d'où } \cos \frac{q(650 - \theta)}{\tau\mu\Sigma_1(\Theta - t)} = -1;$$

ou bien

$$\arccos(-1) = \frac{q(650 - \theta)}{\tau\mu\Sigma_1(\Theta - t)}, \text{ ou } 1 = \frac{q(650 - \theta)}{\tau\mu\Sigma_1(\Theta - t)} \dots (9)$$

Tirant de cette équation la valeur de  $q$ , et la substituant dans (7), on a

$$T_{ci} = \frac{1}{3}SL \left[ (P - p) \frac{1}{1+v} \cdot \frac{1}{2} \left( 1 - \cos \frac{\Sigma_1}{\Sigma} \right) + 3p \right] \dots (10)$$

Remarquons que cette formule ne peut exister que pour des valeurs de  $\Sigma$  supérieures et au moins égales à  $\Sigma_1$ ; car si l'on suppose à  $\Sigma$  une valeur inférieure à  $\Sigma_1$  (ou  $n > 1$ ), il est évident que la condensation tendrait à se former à une température normale  $\theta'$  supérieure à  $\theta$ , et alors (ainsi que le montre l'équation (9) résolue par rapport à  $\Sigma_1$ ),  $\Sigma_1$  diminuerait jusqu'à ce qu'elle fût tout au plus égale à  $\Sigma$ .

On voit d'ailleurs que le maximum de  $T_{ci}$  correspond à  $\Sigma = \Sigma_1$ , cas auquel on a

$$\widehat{T}_{ci} = \frac{1}{3}SL \left[ (P - p) \frac{1}{1+v} + 3p \right],$$

et son minimum à  $\Sigma = \infty$ , auquel cas on a

$$\underbrace{T}_{ci} = pSL;$$

c'est-à-dire qu'il n'y a plus alors aucun travail dû au retard de la condensation.

10. Il y a une remarque à faire sur toutes ces expressions du travail; c'est que chacune d'elles présente deux parties, dont l'une, exprimée par le premier terme, est le travail dû au retard ou à la durée de la condensation, et l'autre, le travail dû à la contre-pression normale.

Je discuterai maintenant ces formules, successivement

en ce qui concerne chacune de ces parties du travail; je commencerai par la contre-pression normale.

*En principe, il n'y a pas de taux d'injection maximum.*

11. Au sujet de la contre-pression normale, il y a une opinion généralement répandue, qu'il importe d'examiner d'abord : on croit que, le volume de gaz apporté par l'eau condensante augmentant avec la quantité de cette eau introduite, il y a, pour chaque espèce d'eau et chaque appareil, un taux d'injection auquel correspond une contre-pression normale minima. Le fait est exact, mais il tient à l'imperfection des condenseurs actuels, et non point au principe de la condensation par injection, ainsi que je vais le prouver.

L'équation (2) posée au n° 6, dans l'hypothèse des condenseurs actuels, qui exigent deux fois plus d'eau condensante que la quantité théoriquement nécessaire, doit être remplacée par l'équation

$$p = A + \left( \frac{B + \theta}{C} \right)^{5,13} + \frac{1,03}{m} \frac{q}{v} \cdot \frac{650 - \theta}{0 - t} \dots \quad (2 \text{ bis})$$

(en supposant égal à 1 le facteur  $\frac{274 - \theta}{274 - t}$ , ce qui est sensiblement vrai dans la pratique), si l'on obtient un mélange parfait de la vapeur et de l'eau condensante, c'est-à-dire si l'on a

$$Q = q \frac{650 - \theta}{0 - t}, \quad \text{d'où} \quad \theta = \frac{650 + t \frac{Q}{q}}{1 + \frac{Q}{q}} \dots \quad (2 \text{ ter})$$

Substituant dans  $p$  cette valeur de  $\theta$ , on a

$$p = A + \left[ \frac{B}{C} + \frac{650 + t \frac{Q}{q}}{C \left( 1 + \frac{Q}{q} \right)} \right]^{5,13} + \frac{1,03}{m} \cdot \frac{Q}{v}$$

Égalons à 0 la différentielle  $\frac{dp}{dQ}$ , on a

$$\frac{dp}{dQ} = 0 = -5,13 \left[ \frac{B}{C} + \frac{650 + t \frac{Q}{q}}{C \left( 1 + \frac{Q}{q} \right)} \right]^{4,13} \times \frac{650 - t}{C \left( 1 + \frac{Q}{q} \right)^2} \cdot \frac{1}{q} + \frac{1,03}{m} \cdot \frac{1}{v} \dots \dots \dots \quad (2 \text{ quater})$$

C'est de cette équation qu'il faut déduire la valeur de  $Q$  qui donnerait le minimum de  $p$ .

Or, nous allons prouver que, dans les limites de la pratique, il n'existe pas de valeur de  $Q$  satisfaisant à cette équation :

1° On ne saurait condenser à plus de 100 degrés; et il est rare qu'il soit utile de condenser au-dessous de 20 degrés, correspondant à une tension de 1°.70 de mercure, qui serait à peine suffisante pour soulever les soupapes de la pompe à eau et à air. D'après l'équation (2 ter) les valeurs de  $\frac{Q}{q}$  correspondant à 100 et 20 degrés sont respectivement (en supposant  $t = 10^\circ$ ), 6,1 et 6,3.

2° La valeur de  $m$  n'est guère supérieure à  $\frac{1}{20}$ ; soit donc

$$m = \frac{1}{20};$$

3°  $q$  dépend de la pression  $\Pi$  de la vapeur avant détente et de la quantité  $E$ , portion de la course pendant laquelle la vapeur est introduite.  $\Pi$  varie entre 1 et 10 atmosphères, pression dans la chaudière; et  $E$  entre  $\frac{1}{15}$  et  $\frac{1}{2}$ . D'ailleurs

on a  $q = \frac{u}{\Delta}$ ; ( $u$  étant le volume de vapeur introduit et  $\Delta$  le volume spécifique, à la pression  $\Pi$ , de l'eau de laquelle provient cette vapeur).

Pour

$$\Pi = 1^{\text{at}} \quad \text{et} \quad E = \frac{1}{2},$$

on a

$$u = \frac{V}{2} \quad \text{et} \quad \Delta = 1700; \quad \text{d'où} \quad q = \frac{V}{1700 \times 2};$$

pour

$$\Pi = 8^{\text{at}} \quad \text{et} \quad E = \frac{1}{15},$$

on a

$$u = \frac{V}{15} \quad \text{et} \quad \Delta = 254; \quad \text{d'où} \quad q = \frac{V}{254 \times 15}.$$

4°  $v$ , volume du condenseur varie entre  $\frac{V}{5}$  et  $V$ .

Introduisons ces valeurs dans l'équation (2 *quater*); ainsi que les valeurs de B et C; on a

$$\text{Pour } \theta = 100^\circ, \text{ ou } \frac{Q}{q} = 6,1,$$

$$-5,13 \left[ 0,55 + \frac{650 + 61}{145 \times 7,1} \right]^{4,13} \times \frac{640}{145 \times 7,1} \times \frac{254 \times 15}{V} + \\ + \frac{1}{V} 1,05 \times 20, \text{ pour } \Pi = 8^{\text{at}}; \text{ ou } -1714 \frac{1}{V} + 20,6 \frac{1}{V};$$

c'est-à-dire, un résultat avec le signe —.

$$\text{Pour } \theta = 20^\circ, \text{ ou } \frac{Q}{q} = 63, \text{ on a}$$

$$-5,13 \left[ 0,55 + \frac{650 + 630}{145 \times 64} \right]^{4,13} \times \frac{640}{145 \times 64} \times \frac{254 \times 15}{V} + \\ + \frac{1}{V} 1,05 \times 20, \text{ pour } \Pi = 8^{\text{at}}; \text{ ou } -171,14 \frac{1}{V} + 20,6 \frac{1}{V};$$

c'est-à-dire un résultat avec le signe —.

Et il est évident que les résultats seraient encore négatifs dans le cas où la détente E serait  $\frac{1}{2}$  et, à *fortiori*, si elle

était exprimée par une fraction plus petite entre  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{15}$ .

Il est évident aussi que les résultats seraient, à *fortiori*, négatifs pour des pressions  $\Pi$  inférieures à 8 atmosphères, puisque, dans le terme négatif qui est seul fonction de la pression, le facteur 254 serait remplacé par des nombres croissant à mesure que  $\Pi$  diminue.

Donc l'équation (2 *quater*) n'admet pas de racines pour des valeurs de la variable correspondantes à des températures normales comprises entre 20 et 100 degrés. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de minimum de pression entre ces limites.

On doit donc conclure qu'on peut utilement amener la température normale  $\theta$  du condenseur à un degré aussi rapproché de celui de l'eau froide, qu'il sera utile de le faire dans chaque cas particulier, eu égard notamment au disponible de cette eau.

Le vide du condenseur n'a dès lors d'autre limite que le poids des soupapes de la pompe à eau et à air. Et il serait facile de voir par un exemple particulier qu'avec de l'eau froide de 10 à 15 degrés (tandis que dans le condenseur actuel on n'obtient qu'un degré de vide marqué par 6 à 7 centimètres de mercure, soit  $\theta = 45^\circ$ ) on pourrait, en augmentant convenablement le taux d'injection, et en supposant toujours qu'on obtienne le mélange complet de la vapeur et de l'eau, on pourrait, dis-je, réduire  $\theta$  à 20 ou 25 degrés, et par suite,  $p$  à 1<sup>e</sup>,8 ou 2 centimètres de mercure.

Je conclus de là que la partie du travail du condenseur à injection, due à la contre-pression normale  $p$ .SL, peut être ramenée de 0,093.SL, correspondant à un vide de 7 centimètres, à 0,027.SL, correspondant à un vide de 2 centimètres; soit une réduction de 71 p. 100.

*Discussion des formules pour le condenseur à injection.*

12. Dans la formule (7), le premier terme est toujours positif, car  $P$  est toujours  $> p$  : sans cela, le piston serait arrêté par la résistance avant la fin de la course ; ou, s'il continuait son mouvement par l'effet de l'inertie du volant, la force vive de celui-ci en serait diminuée au détriment de la régularité de marche de la machine, et sans aucun avantage ; ce qui prouverait que la détente aurait été poussée trop loin eu égard au degré d'efficacité de la condensation.

Donc si, toutes choses égales d'ailleurs, on faisait varier  $\nu$ , le travail  $T_{c,i}$  diminuerait de quantités proportionnelles à  $(1 + \nu)$ .

D'un autre côté,  $\cos \frac{q(656 - \theta)}{\tau \mu \Sigma (\Theta - t)}$  augmente depuis  $-1$  jusqu'à  $+1$  à mesure que  $\tau$  et  $\Sigma$ , ou l'une de ces deux quantités, augmentent.

D'où l'on conclut qu'il y a avantage

*A augmenter autant que possible la capacité vide du condenseur ;*

*A donner à l'eau d'injection un jet présentant la plus grande superficie possible  $\Sigma$  ;*

*A augmenter autant que possible la durée du coup de piston.*

*Importance d'une grande capacité vide du condenseur.*

13. La première de ces conditions paraît avoir échappé à l'attention des ingénieurs et des constructeurs. Le seul point dont ils se soient préoccupés à cet égard, c'est d'agrandir dans une certaine mesure la capacité du condenseur, dans le but de diminuer la contre-pression due aux gaz ; persuadés sans doute que la condensation était instan-

anée. Mais la formule (6) fait voir que  $T_{c,i}$  varie, non-seulement par la quantité  $M \frac{q}{v}$  relative à la pression des gaz, mais encore par le facteur  $1 + \nu$ . En fait, la règle généralement suivie pour fixer le volume du condenseur, est de le comprendre entre  $\frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{5}$  du cylindre, pour les machines à simple effet, et de le réduire au  $\frac{1}{8}$  pour celles à double effet.

Toutefois, M. Farcot s'est écarté de cette règle, dans les machines de la manufacture impériale du Gros-Caillou, qui ont un condenseur d'une capacité égale à celle du cylindre. Ce sont de bons errements à recommander. Montrons-en l'importance par un exemple :

Soit le cas particulier où l'on aurait  $P = 1^{\text{at}} = 1^{\text{r}}, 03$  ;  
 $p = 0^{\text{at}}, 1 = 0^{\text{r}}, 103$ .

Prenons la formule (8) où nous supposons  $n = 1$ .

En substituant on a  $T_{c,i} = \text{SL} \left( \frac{0,309}{1 + \nu} + 0,103 \right)$ .

Faisons successivement  $\nu = \frac{1}{8}$  ;  $\frac{1}{5}$  ;  $1$  ;  $2$ . Il vient

$$\left. \begin{array}{l} T_{c,i}^{(1)} = 0,377 \cdot \text{SL} \\ T_{c,i}^{(2)} = 0,360 \cdot \text{SL} \\ T_{c,i}^{(3)} = 0,257 \cdot \text{SL} \\ T_{c,i}^{(4)} = 0,206 \cdot \text{SL} \end{array} \right\} ; \text{d'où} \left\{ \begin{array}{l} \frac{T^{(\frac{1}{8})} - T^{(1)}}{T^{(\frac{1}{8})}} = \frac{120}{577} = 0,208 ; \frac{T^{(\frac{1}{5})} - T^{(1)}}{T^{(\frac{1}{5})}} = \frac{103}{360} = 0,28, \\ \frac{T^{(\frac{1}{8})} - T^{(2)}}{T^{(\frac{1}{8})}} = \frac{171}{577} = 0,296 ; \frac{T^{(\frac{1}{5})} - T^{(2)}}{T^{(\frac{1}{5})}} = \frac{154}{360} = 0,42. \end{array} \right.$$

Ainsi, dans une machine détendant jusqu'à 1 atmosphère, condensant jusqu'à  $0^{\text{at}}, 1$ , et où la durée de la condensation serait égale au temps d'une course de piston :

1° Le condenseur ayant pour capacité vide  $\frac{1}{8}$  du volume

du cylindre ( $v = \frac{1}{8}$ ), si on le remplace par un autre, égal au volume du cylindre  $v = 1$ , le travail  $T_{c,i}$  diminuera de 32 p. 100. Si on le remplace par un autre, d'un volume double de celui du cylindre  $v = 2$ ,  $T_{c,i}$  diminuerait de 45 p. 100;

2° Le condenseur ayant  $\frac{1}{5}$  du volume du cylindre ( $v = \frac{1}{5}$ ), si on fait les mêmes substitutions que ci-dessus,  $T_{c,i}$  diminuera, dans le premier cas, de 28 p. 100, dans le second, de 42 p. 100.

*Importance d'une grande superficie du jet  $\Sigma$ .*

14. Quant à la seconde condition du n° 12, on n'y a pas attaché d'importance jusqu'à présent, quoiqu'elle en ait beaucoup : on fait arriver l'eau froide dans une bache placée à côté du condenseur; et de là elle se rend dans celui-ci, sans autre charge que la pression atmosphérique, et d'ailleurs, au moyen d'un ajustage ordinaire, sans aucune disposition particulière quelque peu efficace pour diviser le jet.

Il importe de montrer l'influence de la superficie  $\Sigma$  sur le travail du condenseur. Soit

$$P = 1^k,05; \quad p = 0^k,105; \quad v = \frac{1}{5};$$

et prenons la formule (10).

Elle donne

$$T_{c,i} = SL \left[ 0,128 \left( 1 - \cos \frac{\Sigma_1}{\Sigma} \right) + 0,105 \right].$$

On voit d'abord que si  $\Sigma$  augmente peu,  $T_{c,i}$  diminuera d'une quantité peu sensible. Par cette remarque s'explique pourquoi on n'obtient pas d'amélioration du vide dans le condenseur actuel, quand on augmente l'ouverture du

robinet d'introduction au delà d'un certain degré; car ainsi, tout en augmentant la quantité d'eau, on augmente peu sa surface, et l'effet de cette faible augmentation de surface peut être compensé, et même dépassé en sens inverse, par l'effet concomitant de l'augmentation des gaz.

Mais supposons que, par des moyens que je vais indiquer ci-après, on double, triple, quadruple... centuple  $\Sigma$ ; les différences entre les valeurs correspondantes de  $T_{c,i}$  deviendront notables.

Par exemple, faisons successivement  $\Sigma = 1 \Sigma_1; 10 \Sigma_1; 100 \Sigma_1$ . Il vient

$$\left. \begin{aligned} T_{c,i}^{(1)} &= SL[0,128 \cdot (1 - \cos 180^\circ) + 0,105] \\ &= SL[0,128 \times 2 + 0,105] = 0,359 \cdot SL \\ T_{c,i}^{(10)} &= SL[0,128(1 - \cos 18^\circ) + 0,105] = 0,109 \cdot SL \\ T_{c,i}^{(100)} &= SL[0,128(1 - \cos 1^\circ,8) + 0,105] = 0,1051 \cdot SL \end{aligned} \right\} \text{d'où} \begin{aligned} \frac{T_{c,i}^{(1)} - T_{c,i}^{(100)}}{T_{c,i}^{(1)}} &= \frac{0,250}{0,359} = 0,69 \\ \frac{T_{c,i}^{(1)} - T_{c,i}^{(100)}}{T_{c,i}^{(1)}} &= \frac{0,2559}{0,359} = 0,71 \end{aligned}$$

Ainsi, ayant une machine où la condensation durerait tout le temps d'une course de piston, c'est-à-dire où l'on aurait  $\Sigma = \Sigma_1$  ou  $n = 1$ , si l'on décuple la surface du jet, le travail diminuera dans le rapport de 69 p. 100; si on la centuple, il diminuera dans le rapport de 71 p. 100.

*Moyen d'augmenter cette superficie.*

15. Examinons maintenant comment on obtiendra l'extension voulue de la surface  $\Sigma$ , et dans quelles limites il conviendra d'agrandir en conséquence la capacité vide du condenseur.

*Pulvérisation de l'eau.*

M. Sanial du Fay, ingénieur de la marine, a imaginé un moyen de pulvériser l'eau, c'est-à-dire, de la réduire à l'état de nuage, et de lui donner ainsi une surface spécifique très-considérable. Ce moyen consiste à faire écouler l'eau, sous une certaine pression, par deux ajustages rap-

drochés, inclinés l'un par rapport à l'autre; les deux veines fluides se rencontrent à une petite distance du point d'émersion; et de leur choc, résulte une pulvérisation du liquide d'autant plus ténue, que la pression est plus grande. On peut donner ainsi à 1 litre d'eau jusqu'à 600 mètres carrés de surface (\*).

C'est dans cet état poudreux qu'il faut faire arriver l'eau dans le condenseur. Alors la vapeur s'y mêlera avec elle suivant de grandes surfaces de contact, et en quelque sorte de particule à particule; on obtiendra *subitement un mélange intime*, et par suite, une *condensation très-rapide*, et *l'équilibre parfait de température entre l'eau du condenseur* (mélange de l'eau injectée et de celle provenant de la condensation) et *la vapeur normale du condenseur*.

(\*) *Puissance d'extension de  $\Sigma$  par la pulvérisation.* — Soit un condenseur cubique de 1 de côté. Supposons-le rempli d'eau pulvérisée, qui sera en globules sphériques de  $\frac{1}{N}$  de diamètre.

On peut concevoir ces globules distribués de diverses manières. La distribution répondant au maximum du nombre de ces globules serait celle où ils se toucheraient comme des boulets superposés en pile. Mais pour simplifier l'évaluation, nous supposerons que les contacts des globules se fassent sur deux systèmes de droites, horizontales et perpendiculaires entre elles dans l'un, verticales dans l'autre, supposition qui conduit à une valeur moindre que la valeur possible (fig. 3, Pl. II).

$$\text{Le volume d'un globule est } \frac{4}{3} \pi \frac{1}{(2N)^3} = 0,52 \frac{1}{N^3}$$

$$\text{La surface d'un globule est } 4 \pi \frac{1}{(2N)^2} = 3,14 \frac{1}{N^2}$$

Le nombre des globules est  $N^3$ . Donc le volume total de ces globules est 0,52, indépendant de  $N$ ; et leur surface totale  $\Sigma = 3,14.N$ .

Ainsi, en faisant varier  $N$ , le volume de l'eau restant constant et égal à 0,52, sa surface croît proportionnellement à  $N$ . C'est-à-dire que dans un condenseur de 1 mètre de côté, si nous supposons que les globules aient 1 centième de millimètre (et ce ne serait pas exagérer), on aurait une surface de 314.000 mètres carrés pour 520 litres d'eau, soit environ 600 mètres carrés pour 1 litre.

### *Condensation rapide.*

16. Outre l'avantage d'une condensation rapide, on aura celui de pouvoir diminuer au besoin le taux actuel d'injection. A cet égard, examinons l'état actuel des choses :

1° La quantité d'eau à  $t^\circ$  nécessaire théoriquement pour condenser à  $\theta^\circ$ , est, pour chaque coup de piston,  $Q = q \frac{650 - \theta}{\theta - t}$ . En général, la quantité d'eau pratiquement nécessaire varie entre 1,75Q et 2.Q. C'est qu'une bonne partie de l'eau injectée échappe au contact de la vapeur, et n'agit point pour la condensation. En effet, d'une part, la surface  $\Sigma$  du jet est relativement petite, et augmente peu avec l'ouverture du robinet d'injection. D'un autre côté, l'introduction se fait par un écoulement constant, tandis qu'il devrait rationnellement diminuer à mesure que la condensation s'opère, et cesser lorsque celle-ci est terminée, eu égard au degré  $\theta$ , auquel on s'est proposé de condenser. Il s'ensuit, comme je l'ai dit, que l'eau sort du condenseur à une température inférieure à  $\theta$ , et que la condensation continue pendant presque toute la course du piston. C'est en effet ce que montrent les diagrammes, lorsqu'ils sont relevés avec soin et à l'aide d'un indicateur suffisamment sensible.

### *Injection intermittente.*

Pour ramener le taux d'injection au taux théorique, ou à peu près, il faut donc, non-seulement le mélange intime et rapide de l'eau et de la vapeur, comme je l'ai dit au numéro précédent, mais encore une injection intermittente et ne durant à peu près, à chaque coup de piston, que le temps nécessaire pour que l'acte de la condensation s'accomplisse. A cet effet, je propose le dispositif suivant :

*Dispositif pour l'injection intermittente.*

La bache d'eau froide, au lieu d'être à ciel ouvert, sera fermée et mise, par intermittences à chaque coup de piston, en communication avec la vapeur qui entoure le cylindre; cette communication durera un peu plus que le temps requis pour la condensation; l'écoulement aura lieu en vertu de la pression de la vapeur, et cessera subitement dès que la communication sera interrompue. La *fig. 4*, Pl. II, donne une idée du dispositif.

D, bache à pression intermittente;

A, robinet manœuvré par la tige du tiroir, amenant ou arrêtant la vapeur, par intermittences, à chaque coup de piston;

E, condenseur à injection; F, arrivée de la vapeur à condenser;

G, communication du condenseur avec la pompe à eau et à air;

a, ajutages Du Faÿ pour injecter l'eau pulvérisée: ils sont sur un tuyau en cuivre qui peut être facilement retiré par la tubulure B et être remplacé par un autre en cas d'obstructions;

C, réservoir d'eau froide;

h, communication à clapet entre la bache D et le réservoir: quand le robinet A est ouvert, le clapet h se ferme; quand il est fermé, h se rouvre par la pression atmosphérique et l'eau dépensée par la bache D lui est rendue automatiquement par le réservoir C.

*Économie de 37 p. 100 dans le taux actuel d'injection.*

Moyennant un dispositif de ce genre, on doit parvenir à diminuer le taux actuel d'injection de manière à n'excéder que d'environ  $\frac{1}{10}$  le taux théorique; soit un emploi d'eau froide de 1,1.Q au lieu de 1,75.Q; soit une économie de  $\frac{0,65}{1,75}$  ou 0,37.

*Effets possibles de cette économie.*

Or, cette économie peut avoir une grande importance dans certains cas: il peut arriver, en effet, quand l'eau n'est pas assez abondante ou qu'elle doit être puisée à une grande profondeur, qu'on soit obligé de subir une température relativement élevée dans le condenseur et par suite une forte contre-pression, ou même de renoncer tout à fait à la condensation.

*Réduction du travail résistant de la pompe à air.*

2° Dans le cas où l'on réaliserait cette économie d'eau, au lieu de l'employer, conformément à ce qui a été dit à la fin du n° 11, à abaisser la température normale 0 et par suite la contrepression du condenseur, on pourra réduire dans la même proportion de 37 p. 100 le volume engendré par le piston de la pompe à eau et à air, et diminuer ainsi notablement le travail résistant de cet organe. En effet, le travail  $T_a$  de cette pompe est  $T_a = 0 + (1,03 - p') sl$ ; expression dans laquelle on a

0, travail dû à l'extraction de l'eau et de l'air, et aux frottements;

s, l'aire des pistons, en centimètres carrés;

l, la course du piston;

$p'$ , la pression moyenne dans le condenseur pendant la durée d'un coup de piston.

D'après ce qui vient d'être dit, s pourra être remplacée par  $s' = s (1 - 0,37) = 0,63.s$  et l'on aura  $T_a = 0 + (1,03 - p') \times 0,63.sl$ ; en admettant que 0 reste le même, supposition défavorable à notre thèse. On aura donc

$$\frac{T_a - T_a'}{T_a - 0} = 1 - 0,63 = 0,37.$$

*Importance d'une longue durée du coup de piston.*

17. La troisième des conditions énoncées au n° 12, concernant la durée du coup de piston, n'a évidemment été l'objet d'aucune attention dans les projets d'établissement des machines. On a toujours subordonné cet élément du problème à des considérations étrangères à l'utilisation du travail moteur développé. On peut s'en convaincre par les tableaux suivants dressés d'après des renseignements puisés dans le traité des machines de M. Gaudry.

DÉSIGNATION DES BATEAUX.		FORCE.		VAPEUR.		PISTON.		ROUES.		
Noms.	Destination.	nomiale.	réelle.	Pression.	Détente.	Course.	Diamètre.	Nombre de tours par minute.	diamètre à la demi-hauteur de l'aube.	Vitesse par seconde.
		ch.	ch.	atm.		mèt.	mèt.		met.	met.
Parisien n° 2. . . . .	Saône. . . . .	120	»	1,5	0,6	1,00	1,25	34	4,63	8,239
Parisien n° 4. . . . .	Rhône. . . . .	240	»	1,5	0,7	1,20	1,45	34	4,70	8,835
Papin n° 9. . . . .	Id. . . . .	125	»	4,0	0,3	0,91	0,86	36	4,65	8,760
Napoléon. . . . .	Seine. . . . .	120	148	6,0	0,4	1,36	0,56	36	3,95	7,460
Express. . . . .	Rhône (voyageurs). . . . .	450	450	5,0	0,25	1,20	1,20	35	5,30	9,707
Papin n° 6. . . . .	Rhône (marchand). . . . .	260	»	3,5	0,25	2,25	1,90	28	5,70	8,187

DÉSIGNATION DES BATEAUX		FORCE.		VAPEUR.		PISTON.		NOMBRE DE TOURS par minute	HÉLICE.	
Noms.	Destination.	nomiale.	Réelle.	Pression.	Détente.	Course.	Diamètre.		Pas.	Vitesse du propulseur.
		ch.	ch.	at.		m.	m.	m.	m.	
Encounter . . . . .	Frégate anglaise. . . . .	360	643	1,0	0,75	0,68	1,40	80	4,50	6,000
Arrogant . . . . .	Id. . . . .	360	623	1,0	0,75	0,60	1,40	60	4,50	4,500
Niger . . . . .	Id. . . . .	400	919	1,7	»	0,45	0,94	75	5,10	6,375
Termagant . . . . .	Id. . . . .	620	1.351	1,5	»	1,06	1,24	36	5,40	6,520
(Engrenage 2 à 1)										
Napoléon. . . . .	Vaisseau français. . . . .	950	1.300	basse	0,80	1,63	2,42	25	9,38	7,816
(Engrenage 2 à 1)										
Eylau. . . . .	Id. . . . .	900	»	2,5	0,70	1,00	1,65	60	8,90	8,900
Isly . . . . .	Frégate française. . . . .	650	»	2,5	0,80	0,80	1,56	55	8,00	7,335
Chaptal. . . . .	Corvette française. . . . .	220	340	1,0	0,70	0,70	1,00	70	6,40	7,167
Primauguet. . . . .	Id. . . . .	400	»	3,0	0,30	0,89	1,20	52	9,00	7,800
Roland . . . . .	Frégate française. . . . .	400	»	basse	0,70	1,00	1,20	42	5,43	7,602
(Engrenage 2 à 1)										

On voit par ces tableaux que la durée du coup de piston varie de 0",575 à 1",200, c'est-à-dire, dans le rapport de 1 à 5; et cela, sans aucune relation avec les éléments de la puissance motrice (pression, diamètre et vitesse du piston). Il est évident qu'elle n'a été déterminée que d'après le diamètre des roues ou le pas de l'hélice, en vue d'obtenir une vitesse donnée pour l'appareil propulseur.

Or, dans une machine déjà construite, on ne peut modifier cette durée qu'en changeant la vitesse du piston, et à cet effet, en diminuant ou en augmentant l'introduction de la vapeur. Dans toutes les circonstances où la résistance à vaincre permettra de diminuer cette vitesse, il y aura avantage à le faire.

Mais s'il s'agit d'établir une machine, comme on peut disposer, dans certaines limites, du diamètre des roues ou du pas de l'hélice ou de sa vitesse angulaire (dans le cas des machines marines), et de l'engrenage multiplicateur de transmission (dans le cas des machines fixes), on pourra réaliser les avantages attachés à la longue durée du coup de piston.

Ainsi, par exemple, les bateaux *Encounter*, *Niger*, *Arrogant*, *Termagant*, qui ont des durées de course de piston respectivement, de 0",575; 0",400; 0",500; 0",855, auraient pu être organisés de manière à ne donner que 25 tours de manivelle par minute (soit 1",200 de durée de course), comme le *Napoléon*, au moyen d'un engrenage multiplicateur convenable, ou autrement.

Or, on peut mettre l'équation (7) sous la forme,

$$T_{ci} = \frac{1}{5} SL \left[ (P-p) \frac{1}{1+v} \cdot \frac{\rho^2(650-0)^2}{4\tau^2 \mu^2 \Sigma^2 (\theta-l)^2} + 3p \right],$$

en remplaçant le cosinus par sa valeur en fonction de l'arc, et s'arrêtant au second terme de la série qui donne cette valeur; et l'on voit que si, toutes choses égales d'ailleurs, on fait varier la durée du coup de piston  $\tau$ , la partie du

travail due au retard de la condensation diminue proportionnellement au carré de cette durée.

*Résumé de la 1<sup>re</sup> partie.*

18. Résumant les principaux résultats fournis par la discussion des formules relatives au travail du *condenseur à injection*, nous constatons ce qui suit :

1° Il n'existe pas de taux d'injection maximum. Le vide du condenseur n'a d'autre limite, si l'eau ne fait pas défaut, que le poids des soupapes de la pompe à air ; et la partie du travail due à la contre-pression normale peut être réduite dans le rapport d'environ 71 p. 100.

2° Il y a avantage à augmenter la capacité qu'on donne actuellement à la partie vide du condenseur à injection. En quintuplant cette capacité ( $v = 1$  au lieu de  $\frac{1}{5}$ ), on diminuera, dans le rapport de 28 p. 100 environ, la partie du travail due au *retard* de la condensation ; en la décuplant ( $v = 2$  au lieu de  $\frac{1}{5}$ ), la réduction sera dans le rapport de 42 p. 100.

3° En injectant de l'eau *pulvérisée*, la partie du travail due au *retard* de la condensation pourra être réduite dans le rapport de 71 p. 100, comme on vient de le dire.

Si l'on réalise simultanément les réductions 2° et 3°, leur effet combiné sera, en appelant  $T_r$  le travail dû au retard :  $T_r(1 - 0,42)(1 - 0,71) = 0,17 T_r$ . La réduction totale est donc  $\frac{T_r(1 - 0,17)}{T_r} = 0,83$  ou 83 p. 100.

4° Le taux d'injection actuel peut être réduit dans le rapport d'environ 57 p. 100.

Dans certains cas où soit la rareté, soit la cherté de l'eau empêche actuellement de condenser, cette économie pourra permettre d'employer un moteur à condensation ; et alors on pourra réaliser, dans le travail de la pompe à air (réduction faite des frottements et de l'extraction de l'eau et de l'air) une réduction d'environ 57 p. 100.

5° Qu'il s'agisse de régler la marche d'une machine établie, ou de faire le projet d'une machine à construire, il y a un grand avantage à donner à la course du piston le plus de durée possible.

*Rapport entre le travail résistant du condenseur à injection et le travail moteur.*

19. Pour préciser l'importance des améliorations résultant des réductions de travail que je viens d'énoncer, il ne reste plus qu'à déterminer par quelques exemples particuliers le rapport qui existe entre le travail résistant du condenseur  $T_{c,i}$  et le travail moteur développé  $T_m$ .

Je le ferai théoriquement, au moyen des formules que j'ai établies, et pratiquement, en me servant de diagrammes relevés avec le plus grand soin sur une machine bien construite de M. Farcot. Ces diagrammes ont été pris par M. Demondésir, ingénieur en chef des manufactures de l'État, et sont citées dans le cours de machines professé à l'école d'application de cette administration (Voir Pl. II).

Remarquons que, dans chaque diagramme, la courbe détermine trois aires ; savoir : l'aire *abcdhi* (fig. 5) qui représente le travail moteur développé par centimètre carré de surface du piston, c'est la quantité  $\frac{T_m}{S} = \Pi E \left( 1 + l \frac{L}{E} \right)$  ; l'aire *fghi* représentant la partie du travail résistant du condenseur due à la contre-pression normale  $p$ , que je désignerai par  $T_p$ , c'est la quantité  $\frac{T_p}{S} = p \cdot L$  ; et l'aire *defg* représentant l'autre partie du travail du condenseur due au retard de la condensation, que je désignerai par  $T_r$ , c'est la quantité  $\frac{T_r}{S} = \frac{1}{5} L \frac{P - p}{1 + v} n$ .

NUMÉROS d'ordre des diagrammes.	Pression dans le cylindre avant détente $\Pi$	Pression normale dans le condenseur $p$	Introduction dans le cylindre $L$	Durée de l'acte de la condensation $nL = n$	D'APRÈS LES DIAGRAMMES.		D'APRÈS LA FORMULE				CONDENSEUR MODIFIÉ.				
					$\frac{L}{T_m}$ ou alre abcdh.	$\frac{T_r}{T_m}$ $\frac{T_p}{T_m}$ $\frac{T_{c.i}}{T_m}$									
N° 1 (fig. 5)	3,09	0,092	0,31	0,72	2,780	0,082	0,061	0,143	2,081	0,083	0,044	0,127	0,017	0,014	0,031
N° 2 (fig. 6)	3,20	0,076	0,22	0,78	2,482	0,077	0,061	0,141	1,769	0,077	0,045	0,120	0,015	0,017	0,032
N° 3 (fig. 7)	2,84	0,069	0,29	0,73	2,434	0,071	0,059	0,130	1,843	0,083	0,037	0,120	0,016	0,017	0,033
N° 4 (fig. 8)	1,09	0,088	0,31	0,88	2,324	0,077	0,067	0,134	1,662	0,083	0,053	0,136	0,014	0,018	0,032
N° 5 (fig. 9)	2,58	0,088	0,30	0,79	2,280	0,071	0,065	0,126	1,904	0,089	0,046	0,145	0,014	0,016	0,030
N° 6 (fig. 10)	3,09	0,076	0,15	0,94	1,702	0,065	0,077	0,142	1,690	0,061	0,069	0,133	0,011	0,028	0,039
N° 7 (fig. 11)	3,09	0,075	0,15	0,82	1,872	0,065	0,078	0,143	1,315	0,080	0,056	0,136	0,001	0,023	0,027
N° 8 (fig. 12)	3,09	0,075	0,05	0,82	1,528	0,065	0,078	0,143	0,912	0,017	0,082	0,129	0,009	0,033	0,042
N° 9 (fig. 13)	3,09	0,070	0,13	0,80	1,850	0,030	0,063	0,113	1,221	0,061	0,057	0,118	0,012	0,024	0,036
Moyennes.						0,069	0,066	0,135		0,075	0,054	0,129	0,012	0,021	0,033

Je consigne dans le tableau d'autre part les valeurs de  $\frac{T_r}{T_m}$ ;  $\frac{T_p}{T_m}$ ;  $\frac{T_{c.i}}{T_m}$ , déduites, d'une part, des diagrammes sus-énoncés; d'autre part de la formule (8); et en troisième lieu, de la formule (10) appliquée à un condenseur rationnellement modifié d'après ce qui est dit aux n° 12 à 16.

*Nota.* La machine qui a fourni les diagrammes faisait 29 tours par minute; son condenseur a pour capacité vide 1 cinquième du cylindre ( $v = \frac{1}{5}$ ). Les tiroirs n'ont presque pas d'avance.

Dans les diagrammes, la ligne du vide parfait a été déterminée d'après la pression  $p$ , observée au manomètre du condenseur, et la partie de l'ordonnée initiale comprise au-dessous de la ligne atmosphérique.

Les valeurs de  $n$  introduites dans la formule (8) sont déterminées d'après les diagrammes. Et comme il y a quelque incertitude sur la vraie position du point de contact de l'arc de parabole avec la droite parallèle à la ligne atmosphérique, il en résulte quelque indécision aussi sur les vraies valeurs de  $\frac{T_r}{T_m}$  et, par suite, de  $\frac{T_{c.i}}{T_m}$ , déduites de la formule. On conçoit, d'ailleurs, que les valeurs déduites des diagrammes comportent encore moins de précision.

Il devait donc y avoir forcément des différences dans les résultats des diagrammes et ceux tirés des formules. Mais ils se rapprochent assez pour permettre d'en conclure que  $\frac{T_{c.i}}{T_m}$  est compris entre 12 et 14 p. 100, moyenne 13 p. 100; dans lesquels  $\frac{T_r}{T_m}$  figure pour 7 p. 100 et  $\frac{T_p}{T_m}$  pour 6 p. 100.

*Rapport, dans le cas du condenseur rationnellement modifié.*

On voit que, quand dans le condenseur actuel,  $\frac{T_{c.i}}{T_m}$  va-

rie entre  $0^m,118$  et  $0^m,145$ , moyenne  $0^m,13$ ; ce rapport, dans le condenseur modifié, donne une moyenne de  $0^m,033$ , soit une économie de 6,5 p. 100 du travail moteur développé, non compris la diminution qu'on peut faire subir au travail de la pompe à air, d'après le n° 16.

## DEUXIÈME PARTIE.

*Spécification du condenseur à surface.*

1. Dans le condenseur à surface, l'eau d'alimentation ayant été préalablement distillée, et étant condensée sans mélange avec l'eau froide, il n'y a pas, en principe, de contre-pression due aux gaz. Par conséquent dans la formule générale (5), il faut annuler les termes relatifs à cette partie  $f$ , de la contre-pression. Il n'y a pas non plus d'injection d'eau et le terme affecté de  $\mu\Sigma$  doit être annulé également.

*Formules du travail dans le condenseur à surface.*

En tenant compte de ces conditions la formule (5) devient applicable spécialement au condenseur à surface, et l'on a

$$T_{cs} = \frac{1}{3}SL \left[ (P-f) \frac{1}{1+\nu} \left( 1 - \cos \frac{q(650-\theta)}{R_s \tau \alpha} \right) + 3f \right] \dots (13)$$

en faisant  $\beta = 0$ ; car ici, encore mieux que dans le condenseur à injection, la chaleur absorbée par l'eau de condensation peut être négligée.

Pour les surfaces métalliques bien décapées, on a (n° 8, 1<sup>re</sup> partie)

$$\alpha = \frac{k}{e} \sigma (a - b) \dots \dots (5)$$

$a$  étant la moyenne des températures de la surface interne du condenseur, lesquelles varient depuis  $\theta$ , température

de la vapeur commençant à entrer dans le condenseur (c'est-à-dire, à la pression  $\frac{P}{1+\nu}$ ) jusqu'à  $\theta$ , on peut admettre

$$a = \frac{\theta + \theta}{2}$$

$b$  étant aussi la moyenne des températures de la face externe du condenseur, si l'eau froide est activement renouvelée (comme c'est nécessaire pour obtenir un bon fonctionnement de l'appareil), on peut admettre que  $b$  est égale à la moyenne des températures de cette eau à son entrée et à sa sortie.

Comme la surface interne sera toujours couverte d'une couche très-mince d'eau à peu près stagnante, provenant de la condensation; que, malgré le renouvellement de l'eau réfrigérante, la surface externe sera aussi toujours revêtue d'une couche très-mince rendue à peu près stagnante par les rugosités, si faibles qu'elles soient, du métal; on doit admettre, d'après les expériences de Pécelet, que  $\alpha$  est indépendante de l'épaisseur de la paroi et que l'on a simplement  $\alpha = K\sigma (a - b)$ . Mais alors, il faudra prendre pour le coefficient  $K$ , non plus le nombre 19,11 (s'il s'agit d'un condenseur en cuivre) relatif à une paroi dont les surfaces seraient incessamment frottées pendant l'opération de telle sorte que la couche d'eau en contact avec le métal fût renouvelée à chaque instant, mais bien le nombre 1,6 qui résulte des expériences de MM. Thomas et Laurens, pour la conductibilité calorifique du cuivre dans ces conditions (\*).

*Premier cas. — Condenseur décapé.*

2. On aura donc, pour le condenseur à surfaces décapées,

(\*) Il serait peut-être utile de vérifier l'exactitude de ce coefficient  $K = 1,6$ , parce qu'il paraît résulter d'expériences ayant eu un but plutôt industriel que scientifique.

rie entre 0<sup>m</sup>,118 et 0<sup>m</sup>,145, moyenne 0<sup>m</sup>,13; ce rapport, dans le condenseur modifié, donne une moyenne de 0<sup>m</sup>,033, soit une économie de 6,5 p. 100 du travail moteur développé, non compris la diminution qu'on peut faire subir au travail de la pompe à air, d'après le n° 16.

## DEUXIÈME PARTIE.

*Spécification du condenseur à surface.*

1. Dans le condenseur à surface, l'eau d'alimentation ayant été préalablement distillée, et étant condensée sans mélange avec l'eau froide, il n'y a pas, en principe, de contre-pression due aux gaz. Par conséquent dans la formule générale (5), il faut annuler les termes relatifs à cette partie  $f$ , de la contre-pression. Il n'y a pas non plus d'injection d'eau et le terme affecté de  $\mu\Sigma$  doit être annulé également.

*Formules du travail dans le condenseur à surface.*

En tenant compte de ces conditions la formule (5) devient applicable spécialement au condenseur à surface, et l'on a

$$T_{cs} = \frac{1}{3} SL \left[ (P-f) \frac{1}{1+\nu} \frac{1}{1+\nu} \left( 1 - \cos \frac{q(650-\theta)}{R_s \tau x} \right) + 3f \right] \dots (15)$$

en faisant  $\beta = 0$ ; car ici, encore mieux que dans le condenseur à injection, la chaleur absorbée par l'eau de condensation peut être négligée.

Pour les surfaces métalliques bien décapées, on a (n° 8, 1<sup>re</sup> partie)

$$\alpha = \frac{k}{e} \sigma (a - b) \dots \dots \dots (3)$$

$a$  étant la moyenne des températures de la surface interne du condenseur, lesquelles varient depuis  $\Theta$ , température

de la vapeur commençant à entrer dans le condenseur (c'est-à-dire, à la pression  $\frac{P}{1+\nu}$ ) jusqu'à  $\theta$ , on peut admettre

$$a = \frac{\Theta + \theta}{2}$$

$b$  étant aussi la moyenne des températures de la face externe du condenseur, si l'eau froide est activement renouvelée (comme c'est nécessaire pour obtenir un bon fonctionnement de l'appareil), on peut admettre que  $b$  est égale à la moyenne des températures de cette eau à son entrée et à sa sortie.

Comme la surface interne sera toujours couverte d'une couche très-mince d'eau à peu près stagnante, provenant de la condensation; que, malgré le renouvellement de l'eau réfrigérante, la surface externe sera aussi toujours revêtue d'une couche très-mince rendue à peu près stagnante par les rugosités, si faibles qu'elles soient, du métal; on doit admettre, d'après les expériences de Pécelet, que  $\alpha$  est indépendante de l'épaisseur de la paroi et que l'on a simplement  $\alpha = K\sigma (a - b)$ . Mais alors, il faudra prendre pour le coefficient  $K$ , non plus le nombre 19,11 (s'il s'agit d'un condenseur en cuivre) relatif à une paroi dont les surfaces seraient incessamment frottées pendant l'opération de telle sorte que la couche d'eau en contact avec le métal fût renouvelée à chaque instant, mais bien le nombre 1,6 qui résulte des expériences de MM. Thomas et Laurens, pour la conductibilité calorifique du cuivre dans ces conditions (\*).

*Premier cas. — Condenseur décapé.*

2. On aura donc, pour le condenseur à surfaces décapées,

(\*) Il serait peut-être utile de vérifier l'exactitude de ce coefficient  $K = 1,6$ , parce qu'il paraît résulter d'expériences ayant eu un but plutôt industriel que scientifique.

$$\hat{T}_{cs} = \frac{1}{3} SL \left[ (P - f) \frac{1}{1 + v} \cdot \frac{1}{2} \left( 1 - \cos \frac{q(650 - \theta) 1}{R_s \tau \sigma (a - b) k} \right) + 3f \right] \dots (14)$$

K étant égal à 1, 6 dans le cas de la paroi en cuivre.

(J'appellerai K' l'autre coefficient appartenant à la paroi dont les faces seraient constamment frottées pendant l'opération, et qui est 19, 11 pour le cuivre).

3. Il existe entre  $\sigma$  et  $\theta$  une relation nécessaire qui résulte de l'état d'équilibre périodique dans lequel il faut supposer que se trouve le condenseur; car nous devons considérer l'appareil à partir du moment où la température  $\theta$  y est devenue constante. Dès ce moment, la quantité de chaleur apportée au condenseur, à chaque coup du piston diminuée de celle que conserve l'eau provenant de la condensation, doit passer à travers la surface  $\sigma$ , dans un laps de temps égal, au plus, à la durée d'un coup de piston.

Or, la quantité de chaleur apportée à chaque coup de piston est  $q \times 650$ , et celle qui doit être transmise par la surface est  $q(650 - \theta)$ . La quantité que la surface transmettra dans l'unité de temps est  $K\sigma(a - b)$ ; et, dans le temps  $\tau$  que dure un coup de piston.  $\tau K \sigma (a - b)$ ; mais, en tenant compte du retard exprimé par le coefficient  $R_s$ , ce sera

$$R_s \tau \sigma (a - b) K.$$

On a donc l'équation

$$q(650 - \theta) = R_s \tau \sigma (a - b) K;$$

d'où

$$\sigma = q \frac{650 - \theta}{a - b} \frac{1}{R_s \tau} \frac{1}{K} \dots \dots \dots (14 \text{ bis})$$

Cette équation donne la valeur minimum que doit avoir  $\sigma$  pour une valeur déterminée de  $\theta$ . Et l'on voit bien qu'elle

exprime une valeur de  $\sigma$  telle que l'acte de la condensation s'accomplisse en même temps que le coup de piston et ait exactement la même durée, car, si l'on substitue (14 bis) dans (14) on a

$$T_{cs} = \frac{1}{3} SL \left( \frac{P - f}{1 + v} \times 1 + 3f \right),$$

qui n'est autre que la formule (1) dans laquelle on ferait  $n = 1$ .

Et si, pour une valeur de  $\theta$ , la superficie était inférieure à ce minimum, l'équilibre tendrait à se former à une température normale supérieure à  $\theta$ . Par contre, si la superficie effective était  $N\sigma$  (en supposant  $N > 1$ ) le travail du condenseur serait moindre que dans la formule (14) laquelle exprimerait donc un maximum, le travail effectif étant alors

$$T_{rs} = \frac{1}{3} SL \left( \frac{P - f}{1 + v} \frac{1}{N} + 3f \right) \dots \dots \dots (14 \text{ ter})$$

N étant le rapport de la superficie effective à la superficie minima.

Deuxième cas. — Condenseur incrusté à l'intérieur,

4. Considérons une plaque de métal d'épaisseur  $e$ , couverte d'une croûte peu conductrice d'épaisseur  $\eta$  et ayant pour coefficient de conductibilité intérieure  $\gamma$  (fig. 14, Pl. II).

La face AB de la croûte est en contact avec la vapeur et transmet le calorique à la plaque de métal. Cette face est donc à la température moyenne  $a$ ;

La face métallique CD est à la température moyenne  $b$ ; et la face EF commune au métal et à la croûte aura une température moyenne  $u$  inconnue.

La quantité de chaleur qui traverse dans l'unité de temps, l'unité de surface de croûte est  $\frac{a_1}{\sigma_1} = \frac{\gamma}{\eta} (a - u)$ . Dans l'état d'équilibre périodique, cette quantité est égalé à celle qui

traverse le métal et qui a pour expression  $\frac{\alpha_1}{\sigma_1} = \frac{k'}{e} (u-b)$ .

Donc on a

$$\frac{k'}{e} (u-b) = \frac{\gamma}{\eta} (a-u).$$

Éliminant  $u$  au moyen de cette équation, il vient

$$\alpha_1 = \frac{k'\gamma}{k'\eta + \gamma e} \sigma_1 (a-b), \text{ ou } \alpha_1 = \frac{1}{\frac{\eta}{\gamma} + \frac{e}{k'}} \sigma_1 (a-b).$$

Substituant dans la formule (15) cette valeur de  $\alpha$  on a

$$\widehat{T}_{c,s_1} = \frac{1}{3} \text{SL} \left\{ (P-f) \frac{1}{1+v} \cdot \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \frac{q(650-0)}{R_s \tau \sigma_1 (a-b)} \left( \frac{\eta}{\gamma} + \frac{e}{k'} \right) \right] + 3f \right\} \dots (15)$$

Avec l'expression du minimum de superficie

$$\check{\sigma}_1 = q \frac{650-0}{a-b} \frac{1}{R_s \tau} \left( \frac{\eta}{\gamma} + \frac{e}{k'} \right) \left. \begin{array}{l} \text{ou } \check{\sigma}_1 = q \frac{650-0}{a-b} \frac{1}{R_s \tau} \eta + q \frac{650-0}{a-b} \frac{1}{R_s \tau} \cdot \frac{e}{k'} \end{array} \right\} \dots (15 \text{ bis})$$

$$\text{et } T_{c,s_1} = \frac{1}{3} \text{SL} \left( \frac{P-f}{1+v} \cdot \frac{1}{N_1} + 3f \right) \dots (15 \text{ ter})$$

Troisième cas. — Condenseur incrusté à l'extérieur.

5. Si la face externe est seule couverte d'une croûte d'épaisseur  $\epsilon$  et de conductibilité  $\kappa$ , on aura des expressions analogues à (15) et (15 bis), où il suffira de remplacer  $\eta$  par  $\epsilon$ ,  $\gamma$  par  $\kappa$ , faire  $e = 1$  quelle que soit l'épaisseur du métal, et remplacer  $k'$  par  $k$ .

On a ainsi

$$\alpha'_1 = \frac{1}{\frac{\epsilon}{\kappa} + \frac{1}{k}} \sigma'_1 (a-b).$$

Travail maximum.

$$T_{c,s_1} = \frac{1}{3} \text{SL} \left\{ (P-f) \frac{1}{1+v} \cdot \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left[ \frac{q(650-0)}{R_s \tau \sigma'_1 (a-b)} \left( \frac{\epsilon}{\kappa} + \frac{1}{k} \right) \right] \right] + 3f \right\} \dots (16)$$

$$\check{\sigma}'_1 = q \frac{650-0}{a-b} \cdot \frac{1}{R_s \tau} \left( \frac{\epsilon}{\kappa} + \frac{1}{k} \right) \left. \begin{array}{l} \text{ou } \check{\sigma}'_1 = q \frac{650-0}{a-b} \cdot \frac{1}{R_s \tau} \cdot \frac{1}{\kappa} \epsilon + q \frac{650-0}{a-b} \cdot \frac{1}{R_s \tau} \cdot \frac{1}{k} \end{array} \right\} \dots (16 \text{ bis})$$

$$\text{et } T_{c,s_1} = \frac{1}{3} \text{SL} \left( \frac{P-f}{1+v} \cdot \frac{1}{N_1} + 3f \right) \dots (16 \text{ ter})$$

Quatrième cas. — Condenseur incrusté sur les deux faces.

6. Soit une plaque métallique (fig. 15) d'épaisseur  $e$  couverte d'une croûte d'épaisseur  $\eta$  et de conductibilité  $\gamma$  sur la face interne, comme au n° 5, et d'une autre croûte d'épaisseur  $\epsilon$  et de conductibilité  $\kappa$  sur la face externe, comme au n° 4. Soit  $u$  et  $w$  les températures inconnues des faces EF, GH de contact du métal et des croûtes. A l'état d'équilibre, la quantité de chaleur passant, dans l'unité de temps, à travers chacune des croûtes et à travers le métal, sera la même.

Cette quantité, considérée comme traversant la croûte ABEF, est d'après le n° 4,

$$\frac{\alpha_n}{\sigma_n} = \frac{k'\gamma}{k'\eta + \gamma e} (a-b).$$

Considérée comme traversant la croûte CDGH, elle sera

$$\frac{\alpha_n}{\sigma_n} = \frac{\kappa}{\epsilon} (w-b);$$

on a donc

$$\frac{\kappa}{\epsilon} (w-b) = \frac{k'\gamma}{k'\eta + \gamma e} (a-b)$$

et en éliminant  $w$  au moyen de cette équation, il vient

$$\alpha'' = \frac{1}{\frac{\epsilon}{x} + \frac{\eta}{\gamma} + \frac{e}{k'}} \sigma_n (a-b),$$

et la formule du travail devient

$$\widehat{T_{cs}} = \frac{1}{3} SL \left\{ (P-f) \frac{1}{1+\nu} \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \frac{q(650-\theta)}{R_s \tau \sigma_n (a-b)} \left( \frac{\epsilon}{x} + \frac{\eta}{\gamma} + \frac{e}{k'} \right) \right] + 3f \right\} \dots$$

avec l'expression du minimum de superficie.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= q \frac{650-\theta}{a-b} \cdot \frac{1}{R_s \tau} \left( \frac{\epsilon}{x} + \frac{\eta}{\gamma} + \frac{e}{k'} \right) \\ \text{ou } \widehat{\sigma}_n &= q \frac{650-\theta}{a-b} \cdot \frac{1}{R_s \tau x} \epsilon + q \frac{650-\theta}{a-b} \cdot \frac{1}{\tau \gamma} \eta + q \frac{650-\theta}{a-b} \cdot \frac{1}{R_s \tau k'} e \end{aligned} \right\} \dots (17 \text{ bis})$$

et  $T_{cs} = \frac{1}{3} SL \left( \frac{P-f}{1+\nu} \cdot \frac{1}{N''} + 3f \right) \dots \dots (17 \text{ ter})$

#### Équations de condition.

7. D'après les équations (15 bis), (16 bis) et (17 bis), on voit que si l'on considère  $\theta$  comme constante et  $\eta$ ,  $\epsilon$  comme variables, la fonction  $\sigma$  croît très-rapidement à mesure que ces quantités augmentent; car ces équations représentent ou une droite ou un plan, faisant respectivement un angle très-petit, avec l'axe des  $\sigma$ , attendu que dans les applications, les coefficients

$$q \frac{650-\theta}{a-b} \frac{1}{R_s \tau x} \quad \text{et} \quad q \frac{650-\theta}{a-b} \frac{1}{R_s \tau \gamma}$$

sont toujours très-grands.

Cela signifie que, si l'on veut condenser à une température déterminée  $\theta$ , il faut que le condenseur à surface ait une superficie refroidissante minima  $= q \frac{650-\theta}{a-b} \frac{1}{R_s \tau k'}$ ,

relative au métal non incrusté; mais que, si l'on veut annuler l'influence des incrustations qui pourraient se produire, il faut donner à la superficie une étendue beaucoup plus grande que cette valeur minima, et croissant rapidement avec l'épaisseur des croûtes.

Ainsi donc, comme je l'ai dit au n° 2, ces équations expriment une condition de minimum pour la superficie, relativement au degré de développement des croûtes; et si ce minimum cessait d'être atteint par suite de ce développement, la température  $\theta$  augmenterait de manière que l'équation du minimum fût satisfaite.

#### Maximum de conductibilité du métal.

8. Avant de discuter les formules relatives au condenseur à surface, il est utile d'examiner un fait d'expérience très-singulier, qui paraît d'abord paradoxal, mais sur l'existence duquel les ingénieurs semblent d'accord, d'après ce que dit Pécelet (qui en donne d'ailleurs une explication physique plausible, en disant qu'une petite incrustation augmente la superficie, à cause des aspérités qu'elle produit sur la surface), « le métal parfaitement décapé transmet le calorique moins bien que lorsqu'il est légèrement incrusté. »

Nous avons dit que le coefficient de conductibilité du métal est susceptible de deux valeurs très-différentes suivant qu'il est, ou non, mis en contact immédiat avec le corps échauffant, d'une part, et refroidissant de l'autre. Il résulte des expériences de Pécelet, que quand ce contact immédiat existe (ce qui a lieu quand les surfaces du métal sont frottées incessamment pendant l'opération, de manière que la couche d'eau adhérente soit renouvelée à chaque instant), la quantité de chaleur qui passe à travers le métal dans un temps donné, est en raison inverse de l'épaisseur de la plaque; mais que, si ce renouvellement de la couche de contact n'a pas lieu, la quantité de chaleur transmise est indépendante de l'épaisseur de la plaque;

et cela, à cause de la grande conductibilité des corps métalliques (ce fait n'a plus lieu lorsqu'il s'agit de corps, mauvais conducteur), c'est-à-dire que dans le premier cas, la quantité est exprimée, pour l'unité de surface et de temps, par  $k' \frac{a-b}{e}$ , et dans le second cas par  $k(a-b)$ .

Et, s'il s'agit du cuivre,  $k'$  est 19,11 d'après Péclet, et  $k = 1,60$  d'après les expériences de MM. Thomas et Laurens (\*).

*Recherche de ce maximum.* — La différence entre les coefficients  $k$  et  $k'$  permet d'expliquer par le calcul le fait d'expérience que nous venons de citer, et cette explication sera naturellement la confirmation du fait.

La quantité de chaleur transmise par une plaque, dans l'unité de temps et par unité de superficie est,

Dans le cas du métal décapé, mais à surfaces non frottées pendant l'absorption,  $Q = k(a-b)$ ,

Dans le cas d'incrustation sur la face seule qui reçoit la chaleur

$$\alpha_1 = \frac{k'\gamma}{k'\eta + \gamma e} (a-b);$$

Dans le cas d'incrustation sur la face seule qui émet la chaleur

$$\alpha'_1 = \frac{k\kappa}{k\epsilon + \kappa} (a-b);$$

Dans le cas d'incrustation sur les deux faces

$$\alpha'' = \frac{k'\gamma\kappa}{k'\gamma\epsilon + k'\kappa\eta + \gamma\kappa e} (a-b).$$

(\*) A proprement parler,  $K$  est alors le coefficient, non pas de la plaque métallique même, mais d'un système de trois plaques juxtaposées, une en métal et les deux autres formées d'eau d'une épaisseur très-petite. Cette remarque me donnera le moyen de déterminer, plus loin, le coefficient de conductibilité extérieure de l'eau (pénétrabilité pour la chaleur), élément dont on peut avoir besoin.

et l'on a pour le cuivre

$$k = 1,60 \quad \text{et} \quad k' = 19,11$$

Généralement  $\alpha$  est plus grand que chacune des trois autres quantités, et l'on a

$$\left. \begin{aligned} k(a-b) - \frac{k'\gamma}{k'\eta + \gamma e} (a-b) &> 0, \\ k(a-b) - \frac{k\kappa}{k\epsilon + \kappa} (a-b) &> 0, \\ k(a-b) - \frac{k'\gamma\kappa}{k'\gamma\epsilon + k'\kappa\eta + \gamma\kappa e} (a-b) &> 0. \end{aligned} \right\} \dots (19)$$

Mais il se peut que pour certaines valeurs de  $\epsilon$ ,  $\eta$  ces inégalités changent de signe — ; et ce changement serait la confirmation du fait énoncé.

Or si ces inégalités changent de signe, c'est qu'elles passent par la valeur 0, et réciproquement, si elles passent par la valeur 0, c'est qu'elles changent de signe.

Donc si l'on pose les équations

$$\begin{aligned} k &= \frac{k'\gamma}{k'\eta + \gamma e} && \text{pour le 2° cas ci-dessus,} \\ k &= \frac{k\kappa}{k\epsilon + \kappa} && \text{— 3° —} \\ k &= \frac{k'\gamma\kappa}{k'\gamma\epsilon + k'\kappa\eta + \gamma\kappa e} && \text{— 4° —} \end{aligned}$$

on doit pouvoir, si le fait énoncé existe, en tirer une valeur de  $\eta$  et  $\epsilon$  plus grande que 0.

1° De la seconde de ces équations on tire  $\epsilon = 0$ ; donc, le fait dont il s'agit n'a pas lieu dans le cas d'incrustation de la face seule qui émet la chaleur; et ce résultat s'accorde bien avec l'explication physique proposée par Péclet; car, dans le cas considéré, l'incrustation n'existant point sur la paroi qui reçoit la chaleur, la superficie d'absorption n'est pas

modifiée; et par suite, il ne peut se produire aucun maximum de conductibilité.

2° De la première on tire

$$\eta = \gamma \left( \frac{1}{k} - \frac{1}{k'} e \right);$$

cette valeur est positive pour

$$e < \frac{k'}{k}.$$

Or, pour le cuivre (seul métal employé pour la paroi des condenseurs à surface, pour les tuyaux des chaudières tubulaires locomotives et autres) on a

$$\frac{k'}{k} = \frac{19,11}{1,6} = 12,$$

et dans ces organes  $e$  ne dépasse pas 2 millim.

Donc le fait énoncé existe dans le cas d'incrustation de la face seule qui reçoit la chaleur.

Quant à la valeur de  $\eta$  résultant de cette équation (et qu'il est utile de connaître pour la discussion qui va suivre), elle dépend de  $\gamma$  et de  $e$ .

Nous supposons  $e = 1$  millim. pour les tubes des condenseurs à surface et  $e = 2$  pour les tubes des chaudières tubulaires.

*Épaisseur de croûte produisant le maximum.*

Dans les condenseurs, la croûte est une sorte d'enduit gras formé de suif, entraîné par la vapeur, et d'oxyde de fer, d'oxyde ou carbonate de cuivre, de carbonates de chaux, de magnésie libre, de sulfate de chaux, etc., son coefficient de conductibilité sera intermédiaire entre les suivants, donnés par Péclet.

Brique très-fine obtenue par décantation. . . . .	0,14
Graie en poudre. . . . .	0,108
Limaille de fer. . . . .	0,157
Bioxyde de manganèse en poudre. . . . .	0,163
Moyenne. . . . .	0,14

On pourra donc faire  $\gamma = 0,14$ , et l'on aura pour les condenseurs à surface

$$\eta_1 = 0,14 \left( \frac{1}{1,6} - \frac{1}{19,11} \times 1 \right) = 0^{\text{m.m.}},08;$$

3° Dans les chaudières tubulaires, la croûte est un mélange de cendres, de noir de fumée, d'oxyde de cuivre, de sulfure de cuivre, le tout plus ou moins concrétionné par une chaleur sèche, assez vive, et a, par suite, de l'analogie avec la terre cuite, pour le coefficient de laquelle Péclet donne  $\gamma = 0,5$ .

Nous aurons donc pour les chaudières tubulaires

$$\eta_{11} = 0,5 \left( \frac{1}{1,6} - \frac{1}{19,11} \times 2 \right) 0^{\text{m.m.}},26.$$

4° De la 3° équation on tire

$$e = x \left( \frac{1}{k} - \frac{1}{k'} e - \frac{1}{\gamma} \eta \right).$$

Dans l'incrustation de la face externe, la croûte est formée par le carbonate de chaux ou le sulfate de chaux (ou les deux ensemble) s'il s'agit d'eau douce; ou, s'il s'agit d'eau de mer, par les carbonates de chaux et de magnésie et la magnésie libre, pour les condenseurs, et de sulfate de chaux et de magnésie libre dans les chaudières tubulaires; et elle se produit par agrégation sédimentaire, imprégnée d'eau. Dans cet état, elle a de l'analogie avec la croûte interne des condenseurs et l'on peut faire  $x = \gamma = 0,14$ .

On a donc, pour les condenseurs,

$$\varepsilon_1 = 0,14 \left( \frac{1}{1,6} - \frac{1}{19,11} \times 1 - \frac{1}{0,14} \eta \right), \text{ ou } \varepsilon = 0,14 \left( 0,57 - \frac{1}{0,14} \eta \right).$$

Tant que  $\eta$  est près de 0, la valeur de  $\varepsilon_1$  correspondante au maximum est près de  $0,14 \times 0,57 = 0,08$ . A mesure que  $\eta$  augmente,  $\varepsilon_1$  diminue jusqu'à devenir nulle.

Ainsi l'épaisseur de croûte correspondante au maximum de conductibilité dans les condenseurs à surface ne peut pas excéder  $0^{\text{mm}}.08$ .

Pour les chaudières tubulaires on a

$$\varepsilon = 0,14 \left( \frac{1}{1,6} - \frac{1}{19,11} \times 2 - \frac{1}{0,14} \eta \right);$$

d'où l'on déduit, comme ci-dessus, que  $\varepsilon_{11}$  ne peut pas excéder  $0^{\text{mm}}.073$ .

5° *Diminution rapide de la conductibilité à partir du maximum.* — Il importe de remarquer que lorsque  $\varepsilon$  et  $\eta$  croissent à partir des valeurs ci-dessus correspondantes au maximum de conductibilité, les seconds termes des inégalités (19) décroissent très-rapidement. En effet, en substituant à  $\gamma$ ,  $\varepsilon$  leur valeur 0,14, ces termes deviennent respectivement

$$\frac{1}{\frac{\eta}{0,14} + \frac{e}{k}} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{7,14\eta + \frac{e}{k}},$$

$$\frac{1}{\frac{\varepsilon}{0,14} + \frac{1}{k}} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{7,14\varepsilon + \frac{1}{k}},$$

$$\frac{1}{\frac{\varepsilon}{0,14} + \frac{\eta}{0,14} + \frac{e}{k}} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{7,14\varepsilon + 7,14\eta + \frac{e}{k}}.$$

Or ces quantités sont la mesure de l'efficacité du condenseur, car c'est par ces quantités qu'il faut multiplier la su-

perficie et la différence des températures ( $a - b$ ) pour avoir les quantités respectives de chaleur transmises dans l'unité de temps.

9. *Comparaison entre la condensation par injection et celle par surface.* — Faisons maintenant un rapprochement entre la formule (14) exprimant le travail dans le condenseur à surface décapé et la formule (7) relative au condenseur à injection, en rétablissant dans cette dernière le coefficient R.

Ces formules deviennent, en y remplaçant le cosinus par sa valeur en fonction de l'arc,

$$\widehat{T}_{c.s} = \frac{1}{3} \text{SL} \left[ (P-f) \frac{1}{1+\nu} \cdot \frac{q^2 (650-0)^2}{4R_s^2 \sigma^2 (a-b)^2} \cdot \frac{1}{k^2} + 3p \right] \dots (14 \text{ bis}).$$

$$\widehat{T}_{c.i} = \frac{1}{3} \text{SL} \left[ (P-p) \frac{1}{1+\nu} \cdot \frac{q^2 (650-0)^2}{4R_i^2 \mu^2 \Sigma^2 (\theta-t)^2} + 3p \right] \dots (7 \text{ bis}).$$

Supposons que les deux condenseurs aient toutes choses égales, et ne diffèrent que par les éléments qui caractérisent les deux systèmes. On a

$$\frac{\widehat{T}_{c.i} - p \cdot \text{SL}}{\widehat{T}_{c.s} - f \cdot \text{SL}} = \frac{P-p}{P-f} \cdot \frac{(a-b)^2}{(\theta-t)^2} \cdot \frac{(1+\nu_s)}{1+\nu_i} \cdot \frac{k^2 \sigma^2 R_s^2}{\mu^2 \Sigma^2 R_i^2}$$

Or  $\frac{P-p}{P-f}$  est  $< 1$  puisqu'on a  $p = f + f_1$ ;  $\frac{(a-b)^2}{(\theta-t)^2}$  est évidemment aussi  $< 1$ ;  $k$  coefficient pour le cas du métal décapé, mais ayant une couche très-mince d'eau stagnante sur les faces, est nécessairement plus petit que  $\mu$ , coefficient de conductibilité extérieure de l'eau (\*), car  $k$  com-

(\*) Calcul du coefficient de perméabilité de l'eau. — Au reste, de K et de K' on peut déduire  $\mu$  par le calcul; et la connaissance de cette quantité (le coefficient de pénétrabilité de l'eau pour la chaleur) peut être utile.

Soit (fig. 16, Pl. II) une plaque de métal dont la face AB est soumise

prend à la fois l'effet exprimé par  $\mu$ , et la difficulté que la chaleur éprouve à traverser le métal. D'un autre côté, on peut toujours faire facilement  $\nu_i = \nu_s$ , en sorte que  $\frac{1 + \nu_s}{1 + \nu_i}$  soit égale à 1.

On aura donc

$$\frac{\widehat{T_{e,i}} - pSL}{\widehat{T_{e,s}} - fSL} < \frac{\sigma^2 R_s^2}{\Sigma^2 R_i^2}$$

au contact de vapeur d'eau qui s'y condense et y laisse une couche très-mince de liquide à peu près stagnante, et dont l'autre face CD est refroidie avec de l'eau, courante, mais dont une couche aussi très-mince est retenue stagnante contre ladite surface par la capillarité ou le frottement.  $a$  est la température moyenne de la vapeur,  $b$  la température moyenne de l'eau courante. Il y aura aux deux faces du métal AB, DC les températures inconnues  $u, w$ . A l'état d'équilibre il passe une même quantité de chaleur, dans l'unité de temps et par unité de superficie à travers chacune des couches stagnantes d'eau et à travers le métal. Or cette quantité a successivement pour expression, savoir : pour la première couche d'eau,  $\mu(a - u)$ ; pour la seconde,  $\mu(w - b)$ ; et pour le métal  $\frac{K'(u - w)}{e}$ ; et l'on a

$$\mu(a - u) = \frac{K'(u - w)}{e}; \quad \mu(w - b) = \mu(a - u);$$

d'où

$$u = \frac{\mu a + \frac{K'}{e}(a + b)}{\mu + \frac{2K'}{e}};$$

substituant dans la première de ces expressions, on a

$$\mu(a - u) = \mu \left( a - \frac{\mu a + \frac{K'}{e}(a + b)}{\mu + \frac{2K'}{e}} \right) = \frac{a - b}{\frac{K'}{e} + \frac{2}{\mu}};$$

et pour  $e = 1$  on aura

$$\frac{a - b}{\frac{K'}{e} + \frac{2}{\mu}}$$

Telle est la quantité de chaleur qui traverse, dans l'unité de temps,

Ainsi les parties respectives du travail dues au retard de la condensation dans les deux sortes de condenseur, varient plus rapidement que le rapport inverse des carrés des superficies respectives  $\sigma$  et  $\Sigma$  appartenant, la première à la paroi refroidissante du condenseur à surface, la seconde au jet de l'eau introduite dans le condenseur à injection, rapport multiplié par le carré du rapport des coefficients  $R_s$  et  $R_i$  plus petit lui-même que l'unité.

*Supériorité de la condensation par injection sur celle par surface.* — Cette inégalité sert de mesure d'une manière générale à la supériorité du principe de la condensation par injection sur celui de la condensation par surface métallique intermédiaire, même en dehors des effets d'incrustation dont nous allons nous occuper. Or cette supériorité est très-considérable : 1° parce que  $\sigma$  est limitée par le coût de l'appareil, par l'espace qu'il exige, et que d'ailleurs elle est constante pour un appareil établi; tandis que  $\Sigma$  peut être accrue dans des proportions considérables sans augmentation d'espace, ni de force, et peut varier à volonté; 2° parce que le coefficient  $R_s$  qui dépend de la résistance de frottement de la vapeur dans les tubes du condenseur,

et par l'unité de superficie, la plaque dont ils'agit, en métal décapé mais revêtu de la couche d'eau stagnante.

Or nous savons par les expériences, déjà citées, de MM. Thomas et Laurens que cette quantité est pour le cuivre 1,6. ( $a - b$ ). On a donc

$$1,6(a - b) = \frac{a - b}{\frac{1}{19,11} + \frac{2}{\mu}}$$

d'où l'on tire

$$\mu = 5,55.$$

De là on déduit une méthode pour déterminer facilement  $\mu$  pour tout liquide volatil : il suffirait de déterminer  $K$  pour ce liquide par le moyen simple employé par MM. Thomas et Laurens; et par le calcul ci-dessus on en déduirait  $\mu$  pour ce liquide.

et de la présence de l'air dans ces tubes, est très-petit par rapport à  $R_1$ .

Il ne faut donc pas abandonner le principe de l'injection, sans nécessité absolue; et je démontrerai plus loin qu'il n'y a nullement nécessité de le faire.

10. *Applications.* — Appliquons maintenant, pour fixer les idées, les formules des nos 2, 3, 4 et 5 de la deuxième partie, à une machine de 100 chevaux (force motrice développée), marchant à 4 atmosphères ( $H=4^k12$ ); introduisant au  $\frac{1}{4}$  d'où  $P = \frac{H}{4} = 1^k05$ ; donnant 50 tours ou 60 coups de piston par minute ( $\tau = 1''$ ); qui aurait un cylindre de  $0^m.71$  de diamètre intérieur; une course de piston  $L = 0^m.80$ , par suite  $E = \frac{L}{4} = 0^m.2$ ; dont le condenseur à surface aurait une capacité vide égale à celle du cylindre ( $v = 1$ ); condensant à  $\theta = 40^\circ$ ; la paroi condensante étant en cuivre de 1 millimètre d'épaisseur ( $e = 1$ ); l'eau froide entrant à 15 et sortant à 21 degrés, et supposons que le condenseur se trouve successivement dans les cas énoncés auxdits numéros.

Outre les données ci-dessus, on a

$$f = 0^k.07; \quad a = \frac{\theta + 0}{2} = \frac{82 + 40}{2} = 61^\circ,$$

attendu que 82 degrés est la température correspondante à

$$\frac{P}{1 + v} = \frac{1.05}{2} = 0^k.515; \quad b = \frac{15 + 21}{2} = 18;$$

$$\gamma = \alpha = 0.14; \quad k = 1.6; \quad k' = 19.11,$$

et

$$q = \frac{5.14 \times 0.555^2 \times 0.2}{476} = 0^k.17,$$

476 étant le volume spécifique de la vapeur à 4 atmosphères.

Les formules deviennent:

(Premier cas.) *Condenseur décapé.*

$$\widehat{T}_{cs} = \frac{1}{5} SL \left[ (1.05 - 0.07) \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{(0.17)^2 (650 - 40)^2}{2R_1^2 \sigma^2 (61 - 18)^2} \times \right. \\ \left. \frac{1}{(1.6)^2} + 3 \times 0.07 \right] \dots \dots \dots (14)$$

ou  $\widehat{T}_{cs} = 0.093 \frac{1}{R_1^2 \sigma^2} SL + 0.07 SL,$

et  $\sigma = 0.17 \frac{650 - 40}{61 - 18} \cdot \frac{1}{1.6} \frac{1}{R_1} = 1^m.4.5 \frac{1}{R_1};$

d'où  $\widehat{T}_{cs} = 0.11 SL.$

(Deuxième cas.) *Condenseur incrusté de 1 millimètre sur la face interne seule.*

$$\widehat{T}_{cs1} = \frac{1}{5} SL \left[ (1.05 - 0.07) \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{(0.17)^2 (650 - 40)^2}{2R_1^2 \sigma_1^2 (61 - 18)^2} \times \right. \\ \left. \left( \frac{1}{0.14} + \frac{1}{19.11} \right)^2 + 3 \times 0.07 \right] \dots \dots \dots (15)$$

ou  $\widehat{T}_{cs1} = 12.01 \frac{1}{R_1^2 \sigma_1^2} SL + 0.07 SL,$

$\sigma_1 = 0.17 \frac{650 - 40}{61 - 18} \left( \frac{1}{0.14} + \frac{1}{19.11} \right) \frac{1}{R_1} = 17^m.4.54 \frac{1}{R_1};$

d'où  $\widehat{T}_{cs1} = 0.11 SL.$

(Troisième cas.) *Condenseur incrusté de 1 millimètre sur la face externe seule.*

$$\widehat{T_{c,s'}} = \frac{1}{5} SL (1,03 - 0,07) \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{(0,17)^2 (650 - 40)^2}{2R_s^2 \sigma_1^2 (61 - 18)^2} \times \left[ \left( \frac{1}{0,14} + \frac{1}{1,6} \right)^2 + 3 \times 0,07 \right] \dots \dots \dots (16)$$

ou  $\widehat{T_{cs,1}} = 14 \frac{1}{R_s^2 \sigma_1^2} SL + 0,07 SL,$   
 $\check{\sigma}_1' = 0,17 \frac{650 - 40}{61 - 18} \left( \frac{1}{0,14} + \frac{1}{1,6} \right) \frac{1}{R_s} = 18^{m.a.}, 73 \frac{1}{R_s};$

d'où  $\widehat{T_{cs1}} = 0,11.SL.$

(Quatrième cas.) Condenseur incrusté de 1 millimètre sur les deux faces.

$$\widehat{T_{cs''}} = \frac{1}{5} SL \left[ (1,03 - 0,07) \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{(0,17)^2 (650 - 40)^2}{2R_s^2 \sigma''^2 (61 - 18)^2} \times \left( \frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,14} + \frac{1}{19,11} \right)^2 + 3 \times 0,07 \right] \dots \dots (17)$$

ou  $\widehat{T_{cs''}} = 47,98 \frac{1}{R_s^2 \sigma''^2} SL + 0,07 SL$

et  $\check{\sigma}'' = 0,17 \frac{650 - 40}{61 - 18} \left( \frac{1}{0,14} + \frac{1}{0,14} + \frac{1}{19,11} \right) = 34^{m.a.}, 56 \frac{1}{R_s} \dots \dots \dots (17 bis)$

d'où  $\widehat{T_{c.s''}} = 0,11.SL.$

11. Ainsi, dans ces exemples, le travail résistant du condenseur à surface sera constamment  $\widehat{T_{c.s}} = 0,11.SL,$  pourvu que la superficie  $\sigma$  soit égale aux minima correspondants respectivement à chaque cas d'incrustation; savoir:

- Pour le condenseur décapé  $\check{\sigma} = 1^{m.a.}, 5 \frac{1}{R_s}$
- id. incrusté de 1<sup>m.m</sup> à l'intérieur. . .  $\check{\sigma}_1 = 17,34 \frac{1}{R_s} = 11,5.\check{\sigma}$
- id. id. à l'extérieur. . .  $\check{\sigma}_1' = 18,73 \frac{1}{R_s} = 12,4.\check{\sigma}$
- id. id. sur les deux faces.  $\sigma'' = 34,56 \frac{1}{R_s} = 22,9.\check{\sigma}$

Or, le travail moteur développé sur le piston est

$$T_m = SL \times 4,12 \times 0,2 [1 + 2,302 \cdot \log 4] = 1,96.SL.$$

Donc le travail résistant, pour le cas considéré, est  $\frac{0,11}{1,96}$  ou 0,06 ou 6 p. 100 du travail moteur.

12. Ce rapport diminuerait ou augmenterait selon que la superficie serait supérieure ou inférieure au minimum pour chaque cas. Or, elle peut devenir inférieure par le fait de l'augmentation des croûtes. Qu'arriverait-il alors?

Comme l'équation de condition entre  $\theta$  et la surface minima doit toujours être satisfaite,  $\theta$  augmenterait en conséquence. Supposons, par exemple (4<sup>e</sup> cas croûte de 1 millim. à chaque face), que la surface  $\check{\sigma}''$  étant  $34^{m.a.}, 56 \frac{1}{R_s}$ , valeur minima pour  $\eta = \varepsilon = 1$ , les croûtes deviennent  $\eta = \varepsilon = 1,1$ .

Résolvant par rapport à  $\theta$  l'équation (17 bis), nous avons, en y substituant les valeurs ci-dessus

$$\theta = 650 - 34,56 \frac{61 - 18}{0,17} \frac{1}{R_s} \cdot \frac{1}{\frac{2}{0,14} + \frac{1}{19,11}} = 650 - 550 \frac{1}{R_s};$$

et, en supposant  $R_s = 1$ , supposition très-défavorable notre thèse, on aurait  $\theta = 100$ .

Par suite, la pression normale serait  $f = 1^k, 03$ ; le tra-



Pour le 1<sup>er</sup> moteur à  $\frac{F_2}{T_{u2}}$ , et leur rapport sera  $\frac{F_2}{F_5} \cdot \frac{T_{u5}}{T_{u2}}$ .

Pour le 2<sup>e</sup> — à  $\frac{F_5}{T_{u5}}$ .

Au facteur  $\frac{T_{u5}}{T_{u2}}$ , je substituerai  $\frac{T_{u5} + O_5}{T_{u2} + O_2}$ , en appelant  $O_5$  et  $O_2$  la somme de toutes les résistances passives, autres que le travail du condenseur; ce qui revient à supposer (et cela peut être considéré comme suffisamment approché de la vérité dans cette question), que  $O_5$  et  $O_2$  sont respectivement une même fraction de  $T_{u5}$  et de  $T_{u2}$ ; car alors on aurait

$$\frac{T_{u5} + O_5}{T_{u2} + O_2} = \frac{T_{u5} \left(1 + \frac{1}{m}\right)}{T_{u5} \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \frac{T_{u5}}{T_{u2}} (*).$$

On aura donc pour le rapport approximatif des dépenses

$$\frac{F_2}{F_5} \cdot \frac{T_{u5} + O_5}{T_{u2} + O_2} \quad \text{ou} \quad \frac{F_2}{F_5} \cdot \frac{T_{m5} - T_{c.s}}{T_{m2} - T_{c.i}}.$$

En substituant à  $F$  le produit du volume par la densité, et à  $T_m$  les valeurs déterminées ci-dessus, on a pour le rapport

$$\frac{0,5 \times 0,001116}{0,2 \times 0,002574} \cdot \frac{2,696 - T_{c.s}}{0,714 - T_{c.i}} \quad \text{ou} \quad 1,084 \frac{2,696 - T_{c.s}}{0,714 - T_{c.i}}.$$

Ce rapport donne la mesure (en ce qui concerne l'utilisation de la force), des avantages de la pression élevée sur la moyenne pression, réalisés à l'aide du *condenseur*

(\*) En fait,  $O_5$  est une fraction de  $T_{u5}$  plus petite que  $O_2$ , ne l'est de  $T_{u2}$ , parce que les frottements ne croissent pas proportionnellement à la pression. L'hypothèse conduira donc à une expression du rapport trop forte.

à *surface*. Selon que ce rapport sera  $> 1$  ou  $= 1$  ou  $< 1$  ces avantages seront ou *positifs* ou *nuls* ou *négatifs*.

Tant que  $n$ , ou le *retard* de la condensation, sera la même de part et d'autre, on sait que  $T_{c.s} = T_{c.i}$ ; et le rapport est évidemment  $> 1$ .

Mais si, par l'effet d'un accroissement des incrustations dans le condenseur à surface, la superficie de celui-ci tombe au-dessous de sa valeur minima, on sait que  $\theta$  augmente rapidement, que, par exemple, dans le cas du n° 12,  $\theta$  monte à 100 degrés, et  $T_{c.s} = 1,003$  SL, au moins.

On sait aussi que, par contre, rien ne trouble la marche du condenseur à injection; que dans l'état actuel de cet appareil, le travail résistant y est d'environ 0,13 du travail moteur, et que moyennant les améliorations décrites dans la première partie de ce mémoire, il peut être réduit à 0,033.

Dès lors le rapport ci-dessus devient, dans le cas du n° 12,  $1,084 \frac{2,696 - 1,207}{0,714 - 0,137} = 2,754$ . Tandis si l'on appliquait le condenseur à injection, comme je l'indiquerai plus loin, le rapport serait  $1,084 \frac{2,696 - 0,13}{0,714 - 0,13} = 4,747$ ; et, si l'on appliquait les améliorations que je viens de rappeler,  $1,084 \frac{2,696 - 0,033}{0,714 - 0,13} = 4,945$ .

Ainsi, l'utilisation de la force étant 1 dans un moteur à 2 atmosphères à condenseur à injection ordinaire, elle sera de 4,75 dans le même moteur marchant à 5 atmosphères; mais si ce dernier avait un condenseur à surface de superficie inférieure au minimum, l'utilisation tomberait à 2,75.

15. *Résumé des causes d'infériorité du condenseur à surface*. — De tout ce qui précède, je crois pouvoir conclure que le *condenseur à surface* est fondé sur un principe ré-

trograde; et cela, par les motifs que je résume ci-après :

1° Il ne comporte pas les améliorations qui se déduisent de la théorie exposée dans la première partie, et qui permettent de réduire dans le rapport de 3 à 1 le travail du *condenseur à injection* actuel.

2° Il est sujet à incrustation, ce qui oblige à lui donner une superficie très-considérable (au moins 1 mètre carré par force de cheval), ce qui nécessite l'emploi de tubes de petit diamètre, dans lesquels la vapeur éprouve de grands frottements.

3° Si l'épaisseur des croûtes correspondant à la superficie minima est dépassée, les avantages attachés à la haute pression peuvent être amoindris dans une forte proportion et même annulés tout à fait.

4° Les frottements de la vapeur dans les tubes du condenseur, croissent avec le développement des croûtes; d'autre part, la présence, dans ces tubes, de l'air qui s'infiltré par les fuites, empêche le contact de la vapeur avec les surfaces refroidissantes; deux causes contingentes d'inertie de l'appareil qui ne doivent pas subsister dans un organe aussi important du moteur.

15. *Rôle de l'incrustation : peut-elle être évitée?*—On voit que, parmi les causes d'infériorité du *condenseur à surface*, l'incrustation joue un rôle considérable. Il y a donc lieu d'examiner si l'on peut l'empêcher, ou au moins l'atténuer, et dans quelles limites.

1° *Surface extérieure.* — *Nature de l'eau froide.*—L'eau réfrigérante, qu'elle provienne d'un puits, d'une rivière ou de la mer, contiendra toujours des sels incrustants tels que bicarbonate de chaux (pour les eaux douces), bicarbonates de chaux et de magnésie (pour les eaux salées). Ces bicarbonates, en perdant une partie de leur acide carbonique, déposeront (\*) des carbonates neutres sur la face

(\*) Pécelet dit (*Traité de la chaleur*, vol. 2, p. 87) : « Il se forme

externe du condenseur, à moins qu'on ne les transformât en sels solubles, par l'addition préalable d'une proportion convenable d'acide sulfurique ou chlorhydrique. Mais la plupart des eaux douces, et la généralité des eaux de mer contenant plus de 0,0002 de carbonates, l'emploi de ces acides, quoique peu chers, occasionnerait une trop grande dépense.

2° *Surface intérieure.* — *L'incrustation interne ne peut être évitée.* — Quant à la surface interne, elle s'incrusterait toujours quoi qu'on fasse. En effet, même en admettant que l'eau alimentaire des générateurs ait été exactement distillée, et ne contienne par suite aucun sel en dissolution, elle tiendra toujours en suspension des matières insolubles, provenant des masticages, de l'usure des organes frottants en fonte, fer, cuivre, et surtout de l'oxyde de fer qui se produira abondamment dans les chaudières; et la vapeur, entraînant à chaque coup de piston, une certaine quantité de ces matières extrêmement ténues, les déposera sur la surface condensante, où elles formeront par elles-mêmes une croûte, qui sera encore favorisée par le suif entraîné aussi par la vapeur.

Et il n'y a pas à espérer d'obvier à l'inconvénient en faisant passer à travers un filtre l'eau à sa sortie du condenseur, et avant son injection dans la chaudière: ce ne serait là qu'un palliatif, les matières se formant incessamment dans la chaudière, le cylindre, et les conduits que la vapeur parcourt.

3° *Fuites du condenseur.* — *Fuites des joints.*—Au reste, ces substances fournies par les organes de l'appareil, ne sont pas les seules qui concourent à l'incrustation de la face interne: il est impossible, pratiquement, de faire un con-

« sur la surface des condenseurs... des incrustations qui diminuent  
« progressivement la transmission de la chaleur, et qui encom-  
« brent les intervalles entre les tuyaux... Les essais de condenseurs  
« à surface n'ont pas eu de succès. »

denseur à surface *absolument étanche*; les surfaces énormes qu'exige cet appareil obligent à le former au moyen de tuyaux de petit diamètre et très-multipliés (4 à 5 000 tuyaux pour un moteur de 350 chevaux). Dans le nombre considérable de joints de ces tuyaux sans cesse distendus et contractés par les changements de température, il se produira toujours quelques fuites par lesquelles l'eau réfrigérante s'introduira en vertu de la pression de l'eau même, et de l'excès considérable de la pression atmosphérique sur celle du condenseur.

*Infiltrations d'eau incrustante.*— L'eau des générateurs ne tardera donc pas à devenir incrustante, et déposera des cristaux de carbonate et de sulfate de chaux précipités par la chaleur, et de la magnésie libre (s'il s'agit d'eau de mer); ce seront là de nouveaux matériaux pour le développement de la croûte intérieure du condenseur.

*Infiltrations de gaz.*— Remarquons ici, en passant, et à l'appui de ce qui a été dit au n° 14, qu'avec l'eau froide s'infiltrant par les fuites, s'introduisent les gaz qu'elle tient en dissolution, et dont la présence dans les tuyaux tend à paralyser l'action refroidissante.

4° *Nettoyage du condenseur.*— On peut atténuer l'effet des incrustations. — Ainsi donc l'incrustation du condenseur à surface est inévitable. Mais serait-il possible pratiquement, de l'atténuer assez par des nettoyages méthodiquement organisés?

Dans un mémoire sur l'incrustation des chaudières (\*), j'ai indiqué, à propos d'un appareil ayant quelque analogie de disposition avec le condenseur à surface, un moyen de nettoyage qu'on pourrait appliquer ici: il consiste à se munir d'un appareil de rechange qui permet de mettre périodiquement au repos l'un des condenseurs qu'on nettoie-

(\*) *Recherches sur l'incrustation des chaudières à vapeur.* (Annales des Ponts et chaussées, livraison de septembre et octobre 1854.)

rait en introduisant à l'extérieur des tubes, une dissolution faible d'acide chlorhydrique pour dissoudre la croûte de carbonate, et à l'intérieur une dissolution concentrée et bouillante de carbonate de potasse pour désagréger la croûte grasse et pouvoir ensuite l'enlever au moyen d'un écouvillon qu'on passerait dans chaque tube.

Mais cette manipulation, assez pénible pour le cas du condenseur, auquel ne s'appliqueraient pas les dispositions énoncées dans mon mémoire, et que je rappellerai plus loin, devrait être répétée assez souvent pour que les croûtes n'atteignissent pas l'épaisseur qui ferait tomber la superficie au-dessous de sa valeur minima.

*Vitesse de formation de la croûte externe.*— Or, pour ne considérer d'abord que la croûte extérieure, remarquons que chaque mètre cube d'eau froide (s'il s'agit d'eau de mer, qui contient généralement 0,0002 de carbonate), apporte dans la capacité à l'extérieur des tubes 0<sup>k</sup>,2 de ce sel. Cette eau passant, je suppose, de 15 à 21 degrés, devra affluer, par chaque coup de piston, à raison de

$$Q = 0,17 \frac{650 - 40}{21 - 15} = 17 \text{ kilogrammes par 1 seconde (pour}$$

une machine de 100 chevaux faisant trente tours ou donnant soixante coups de piston par 1 minute); soit 61 200 kilogrammes d'eau par heure, soit  $6,12 \times 2 = 12^k,24$  de carbonates. Prenant 1,2 pour densité de la croûte, on

trouve un volume de  $\frac{12,24}{1,2} = 10^{\text{d.c.}}2$ ; lesquels, répartis sur une superficie de 100 mètres carrés, formeraient, s'ils s'y déposaient en totalité, une croûte d'environ 0<sup>mm</sup>,1, soit 2<sup>mm</sup>,4 dans les vingt-quatre heures.

Assurément tout le carbonate ne se déposera pas: une partie restera dissoute; une autre sera entraînée par le courant sans adhérer à la paroi du condenseur. Et il serait difficile de préciser la troisième part, celle qui se concrétionnera sur la paroi.

*Matière en suspension dans l'eau froide.* — Mais il faut remarquer que dans les mers fortement battues des vents, et peu profondes le long des côtes, aux embouchures des fleuves, l'eau tient en suspension des vases plus ou moins abondantes qui concourront à l'incrustation et compenseront dans une certaine mesure les deux parts de carbonate dont je parlais tout à l'heure comme ne contribuant pas à la formation de la croûte. En sorte qu'il ne paraîtra pas déraisonnable de penser que, dans certains parages, la croûte pourrait se développer à raison d'environ 2 millimètres par vingt-quatre heures.

*Croûte interne.* — Quant à la croûte intérieure, je manque tout à fait d'éléments pour supputer sa vitesse de développement; on conçoit d'ailleurs que cette vitesse doit dépendre de circonstances variables, telles que graissage plus ou moins abondant du piston du cylindre et du tiroir, entraînements d'eau, plus ou moins abondants aussi, suivant la vitesse de vaporisation dans les générateurs, etc.

Mais à ne considérer que les effets de la croûte extérieure, il semble qu'on peut se trouver à certains moments dans la nécessité de nettoyer toutes les heures. Des nettoyages ainsi espacés sans être impossibles, seront pratiquement fort gênants, d'autant plus qu'ils exigeront, comme je l'ai dit plus haut, un condenseur de rechange.

Nous verrons plus loin que, dans la solution que je propose, des nettoyages analogues seront nécessaires, mais dans des conditions beaucoup moins onéreuses à tous égards.

### TROISIÈME PARTIE.

Après avoir établi la théorie de la condensation en général, en avoir déduit la supériorité du *condenseur par injection* sur le *condenseur à surface*, et accentué cette supériorité en exposant les améliorations dont le premier de ces appareils est susceptible, il me reste à prouver qu'il est

applicable aux machines marines, comme à tout autre moteur à condensation, et à décrire le dispositif de cette application.

1. *Où est réellement la difficulté.* — L'obstacle à la condensation par injection dans les machines marines, lorsqu'elles marchent à pression élevée, ne tient point à la condensation même, mais bien à l'alimentation des générateurs. L'eau alimentaire se dépouillant de ses sels calcaires par le seul fait de l'élévation de température jusqu'à un certain degré et sans qu'il soit besoin d'aucune concentration, elle les dépose dans la chaudière, partie à l'état de croûtes qui diminuent la transmission du calorifique, partie sous forme de petits cristaux qui s'accumulent sur les surfaces de chauffe, ou se tiennent en suspension dans le liquide, le rendent comme *savonneux* et favorisent l'entraînement de l'eau par la vapeur. Quand la pression ne dépasse pas 1<sup>atm</sup>.5 à 2 atmosphères, ou que la température n'excède pas 121 degrés, point auquel l'eau de mer peut tenir en dissolution le double de la quantité de sulfate de chaux qu'elle contient à l'état naturel et avant concentration, on a la ressource des *évacuations méthodiques*, qui n'empêchent pas les dépôts, mais qui en atténuent l'effet. Mais cette ressource manque dès que la pression s'élève à 2<sup>atm</sup>.40, ou, la température à 127 degrés, parce qu'alors l'eau commence à se dépouiller de son sulfate dès l'entrée dans le générateur.

*But immédiat du condenseur à surface.* — Il faut donc se servir pour l'alimentation d'une eau dépourvue de sels calcaires, ou plutôt n'en contenant que peu (on verra plus loin la portée de cette restriction); et c'est dans ce but qu'on avait imaginé le condenseur à surface, comme moyen bien simple de produire de l'eau distillée, qu'il était rationnel à priori de croire éminemment propre à l'alimentation. L'idée de cet expédient se présentait naturellement à l'esprit; aussi un grand nombre d'ingénieurs ont successive-

ment essayé d'en tirer parti. On comprend d'après ce qui précède l'insuccès auquel ils ont dû aboutir, et qui devait être d'autant plus complet qu'ils n'avaient pas le moyen, comme aujourd'hui, de multiplier les surfaces refroidissantes.

2. *Rôle du condenseur en général.* — Or, si l'on réfléchit à la fonction du condenseur en général, on voit qu'elle comprend deux actes distincts, savoir : 1° transporter à l'eau froide le calorique de la vapeur, et, par là même, condenser celle-ci ; 2° expulser du moteur ce calorique (sauf la portion qui y retourne avec l'eau alimentaire) ; et dans les deux genres de condenseur que j'ai examinés (condenseur à injection, et condenseur à surface), ces deux actes sont simultanés et s'accomplissent dans le laps de temps compris entre deux coups de piston successifs. Mais, au point de vue de la marche de la machine, il n'y a que le premier qu'il soit essentiel d'accomplir dans ce laps de temps ; l'autre pourrait être effectué subséquemment, à loisir, si l'on trouvait moyen de le faire sans troubler le fonctionnement du condenseur, comme, par exemple, si l'on pouvait l'exécuter au dehors de l'appareil même.

*Condensation monhydrique.* — C'est ce que permet de réaliser le principe de la condensation monhydrique. Il consiste à injecter dans le condenseur, de l'eau qui reste toujours la même, et qui n'incrusterait point si on l'a préalablement dépouillée de ses sels calcaires, et à la refroidir (sans mélange avec l'eau refroidissante), chaque fois qu'elle a passé au condenseur, pour la rendre apte à condenser de nouveau. On voit que si l'on fait la réfrigération par une opération à part et au dehors du condenseur, on aura tout le bénéfice de l'injection, et l'eau alimentaire restera non-incrustante.

Ce principe n'est pas nouveau et a déjà été appliqué, dans des machines à épuisement de mines où les eaux étaient acides et corrosives (\*). Moi-même j'en ai donné

(\*) On opérât la réfrigération de l'eau condensante en la faisant

une application, dans mon mémoire « sur l'incrustation des chaudières », avec le dispositif d'un *Réfrigérateur* pour opérer la réfrigération méthodique de l'eau d'injection. C'est ce dispositif que je propose d'employer comme appareil accessoire de la machine motrice munie de son condenseur à injection, et pour la description détaillée duquel je crois pouvoir renvoyer audit mémoire publié dans les *Annales des ponts et chaussées* (septembre et octobre 1854), me bornant à en transcrire ici la spécification sommaire :

*Réfrigérateur.* — « Une pompe (ce sera la pompe à eau et à air ou tout autre) élèvera l'eau extraite du condenseur jusqu'à un réservoir placé à une hauteur de quelques mètres, et au-dessous duquel sera posé le *Réfrigérateur* composé de tubes en cuivre verticaux enveloppés dans une caisse cylindrique aussi en cuivre. »

« L'eau chaude descend de ce réservoir dans les tubes, qui sont plongés dans l'eau froide sans cesse renouvelée par un courant dirigé de bas en haut, c'est-à-dire en sens inverse de l'eau qu'il s'agit de réfrigérer, et imprimé à l'aide soit d'une chute d'eau, soit de pompes, d'hélices, etc. »

Il est évident que l'appareil qui sert actuellement dans la pratique anglaise comme *condenseur à surface* pourra jouer le rôle de *Réfrigérateur* ; et il n'y aura, à cet effet, qu'à le placer de manière que les tubes soient verticaux au lieu d'être horizontaux ou légèrement inclinés.

*Réfrigération méthodique.* — La position verticale est essentielle ici, afin que la réfrigération s'effectue méthodiquement et avec le moins possible d'eau réfrigérante, les couches de l'eau chaude descendant naturellement au fur et à mesure qu'elle se refroidit, et venant ainsi en contact avec des couches d'eau de plus en plus froides.

*Dispositif pour le nettoyage.* — « ... Pour détruire l'encrassement (ou l'incrustation) de la surface intérieure, produit par la graisse,

circuler à ciel ouvert dans des rigoles d'un grand développement. Je ne sache pas qu'on ait jamais employé d'appareil réfrigérateur.

on introduit de temps en temps dans ces tubes une dissolution alcaline et bouillante qui dissoudra le corps gras.

« Le nettoyage de la surface extérieure des tubes est fait par un procédé analogue, en introduisant dans la cavité où se meut l'eau réfrigérante une dissolution faible d'acide chlorhydrique qui dissoudra les carbonates.

« Par l'effet d'un système de robinets convenablement disposés, ces deux opérations sont effectuées promptement sans travail, et sans altérer en rien le régime de la machine... »

Quant aux détails de construction et notamment à l'emmanchement des tubes, leur diamètre, etc., on ne saurait mieux faire que de suivre les errements établis par la pratique anglaise pour les condenseurs à surface.

3. Quoique je ne voie aucun motif de doute sur le succès de la condensation monhydrique, je crois utile d'examiner ici quelques circonstances particulières de cette méthode.

1° *Efficacité de réfrigération.* — La quantité de chaleur à expulser de l'appareil, pour chaque coup de piston, est  $q$  (650 — 0). C'est la même qui, dans les condenseurs à surface dont font usage les Anglais, est emportée par l'eau froide qui circule à l'extérieur des tubes; et ce sera aussi celle qu'il faudra enlever à l'eau condensante dans la réfrigération. Dans les condenseurs, la transmission du calorique se fait en vertu de la différence de température  $a-b$ ; et  $a$  est égal à  $\frac{\Theta + \theta}{2}$ , qui est plus grand que  $\theta$ . Dans le réfrigérateur, elle aura lieu en vertu de la différence  $\theta - b$ . C'est un désavantage, quant à la vitesse du refroidissement; mais il sera largement compensé par l'absence d'air dans les tubes, par la marche méthodique de la réfrigération, par l'absence ou la diminution des croûtes, en raison des nettoyages fréquents et efficaces ci-dessus décrits. En sorte que la superficie de 1 mètre carré par force de cheval, adoptée en Angleterre pour les condenseurs à surface, sera plus que suffisante pour le réfrigérateur. Mais

en fut-il autrement, qu'il serait toujours facile d'augmenter cette surface, de manière à obtenir l'effet voulu; et cela, sans modifier en rien la marche du moteur, puisque celui-ci serait indépendant de la réfrigération.

2° *Fuites des joints.* — Les inconvénients signalés à cet égard dans le condenseur à surface, se retrouvent dans le réfrigérateur, mais à un degré insignifiant; parce que, d'une part, les tuyaux du réfrigérateur n'éprouveront que de faibles changements de température, et que, d'autre part, il n'y aura pas de différence entre les pressions intérieure et extérieure. D'ailleurs, l'introduction de gaz, qui est un accident grave pour le condenseur à surface, est sans importance quand il s'agit du réfrigérateur, dont l'action n'en est nullement affectée.

*Les infiltrations d'eau de mer et de gaz sont de nul effet.* — D'un autre côté, la présence d'une faible proportion d'eau de mer dans l'eau alimentaire des générateurs, loin d'être un mal, serait au contraire favorable: il en résulterait une légère incrustation qui protégerait les tôles contre l'oxydation et contre l'action des graisses, et cela, en augmentant la conductibilité du métal, si la croûte reste dans les limites déterminées au n° 7, II<sup>e</sup> partie.

3° *Accumulation des graisses dans les chaudières.* — *Légère incrustation protectrice contre la corrosion.* — En effet, en Angleterre, on a constaté, dans les chaudières des machines fonctionnant avec le condenseur à surface, une corrosion due à la graisse apportée dans les générateurs par l'eau alimentaire. Cette graisse, dont la proportion augmente avec la durée de marche de la machine, détermine dans les tôles des trous disséminés çà et là qui abrègent la durée des chaudières et exposent à des dangers de rupture. Les Anglais (\*) remédient à l'inconvénient en introduisant dans l'eau alimentaire une très-faible proportion d'eau de

(\*) On peut consulter à ce sujet le *Modern marine engineering*, par M. Burgh, 1867.

mer, qui produit, comme je le disais ci-dessus, une légère incrustation protectrice du métal. A cette précaution, quelques personnes en ajoutent une autre, consistant à supprimer la lubrification du piston et du tiroir, pour que la vapeur ne trouve aucune graisse sur son passage. La suppression de tout graissage dans de tels organes serait sans doute un grand sacrifice. Il se peut qu'on doive le subir dans la condensation par surface. Ce ne sera pas d'une absolue nécessité dans la condensation *monhydrique*; c'est une considération de plus en faveur de ce dernier système.

4° *Encombrement causé par le réfrigérateur.* — On peut craindre, *à priori*, l'augmentation de poids et d'encombrement qui résultera de l'emploi du réfrigérateur. Mais, comme je l'ai dit plus haut, le réfrigérateur n'est autre chose que le condenseur à surface, simplement avec un changement de rôle; et les Anglais ont trouvé moyen d'installer, dans les navires de tous tonnages, des condenseurs à surface ayant plus de 1 mètre carré de superficie par force de cheval. Leur expérience, qui date de plus de quarante ans déjà, doit nous rassurer sur ce sujet.

## CONCLUSION.

Il y a un grand intérêt, ne fût-ce qu'au point de vue de l'utilisation de la force motrice, à employer la vapeur à pressions élevées dans les machines marines.

Deux moyens d'application se présentent : 1° le *condenseur à surface*; 2° le *condenseur à injection* employé d'après le principe de la condensation *monhydrique*.

Le *condenseur à injection* est, en principe, très-supérieur au *condenseur à surface*; cette supériorité est exprimée par le rapport des parties du travail résistant dues au retard de la condensation, dans l'un et l'autre appareils

$$\frac{T_{ci} - pSL}{T_{cs} - fSL} < \frac{\sigma^2}{\Sigma^2} \cdot \frac{R_s^2}{R_i^2}$$

qui est très-petit,  $R_s$  et  $\sigma$  étant toujours très-petits par rapport à  $R_i$  et  $\Sigma$ .

Par le système de l'injection on peut réduire le travail résistant de la contrepression au  $\frac{1}{4}$ , au plus, de ce qu'il est dans le condenseur à injection actuel *supposé dans les meilleures conditions*; conditions qui, pour le condenseur à surface, constituent un état idéal qui ne sera jamais, à beaucoup près, réalisé, à cause des frottements de la vapeur dans les tubes, de la présence de l'air dans ces mêmes tubes, et des incrustations qui s'y forment au dedans et au dehors.

Le condenseur à surface est par suite sujet à des perturbations qui peuvent diminuer considérablement et même annuler les avantages de la haute pression.

Le condenseur à injection les réalisera pleinement et sûrement.

En conséquence, il y a lieu d'abandonner la condensation par surface et d'appliquer le condenseur à injection, d'après le principe de la condensation *monhydrique*.

Paris, le 1<sup>er</sup> juin 1868.

---

---

**DESCRIPTION**

DE LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE ET DES RESSOURCES MINÉRALES  
DU CANTON DE VICDESSOS  
ET SPÉCIALEMENT DE LA MINE DE RANCIÉ.

Par M. MUSSY, ingénieur des mines.

---

Cette seconde partie de mon mémoire sur les ressources minérales du canton de Vicdessos, comprend la description détaillée de la mine de fer de Rancié :

- 1° Un plan général en forme d'élevation suivant l'allongement de tous les travaux accessibles, anciens ou récents ;
  - 2° Deux plans de coupes horizontales et verticales régulièrement étagées, représentant tous les détails de la topographie souterraine de Rancié.
- 

**DEUXIÈME PARTIE.****Mine de fer de Rancié.****DISPOSITION GÉNÉRALE.**

*Affleurements.* — La montagne calcaire de Rancié forme au-dessus de la vallée de Vicdessos le poste avancé de la haute série de crêtes qui s'étend jusqu'au pic d'Endron du Nord au Sud entre les vallons de Siguer et Sem. Sa hauteur est de 1600 mètres au-dessus de la mer, 900 mètres au-dessus de Vicdessos et 600 mètres au-dessus du village de Sem.

Sur toute cette hauteur de 600 mètres, depuis le sommet

jusqu'au niveau de Sem sont réparties le long du versant oriental de la montagne les entrées des diverses mines de Rancié anciennes ou récentes; elles sont comprises dans une zone relativement étroite à peu près alignée de l'Est à l'Ouest au centre de la bande inférieure du calcaire liasique; les principales sont par ordre, de haut en bas, les suivantes :

- 1<sup>er</sup> Tranchée superficielle du sommet de Rancié;
- 2<sup>e</sup> La Roque;
- 3<sup>e</sup> La Craugne;
- 4<sup>e</sup> Le Tartier;
- 5<sup>e</sup> Le Pontz;
- 6<sup>e</sup> L'Auriette;
- 7<sup>e</sup> La Grallère;
- 8<sup>e</sup> Sainte-Barbe ou les radicalbes;
- 9<sup>e</sup> L'Escudelle;
- 10<sup>e</sup> Bellagre;
- 11<sup>e</sup> Becquey au niveau du village de Sem.

La plupart de ces entrées sont indiquées par de grands vides ou des affaissements du sol provenant de l'exploitation des anciens.

La direction des couches de calcaire gris encaissant est exactement Est-Ouest dans l'ensemble de la montagne; leur pendage est Sud, variable suivant la hauteur; dans les parties supérieures il est de 45 à 50°; il diminue à mesure qu'on descend, tend à se rapprocher de la verticale et dans la région de Becquey est de 75 à 80°.

Le gîte métallifère est à peu près orienté et incliné comme les assises encaissantes; mais dans son ensemble il présente avec ces dernières une différence de stratification bien nette, aussi bien dans sa direction que dans son pendage. Du jour vers les avancées, il a une tendance à se dévier vers le sud; sa direction générale est E 5 à 6° S; dans le sens de l'inclinaison, son pendage est variable comme celui des calcaires; faible dans les parties supérieures où il varie de

45 à 55°, il augmente progressivement jusqu'à atteindre aux niveaux les plus bas 70 à 75°; la moyenne de son inclinaison depuis la Roque jusqu'à Becquey est de 69° et dépasse un peu celle des couches calcaires qui enclavent le gîte. De ce fait résulte que les divers massifs métallifères tendent en descendant la montagne à pénétrer dans la roche du mur; cette tendance est la même en direction en marchant de l'Est à l'Ouest et suivant les divers gîtes des avancées vers le jour.

En dehors des affleurements cités plus haut, alignés sensiblement de l'Est à l'Ouest, qui forment le gîte principal de Rancié, on peut voir à la surface, au toit et surtout au mur, des affaissements, tranchées et roches métallifères, révélant la présence d'amas assez importants qui tout en se ramifiant avec le gîte principal, s'en détachent sous des angles assez ouverts et s'en éloignent à des distances assez considérables en recoupant obliquement les assises de la montagne.

Au mur, au-dessous du vide de la Roque, se sépare de l'amas principal, sous la direction O 45° N, la veine importante de la Canale exploitée à diverses époques. Cette veine fait un angle de 20 à 25° avec la masse principale et a été reconnue par des recherches assez récentes jusqu'au niveau de l'Auriette où elle doit être éloignée de près de 100 mètres de cette masse; plus bas, elle continue en tournant vers l'Ouest et descend à Pujol Rouch, niveau de Sainte-Barbe, où la tradition des anciens mineurs indique un gisement autrefois exploité et abandonné en plein minerai par suite de l'inexpérience des ouvriers; en ce point, la veine secondaire peut être séparée du grand gîte par 150 mètres de roches stériles; cette tradition paraît être confirmée par la présence au voisinage d'affleurements considérables de roches rouges et spathiques révélant ordinairement la présence du minerai.

Au toit, est également visible aux affleurements, une

veine secondaire qui apparaît au sommet de la montagne; elle est parallèle à la Canale; dirigée E 45° S, elle traverse la formation calcaire dans toute son étendue et pénètre même dans les schistes; elle paraît faire suite à la Canale après rejet de 200 mètres à l'Ouest. Les travaux auxquels elle a donné lieu consistent en tranchées superficielles dont la tradition n'a conservé aucun souvenir.

*Disposition des amas en chapelet.* — Le gîte de Rancié, tantôt concordant, tantôt discordant avec les roches encaissantes, se compose d'une série de renflements et étranglements successifs qui lui donnent une allure en chapelets; généralement, les amas plus ou moins irréguliers sont reliés par quelque filet de minerai ou de terre argileuse servant de guide pour les recherches. Lorsqu'un amas se termine par une veine unique, les recherches ont des chances pour trouver à sa suite un autre amas de même nature; si au contraire la veine se divise en plusieurs rameaux, ces rameaux ne tardent pas à disparaître, les roches calcaires du toit et du mur se rejoignent sans laisser entre elles de traces terreuses et pour aller à la découverte de nouveaux minerais, il faut traverser un peu à l'aventure des calcaires complètement stériles sans autre guide que la direction générale de la formation; assez souvent, à la terminaison d'un amas, sont des calcaires très-cristallins spathiques avec fer carbonaté, des calcaires rouges imprégnés d'oxyde de fer qui entourent l'amas en forme d'auréole irrégulière, surtout du côté du mur, et vont se perdre plus loin en se fondant insensiblement dans la roche stérile du calcaire gris de la montagne.

Chaque amas ou grain de chapelet est à peu près parallèle aux assises encaissantes, à première vue paraît une couche, mais l'ensemble, soit en direction, soit en pendage, interrompt assez fréquemment les strates calcaires rejeté à peu près toujours dans le même sens de 1, 5, 10 mètres, parfois 20 mètres sans plissements ni contournements des

couches au voisinage des rejets. Ainsi en descendant du sommet de Rancié vers Becquey, on voit les divers affleurements éprouver graduellement une série de petits rejets au mur en forme de gradins dans le sens du pendage de la formation.

En direction, au niveau inférieur de Becquey, du jour vers l'avancée, les amas subissent également une série de rejets du côté du toit dont l'amplitude totale peut atteindre 40 mètres sur une longueur de 500 mètres.

Parfois la masse minérale finit par une veine mince de minerai, continuée plus ou moins loin par une salbande argileuse, qui va se fondre insensiblement dans la masse encaissante; d'autres fois, elle se termine brusquement à un large barrage de calcaire gris, comme la roche des parois, ayant toute l'étendue de l'écartement du toit et du mur au centre de l'amas; cette disposition n'est pas très-fréquente et est surtout remarquable au niveau supérieur de la Craugne.

Le gîte principal, formé des divers amas en chapelet, a été reconnu dans toute la montagne de Rancié depuis presque le sommet jusqu'au niveau de Sem; l'ensemble forme, suivant l'allongement, un vaste triangle

	mètres.
Haut de. . . . .	500
Long de. . . . .	900 à peu près

La puissance de chaque amas est des plus variables, souvent elle flotte entre 3 et 8 mètres, assez fréquemment se réduit à rien et, en certaines circonstances, peut atteindre 20 et 25 mètres.

Si l'on tient compte des masses minérales découvertes par les travaux anciens et récents dont il est possible, comme je l'indiquerai plus loin, de faire approximativement le cube, on peut assigner à l'ensemble du gîte principal une épaisseur moyenne de 5<sup>m</sup>,70.

*Calcaire gris encaissant.* — Le calcaire encaissant de la

montagne est gris bleuâtre, esquilleux, parfois cristalloïde et renferme des grains de pyrite blanche; il est stratifié en bancs minces, souvent feuilletés, il forme le toit et le mur de l'amas et est connu à la mine de Rancié sous le nom de *calcaire gris*; sur quelques points assez rares, dans les régions basses comme à l'entrée de Becquey et à Bellagrè, le mur est formé par des schistes qui s'étendent en bande mince au milieu de la formation calcaire depuis Becquey jusqu'au niveau du Poutz, en faisant mur au calcaire gris à partir de Bellagrè; ces schistes sont noirs, un peu ardoisiers et pyriteux.

*Calcaire rouge métallifère.* — Entre les calcaires gris et les masses minérales règne généralement une auréole de calcaire modifié, désigné à la mine sous le nom de *calcaire rouge métallifère*.

Ce calcaire est parfois largement cristallin spathique, plus ou moins imprégné de fer carbonaté; d'autres fois il est blanc saccharoïde, recoupé de nerfs quartzeux et petits filons de minerais de fer variés, fer carbonaté, hématite, hydroxydé, compacte, fer micacé, etc., qui s'y entre-croisent en tous sens; dans la pâte blanche saccharoïde se disséminent de petits grains d'oxyde de fer qui, la plupart du temps, au voisinage même des amas, deviennent très-abondants et donnent à la roche une teinte rougeâtre à la surface et dans sa cassure, qui lui a fait donner le nom de calcaire *Rouge*. Parfois sur quelques points, heureusement assez rares, le calcaire rouge mélangé de fer carbonaté blond, cristallin, rhomboédrique contient quelques pyrites en petits grains dispersés dans sa masse; il devient dur et fait feu au fleuret.

La répartition du calcaire rouge autour des amas est des plus inégales; au toit, dans la région des affleurements, il est peu puissant, dépasse rarement quelques mètres et se voit surtout aux entrées des mines supérieures dont le pendage au sud est peu considérable et se rapproche de l'angle

de 45 degrés; en profondeur, à mesure que l'inclinaison du gîte augmente, il tend à diminuer et il n'est pas rare, au niveau de Sainte-Barbe et Becquey et même dans les niveaux plus élevés de voir l'amas minéral, du côté du toit, en contact direct avec le calcaire gris feuilleté, sans roche rouge et sans autre interposition qu'une salbande d'argile pure; cette salbande, tantôt mince de quelques centimètres, tantôt plus épaisse, de 0<sup>m</sup>.50 à 1 mètre, disparaît parfois et la masse minérale passe à la roche grise du toit sur un très-court espace par une lisière peu épaisse de roche de calcaire rouge et fer carbonaté; en cette circonstance, le fer carbonaté est plus ou moins altéré et transformé par épigénie en fer oxydé compacte à surface noire et poussière rouge; parfois cependant, comme à Becquey il est blond, cristallin et parfois imprégné de quelques pyrites.

Du côté du mur, soit aux affleurements, soit en profondeur, le calcaire rouge s'étend au voisinage des amas en auréole des plus irrégulières; dans les régions de la surface, il est surtout puissant aux niveaux de la Roque et de la Craugne vers le point où la veine secondaire de la Canale vient se souder à la masse principale; il remplit tout l'angle assez ouvert compris entre les deux gîtes jusqu'à près de 200 mètres du point de soudage; il forme même au delà le mur de la Canale qui, comme le gîte principal, plonge au sud-ouest avec un pendage moyen de 65 à 66 degrés.

En descendant, l'affleurement de roche rouge du mur de la masse principale se bifurque sous le plateau du Plot, au niveau du Poutz; la branche nord, descend avec une puissance de 100 à 115 mètres pour disparaître un peu en-dessous de Sainte-Barbe en forme de coin très-obtus; elle présente dans ce parcours des affaissements du sol assez considérables, révélant la présence d'anciens travaux; une tradition qui n'est pas très-ancienne et assez généralement répandue dans le pays, indiquerait qu'au quartier de Pujol-Rouch, situé sur cette ligne de calcaire rouge, un peu

au-dessous du niveau de Sainte-Barbe, de beaux chantiers en minerais auraient été abandonnés, il y a 80 ou 90 ans, par suite de l'inexpérience des ouvriers dans l'art de boiser les galeries. A ce point cette branche nord de calcaire rouge paraît séparée de l'affleurement principal par une centaine de mètres de schistes noirs et pyriteux, calc-schistes feuilletés, et calcaire gris ordinaire.

Suivant la même inclinaison, la branche nord de calcaire rouge ou branche principale, très-puissante encore au niveau du Poutz où elle atteint près de 100 mètres, diminue vers les régions intermédiaires de l'Auriette et surtout de la Graillère où elle n'a guère qu'une vingtaine de mètres; un peu plus bas, elle augmente rapidement à Sainte-Barbe et un peu au-dessous, elle atteint plus de 100 mètres pour disparaître brusquement vers le premier lacet du chemin des mines; cet épaissement de roches spathiques et rouges au-dessous de Sainte-Barbe, correspond, comme dans les niveaux plus élevés, à un dédoublement de l'amas minéral; vers ce point vient se souder, au niveau de Becquey à l'amas de l'Escudelle, dirigé E 11° à 12° S, la veine secondaire de Bellagre dirigée E 44° à 45° S, en formant avec lui un angle d'environ 22 degrés; cette veine a son mur et son toit formés de calcaire rouge et s'enfonce dans le mur de l'amas principal jusqu'à 50 et 60 mètres de distance.

Dans les régions inférieures de la mine le calcaire rouge, moins puissant qu'à la surface, forme toujours des masses considérables, au mur du gîte principal et surtout aux points de soudage des veines secondaires du mur, comme dans les travaux intérieurs de la Canale et Bellagre et sur un assez grand nombre de points où se détachent au mur de l'amas d'autres veines moins importantes, mais de même nature qui n'aboutissent pas au jour et vont se perdre à de faibles distances du grand gîte; tel est le cas, au mur de Saint-Louis près la communication de la Roque, au mur du Poutz à la mise en roche, à Capeil mur de l'Auriette,

à Becquey et à l'Escudelle où deux branches au mur viennent d'être récemment découvertes.

Dans les régions hautes où le pendage de l'amas est moins considérable, approche de 45 degrés, le mur paraît pénétré de calcaire rouge spathique à de plus grandes distances; en descendant vers Sainte-Barbe et Becquey le pendage augmente, atteint parfois 73 degrés; dans ce cas, si aucune branche secondaire ne se présente la roche du mur est assez souvent grise ou séparée de l'amas par une épaisseur très-faible, assez souvent ne dépassant pas 1 mètre, de calcaire rouge; généralement le calcaire gris du mur est plus compact, moins feuilleté que celui du toit et stratifié en bancs plus épais.

Le calcaire rouge est également puissant vers la terminaison des amas surtout quand ces derniers au lieu de se continuer par une simple salbande argileuse, se ramifient en diverses branches qui s'écartent et ne tardent pas à disparaître dans la roche; dans les mêmes conditions, la salbande s'épaissit beaucoup, elle n'est plus formée d'argile pure, mais d'un mélange de terres ocreuses, mauvais minerais quartzeux, argiles; au milieu de l'ensemble sont des blocs de calcaires roulés ou arrondis par les eaux, tantôt petits tantôt assez gros dépassant quelques mètres, presque toujours plus ou moins cristallins, comme le calcaire du mur; et dans les chantiers d'exploitations, le minerais paraît se ramifier sans ordre en diverses branches perdues bientôt irrégulièrement dans le mur et séparées par des roches arrondies de calcaire rouge.

*Roche du toit.* — La roche du toit formée de calcaire gris feuilleté se sépare le plus souvent assez nettement de la masse minérale par une salbande argileuse plus ou moins épaisse, elle est régulière, présente de grandes surfaces planes; dans son ensemble, elle suit à peu près les allures de l'amas; au sommet de la montagne et vers les niveaux élevés, elle a une inclinaison de 45 à 50 degrés; en des-

endant elle se rapproche peu à peu de la verticale jusqu'à avoir au niveau de Becquey un pendage de plus de 70 degrés.

Les ramifications de minerai au toit sont rares, une seule assez importante a pu être constatée au niveau de Sainte-Barbe ; vers le niveau d'Orléans, situé à 40 mètres au-dessus de cette dernière mine, elle se sépare de l'amas principal, descend dans son toit de 50 à 60 mètres de haut et se prolonge pendant 80 à 100 mètres du côté du jour ; son épaisseur moyenne est de 1 à 5 mètres ; en profondeur, elle s'éloigne au plus de 20 mètres du grand gîte, diminue de puissance à mesure qu'elle s'éloigne et ne tarde pas à disparaître. Les roches qui l'enclavent sont les calcaires feuilletés du toit toujours plans et réguliers, sans contournements, sans plissements, sans ondulations indiquant l'érosion des roches par l'action dissolvante des eaux ; à l'angle de soudage et dans le voisinage sont des roches spathiques et rouges ; mais à mesure que la veine secondaire s'éloigne, en descendant, de l'amas principal les calcaires encaissants sont gris et séparés du minerai par une salbande d'argile bien nette surtout du côté du toit.

En général le calcaire gris du toit ne présente point d'auréoles irrégulières de calcaire rouge, de pénétrations entre-croisées de veines minérales, de surfaces bosselées ou crevassées, il est presque toujours plan, à surface lisse, ondulée pour suivre les variations de l'amas.

*Roche du mur.* — La paroi du mur est rarement plane sur de grandes étendues, elle est presque toujours plus ou moins bosselée, arrondie et présente des traces fréquentes de l'action des eaux qui ont une tendance à se reporter toutes au mur, pour ronger les parties plus tendres et y creuser des grottes plus ou moins vastes, tantôt vides, tantôt pleines de minerai ; la salbande est souvent épaisse ; assez fréquemment, elle n'est pas formée d'argile pure, comme au toit, mais d'un mélange d'argile, mauvais minerai et

cailloux arrondis de calcaire rouge et spathique ; ces grottes, produit de l'action des eaux sur la roche du mur, se rencontrent à tous les niveaux depuis le sommet de la montagne jusqu'à Becquey ; elles arrivent souvent fort à propos pour faciliter l'écoulement des eaux, qui suintent assez souvent dans les chantiers voisins du mur ; elles sont parfois complètement vides, parfois en partie remplies par le minerai et se voient surtout aux terminaisons des amas, il en existe de remarquables au mur des avancées de la Craugne et du Poutz, à Capeil mur de l'Auriette ; ces grottes sont très-vastes et d'un accès facile ; le plus souvent les grottes ne sont que des fissures de moins d'un demi-mètre de large, inaccessibles, qui se prolongent sur de grandes étendues en ramifications irrégulières ; on en connaît plusieurs au mur de Becquey et de l'Escudelle ; la quantité d'eau fournie par quelques-unes est très-abondante et autorise à leur présumer de vastes ramifications.

Le mur n'est pas seulement criblé de cavités ; en dehors des grandes veines secondaires qui s'y ramifient en se détachant des amas principaux, il est très-souvent pénétré, jusqu'à une distance de 15 à 20 mètres, d'oxyde de fer dans toute sa masse ; souvent il est recoupé de petits filets d'argile ou de minerai, qui font corps avec les amas et s'en éloignent toujours en descendant, jamais en montant, pour disparaître à des profondeurs variables ; assez rarement certaines fentes du mur sont remplies de sables et gros graviers.

Aux affleurements surtout et dans les régions où le gîte est peu incliné, le calcaire du mur est pénétré de veines minérales qui s'y croisent et s'entrelacent en tous sens en transformant toute la roche du voisinage en calcaire spathique, saccharoïde et chargé d'oxyde de fer.

Outre ces entrelacements, on voit parfois au milieu de la masse métallifère, des veines calcaires qui la divisent en deux ou plusieurs bancs parallèles ; ces veines font corps

avec les roches encaissantes et sont de même nature; elles ont parfois de grandes étendues; à l'ancienne mine de la Craugne, il en existait deux qui partageaient l'amas en trois masses parallèles, sur 80 mètres de long. A la Canale le gisement des avancées est divisé en deux bancs presque parallèles sur toute sa profondeur, par un nerf de roche de 1 à 4 mètres d'épaisseur, qui fait corps avec les parois et comme elles, est formé de calcaire spathique. Dans les vides de la cuvette, le même phénomène se reproduit et plusieurs nerfs de calcaire gris ou calcaire rouge séparent l'amas en plusieurs rameaux.

*Veines secondaires du mur.* — Les branches du mur les plus importantes sont de haut en bas, celles de la Canale, du mur du Poutz, soit au jour, soit aux avancées, Capeil à l'Auriette, Bellagre à Becquey. La branche de la Canale est un véritable gîte très-important, orienté E. 45° S., plongeant au sud de 65 à 66 degrés, qui se soude avec l'amas principal au niveau de la Craugne sous un angle de 22 à 24 degrés; il a été poursuivi en profondeur sur 120 mètres de haut; en descendant, il s'éloigne lentement de la masse principale, diminue de puissance et s'appauvrit beaucoup.

A l'entrée du Poutz est un ancien puits (poutz en langage du pays) qui a donné son nom à la mine; ce puits dont la profondeur atteint 50 mètres est assez vaste et provient de l'exploitation d'une veine isolée au mur qui se détache du grand amas un peu au-dessus de l'entrée du Poutz, s'en sépare de plus en plus en descendant, s'appauvrit et finit par disparaître.

Au même niveau vers les avancées, dans la mise en roche, est également une veine au mur, rattachée à l'amas un peu en dessus de ce niveau, alignée E. 2° N., plongeant au nord de 63 à 64 degrés en sens inverse du pendage général; visible au niveau du Poutz sur 50 mètres en direction et 1 à 5 mètres d'épaisseur, elle s'est bientôt épuisée en profondeur où elle s'éloigne rapidement du grand gîte et disparaît.

La même disposition existe à Capeil niveau et centre de l'Auriette; à cette région une veine dite Capeil des plus capricieuses, sans direction bien nette, se détache au mur pour s'en éloigner rapidement en descendant et s'évanouit à 40 mètres plus bas, continuée par des grottes stériles.

A Bellagre, niveau inférieur, la veine du mur qui porte ce nom, se détache de l'amas de l'Escudelle suivant la direction O. 43 à 44° N. en faisant avec lui un angle de 22 degrés; elle se poursuit ainsi dans le mur jusqu'à 50 ou 60 mètres, avec un pendage moyen de 45 à 46 degrés.

Comme je l'ai déjà observé, outre ces grandes veines importantes auxquelles l'exploitation courante a pu donner un nom spécial, le mur présente dans presque toute son étendue des ramifications irrégulières minérales, qui, rattachées dans le haut aux amas principaux, s'en éloignent toujours en descendant, jamais en montant et s'appauvrissent d'autant plus vite que cet éloignement est plus rapide. Ces veines disparaissent souvent à quelques mètres; il en existe de bien connues au mur des vides du Poutz, au trou du Diable vers Orléans au mur de Becquey et de l'Escudelle, et sur grand nombre d'autres points.

Cette circonstance de la régularité relative du toit et de l'irrégularité du mur plus ou moins criblé de grottes ou veines minérales secondaires, est des plus constantes et doit entrer en grande ligne de compte dans la théorie qui peut être présentée sur la formation minérale de Rancié.

*Répartition des amas en trois colonnes.* — Le gîte métallifère principal est formé, comme je l'ai dit, d'une série de renflements et étranglements successifs, disposés à la suite les uns des autres, aussi bien suivant le pendage que dans le sens de la direction; en observant sur les plans de la mine l'ensemble de ces amas, on peut apercevoir un certain ordre dans leur disposition générale. Ils paraissent répartis en trois colonnes qui, partant à peu près du sommet de la montagne, divergent de plus en plus dans les régions

profondes où elles sont séparées par de longs espaces stériles.

La surface du sol, le long de la zone des affleurements, fait avec l'horizontale du côté de l'ouest un angle de 28 degrés; cette pente est rapide, cependant ne dépasse pas celle de la culture possible et tout le versant de la montagne est recouvert de champs cultivés à sa base et de bois vers son sommet.

La première colonne minérale comprend l'ensemble des amas voisins de la surface, qui de bonne heure ont dû attirer l'attention des mineurs, ont été exploités à une époque reculée et sont remplacés pour la plus grande partie par des vides et éboulis; cette colonne part du sommet de l'ancienne mine de la Craugne, pour descendre jusqu'à l'amas, dit de l'Escudelle, au niveau de Becquey, avec une pente moyenne de 42 à 43 degrés du côté de l'ouest; cette colonne comprend de haut en bas :

- 1<sup>er</sup> Massif de l'entrée de la Craugne, très-anciennement exploité, en éboulis;
- 2<sup>e</sup> Le Tartier, vides et éboulis;
- 3<sup>e</sup> Massif de l'entrée du Poutz, vides et éboulis;
- 4<sup>e</sup> Vide de l'entrée de l'Auriette avec éboulis et régions de Cap del Pas, éboulis;
- 5<sup>e</sup> Vides et éboulis de la Graillère;
- 6<sup>e</sup> Grand vide et éboulis de l'entrée de Sainte-Barbe;
- 7<sup>e</sup> Ancien vide d'en haut de l'Escudelle;
- 8<sup>e</sup> Masse de l'Escudelle au niveau inférieur de Becquey, partie en minerai, partie en éboulis.

Dans toute l'étendue de cette colonne, il ne reste de minerai vierge, que dans les régions inférieures de l'Escudelle à l'extrémité de la galerie rectiligne de Becquey; tout le reste, très-anciennement exploité, est à l'état de vides plus ou moins accessibles ou ne présente que des éboulis très-pauvres et où il est difficile d'espérer y trouver des massifs oubliés par les anciens.

Cette colonne commence en coin à la Craugne, elle descend en s'évasant sous une forme triangulaire jusqu'à avoir à Becquey une base de 300 mètres; sa hauteur verticale est de 400 mètres, sa longueur suivant son inclinaison moyenne, de 700 mètres; à Sainte-Barbe, elle peut avoir 200 et 130 mètres dans la région du Poutz.

La seconde colonne part de la mine la plus élevée de la Roque, à 100 mètres plus haut que la précédente et descend jusqu'à Becquey avec une pente moyenne à l'Ouest de 59 degrés; elle comprend de haut en bas :

- 1<sup>o</sup> Vides et éboulis de la Roque;
- 2<sup>o</sup> Vides et éboulis de Saint-Louis et Chassepot;
- 3<sup>o</sup> Vides et éboulis du Poutz, région centrale;
- 4<sup>o</sup> Le Porge entre le Poutz et l'Auriette, éboulis et vides;
- 5<sup>o</sup> L'Auriette avancée, vides et éboulis;
- 6<sup>o</sup> Tarbes, éboulis entre l'Auriette et Orléans;
- 7<sup>o</sup> Orléans, vides et éboulis;
- 8<sup>o</sup> Massif au minerai des avancées de Sainte-Barbe;
- 9<sup>o</sup> Massif au minerai des avancées de Becquey.

Toute la partie supérieure de cette colonne, depuis le sommet jusqu'à Tarbes, entre l'Auriette et Orléans, ne renferme que des vides ou éboulis pauvres à peu près épuisés. Vers Orléans les éboulis y sont encore riches et activement recherchés; vers Sainte-Barbe et entre Sainte-Barbe et Becquey, est du minerai en place. Cette colonne a été reconnue sur 500 mètres de haut, 600 mètres suivant l'inclinaison moyenne et une largeur un peu variable, qui assez souvent atteint 200 mètres.

Tout d'abord, très-étroite et irrégulière, dans la région de la Roque, elle s'évase rapidement vers Saint-Louis et Chassepot où elle atteint 150 mètres de long; elle grandit plus bas encore au Poutz et à l'Auriette où elle augmente jusqu'à son maximum de 250 mètres; à Sainte-Barbe elle n'a plus guère que 200 mètres, se rétrécit plus bas jusqu'à 70 mètres en dessous, pour augmenter de nouveau à Bec-

quey où elle peut avoir de 180 à 200 mètres ; son maximum d'épaisseur du mur au toit est au fond de Chassepot, au Poutz et à l'Auriette ; les régions inférieures de Sainte-Barbe et Becquey sont infiniment moins puissantes, plus irrégulières : le minerai y est souvent plus pauvre et sur de grandes étendues, sableux et inexploitable.

Cette seconde colonne n'est séparée de la première, dans les hautes régions de la Craugne, le Poutz et l'Auriette, que par quelques mètres de calcaire stérile ; à mesure qu'elle descend elle s'en éloigne de plus en plus ; elle se rétrécit et la roche stérile qui les divise augmente graduellement de puissance ; au niveau de Sainte-Barbe cette roche a près de 140 mètres et à Becquey elle atteint 200 mètres.

La troisième colonne n'a encore été reconnue qu'aux extrêmes avancées de la Craugne et du Poutz ; elle comprend de haut en bas :

- 1° Les vides et éboulis de l'Église ;
- 2° Le gros bloc.
- 3° La cuvette.

Cette colonne n'a encore été reconnue que sur 60 à 80 mètres en direction et 120 mètres de haut ; elle a été complètement exploitée et remplacée par des vides et éboulis. La direction moyenne incline de 85 à 86 degrés du côté de l'est en sens inverse des précédentes ; en profondeur, si elle se poursuit, comme il y a lieu de l'espérer, elle diverge assez rapidement vers l'est en s'éloignant des deux premières. Au haut niveau de la Craugne, 15 mètres de calcaire stérile la séparent de la seconde ; cet espace sans minerai, croît assez rapidement en descendant, il atteint 50 mètres au niveau du Poutz ; d'après les probabilités, si aux niveaux inférieurs étaient exécutées des recherches aux avancées de la seconde colonne pour aller à la poursuite de la base de la troisième, on aurait à traverser des bancs sté-

riles dont la longueur peut être approximativement estimée, ainsi qu'il suit :

1° Au niveau de l'Auriette. . . . .	80
2° A Orléans. . . . .	100
3° A Sainte-Barbe. . . . .	120
4° A Becquey. . . . .	200

L'ensemble de ces indications peut facilement se suivre sur la Pl. III jointe à cette note qui représente l'élévation suivant l'allongement de l'ensemble des travaux de Rancié, anciens ou récents.

#### Topographie souterraine de Rancié.

Avant de passer à la description des divers amas de Rancié et des travaux anciens ou récents, je présenterai quelques considérations sur la topographie souterraine de Rancié et donnerai l'explication de la méthode employée dans les Pl. IV et V représentant l'ensemble de cette topographie.

Le bureau de Vicdessos possède de nombreux plans de la mine de Rancié, dont quelques-uns remontent à 1803 ; plusieurs donnent les détails des régions actuellement inaccessibles ; ces plans ont été généralement levés avec le plus grand soin et rapportés à trois plans coordonnés ; ils sont d'échelle très-variable, chacun portant l'empreinte de son auteur ; au moyen de ces anciens plans, des plans actuels et de la visite de tout ce qui était accessible, j'ai pu faire l'étude topographique souterraine à peu près complète de la mine de Rancié, tant en ce qui concerne les variétés de minerai que celles des roches encaissantes ; les résultats de ces études sont consignés dans les Pl. IV et V.

*Coupes horizontales.* — La Pl. IV représente les coupes horizontales du gisement, espacées de 20 en 20 mètres suivant la hauteur ; la Pl. V représente également les coupes verticales du gisement par des plans nord-sud perpendicu-

lares à sa direction générale; ces coupes sont aussi espacées de 20 en 20 mètres suivant l'allongement.

Dans la Pl. IV, les coupes horizontales distantes de 20 mètres ont été projetées sur un plan horizontal passant par l'entrée de la mine moyenne de Sainte-Barbe; le gisement, dont le pendage atteint près de 70 degrés, se rapproche de la verticale; de cette circonstance, résulterait dans le système ordinaire adopté pour les plans de mines un recouvrement mutuel des diverses projections et une confusion complète. Pour éviter ce recouvrement, chaque coupe horizontale supérieure au niveau de Sainte-Barbe avant d'être projetée a été transportée parallèlement à elle-même à une distance de 20 mètres du sud vers le nord, c'est-à-dire dans le sens du pendage du gîte, et chaque coupe, inférieure au même niveau, a été transportée à la même distance parallèlement à elle-même, en sens inverse du nord vers le sud, toujours suivant le pendage. L'ensemble de ces projections permet de reconnaître exactement à chaque niveau de 20 en 20 mètres, la direction, l'inclinaison, l'épaisseur de l'amas et la nature du minerai et des roches encaissantes d'après des signes conventionnels; si les coupes avaient été plus rapprochées, les mêmes indications eussent été données à de moindres intervalles, mais il y aurait eu recouvrement de quelques projections et confusion. Ce transport des coupes distantes de 20 mètres parallèlement à elles-mêmes, à la même distance de 20 mètres, permet de donner à l'ensemble des projections un aspect figuratif exact du gîte qui n'est autre chose que l'enveloppe de ses diverses coupes; le même dessin peut être considéré comme une représentation du gîte conçue sous une autre forme; on pourrait supposer que la masse a été couchée par terre et coupée en tranches distantes de 20 en 20 mètres, chaque tranche étant retournée ensuite à plat autour de son axe moyen.

*Coupes verticales.* — Dans la Pl. V, le gisement sensi-

blement dirigé de l'est à l'ouest a été coupé en tranches verticales, distantes de 20 mètres et dirigées nord-sud perpendiculairement à sa direction générale; ces tranches ont été projetées sur un plan vertical nord-sud passant par l'entrée de la mine moyenne de Sainte-Barbe; pour éviter le recouvrement mutuel de ces projections; chaque coupe située à l'ouest du plan de projection, avant d'être projetée, a été transportée parallèlement à elle-même à une distance de 20 mètres du sud vers le nord; chaque coupe située à l'est du même plan a été transportée à égale distance et dans les mêmes conditions, du nord vers le sud.

Les coupes de chacun de ces dessins ont été dressées avec le plus grand soin, teintées, pointillées et ornées de lisérés colorés indiquant les diverses variétés de minerai et des roches encaissantes.

Il résulte des dispositions adoptées que chacun de ces plans peut donner à lui seul une idée à peu près exacte de l'ensemble du gisement, et qu'il peut en un instant faire connaître la nature du minerai, son pendage et sa direction et toutes les circonstances de son allure; de plus, il donne également des indications sur le mode d'être capricieux des divers amas, et indique assez clairement les divers points où des recherches pourraient donner des résultats utiles.

*Signes conventionnels.* — Comme l'indique une légende explicative, des hachures et pointillés représentent les diverses qualités de minerai qui sont :

- 1° Un mélange d'hématite brune et rouge où la brune domine, compacte cristallin, appelé minerai Ferru, qui compose la majeure partie du gisement; l'oligiste grenu y est fréquent au contact des concrétions d'hématite.
- 2° Un minerai carbonaté dit noir, décomposé et transformé en fer oxydé rouge très-peu hydraté, à poussière rouge et surface noirâtre; cette variété forme quelques amas, parfois considérables sur des points très-divers de la mine.

- 3° Un mélange de minerai ferru et de quartz qui n'est autre que du minerai où la gangue habituelle quartzreuse devient abondante et rend le minerai inexploitable; ce mélange pauvre est assez commun au toit du gîte et dans les régions inférieures où le pendage approche de la verticale.
- 4° Un mélange de minerai noir, quartz et fer carbonaté décomposé pauvre; cette variété est assez rare.
- 5° Un minerai mélangé de gangue schisteuse placé aux deux extrémités de la masse minérale, au toit et sommet de Rancié, au mur et niveau de Becquey, aux points où le gisement placé obliquement dans une bande calcaire étroite vient toucher les deux formations schisteuses qui l'enclavent.
- 6° Un mélange de minerai carbonaté blond, non décomposé parsemé de pyrites et grains de quartz; ce minerai pauvre et inexploité est concentré dans les niveaux inférieurs de Becquey et l'Escudelle.
- 7° Éboulis anciens; ce sont des terres généralement stériles dans les régions élevées, parfois riches aux niveaux les plus bas, vers Orléans; elles ont remplacé le minerai massif enlevé par les anciens et parfois empâtent des blocs autrefois abandonnés et exploités à mesure de leur découverte.
- 8° Un mélange de minerai et calcaire ferrifère pauvre, inexploitable, fréquent en petites masses à tous les niveaux.
- 9°, 10° Des ombres indiquent les vides anciens et galeries provenant de l'exploitation et non remblayés par des terres d'éboulement; la plupart de ces vides sont encore accessibles.

*Roches encaissantes.* — Des lisérés avec hachures variées indiquent les roches encaissantes de minerai; ce sont :

- 1° Un calcaire gris bleuâtre, légèrement cristalloïde, disposé généralement en assises minces qui forme la montagne encaissante et assez souvent le toit et le mur de la masse minérale.
- 2° Un calcaire grenu à cassure rougeâtre, parsemé de grains d'oxyde de fer; la surface de ce calcaire est toujours fortement rouge; cette nature de roche est surtout fréquente au mur et à la jonction du gîte principal avec les veines secondaires.

- 3° Un calcaire grenu saccharoïde blanc ou spathique, pénétré de mouches de fer carbonaté blond, fréquent au mur vers la Canale, Poutz, Auriette et Sainte-Barbe.
- 4° Une roche schisteuse placée aux extrémités du gîte, au sommet de Rancié, vers le toit et à Becquey vers le mur, qui enclave le calcaire gris dans lequel est encaissé le minerai.
- 5° Un liséré spécial indique la surface du sol.

#### GITE MÉTALLIFÈRE DE RANCIÉ.

##### *Travaux de Rancié anciens et récents. — Historique des travaux.*

Ces travaux s'étendent du sommet de Rancié jusqu'à Sem, situé à 300 mètres au-dessus du fond de la vallée de Vicdessos.

L'exploitation des mines de Rancié, d'après des documents positifs, remonte à plus de six siècles, son origine est inconnue; comme l'indique M. François dans son grand ouvrage sur la métallurgie de l'Ariège, les anciens mineurs s'avançaient toujours en descendant depuis la surface, et s'attachaient à suivre le minerai qu'ils enlevaient au pic et au coin et quelquefois à la poudre; si le minerai était abondant, ils marchaient en large taille sur 3 à 4 mètres de large et 2<sup>m</sup>, 50 à 3 mètres de haut. Quand le minerai manquait au front, ils revenaient attaquer, sur de méchants échafaudages, les soles et les plafonds; ils ne tardaient pas à former ainsi de grands vides, d'où l'eau et les éboulements les chassaient; ils portaient alors leurs travaux sur un affleurement voisin.

Dans les éboulis, les mineurs s'avançaient en attaquant le minerai en blocs épars au fur et à mesure de leur découverte; ils pénétraient dans leurs chantiers par des galeries dites *Couxières*, plus ou moins bien boisées et souvent sujettes à des éboulements. C'est ainsi qu'ont été conduits la plupart des travaux, dont l'ensemble est représenté dans les deux dessins qui représentent la topographie souter-

raîne des mines de Rancié. Depuis le commencement de ce siècle seulement, l'administration des mines a été chargée de la direction des travaux de Rancié; une méthode d'exploitation plus rationnelle, dont j'indiquerai plus bas le détail, a été adoptée, et les nombreux accidents souvent mortels auxquels la population ouvrière était exposée, ont presque complètement disparu.

#### *Travaux de Rancié.*

Je décrirai rapidement les principaux travaux de Rancié en indiquant sommairement leur historique et commençant par les plus élevés.

##### *Premier. — Tranchées du sommet de Rancié.*

Un peu au sud du sommet de Rancié se voit une série d'effondrements dont l'ensemble est dirigé E. 40° S., à peu près parallèles à la veine secondaire de la Canale, dont ils paraissent la prolongation, après rejet de 200 mètres vers l'ouest; ces vides ou tranchées sont à cheval sur les deux versants de la montagne. Visibles sur près de 150 mètres de long, ils peuvent avoir de 5 à 15 mètres de large, autant de profondeur et passent sans discontinuité des calcaires liasiques de Rancié dans les schistes de transition du toit.

*Historique.* — La tradition n'a conservé aucun souvenir de ces travaux.

Si on suit ces effondrements en descendant Rancié vers Sem, on trouve, avant d'atteindre la mine de la Roque, quelques excavations paraissant annoncer des fouilles superficielles peu profondes, dont l'origine est inconnue.

##### *Deuxième. — Mine de la Roque.*

L'amas de la Roque, situé près du sommet de Rancié et au niveau le plus élevé des mines connues, est des plus irréguliers; il est formé lui-même d'une série de renfle-

ments et étranglements, dont la puissance maximum est de 8 à 10 mètres.

Ses divers éléments sont les suivants :

Direction. . . . .	E 8 à 9° S
Pendage au sud. . . . .	35° à 40°
Longueur moyenne. . . . .	40 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	60 —
Puissance moyenne. . . . .	4 —

Le toit et le mur sont formés de roches rouges plus ou moins spathiques; à quelques mètres dans le toit est un filon de stéatite savonneuse, visible à la surface et à l'intérieur des travaux, parallèle aux assises de la montagne, de 1 mètre à 1<sup>m</sup>.50 de puissance.

*Travaux.* — La mine comprend un vide de 20 à 30 mètres de long sur 5 à 10 mètres de large et autant de profondeur, suivi d'éboulis qui cachent les fronts et le sol. Le minerai paraît avoir été complètement enlevé.

*Historique.* — Aucune tradition ne peut préciser l'époque où a été exploité le grand vide; de 1822 à 1823, une galerie de communication de 68 mètres a été établie entre le fonds de la Roque et le sommet de Saint-Louis; de 1824 à 1855, on exploita par cette galerie quelques petits massifs oubliés par les anciens et les éboulis des vieux travaux; la mine de la Roque fut définitivement abandonnée en 1855.

##### *Troisième. — Groupe de la Craugne, Saint-Louis et Chassepot.*

Ce groupe occupe, au-dessous de la Roque, les parties élevées de Rancié et a été, au commencement de ce siècle, l'objet d'une exploitation très-active; il occupe une hauteur de 80 à 100 mètres, une longueur moyenne en allongement de 250 à 300 mètres; son épaisseur, très-variable, est en moyenne de 6 à 12 mètres. Les régions supérieures de l'avancée portent plus spécialement le nom de Saint-Louis; le bas des avancées, celui de Chassepot, les affleurements

de la surface, la région du jour et la galerie qui servait autrefois à l'extraction, celui de la Craugne ; le même nom a été donné à l'ancienne place de vente où s'effectuait, à la sortie de la galerie, le marché du minerai entre les mineurs et les muletiers. Cette région qui, dans son ensemble, porte souvent le nom de la Craugne, comprend deux amas ou renflements distincts, séparés au niveau de l'ancienne galerie principale par 25 à 30 mètres de roches stériles. Le premier, voisin de la surface, est dans les conditions suivantes :

Direction. . . . .	E. 21 à 22° S.
Pendage au sud. . . . .	52 à 54°
Longueur moyenne. . . . .	60 à 70 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	60 —
Puissance moyenne. . . . .	4 à 6 —

Le toit et le mur, comme dans presque tous les amas voisins de la surface, sont formés de roches rouges plus ou moins spathiques.

*État des travaux.* — Toute cette région est en éboulis inaccessibles ; la grande place de la Craugne fut écrasée en 1819 ; de grands effondrements superficiels de près de 100 mètres d'étendue, 30 à 40 mètres de haut et autant de large attestent ce travail d'éboulement qui correspond surtout à l'amas des avancées de Saint-Louis, l'Hôpital et Chassepot.

*Historique.* — L'amas de l'entrée de la Craugne a été enlevé à une époque très-ancienne dont on n'a aucun souvenir ; lorsque vers la fin du siècle dernier, on pénétra dans le minerai des avancées de Chassepot, les mines de l'entrée étaient déjà transformées en vides et éboulis.

Le renflement des avancées dit de Saint-Louis, Chassepot et l'Hôpital est très-puissant, a donné de bon minerai dit noir pendant près de soixante-dix ans ; il présente bien quelques renflements et rétrécissements, mais en général

est assez régulier. Au fond de Chassepot, deux veines de roches, de même nature que celles du toit et du mur, divisaient l'amas en trois masses parallèles sur près de 80 mètres d'étendue ; ces bancs rocheux faisaient corps avec les calcaires encaissants.

Les divers éléments de cet amas sont les suivants :

Direction. . . . .	E. 26 à 27° S.
Pendage au sud. . . . .	70 à 71°
Longueur moyenne. . . . .	150 à 200 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	80 à 90 —
Puissance moyenne. . . . .	8 à 11 —

*État des travaux.* — Le sommet de l'amas, dans la région de Saint-Louis, présente un grand vide de près de 100 mètres d'étendue, sur 10 à 15 mètres de large et 20 à 40 mètres de haut ; ce vide est accessible par la galerie à travers bancs dite de Saint-Louis et communique avec le grand vide de la Roque par des trous irréguliers et une communication au rocher citée plus haut.

La galerie Saint-Louis à travers bancs située au mur du gîte est horizontale, à 220 mètres de long ; elle est dirigée E. 70 à 71° S. ; depuis son entrée jusqu'à son front dans le vide, elle a traversé des roches rouges et spathiques ; elle a cependant recoupé vers son milieu et près de son extrémité deux assises de 20 à 30 mètres de calcaire gris.

Tout le fonds de l'Hôpital et Chassepot est en éboulis inaccessibles descendant au Poutz. La roche du toit de Saint-Louis, l'Hôpital et Chassepot est toujours le calcaire gris ordinaire feuilleté de la montagne ; le mur est parfois gris, comme au fond de l'Hôpital (partie de l'amas situé en profondeur vers le jour) ; à Chassepot et à Saint-Louis, au haut de l'amas, il est rouge dans toute son étendue.

*Historique.* — Le grand renflement de Chassepot paraît avoir été attaqué en venant par descenderies irrégulières de l'amas du jour de la Craugne, en 1774 ; depuis

cette époque, l'exploitation fut conduite activement; un passage régulier horizontal dit Chassepot fut exécuté pour améliorer les travaux, de 1812 à 1815; en 1819 eut lieu, d'après M. François, le grand éboulement de la Craugne correspondant à l'exploitation de Chassepot; on y exploitait alors une masse de 80 à 90 mètres de haut sur plus de 10 mètres de large; toute cette masse s'est affaissée sur elle-même en 1819 et années suivantes, c'est seulement vers 1835 que les derniers piliers de l'Hôpital et Chassepot furent écrasés et occasionnèrent les vides actuels.

On continua encore à glaner au fond des vides jusque vers 1840, où la mine de la Craugne fut définitivement abandonnée.

La galerie Saint-Louis, au rocher, fut entreprise de 1816 à 1820, pour aménager l'exploitation de Saint-Louis et Chassepot; elle aboutit à l'amas après l'éboulement principal de 1819.

Depuis cette époque quelques recherches au bas des éboulis de la Craugne ont été tentées à diverses reprises en partant du niveau du Poutz; commencées vers 1840, elles ont été assez actives pendant plusieurs années; souvent ralenties, elles ont été définitivement abandonnées en 1862, et ne donnaient plus alors aucun résultat.

En descendant de la Craugne vers le Poutz, on trouve à une trentaine de mètres au-dessus de ce dernier, un ancien vide dit *le tartier* où le minerai est dirigé E. 10 à 12° S. avec pendage au sud de 40 à 41 degrés; ce vide dont le toit est assez plat est encore accessible; son sol est en éboulis, au front sont encore quelques traces de minerai pauvre; l'amas en ce point paraît faire continuité avec la base de la Craugne et le sommet du Poutz.

*Historique.* — La tradition n'a conservé aucun souvenir de cette exploitation qui, comme celle de tous les vides de la surface, doit être très-ancienne.

Quatrième. — Groupe du Poutz.

La mine du Poutz paraît très-anciennement exploitée, elle doit son nom à un puits formé par une veine secondaire verticale, placée au mur et à son entrée. Cette région du Poutz, comprend tous les travaux anciens ou récents dont l'extraction se faisait par la galerie en roche dite du Poutz.

Au Poutz situé à 160 mètres au-dessus de Sainte-Barbe et 500 mètres au-dessus du niveau de Becquey, se rencontrent à partir du jour successivement, trois amas ou renflements principaux de minerai, appartenant chacun à une des colonnes minérales indiquées dans la première partie de cette note.

Leurs éléments sont les suivants :

Première colonne située près de la surface, y compris le Poutz situé au mur.

Direction. . . . .	E. 17 à 18° S.
Pendage au sud. . . . .	59 à 60°
Longueur moyenne. . . . .	120 à 130 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	49 —
Puissance moyenne. . . . .	3 à 5 —

Le toit et le mur sont des plus irréguliers et formés de roches rouges et spathiques, le mur surtout est criblé de veines secondaires entrelacées de roches dont le Poutz vertical est le principal témoin; ses parois sont fortement bosselées, excavées en grottes par les eaux et présentent plusieurs étranglements successifs.

Second amas central ou du Porge. — Seconde colonne minérale.

Direction. . . . .	E. 15 à 16° S.
Pendage au sud. . . . .	71 à 72°
Longueur moyenne. . . . .	200 à 220 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	50 —
Puissance moyenne. . . . .	13 à 18 —

Les anciens avaient dû pénétrer à ce niveau par la Crau-

gne et Chassepot. Le toit est généralement formé de calcaire gris, le mur est de la même roche, mais est rouge et spathique au voisinage des veines secondaires au mur de la Canale et de la veine dite mur du Poutz, vers le milieu de cet amas central.

Le second affleurement est séparé du premier au niveau de la galerie du Poutz, par quelques mètres de calcaire rouge; plus haut et plus bas la région stérile beaucoup plus étendue, du côté du tartier et de l'aurette, atteint plus de 100 mètres.

Aux extrêmes avancées du Poutz sont les masses très-irrégulières formant la troisième colonne de l'église, le gros bloc et la cuvette, dont le détail est le suivant :

*Église.*

Direction. . . . .	E. 5 à 5° S.
Pendage au sud. . . . .	68 à 70°
Longueur moyenne. . . . .	60 à 80 mètres.
Hauteur moyenne. . . . .	60 —
Puissance moyenne. . . . .	3 à 5 —

*Le gros bloc.*

Direction. . . . .	E. 20 à 21° N.
Pendage au sud. . . . .	54 à 55°
Longueur moyenne. . . . .	70 à 80 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	20 à 30 —
Puissance moyenne. . . . .	5 à 10 —

Le mur et le toit de l'Église et du Gros-Bloc sont en calcaire gris, l'un et l'autre sont plus ou moins bosselés et irréguliers; au mur du Gros-Bloc sont de vastes grottes stériles.

*La Cuvette.*

Direction. . . . .	E. 19 à 20° N.
Pendage au sud. . . . .	64 à 65°
Longueur moyenne. . . . .	40 à 50 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	20 à 30 —
Puissance moyenne. . . . .	5 à 15 —

Le toit est parfois gris, parfois rouge, le mur est presque toujours rouge et spathique, la terminaison se fait en profondeur par des argiles, des calcaires rouges très-chargés de fer, quelques minerais pauvres micacés, et tout fait espérer que cette troisième colonne a une base qu'il serait possible de recouper par des travaux dirigés vers l'avancée aux niveaux inférieurs de l'Aurette, Sainte-Barbe et Becquey.

Les roches encaissantes de la Cuvette sont des plus irrégulières; elles sont fréquemment bosselées, excavées par les eaux, pénétrées de veines irrégulières secondaires, perdues à peu de distance de l'amas principal, soit au mur, soit au toit; la masse est souvent divisée par des nerfs de roche stérile grise ou rouge, qui font corps avec les parois.

*Travaux.* — La galerie principale du Poutz comprend deux parties, l'une très-ancienne, longue de 140 mètres, traverse les vides de l'entrée et suit le mur dans les éboulis; l'autre ayant à peu près 250 mètres est une mise en roche au mur.

La première partie venant du jour entre dans les vides où elle reste pendant 70 mètres; on y remarque à son mur l'ancien puits autrefois exploité en descendant qui allait communiquer aux vides irréguliers de l'Aurette dits *du Cap-del-Pas*.

Dans la mise en roche, à 250 mètres du jour, a été rencontrée dans un calcaire spathique au mur une veine secondaire exploitée sur 50 mètres de long, 15 à 20 mètres de haut et 2 à 5 mètres d'épaisseur. Sa direction est E. 2° à 3° N. son plongement en sens inverse de l'amas principal du côté du nord de 63 à 64 degrés; cette veine à contre-inclinaison s'est en descendant rapidement perdue en coin.

Toute la masse du Poutz, dite *du Porge*, située à droite de la mise en roche, est en éboulis et a dû être exploitée par le niveau supérieur de la Craugne, elle a plus de

250 mètres le long de la mise en roche. D'assez nombreuses recherches aux éboulis ont été faites sur ce point, en montant du côté de la Craugne; elles ont duré de 1840 à 1862. Au bout de cette masse d'éboulis est le massif des vides du Poutz, séparé d'elle par quelques mètres de roches rouges et spathiques; la suite de la mise en roche y conduit par une galerie en S dans la roche spathique, suivie d'une descente un peu irrégulière. Ce massif des vides du Poutz forme maintenant un grand vide long de 40 à 50 mètres, haut de 25 à 30 mètres et suivi d'éboulis au sol; il communique par deux mises en roches, soit avec l'avancée de l'Auriette, d'Orléans et de Sainte-Barbe, soit avec les éboulis du centre de l'Auriette par le Porge; le toit et le mur des vides du Poutz sont formés de calcaires rouges et spathiques sans calcaires gris; sa puissance moyenne varie entre 5 et 10 mètres. Séparé des avancées du Poutz par 5 à 10 mètres de roches rouges, il paraît éloigné de près de 50 mètres des amas irréguliers de la troisième colonne dits du *Gros-Bloc* et de la *Cuvette*. Une galerie de communication en roche grise avec veines spathiques et minéral de fer pauvre de 60 mètres, met en communication les fonds des vides du Poutz et de la Cuvette.

A l'extrémité de la mise en roche, la galerie principale du Poutz, après une légère montée en roche spathique et en roche grise, a pénétré à la base des éboulis de la Craugne, puis dans de vastes grottes comprises dans le calcaire gris stérile, et au delà par des recoupes au mur a retrouvé le massif du Gros-Bloc; ce dernier fait suite, en profondeur, au gros amas de l'Église dont la tête avait été autrefois reconnue par une petite reconpe au mur exécutée au niveau de Saint-Louis. Au voisinage de cette galerie du Gros-Bloc sont de vastes grottes stériles au mur et à l'avancée.

A peu près vers le point de bifurcation de la galerie des grottes et de celle des vides du Poutz, une mise en roche

dans le calcaire rouge et spathique dite des Rampes a été montée rapidement sur 20 à 25 mètres de haut, a pénétré au pied des éboulis de Saint-Louis dont pendant longtemps elle a servi à fouiller les blocs épars; au serrement du côté des avancées de la Craugne qui s'étend en plan incliné régulier sur près de 400 mètres depuis Saint-Louis jusqu'à Becquey, elle a traversé quelques mètres de calcaires gris stériles, est entré dans le pied du massif de l'Église et a servi à l'exploiter; au front de l'Église, une recoupe de 20 à 25 mètres a été faite en roche spathique, elle a touché le calcaire gris du toit.

Les masses de l'Église, du Gros-Bloc et de la Cuvette ne forment plus qu'un grand vide, d'un accès dangereux, avec éboulis au sol provenant de Chassepot et la Craugne.

*Historique.* — L'amas irrégulier du jour du Poutz avec son puits vertical au mur a dû être exploité à une époque très-reculée qui date de plusieurs siècles; ce travail n'a laissé aucun souvenir.

Le gros massif central dit du Porge a été exploité pendant de très-longues années par descenderies venant de la Craugne; ce travail a dû être très-actif de 1814 à 1819 et continué encore plus tard jusque vers 1835, époque à laquelle la sortie par la Craugne était tellement dangereuse qu'on a dû songer à faire au Poutz une galerie d'exploitation spéciale pour ce niveau et pour les étages supérieurs dont on se proposait de battre les éboulis.

La galerie principale du Poutz longue de près de 500 mètres fut exécutée de 1834 à 1840 presque partout dans le mur pour être assise en sécurité; depuis cette époque et surtout de 1840 jusqu'à 1850, on travailla activement aux éboulis de cette région, ces travaux ne furent abandonnés définitivement qu'en 1862, époque à laquelle l'épuisement des éboulis et la nécessité de diminuer les frais de transport du minéral forcèrent de concentrer l'exploitation dans les niveaux inférieurs de Sainte-Barbe et Becquey.

La montée des Rampes du côté de la Craugne, en roche, fut faite à la même époque de 1857 à 1840 et pendant longtemps cette galerie servit à explorer les éboulis du fond de Chassepot. On pénétra dans l'Église en 1848, et le dépilage de cette masse prit fin en 1858; la mise en roche de l'avancée du Poutz à la galerie des Grottes et du Gros bloc fut faite de 1849 à 1851; l'exploitation du Gros bloc et de la Cuvette commencée en 1851 prit fin en 1860.

Les travaux des vides du Poutz, au massif, commencés en 1841 après la mise en roche du Poutz, prirent fin en 1845 après dépilage complet; la galerie au rocher qui va des vides du Poutz au fond de la Cuvette fut faite de 1850 à 1855.

La veine secondaire au mur du Poutz trouvée dans la mise en roche fut exploitée de 1845 à 1847.

Cinquième. — Groupe de l'Auriette.

La mine de l'Auriette intermédiaire entre le Poutz et Sainte-Barbe, est située à 100 mètres au-dessus de cette dernière et à 250 mètres au-dessus de Becquey. Elle est une des plus anciennes de Rancié; au commencement de ce siècle elle était déjà à l'état d'éboulis et sous le nom de Taoudis, concurremment avec la Craugne, elle suffisait aux besoins de l'industrie.

D'après M. François, M. d'Aubuisson écrivait de l'Auriette en 1812 :

« Elle ne présente qu'une immense masse d'éboulis au milieu desquels la nécessité de vivre porte 400 mineurs à s'ouvrir de petits chantiers, où ils recherchent, brisent et extraient les blocs de minerai qui y sont enfouis. Ils travaillent sous des voûtes formées de quartiers de roches et de fragments de la couche métallifère, sans liaison, s'appuyant simplement les uns contre les autres; sans hyperbole, on peut dire que ces ouvriers ont sans cesse la mort en équi-

libre sur leur tête, et qu'un rien peut rompre cet équilibre et les anéantir sous des milliers de quintaux de pierres. Ici tous les secours de l'art ne peuvent rien. En bonne police, de tels chantiers devraient être fermés. Mais comment nourrir les mineurs qui y gagnent leur pain? Comment pourvoir de minerai les cinquante forges qui se pourvoient à Rancié? »

La mine de l'Auriette s'étendait alors jusqu'à 450 et 500 mètres de profondeur, elle se dirigeait en montant du côté du Poutz et probablement devait rejoindre par des ramifications souterraines les grandes mines de la Craugne, qui à la même époque descendaient du même côté; le niveau du Poutz n'était pas encore ouvert et l'extraction se faisait par la Craugne et le Taoudis.

Le niveau de l'Auriette comprend deux amas ou renflements successifs.

Le premier, voisin de la surface, est comme tous ceux compris dans la même situation, des plus irréguliers; il est formé lui-même d'une série assez nombreuse de renflements et étranglements; le mur et le toit depuis la surface jusqu'au tiers de son parcours, sont des roches rouges et spathiques; ils sont fortement bosselés, creusés par les eaux, et présentent des poches irrégulières de minerai. Le front se termine en calcaire gris.

Les divers éléments de ce premier amas sont les suivants :

Direction. . . . .	E. 15 à 16° S.
Pendage au sud. . . . .	49 à 50°
Longueur moyenne. . . . .	200 à 220 mètres.
Hauteur moyenne. . . . .	30 à 40 —
Puissance moyenne. . . . .	6 à 8 —

*Travaux.* — Le gros amas de l'entrée de l'Auriette ne présente plus qu'une série de grands vides avec éboulis au sol et au front; du côté du Poutz, en montant, ces cavités communiquent avec les éboulis d'en haut par de vastes

boyaux en grande partie vides dits du Cap-del-Pas. Du côté du jour, en descendant, quelques éboulis vont jusqu'aux niveaux inférieurs de la Graillière.

*Historique.* — L'exploitation des vides de l'entrée de l'Auriette et du Cap-del-Pas, doit dater de plus d'un siècle; elle n'a laissé aucun souvenir.

Le massif des avancées de l'Auriette appelé successivement le Taoudis, le Porge, suivant les points où l'exploitation était concentrée, est séparé du renflement de la surface par 50 à 60 mètres de roches rouges où s'était maintenu un filet mince de minerai.

Il est régulier, très-puissant et paraît avoir donné de grandes quantités de minerai dès le commencement du dix-huitième siècle. Ses éléments sont les suivants :

Direction. . . . .	E. 7 à 8° S.
Pendage au sud. . . . .	65 à 66°
Longueur moyenne. . . . .	240 à 260 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	50 à 60 —
Puissance moyenne. . . . .	12 à 18 —

Les roches du toit et du mur sont en calcaire gris excepté à l'extrême avancée où domine la roche rouge et spathique.

*Travaux.* — Toute la masse de l'Auriette est en éboulis, depuis de longues années. La galerie principale dite de l'Auriette traverse, à partir du jour, assez solidement blindé, toute la série des vides de la surface; au delà, elle suit l'étranglement de minerai qui sépare les deux renflements, elle entre dans les éboulis où elle reste jusqu'à son front; cette portion de galerie a été fréquemment écrasée par les éboulements, refaite et de nouveau détruite nombre de fois à des niveaux variables; rarement, elle a pu être maintenue intacte dans toute sa longueur.

L'extrême avancée de l'Auriette est en communication

par des mises en roche avec les vides du Poutz et avec Orléans situé à un niveau inférieur, ces mises en roches ont été faites dans le calcaire rouge et spathique, plus ou moins ferrifère, et imprégné de veines minces de fer micacé ou autres minerais très-pauvres. A l'extrême avancée de l'Auriette une recherche de plus de 50 mètres a été dirigée dans la roche rouge du côté du toit; elle n'a trouvé que des argiles ocreuses et des taches de minerai mélangées de sable et s'est perdue sans suivre de direction bien nette, au milieu d'un amas rouge et spathique.

Une autre mise en roche partant des vides du Poutz, communique avec les éboulis de l'avancée de l'Auriette par le Porge.

*Historique.* — Le gros amas du Taoudis ou Porge a dû être la principale exploitation de Rancié dans le courant du dix-huitième siècle; en 1812, il présentait déjà des masses d'éboulis par lesquels on pénétrait en cherchant à monter vers la base de la Craugne; le Poutz n'existait pas, les avancées du Taoudis dits le Porge étaient encore en massif; de 1812 à 1819 on remit en état la galerie aux éboulis de l'Auriette et on poursuivit ces recherches aux éboulis qui, pendant de longues années, furent continués avec succès et furent définitivement abandonnés vers 1865.

L'avancée du Porge au massif entamée en 1826, continua jusqu'en 1845, elle fut alors transformée en éboulis et fouillée en cet état jusqu'en 1855. La mise en roche, mettant en communication avec les vides du Poutz, a été exécutée de 1835 à 1838 par la région des éboulis et du côté de l'avancée de 1846 à 1847. La recherche stérile, horizontale, située à l'extrême avancée commencée en 1849 a été arrêtée en 1852.

## Veine secondaire de Capeil.

Vers l'entrée du second amas du Taoudis est la veine secondaire au mur dite de Capeil; elle se détache de l'amas principal à environ 20 mètres au-dessus de la galerie principale de l'Auriette; en descendant elle s'en éloigne de plus en plus et à 20 mètres au-dessous de l'Auriette elle en est déjà distante de près de 40 mètres; de plus, en descendant, elle s'incline du côté du jour; elle plonge à contre-inclinaison sous un angle de 20 à 25 degrés avec le gros amas; elle est des plus irrégulières; le toit est en général, plat, poli, très-corrodé par les eaux avec argiles grasses dans les cavités arrondies, il est rouge en haut, gris en bas; le mur et toute la roche comprise à l'angle de soudage de la veine secondaire avec l'amas principal est rouge et spathique;

La longueur moyenne varie entre. . .	15 et 40 mètres
La hauteur est de. . . . .	40 à 5 —
La puissance. . . . .	1 à 5 —

En profondeur, le minerai se perd dans des grottes stériles qui descendent assez loin dans le calcaire gris du mur.

Cette branche au mur exploitée de 1850 à 1863 ne présente plus qu'un grand vide avec éboulis au sol.

## Sixième. — Groupe de la Graillière et d'Orléans.

En suivant les affleurements de la surface, on trouve à moitié chemin de l'Auriette à Sainte-Barbe, un assez grand vide, facilement accessible, dit de la Graillière qui correspond à une exploitation très-ancienne dont la tradition n'a pas de souvenirs; il se trouve dans les conditions suivantes:

Direction . . . . .	E. 34 à 35° S.
Pendage au sud. . . . .	39 à 40°
Longueur moyenne. . . . .	80 à 100 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	30 à 40 —
Puissance moyenne. . . . .	3 à 8 —

Comme tous les amas de la surface, il est enclavé au toit et au mur dans des roches rouges ou spathiques; il est très-plat, très-irrégulier, surtout au mur; dans sa partie inférieure, un nerf de roche rouge le divise dans presque toute son étendue sur 40 à 50 mètres, en deux masses parallèles; ce banc rocheux fait corps avec les parois.

Au sol du vide accessible, sont des éboulis d'une profondeur inconnue, au front sont également quelques roches brisées qui paraissent communiquer avec les vides de l'Auriette.

## Orléans et trou du Diable.

Le niveau d'Orléans est intermédiaire entre l'Auriette et Sainte-Barbe; à peu près à égale distance de chacun d'eux, il est à environ 50 mètres au-dessus de Sainte-Barbe.

Comme le montre la topographie souterraine, en descendant au-dessous de l'Auriette, la grosse masse de Taoudis se bifurque en deux branches beaucoup plus maigres dont l'une va former les avancées d'Orléans et l'autre la région du Trou du Diable, de sorte qu'au niveau intermédiaire entre l'Auriette et Sainte-Barbe, le gîte présente une succession de trois amas dits de la Graillière, du Trou du Diable et d'Orléans séparés par de longues régions stériles.

## Trou du Diable.

L'amas du Trou du Diable communique, d'une part, en montant, à l'Auriette par les vides et éboulis dits du Capdel-Pas, d'autre part en descendant, avec le sommet du grand vide de Sainte-Barbe; il tient son nom d'un grand courant d'air, qui, à l'époque où il fut exploité circulait d'un vide à l'autre et faisait un grand bruit.

Les deux régions voisines de l'Auriette et Sainte-Barbe ont été exploitées par ces deux mines à une époque très-ancienne dont on n'a aucun souvenir; depuis longtemps

elles sont transformées en éboulis, de 1835 à 1839 une galerie fut percée de ce côté en roche spathique avec traces de minerai, venant du jour d'Orléans; cette galerie peut avoir 30 à 40 mètres; elle mit à découvert, dans la région du Trou du Diable un petit massif intact oublié par les anciens, qui fut enlevé de 1839 à 1841; on ne tarda pas à tomber au delà dans les vides et éboulis du Cap-del-Pas.

## Orléans.

A Orléans le massif des avancées présente une série de trois renflements et étranglements successifs; la masse minérale commence à s'appauvrir; le mur est en roche grise, le toit est gris du côté du jour et rouge vers l'avancée; vers son centre, se détache une veine secondaire dite, dédoublément au toit de Sainte-Barbe; au point de jonction, les roches sont rouges et spathiques sur une assez grande longueur; les éléments de cet ensemble sont les suivants:

Direction. . . . .	E. 11 à 12° S.
Pendage du sud. . . . .	68 à 69°
Longueur moyenne. . . . .	200 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	35 à 40 —
Puissance moyenne. . . . .	8 à 12 —

Il est divisé en trois amas réunis par un étranglement en minerai de quelques mètres, qui ont les dimensions suivantes:

1 <sup>er</sup> Longueur. . .	50 mètres.	Épaisseur. . .	3 à 8 mètres.
2 <sup>e</sup> Longueur. . .	60 —	Épaisseur. . .	5 à 9 —
3 <sup>e</sup> Longueur. . .	100 —	Épaisseur. . .	10 à 20 —

Le niveau d'Orléans a été exploité par l'Auriette et depuis très-longtemps est transformé en éboulis. La galerie principale placée tantôt au toit, tantôt au mur, commencée en 1838 a été terminée vers 1840; à cette époque la région centrale dite de Tarbes, qui venait de l'Auriette était déjà

exploitée en éboulis; les extrémités du côté du jour et de l'avancée étaient en massif; leur exploitation a été commencée vers 1840; en même temps des fouilles aux éboulis étaient déjà dirigées dans Tarbes; le massif d'Orléans n'a pas tardé à être défilé et déjà vers 1838, il était à peu près écrasé; en ce moment, les éboulis descendent à peu près jusqu'à 30 mètres en dessus de Sainte-Barbe au centre d'Orléans et à 40 mètres aux deux extrémités.

C'est dans cette région centrale d'Orléans près du massif, que sont actuellement dirigées les recherches aux éboulis qui donnent d'excellents résultats; par suite de l'assez grande différence de densité des blocs épars et des terres ébouleuses, ces blocs ont dans le tassement successif des éboulis une plus grande tendance à descendre et arrivent d'une très-grande hauteur à se concentrer à la base des vieux travaux au voisinage du massif; aussi les recherches établies à ce contact donnent-elles presque toujours d'excellents résultats.

Si d'Orléans on descend à Sainte-Barbe, on voit dans les régions non ébouleées le minerai s'appauvrir sur de grands espaces et se charger de sables et calcaires ferrifères pauvres et devenir parfois inexploitable; deux niveaux intermédiaires de travaux ont été exécutés entre Orléans et Sainte-Barbe; à chacun d'eux, le tiers du minerai est à peu près sans valeur; cette circonstance fait qu'il sera longtemps respecté; il servira de piliers de soutènement et pendant de longues années, les éboulis n'auront pas trop de tendance à descendre au-dessous de leurs limites actuelles.

A Orléans, une recherche aux extrêmes avancées de même nature que celle de l'Auriette a été essayée de 1842 à 1845, elle a atteint près de 60 mètres, a traversé des roches spathiques et touché le calcaire gris au front; elle marchait à la poursuite du pied de la troisième colonne minérale de Rancié, elle a été trop tôt interrompue.

Septième. — Groupe de Sainte-Barbe.

Le niveau de Sainte-Barbe est situé à peu près au tiers inférieur de la montagne ; le gîte métallifère comprend deux amas, séparés par 150 mètres de roches stériles.

Le premier, voisin de la surface, affleure en un énorme empâtement de roches rouges et spathiques ; ses éléments sont :

Direction. . . . .	E. 9 à 10° S.
Pendage au sud. . . . .	55 à 56°
Longueur moyenne. . . . .	150 à 180 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	60 à 70 —
Puissance moyenne. . . . .	13 à 18 —

Le toit et le mur sont de calcaire gris, excepté au jour et à l'avancée où la masse minérale se perd dans des roches spathiques imprégnées de veines irrégulières de minerai pauvre.

L'exploitation de ce grand vide remonte à une époque ancienne et a dû être très-active dans le courant du XVIII<sup>e</sup> siècle ; d'après M. François de 1760 à 1769, eurent lieu les grands éboulements qui engloutirent la place de ce minier et donnèrent naissance aux vides actuels en y suspendant toute exploitation.

Le second renflement, à l'avancée, fait suite à celui d'Orléans en continuant à s'amincir et s'appauvrir, aussi bien en quantité qu'en qualité ; l'amas principal se trouve dans les conditions suivantes :

Direction. . . . .	E. 1 à 2° S.
Pendage au sud. . . . .	69 à 71°
Longueur moyenne. . . . .	150 à 200 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	100 à 120 —
Puissance moyenne. . . . .	4 à 5 —

Ce minerai présente une veine secondaire au toit, qui se détache du principal amas, vers son centre et à 40 mètres

en dessus de Sainte-Barbe ; en descendant, elle se dirige vers le jour et s'éloigne pour se perdre à 20 mètres en dessous de Sainte-Barbe, et à près de 25 mètres dans son toit ; les diverses conditions de cet amas sont les suivantes :

Direction. . . . .	E. 10 à 11° S.
Pendage au sud. . . . .	57 à 58°
Longueur moyenne. . . . .	80 à 100 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	40 à 50 —
Puissance moyenne. . . . .	1 à 5 —

Au niveau de Sainte-Barbe, le mur de l'amas principal et le toit de la veine secondaire sont généralement de calcaire gris ; du côté du jour, où les deux gîtes sont assez éloignés et minces, les roches intercalées sont également grises ; vers l'avancée les deux amas se rapprochent, s'épaississent et ne sont plus séparés que par des calcaires rouges, très-cristallins, des argiles ocreuses, manganésifères avec veines irrégulières de minerai passant de l'un à l'autre. Toute la masse des doubles avancées, va se perdre dans un énorme empâtement de roches rouges, argiles et minerais pauvres, terminé par des grottes, où des recherches irrégulières très-nombreuses ont été inutilement tentées, soit en hauteur, soit en profondeur ; la masse minérale se dissémine en une foule de petits rameaux qui passent insensiblement du minerai à des argiles ocreuses et sableuses et plus loin à des grottes stériles ; ces divers rameaux divergent en tous sens et disparaissent toujours à de courtes distances dans la masse du calcaire rouge et spathique qui les enclave.

On désigne sous le nom de Sainte-Barbe toute la masse minérale comprise à 50 mètres en dessus et 40 à 50 mètres en dessous de la galerie principale d'extraction.

Toute cette région en massif a été recoupée par de nombreux niveaux horizontaux, avec galeries au mur, galeries au toit ; au-dessus de Sainte-Barbe sur 50 mètres, on en compte quatre et au-dessous sur 40 mètres, cinq ont déjà

été exécutés depuis plus de dix ans. Tous ces niveaux sont mis en communication par un grand nombre de descenderies et cheminées dont trois principales, régulières, rectilignes, parfois en roche qui servent de grands passages pour l'exploitation; l'une est placée au centre et les autres aux deux extrémités de l'amas, vers l'avancée et vers le jour; le traçage de cette masse peut être considéré comme terminé. Des dépilages locaux ne tarderont pas à être commencés et pendant encore de longues années, ces dépilages joints aux recherches aux éboulis faites à Orléans, au-dessus du massif, pourront donner d'excellentes ressources. L'inspection de la topographie souterraine permet de bien constater comment la grosse masse du Taoudis de l'Auriette se rétrécit et s'appauvrit par Orléans et Sainte-Barbe; le niveau supérieur de 20 mètres à Sainte-Barbe, encore assez large vers l'avancée, est formé dans sa plus grande moitié de minéral sableux, mélangé de roches rouges, d'argiles ocreuses et est à peu près inexploitable.

A Sainte-Barbe le minéral est mauvais, un peu vers le jour et surtout aux avancées des deux gîtes; en dessous de Sainte-Barbe, la masse se réduit encore, diminue rapidement en toutes dimensions.

A 40 mètres en dessous de la galerie principale, elle se réduit aux dimensions suivantes :

Longueur. . . 50 à 60 mètres. Épaisseur. . . 2 à 4 mètres.

De plus, le minéral n'y est exploitable qu'au mur en bande mince, la partie du toit est quartzeuse et sans valeur; plus bas encore, à 70 mètres en dessous de Sainte-Barbe et à moitié chemin de Becquey, le minéral, suivi par l'ancienne descenderie de Sainte-Barbe à Becquey, assez large était très-quartzeux et un étage très-court commencé alors, s'est bientôt perdu dans les sables.

Le tableau suivant indiquant les sections moyennes de cet amas et du minéral exploitable à chaque étage, depuis

l'Auriette jusqu'à 60 mètres en dessous de Sainte-Barbe, représente bien cette progression décroissante.

NIVEAU.		SECTION TOTALE.	SECTION du minéral exploitable.
		mètres carrés.	mètres carrés.
1	Auriette. . . + 100	3.728	3.728
2	Id. . . . + 80	2.010	2.010
3	Orléans. . . + 60	1.450	1.450
4	Id. . . . + 40	1.060	670
5	Sainte-Barbe. + 20	2.210	990
6	Id. . . . 00	2.250	1.300
7	Id. — 20	660	460
8	Id. — 40	310	180
9	Id. — 60	40	20

Il y a cependant lieu d'espérer que ce grand étranglement entre Sainte-Barbe et Becquey ne persistera pas toujours en direction et que, quelques veines pauvres suivies en recherches permettront dans le grand espace inconnu de trouver d'autres amas au jour, à l'avancée ou même dans le mur du gîte connu; quelques travaux récents venant de Becquey, donnent à cet égard des espérances.

*Historique.* — L'exploitation du niveau inférieur de Sainte-Barbe date de 1848, époque à laquelle a été exécutée toute la première partie de la grande galerie d'extraction dans le premier amas superficiel; ce travail fut fait de 1848 à 1849, partie en roche, partie au mur des anciens éboulis.

La seconde mise en roche entre les grands vides et le massif des avancées a été entreprise de 1845 à 1848 par les deux extrémités; c'est alors que cette région de Sainte-Barbe où on pénétrait déjà par le niveau supérieur de l'Auriette et les grands vides, fut ouverte à une exploitation régulière; le traçage du massif commencé peu de temps après fut mené surtout très-activement à partir de 1854, il dure encore; le dédoublement du toit de Sainte-Barbe trouvé à peu près à la même époque, commença à être exploité en 1855; ce travail continue encore maintenant et les dépilages avancent.

A l'extrême avancée de Sainte-Barbe, de 1852 à 1854, ont été essayées des recherches analogues à celles des avancées de l'Auriette et d'Orléans, soit au gîte principal, soit à la veine secondaire; après un parcours plus ou moins irrégulier de 40 à 50 mètres dans les roches rouges spathiques et argiles ocreuses, elles ont touché le calcaire gris et ont été abandonnées.

Les trois grandes montées qui conduisent d'Orléans à Sainte-Barbe sont déjà anciennes; elles ont été exécutées, celle du centre, de 1841 à 1845, celle des avancées, de 1840 à 1847, et celle du jour de 1839 à 1846.

Les grands traçages au massif de Sainte-Barbe commencés après 1848 ont été surtout actifs de 1854 à 1865; ils durent encore mais sont presque terminés.

Les recherches dirigées vers Becquey en dessous de Sainte-Barbe dites de la grande descenderie dont j'ai indiqué les résultats jusqu'à 60 mètres en dessous de Sainte-Barbe, ont été commencées en 1852 et conduites au niveau de Becquey en 1856.

Septième. — Jour de Becquey. — Escudelle et Bellagre.

Au-dessous de Sainte-Barbe est sur l'affleurement principal de Rancié, un grand vide, dit de l'Escudelle, très-ancien qui, d'après M. François, aurait été produit par un grand écrasement comme celui de Sainte-Barbe de 1760 à 1769; ce vide est le dernier qu'on rencontre avant d'atteindre le fond du vallon de Sem et correspond à des exploitations faites sur un gros amas situé non loin du jour, au niveau de Becquey auquel on donne souvent le nom de massif de l'Escudelle.

Un peu en dessous du vide de l'Escudelle, mais tout à fait au mur du grand affleurement, est également l'entrée d'une ancienne mine dite de Bellagre où étaient de grands travaux constatés par Dietrich en 1784, qui disait, qu'au

Bellagre, il y avait d'excellentes mines noyées par les eaux.

Ce minier est creusé sur une veine secondaire au mur, détachée de la masse principale.

Massif de l'Escudelle.

De 1820 à 1825 d'après les traditions connues de l'existence des miniers de l'Escudelle et Bellagre, une galerie de recherche et d'écoulement fut exécutée à peu près au niveau du village de Sem et à 40 mètres au-dessus du sol de son église. Cette galerie dite de Becquey est maintenant devenue galerie d'écoulement pour toutes les mines et galerie d'extraction pour les trois quarts des travaux; elle est dirigée à travers bancs suivant la direction E. 50 à 60° S. et recoupe les assises de la montagne sous un angle d'à peu près 45 degrés; cette mise en roche dite galerie rectiligne traverse successivement :

70 mètres.	. . .	Terres ébouleuses de la surface.
75	— . . .	Calcaire gris ordinaire.
30	— . . .	Calcaire rouge spathique qui paraîtrait représenter le passage de l'affleurement ferrifère de la Canale et Pujol Rouch.
190	— . . .	Schistes noirs pyriteux.
40	— . . .	Calcaire gris.
30	— . . .	Calcschistes et schistes.

Et après 375 mètres de parcours elle a recoupé la base du massif de l'Escudelle.

De 1826 à 1830, une galerie d'allongement au mur reconnu dans toute son étendue soit vers l'est, soit vers l'ouest, la base du massif, jusqu'à son extrême limite, elle s'est terminée du côté de l'avancée dans la roche grise et du côté du jour (galerie de l'Espérance) dans la roche rouge et spathique. A la même époque de 1826 à 1829, fut exécuté le puits de Bellagre. A la suite de la galerie rectiligne, diverses recherches furent tentées vers cette région à la

poursuite de la veine secondaire de Bellagre, dont l'entrée par la surface avait été réouverte en 1812; l'ensemble de ces travaux, après avoir reconnu un massif de minerai long de 120 mètres, sur une hauteur de 30 à 31 mètres et une puissance moyenne de 7 à 9 mètres, tomba dans les éboulis des anciens travaux et fut abandonné jusque vers 1863. date de la réouverture des chantiers de l'Escudelle; l'exploitation continue encore et paraît devoir être poursuivie pendant de longues années. A la même époque de 1830 à 1834, deux recherches furent essayées aux extrêmes avancées du massif à Becquey et l'Escudelle à 30 mètres l'une au-dessus de l'autre; ces galeries dirigées E. 38 à 39° S. dans le calcaire gris ne tardèrent pas à être abandonnées, elles s'égarèrent évidemment dans le toit.

Un peu plus tard, l'avancée de l'Escudelle fut mise en communication avec les grands vides de Sainte-Barbe par une galerie sinueuse montante de 120 mètres, partie en minerai, partie en roche, partie dans les éboulis des anciens travaux compris au pied des vides de Sainte-Barbe.

Le massif de l'Escudelle se compose lui-même de quatre renflements successivement étagés les uns au-dessus des autres de 20 à 40 mètres, en marchant du jour vers l'avancée.

Le premier situé à droite de la galerie rectiligne, dit de l'Espérance, est dans les conditions suivantes :

Direction. . . . .	E. 8 à 9° S.
Pendage au sud. . . . .	75 à 78°
Longueur moyenne. . . . .	50 à 60 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	20 à 30 —
Puissance moyenne. . . . .	2 à 4 —

Le toit est en calcaire rouge, le mur est schisteux, le minerai est lui-même un peu schisteux et a été à peu près complètement enlevé par le puits de Bellagre de 1828 à 1850.

Le front de cet amas forme l'extrême avancée de Rancié du côté de l'ouest, il est en roche rouge et spathique avec petite salbande terreuse au centre; une recherche à l'ouest dirigée de ce côté irait par-dessous le ruisseau de Sem recouper après un parcours de 300 mètres la base des affleurements de la Piquette situés de l'autre côté du vallon.

Le second renflement de l'Escudelle forme un énorme amas ramassé sur lui-même dont les conditions sont les suivantes :

Direction. . . . .	E. 11 à 12° S.
Pendage au sud. . . . .	65 à 66°
Longueur moyenne. . . . .	50 à 60 mètres
Hauteur moyenne. . . . .	30 à 56 —
Puissance moyenne. . . . .	10 à 20 —

Toute la partie supérieure de la masse jusque vers 25 mètres au-dessus de Becquey est en éboulis; par le haut et vers le jour, elle communique avec les anciens travaux de Bellagre, toute la région inférieure constatée par quelques recherches de 1825 à 1830 et abandonnée à cette époque est en massif; elle fut reprise en 1863; après quelques travaux préparatoires qui détachèrent de l'ancien passage une lisière mince de roches rouges, de belles masses de minerai furent mises à nu au-dessous des anciens éboulis; ces travaux continuent encore et donnent des espérances, surtout dans la région du mur où des veines secondaires apparaissent.

Le toit de ce second amas est en calcaire gris, séparé du minerai par une forte salbande argileuse, le mur est partie rouge, partie gris et présente à son extrémité de l'avancée du mauvais minerai pauvre perdu insensiblement dans une roche assez rouge, plus ou moins pénétrée de veinules ramifiées de fer hydroxydé; 15 à 20 mètres de calcaire rouge et spathique traversés par la galerie Becquey et parsemés de traces minérales, séparent ce second amas de celui de l'Espérance.

Le troisième renflement de l'Escudelle est une grosse boule transformée en vide par une exploitation très-ancienne d'origine inconnue; il n'est séparé du premier que par quelques mètres de roches rouges; il ne descend point au niveau de Becquey et reste à 30 mètres au-dessus; il peut avoir 30 à 35 mètres de long, 10 à 15 mètres de large et autant de haut; il paraît communiquer par des éboulis supérieurs et de longs boyaux de dimensions inconnues avec le vieux vide de la surface dit de l'Escudelle, produit par un ancien écrasement rapporté au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle;

Cette excavation du centre de l'Escudelle est enclavée de toute part par le calcaire gris.

Des travaux tous récents viennent d'y découvrir une veine secondaire au mur; une veine latérale au toit y était connue depuis longtemps.

Au delà de ce vide, après une traversée de 20 à 25 mètres en roche grise, on a reconnu à une époque déjà ancienne après 1830, la base d'un quatrième massif de l'Escudelle qui, partant de 30 mètres en dessus de Becquey, monte sur près de 50 à 60 mètres du côté des grands vides de Sainte-Barbe; au-dessus, sont les éboulis des anciens, très-puissants avec un petit dédoublement au toit, de 1 mètre à 1<sup>m</sup>.50 d'épaisseur, dans lequel a été percée la communication de l'Escudelle à Sainte-Barbe; cette galerie de jonction n'avait guère rencontré que du minerai pauvre et pyriteux et des roches rouges. En 1863, à l'époque de la reprise de cette région, quelques recherches préparatoires ont dégagé ces roches pauvres et mis à nu un massif assez considérable situé dans les conditions suivantes :

Direction . . . . .	E. 1 à 2° S.
Pendage au sud . . . . .	75 à 80°
Longueur moyenne . . . . .	40 à 50 mètres
Hauteur moyenne . . . . .	30 à 40 —
Puissance moyenne . . . . .	2 à 6 —

Les travaux d'exploitation commencés alors continuent en ce moment avec activité; le toit, généralement formé de calcaire gris, est souvent plat dans le haut, devient presque vertical en descendant et présente même des contre-inclinaisons remarquables; le mur est rouge, bosselé et irrégulier; le minerai est par places un peu pyriteux et à la base de l'amas passe à la roche encaissante insensiblement par des fers carbonatés blonds quartzeux; le fer carbonaté se rencontre aussi en blocs isolés dont on voit la superficie se décomposer graduellement et donner à son pourtour le minerai ordinaire hydroxydé cristallin (hématite brune); le passage est fait à partir du noyau de fer carbonaté blond par des fers carbonatés en partie décomposés à surface noirâtre et poussière rouge, des oxydes de fer très-peu hydratés et manganésifères et plus loin par des fers hydroxydés compactes qui s'hydratent peu à peu pour donner un peu plus loin les hématites cristallines. Cette structure par décomposition rayonnée passant lentement du fer carbonaté à l'hématite cristalline, commence à se produire au bas de l'Escudelle, et devient très-fréquente au pied du massif inférieur de Becquey.

#### Bellagre.

La veine secondaire au mur dite de Bellagre se détache de l'amas de l'Escudelle un peu plus haut que Becquey, suivant la direction O. 45 à 44°N., en faisant avec le gîte principal un angle de 22 degrés; elle s'enfonce dans le mur jusqu'à 50 ou 60 mètres.

La puissance moyenne est de 3 à 7 mètres, sa hauteur de 40 à 50 mètres; les travaux de Bellagre commencés par la surface ont une origine très-ancienne, inconnue; réouverts en 1812, ils ont été plus tard continués jusqu'en 1830 par la galerie Becquey et maintenant sont transformés en vides et éboulis. En suivant au niveau de l'Escudelle le contact du massif et des éboulis, on pourrait avoir l'espoir de trou-

ver pendant quelque temps des blocs épars provenant de l'écrasement des anciens travaux et descendus par suite de leur excédant de densité sur celle des roches encaissantes, à la limite inférieure des éboulements.

Nouvième. — Avancée de Becquey.

Le massif des avancées de Becquey a été tout d'abord reconnu par la grande descenderie qui venait du niveau de Sainte-Barbe, exécutée de 1852 à 1856; depuis la chambre où le minerai était pauvre, ce travail continue à suivre le minerai en descendant jusqu'à 100 mètres en dessous de Sainte-Barbe et 40 mètres en dessus de Becquey; la qualité du minerai s'était améliorée; plus bas, elle fut poursuivie dans une roche rouge, des argiles ocreuses, pénétra même sur certains points dans le calcaire gris en laissant de côté, dans son toit, l'amas minéral qu'elle retrouva à sa base à quelques mètres au-dessus de la galerie Becquey. En ce point le massif des avancées était séparé par près de 400 mètres de celui de l'Escudelle; la communication fut commencée par les deux bouts et terminée en 1858.

Elle comprend à partir de l'avancée de l'Escudelle : 240 à 250 mètres de mise en roche dans le calcaire gris stérile après lesquels elle a rencontré l'extrémité du massif de Becquey; elle a alors successivement traversé :

1° Un petit amas de minerai noir, quartzeux et parfois pyriteux, mélangé de roches rouges pauvres de 30 à 35 mètres de long, sur 1 à 3 mètres d'épaisseur.

2° Une roche très-dure composée de fer carbonaté blond, quartz et pyrite, faisant corps avec les roches encaissantes et donnant sur son pourtour par décomposition rayonnée des minerais noirs un peu pauvres et assez fréquemment pyriteux.

3° Après 25 mètres de parcours dans cette roche, elle a suivi pendant 60 à 70 mètres un amas de minerai de qualité

médiocre souvent mélangé de calcaire rouge, trop pauvre pour être exploité dont la puissance variait de 1 à 5 mètres; au delà elle a suivi pendant 45 à 50 mètres une veine étroite de minerai de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre parfois même complètement étranglée et alors a pénétré dans le grand massif de Becquey dont elle a longé le toit jusque vers l'avancée où le calcaire gris stérile a apparu; les roches du toit et du mur se sont rejointes sans traces de filet terreux pour servir de guide à une recherche postérieure; une galerie de reconnaissance fut poussée au mur, et une traverse du toit au mur reconnut la masse minérale sur 22 à 25 mètres d'épaisseur: cet ensemble de travaux fut terminé vers 1860.

La section minérale correspondante au niveau de Becquey, disposée en forme de triangle, se trouvait avoir 120 mètres de long et 22 mètres de base; la traverse avait été exécutée heureusement au point du maximum de puissance; des recherches tentées du centre de la traverse vers l'avancée ont fait reconnaître plus tard une roche stérile qui s'avance en forme de coin et divise l'amas en deux branches d'une puissance de quelques mètres; celle du mur se perd rapidement en coin, celle du toit se réduit bientôt à 3 ou 4 mètres d'épaisseur et continue jusqu'au fond de la galerie; de plus à ce niveau comme aux niveaux supérieurs, toute la masse du toit sur plus de la moitié de sa puissance n'est qu'un mélange de minerai quartzeux et sables chargés d'un peu d'oxyde de fer, à peu près inexploitable.

La tendance de la masse minérale à s'appauvrir dans les régions profondes, aussi bien en qualité qu'en quantité, continue jusqu'à Becquey et doit probablement persister en dessous.

Des travaux récents exécutés depuis l'ouverture de l'exploitation par Becquey en 1863, jusqu'à maintenant ont augmenté les ressources de cette région. Au toit et au mur de la partie basse de la grande descenderie, vers la mise en roche, de petits percements de quelques mètres ont trouvé

d'assez jolis massifs dont l'un porte le nom de dédoublement au mur de Becquey et l'autre fait suite à la grande masse qui descend de Sainte-Barbe à Becquey. La plupart des chantiers actuels occupent ces deux régions nouvelles et tous les jours développent les ressources de l'avenir dans ce grand espace encore mal connu.

Tout récemment au mur du petit amas de mauvais minerai où la longue mise en roche de l'Escudelle à Becquey commence à toucher le massif des avancées, un petit percement de quelques mètres a été fait en roche grise et rouge; il a trouvé au mur de la masse principale un dédoublement dont l'existence n'était pas même soupçonnée, cette découverte donne des espérances; elle s'étend du côté du jour derrière la grande mise en roche qui paraîtrait tracée dans le toit général du gîte, et il ne serait pas impossible en faisant sur divers points de cette dernière des attaques de quelques mètres droit au mur, de trouver des amas de même nature de façon à faire suite à peu près continue entre Becquey et l'Escudelle et remplir le grand espace stérile ou inconnu qui sépare ces deux régions extrêmes.

#### Dixième. — La Canale.

La grande veine secondaire au mur, dite de la Canale est connue par ses affleurements superficiels depuis un temps immémorial; cette branche est un véritable gîte important orienté E. 45° S., plongeant au sud de 65 à 66 degrés qui se soude avec l'amas principal au niveau de la Craugne sous un angle de 22 à 24 degrés.

Ce gîte au mur comprend deux régions principales; l'une superficielle reconnue sur 30 à 40 mètres de haut, 60 à 100 mètres de long et 1 à 5 mètres d'épaisseur a été exploitée à une époque très-ancienne dont le souvenir est perdu par des travaux situés à peu près au niveau de la Craugne; elle est transformée depuis longtemps en vides et éboulis.

L'autre colonne séparée de la première par 20 à 30 mètres de roches rouges et spathiques est moins longue, mais descend très-régulièrement depuis la Craugne jusqu'à l'Auriette sur 140 mètres de haut, avec une longueur variable en allongement de 25 à 40 mètres et une puissance de 1 à 4 mètres.

Le mur et le toit de la Canale sont toujours de roche rouge ou spathique; la même roche forme toute la masse calcaire de l'angle compris entre les deux gîtes.

La seconde colonne de la Canale est divisée en deux bandes presque parallèles sur toute sa hauteur par un nerf de calcaire rouge qui fait corps avec les parois encaissantes.

L'exploitation de la Canale a été réouverte à peu près au niveau de la Craugne en 1851; à cette époque une galerie en allongement a traversé les anciens éboulis de la surface et a trouvé la tête de la seconde colonne ou l'exploitation a été rapidement descendue; en 1862 une communication en roche rouge et spathique a été faite entre le gîte de la Canale et l'amas principal au niveau du Poutz; ce travail a permis l'exploitation de la veine de la Canale en dessous du niveau du Poutz, jusqu'à l'Auriette; peu de temps après, à l'époque où la mine du Poutz fut abandonnée par suite des nécessités de l'exploitation, la Canale fut également délaissée; à son front le minerai s'était aminci, n'avait guère de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre, sur 25 à 30 mètres suivant l'allongement: l'abondance des eaux rendait le travail très-difficile et pour y continuer la descente en minerai une communication devenait nécessaire entre cette veine et le gîte principal, aux niveaux inférieurs de l'Auriette et Sainte-Barbe.

En suivant les affleurements de la Canale à partir de la Craugne on atteint au niveau du Poutz un grand plateau, dit le Plot, couvert par une petite épaisseur de sables et blocs erratiques qui constituent une véritable formation quaternaire; par-dessous les sables se poursuit le large affleurement rouge et spathique de la Canale et vers le

milieu du plateau est l'entrée d'une ancienne galerie dite du Plot qui a dû servir, à une époque dont le souvenir est perdu, à l'exploitation de la colonne superficielle de la veine de la Canale.

Plus bas, l'affleurement métallifère de la Canale persiste, mais tend à incliner à la direction E.-O. et à se rapprocher du gîte principal; à peu près au niveau de Sainte-Barbe, et au-dessus d'une fontaine dite le Pujol-Rouch, l'affleurement présente des traces évidentes d'anciens travaux dont la tradition qui date au plus d'un siècle est bien conservée dans la mémoire des mineurs; d'après leur dire, la mine aurait été abandonnée par les anciens, par suite de leur inexpérience. Il serait facile de rechercher le pied de ces veines exploitées autrefois au niveau inférieur de Becquey par traverses au mur; l'inspection des plans montre qu'une recoupe de 150 mètres serait à peu près suffisante.

GÎTE MÉTALLIFÈRE DE RANCIÉ. — ÉVALUATION APPROXIMATIVE  
DU MINÉRAI ENLEVÉ PAR LES ANCIENS  
OU CONSERVÉ ENCORE EN MASSIF POUR LES RESSOURCES  
DE L'AVENIR.

*Évaluation approximative du gîte métallifère de Rancié.*  
— Le plan des coupes horizontales de Rancié (Pl. IV) est suffisamment détaillé pour permettre, à chaque niveau de 20 mètres de mesurer assez approximativement la surface correspondante aux vides anciens, éboulis, galeries d'exploitation, minerai exploitable ou non et par suite peut donner le cube du massif entre deux niveaux successifs, en multipliant par 20 mètres la moyenne des sections correspondantes à chaque niveau.

Je commencerai par l'évaluation du minerai enlevé par les anciens travaux qui se trouvent à l'état de vides ou d'éboulis; je distinguerai ces deux états; je passerai à l'estimation du minerai restant dans les amas en massifs bien

reconnus par les travaux de recherches; je distinguerai le minerai exploitable du minerai pauvre sans valeur; je défalquerai de cette seconde évaluation, le cube des vides et galeries produit par l'exploitation courante dans les amas en massifs et pourrai en déduire les ressources bien assurées qui restent à l'avenir de Rancié.

Minerai enlevé par les anciens travaux.

Pour l'estimation du minerai enlevé par les anciens travaux, j'ai pris sur les coupes horizontales, à chaque niveau où ont eu lieu ces travaux, la surface correspondante aux éboulis et vides, dans leur état actuel. Le numéro (zéro) a été donné à la section passant par l'entrée de Sainte-Barbe; le signe (+) indique les niveaux supérieurs à Sainte-Barbe et le signe (—) les niveaux inférieurs; l'évaluation a été faite par chaque groupe de mine ou renflement de l'amas; les résultats de ce travail sont de haut en bas, les suivants :

SECTIONS.	ÉBOULIS ET VIDES. (Total.)	ÉBOULIS.	VIDES.
<b>I. — La Roque et affleurements de Rancié.</b>			
	mètres carrés.	mètres carrés.	mètres carrés.
+420	264	184	80
+400	310	210	100
+380	48	42	6
+360	330	30	300
+340	200	200	0
+320	388	288	100
+300	462	200	262
<b>II. — Église.</b>			
+240	325	0	325
+220	460	0	460
<b>III. — La Craugne, jour et avancée, le Tartier, Saint-Louis et Chassepot.</b>			
+280	244	0	244
+260	870	0	870
+240	1.621	1.211	410
+220	1.320	1.320	0
+200	2.330	2.125	205
+180	290	200	90
<b>IV. — La Cuvette, le Gros Bloc.</b>			
+180	1.196	0	1.196
+160	692	0	692
+140	400	0	400
<b>V. — Vides du Poutz.</b>			
+160	240	0	240
+140	580	0	580
<b>VI. — Poutz avancée.</b>			
+180	2.030	1.810	220
+160	3.500	3.160	340
+140	3.124	2.924	200
<b>VII. — Poutz jour.</b>			
+160	1.390	590	800
+140	517	517	0
<b>VIII. — Auriette avancée, Tarbes et le Porge.</b>			
+140	320	260	60
+120	5.391	4.658	733
+100	3.728	2.750	978
<b>IX. — Auriette jour et Cap del Pas.</b>			
+120	300	280	20
+100	2.104	800	1.304
<b>X. — Orléans et Trou du Diable.</b>			
+80	2.010	1.450	560
+60	1.450	950	500

SECTIONS.	ÉBOULIS ET VIDES. (Total.)	ÉBOULIS.	VIDES.
<b>XI. — La Gnaillière.</b>			
	mètres carrés.	mètres carrés.	mètres carrés.
+80	600	286	314
+60	500	200	300
<b>XII. — Sainte-Barbe avancée.</b>			
+40	400	400	0
<b>XIII. — Sainte-Barbe jour.</b>			
+40	325	300	25
+20	1.100	500	600
0	4.814	2.444	2.400
-20	2.892	2.892	0
<b>XIV. — Escudelle jour.</b>			
-40	370	320	50
-60	240	180	60
-80	370	350	20
-100	105	80	25
-120	800	500	300
<b>XV. — Escudelle avancée.</b>			
-40	560	560	0
-60	473	403	70
<b>XVI. — Bellagré.</b>			
-60	78	48	30
-80	198	66	132
-100	246	136	110
-120	710	610	100
<b>XVII. — Veine secondaire, au mur, la Canale.</b>			
+260	40	0	40
+240	350	0	350
+220	530	0	550
+200	90	0	90
+180	30	0	30
+160	95	0	95
+140	80	0	80
+120	112	0	112
<b>XVIII. — Veins secondaire, au mur, du Poutz.</b>			
+160	250	250	0
<b>XIX. — Veine secondaire au mur Capoil, vers l'Auriette.</b>			
+100	300	300	0
+80	226	0	226

Les cubes correspondant à ces diverses sections sont les suivants :

SECTIONS.	CUBE TOTAL. (Éboulis et vides.)	CUBES, ÉBOULIS.	CUBE, VIDE.
<b>I. — La Roque et affleurements de Rancié.</b>			
	mètres cubés.	mètres cubés.	mètres cubés.
Au-dessus de+420	1.320	920	400
De + 420 à +400	5.740	3.940	1.800
De + 400 à +380	3.580	2.520	1.060
De + 380 à +360	3.780	720	3.060
De + 360 à +340	5.300	2.300	3.000
De + 340 à +320	5.880	4.880	1.000
De + 320 à +300	8.500	4.880	3.620
En dessous de+300	4.620	2.000	2.620
Total . . . . .	38.720	22.160	16.560
<b>II. — Église.</b>			
Au-dessus de+240	3.250	0	3.250
De 240 à +220	7.850	0	7.850
Au-dessous de+220	4.600	0	4.600
Total . . . . .	14.700	0	15.700
<b>III. — La Craugne, jour et avancée, le Tartier, Saint-Louis et Chassepot.</b>			
Au-dessus de+280	2.440	0	2.440
De + 280 à +260	11.140	0	11.140
De + 260 à +240	24.910	12.110	12.800
De + 240 à +220	29.410	25.310	4.100
De + 220 à +200	36.500	34.450	2.050
De + 200 à +180	26.200	23.250	2.950
Au-dessous de+180	2.900	2.000	900
Total . . . . .	133.500	97.120	36.380
<b>IV. — La Cuvette, le Gros Bloc.</b>			
Au-dessus de+180	11.960	0	11.960
De + 180 à +160	18.880	0	18.880
De + 160 à +140	10.920	0	10.920
Au-dessous de+140	4.000	0	4.000
Total . . . . .	45.760	0	45.760
<b>V. — Vides du Poutz.</b>			
Au-dessus de+160	2.400	0	2.400
De + 160 à +140	7.200	0	7.200
Au-dessous de+140	5.800	0	5.800
Total . . . . .	15.400	0	15.400
<b>VI. — Poutz avancée.</b>			
Au-dessus de+120	20.300	18.100	2.200
De + 120 à +100	55.200	49.700	5.500
De + 100 à +140	66.240	60.840	5.400
En dessous de+140	31.240	29.240	2.000
Total . . . . .	173.080	157.880	15.200
<b>VII. — Poutz jour.</b>			
Au-dessus de+160	13.900	15.900	8.000
De + 160 à +140	19.070	11.070	8.000
Au-dessous de+140	5.170	5.170	0
Total . . . . .	38.140	32.140	16.000

SECTIONS.	CUBE TOTAL. (Éboulis et vides.)	CUBES, ÉBOULIS.	CUBE, VIDE.
<b>VIII. — Auriette avancée, Tarbes et le Porge.</b>			
	mètres cubés.	mètres cubés.	mètres cubés.
Au-dessus de+140	3.200	2.600	600
De + 140 à +120	57.110	49.180	7.930
De + 120 à +100	91.190	74.080	17.110
Au-dessous de+100	37.280	27.500	9.780
Total . . . . .	188.780	153.360	35.410
<b>IX. — Auriette, jour et Cap del Pas.</b>			
Au-dessus de+120	3.000	2.800	200
De + 120 à +100	21.040	10.800	13.240
Au-dessous de+100	21.040	8.000	13.040
Total . . . . .	45.080	21.600	26.480
<b>X. — Orléans et Trou du Diable.</b>			
Au-dessus de+ 80	20.100	14.500	5.600
Entre + 80 et + 60	31.600	24.000	10.600
Au-dessous de+ 60	14.500	9.500	5.000
Total . . . . .	66.200	48.000	21.200
<b>XI. — La Graillière.</b>			
Au-dessus de+ 80	6.000	2.860	3.140
Entre + 80 et + 60	11.000	4.860	6.140
Au-dessous de+ 60	2.500	1.000	1.500
Total . . . . .	19.500	8.720	10.780
<b>XII. — Sainte-Barbe, avancée.</b>			
Au-dessus de+ 40	4.000	4.000	0
Au-dessous de+ 40	4.000	4.000	0
Total . . . . .	8.000	8.000	0
<b>XIII. — Sainte-Barbe, jour.</b>			
Au-dessus de+ 40	3.250	3.000	250
Entre + 20 et + 20	14.250	8.000	6.250
Entre + 20 et + 0	59.440	29.440	30.000
Entre 0 et - 20	77.360	53.360	24.000
Au-dessous de- 20	38.220	37.720	500
Total . . . . .	192.520	141.520	61.000
<b>XIV. — Escudelle, jour.</b>			
Au-dessus de- 40	740	640	100
De - 40 à - 60	6.100	5.000	1.100
De - 60 à - 80	6.100	5.300	800
De - 80 à - 100	4.750	4.300	450
De - 100 à - 120	9.050	5.800	3.250
Au-dessous de- 120	1.600	1.000	600
Total . . . . .	28.340	22.040	6.300
<b>XV. — Escudelle, avancée.</b>			
De - 40 à - 60	10.330	9.630	700
Au-dessous de- 60	2.360	2.010	350
Total . . . . .	12.690	11.640	1.050

SECTIONS.	CUBE TOTAL. (Éboulis et vides.)	CUBES, ÉBOULIS.	CUBE, VIDÉ.
XVI. — <i>Bellagré.</i>			
	mètres cubes.	mètres cubes.	mètres cubes.
Au-dessus de— 60	390	240	150
De — 60 à — 80	2.760	1.140	1.620
De — 80 à —100.	4.440	2.520	1.900
De — 100 à —120	9.560	7.960	1.600
En dessous de—120	7.100	6.100	1.000
Total. . . . .	24.250	17.960	6.290
XVII. — <i>Veine secondaire, au mur, la Canale.</i>			
Au-dessus de+260	400	0	400
De 260 à 240	4.000	0	4.000
De 240 à 220	9.100	0	9.100
De 220 à 200	6.400	0	6.400
De 200 à 180	1.200	0	1.200
De 180 à 160	1.250	0	1.250
De 160 à 140	1.750	0	1.750
De 140 à 120	1.920	0	1.920
Au-dessous de+120	1.120	0	1.120
Total. . . . .	27.140	0	27.140
XVIII. — <i>Veine secondaire, au mur, Poutz.</i>			
Au-dessus de+160	2.500	2.500	0
Au-dessous de+160	1.250	1.250	0
Total. . . . .	3.750	3.750	0
XIX. — <i>Veine secondaire, au mur, Capeil, vers l'Aurielle.</i>			
Au-dessus de—100	3.000	3.000	0
De + 100 à + 80	5.260	3.000	2.260
Au-dessous de+ 80	2.260	0	2.260
Total. . . . .	10.520	6.000	4.520

## RÉSUMÉ.

I. — *Gîte principal.*

	m. c.	m. c.	m. c.
I. La Roque. . . . .	38.720	22.160	16.560
II. Eglise. . . . .	15.700	0	15.700
III. La Craugne et Saint Louis. . . . .	133.500	97.120	36.380
IV. La Cuvette. . . . .	45.760	0	45.760
V. Les Vides du Poutz. . . . .	15.400	0	15.400
VI. Poutz avancée. . . . .	173.080	157.880	15.200
VII. Poutz jour. . . . .	38.140	32.140	0
VIII. Aurielle avancée. . . . .	188.780	153.360	35.420
IX. Aurielle jour. . . . .	48.080	21.600	26.480
X. Orléans. . . . .	69.200	48.000	21.200
XI. La Graillière. . . . .	19.500	8.720	10.780
XII. Sainte-Barbe avancée. . . . .	8.000	8.000	0
XIII. Sainte-Barbe jour. . . . .	192.520	131.520	61.000
XIV. Escudelle jour. . . . .	28.340	22.040	6.300
XV. Escudelle avancée. . . . .	12.690	11.640	1.050
XVI. Bellagré. . . . .	24.250	17.960	6.290
Total. . . . .	1.054.660	722.140	329.520

RÉSUMÉ (*Suite*).II. — *Veines secondaires au mur.*

	m. c.	m. c.	m. c.
XVII. La Canale. . . . .	27.140	0	27.140
XVIII. Le Poutz, mur du Poutz. . . . .	3.750	3.750	0
XIX. Capeil. . . . .	10.520	6.000	4.520
Total. . . . .	41.410	9.750	31.660
<i>Somme totale.</i>			
I. Gîte principal. . . . .	1.051.660	722.140	329.520
II. Total des veines au mur. . . . .	41.410	9.750	31.660
Total. . . . .	1.093.070	731.890	361.180

Le cube total des vides et éboulis produit par les anciens travaux peut donc être évalué à 1.095.070

La densité du minerai au plan étant d'environ 4.30, ce cube correspond à un poids de 4.700.201 tonnes.

Il résulte des traditions et des titres divers appartenant à la mine de Rancié, que l'exploitation de cette mine est poursuivie depuis au moins six siècles; sans doute, les travaux n'ont pas dû être toujours continus et ont dû subir quelques interruptions. La masse constatée par le détail de la topographie souterraine paraîtrait corespondre à une exploitation moyenne annuelle de 7.800 à 7.900 tonnes.

Il faudrait ajouter à cela le minerai des vieilles mines de Nagot, le Pinet, Lescouil, qui appartiennent à des formations différentes de celles du grand gîte de Rancié et qui sont loin d'en avoir l'importance. La tradition n'est pas assez sûre pour permettre de fixer leur valeur par un chiffre; mais d'après toutes les apparences leur ensemble ne paraît pas devoir être évalué même au 1/100 du gîte principal.

Minerai en massif.

Pour l'estimation du minerai massif non éboulé, j'ai appliqué la même méthode de division des amas en tran-

ches horizontales de 20 en 20 mètres; j'ai distingué dans chaque tranche le bon minéral du minéral trop pauvre et inexploitable, et j'ai compris tout d'abord dans l'évaluation générale des massifs le cube des vides et galeries exécutés jusqu'à ce jour et tous encore accessibles; les résultats de ce travail sont consignés dans le tableau suivant :

1<sup>o</sup> *Minéral en massifs, tels qu'ils étaient avant le commencement des travaux courants.*

SECTIONS.	MINÉRAI TOTAL exploitable ou non.	MINÉRAI inexploitable.	MINÉRAI exploitable.
<i>I. — Gisement principal des avancées de Sainte-Barbe à Becquey.</i>			
	mètres cubes.	mètres cubes.	mètres cubes.
+ 40	620	370	310
+ 20	2.060	1.200	860
0	1.520	580	940
- 20	570	120	450
- 40	310	130	180
- 60	40	20	20
- 80	140	80	360
-100	510	100	140
-120	320	60	260
-140	730	140	590
<i>II. — Gisement du dédoublement au toit de Sainte-Barbe.</i>			
+ 40	60	20	40
+ 20	150	20	130
0	730	350	380
- 20	110	100	10
<i>III. — Gisement du mur de Becquey.</i>			
-100	40	10	30
-120	80	20	60
-140	20	10	10
<i>IV. — Gisement de la fontaine de Becquey.</i>			
-140	160	40	120
<i>V. — Petit gîte au mur en avant du massif des avancées de Becquey.</i>			
-140	150	40	110
<i>VI. — Avancée de l'Escudelle.</i>			
- 50	170	50	120
-100	210	80	130
-120	30	10	20
<i>VII. — Massif du jour de Becquey.</i>			
-120	180	60	120
-140	760	250	510

Le cube correspondant à ces diverses sections est :

SECTIONS.	MINÉRAI TOTAL exploitable ou non.	MINÉRAI inexploitable.	MINÉRAI exploitable.
<b>I. — Gisement principal des avancées de Sainte-Barbe à Becquey.</b>			
	mètres cubes.	mètres cubes.	mètres cubes.
1 10 <sup>m</sup> au-dessus de + 40	6.800	3.700	3.100
2 entre + 40 et + 20	27.400	15.700	11.700
3 entre + 20 et 0	35.800	17.800	18.000
4 entre 0 et - 20	20.900	7.000	13.900
5 entre - 20 et - 40	8.800	2.500	6.300
6 entre - 40 et - 60	3.500	1.500	2.000
7 entre - 60 et - 80	4.800	1.000	3.800
8 entre - 80 et - 100	9.800	1.800	8.000
9 entre - 100 et - 120	8.600	1.600	7.000
10 entre - 120 et - 140	10.500	2.000	8.500
Total . . . . .	136.900	51.600	82.300
<b>II. — Gisement du dédoublement au toit de Sainte-Barbe.</b>			
1 5 <sup>m</sup> au-dessus de + 40	300	100	200
2 entre + 40 et + 20	2.100	400	1.700
3 entre + 20 et 0	8.800	3.700	5.100
4 entre - 40 et - 20	8.400	4.500	3.900
5 5 <sup>m</sup> au-dessous de - 20	5.500	5.000	500
Total . . . . .	25.100	13.700	11.400
<b>III. — Gisement du mur de Becquey.</b>			
1 10 <sup>m</sup> au-dessus de - 100	400	100	300
2 entre - 100 et - 120	1.200	300	900
3 entre - 120 et - 140	1.000	300	700
Total . . . . .	2.600	700	1.900
<b>IV. — Gisement de la fontaine de Becquey.</b>			
1 10 <sup>m</sup> au-dessus de 0	1.600	400	1.200
2 5 <sup>m</sup> au-dessous de - 140	800	200	600
Total . . . . .	2.400	600	1.800
<b>V. — Petit gîte au mur en avant du massif des avancées de Becquey.</b>			
1 5 <sup>m</sup> au-dessus de - 140	750	200	550
2 5 <sup>m</sup> au-dessous de - 140	750	200	550
Total . . . . .	1.500	400	1.100
<b>VI. — Avancée de l'Escudelle.</b>			
1 entre - 80 et - 100	3.800	1.400	2.400
2 entre - 100 et - 120	2.400	1.000	1.400
Total . . . . .	6.200	2.400	3.800
<b>VII. — Massif du jour de Becquey.</b>			
1 5 <sup>m</sup> en-dessus de - 120	900	300	600
2 entre - 120 et - 140	9.400	3.100	6.300
Total . . . . .	10.300	3.400	6.900

## RÉSUMÉ.

1 Gisement principal . . . . .	136.900	54.600	82.300
2 Gisement du dédoublement au toit de Sainte-Barbe . . . . .	25.100	13.700	11.400
3 Gisement du mur de Becquey . . . . .	2.600	700	1.900
4 Gisement de la fontaine de Becquey . . . . .	2.400	600	1.800
5 Petit gîte au mur en avant du massif des avancées de Becquey . . . . .	1.500	400	1.100
6 Avancée de l'Escudelle . . . . .	6.200	2.400	3.800
7 Massif du jour de Becquey . . . . .	10.300	3.400	6.900
	185.000	75.800	109.200

Le cube de minéral exploitable en massif avant les travaux de traçages courants était donc de 109.200 mètres cubes.

Si on le compare avec le chiffre représentant les travaux des anciens, on voit qu'il atteint à peu près le dixième de ce dernier.

De plus, il faut en retrancher le cube des travaux de traçages et de commencements d'exploitation, dont le détail est le suivant :

*Cubes des travaux exécutés aux mines de Rancie dans le massif.*

## I. — GISEMENT PRINCIPAL DE SAINTE-BARBE.

	GALERIES.	LONGUEUR	LARGEUR.	HAUTEUR	CUBES partiels.	CUBES totaux.
					m. c.	m. c.
De + 40 à - 20	au mur . . .	370	1,80	2,00	1.332	2.527
	au toit . . .	80	1,80	2,40	345	
	recoupes . .	72	2,00	2,40	345	
De + 20 à 0	cheminées . .	158	1,60	2,00	505	2.500
	au mur . . .	350	1,50	2,00	1.050	
	au toit . . .	180	1,50	2,00	540	
De 0 à - 20	recoupes . .	98	1,50	2,00	294	3.152
	cheminées . .	220	1,40	2,00	616	
	au mur . . .	230	2,00	2,50	1.150	
De - 20 à - 40	au toit . . .	160	2,00	2,00	640	910
	recoupes . .	110	2,00	2,50	550	
	cheminées . .	290	1,40	2,00	812	
De - 40 à - 60	galerias . . .	200	1,40	2,00	560	191
	recoupes . .	24	1,50	2,00	72	
	cheminées . .	220	1,40	2,00	508	
De - 60 à - 80	galerias . . .	50	1,50	2,00	15	176
	cheminées . .	60	1,40	2,00	176	
	galerias . . .	20	1,40	2,00	56	
	cheminées . .	30	2,00	2,00	120	

	GALERIES.	LONGUEUR.	LARGEUR.	HAUTEUR.	CUBES partiels.	CUBES totaux.	
					m. c.	m. c.	
De - 80 à -100	galeries. . .	98	1,60	2,00	313	834	
	recoupes. . .	85	1,60	2,00	272		
	cheminées. . .	78	1,60	2,00	249		
De -100 à -120	galeries. . .	130	1,50	2,00	390	771	
	recoupes. . .	45	1,50	2,00	135		
	cheminées. . .	82	1,50	2,00	246		
De -100 à -140	au toit. . .	150	1,20	2,00	300	480	
	au mur. . .	50	1,20	2,00	120		
	recoupes. . .	20	1,50	2,00	60		
		3.620				9.271	
<b>II. — Dédoublément au toit de Sainte-Barbe.</b>							
De + 40 à + 20	Grand vide. . . . .					1.900	
De +200 à + 0	galeries. . .	150	1,20	2,00	360	636	
	recoupes. . .	12	1,50	2,00	30		
	cheminées. . .	120	1,00	2,00	240		
De 0 à - 20	galeries. . .	100	1,00	2,00	200	492	
	cheminées. . .	146	1,00	2,00	292		
	galeries. . .	20	1,00	2,00	40		
Endessus de - 20	cheminées. . .	40	1,00	2,00	80	120	
		588					3.148
<b>III. — Mur de Becquey.</b>							
De -100 à -120	galeries. . .	40	1,50	2,00	120	177	
	recoupes. . .	18	1,60	2,00	57		
	galeries. . .	30	1,50	2,00	90		
De -120 à -140	recoupes. . .	12	1,50	2,00	36	366	
	cheminées. . .	80	1,50	2,00	240		
	galeries. . .	60	1,00	2,00	120		
		240				663	
<b>IV. — Gîte de la Fontaine.</b>							
Gîte de la Fontaine.	galeries. . .	30	1,00	2,00	60	168	
	recoupes. . .	10	1,60	2,00	32		
	cheminées. . .	28	1,30	2,00	76		
		68				168	
<b>V. — Petit gîte du mur en avant du massif des avancées de Becquey.</b>							
	galeries. . .	40	1,50	2,00	120	251	
	recoupes. . .	10	1,60	2,00	32		
	cheminées. . .	33	1,50	2,00	99		
		83				251	
<b>VI. — Avancée de l'Escudelle.</b>							
Entre - 80 et -100	galeries. . .	50	1,30	2,00	90	179	
	recoupes. . .	10	1,60	2,00	32		
	cheminées. . .	22	1,30	2,00	57		
Entre - 100 et -120	galeries. . .	40	1,40	2,00	112	261	
	recoupes. . .	17	1,80	2,00	61		
	cheminées. . .	35	1,30	2,00	91		
		174				443	

	GALERIES.	LONGUEUR.	LARGEUR.	HAUTEUR.	CUBES partiels.	CUBES totaux.
<b>VII. — Massif du jour de Becquey.</b>						
De -120 à -140	galeries. . .	190	1,60	2,00	608	1.494
	recoupes. . .	80	1,60	2,00	256	
	cheminées. . .	210	1,50	2,00	630	
		480				1.494
<b>RÉSUMÉ.</b>						
		LONGUEUR des galeries.		CUBE des vides.		
		mètres.		mètres cubes.		
1	Gisement principal de Sainte-Barbe. . .	3.620		9.271		
3	Dédoublément au toit de Sainte-Barbe. . .	588		3.148		
3	Mur de Becquey. . . . .	240		663		
4	Gîte de la Fontaine. . . . .	68		168		
5	Petit gîte au mur. . . . .	83		251		
6	Avancée de l'Escudelle. . . . .	174		443		
7	Massif du jour de Becquey. . . . .	480		1.484		
	Total. . . . .	5.253		15.428		

Le cube total des amas au massif est de. . . . . 109.200

Si on retranche les travaux de traçage dont l'ensemble est d'après le tableau précédent de. . . . . 15.408

On obtient un chiffre de. . . . . 93.792

Qui représente le minerai en réserve au massif d'après des données positives; la densité étant

de. . . . . 4°,50

Ce cube correspond à un tonnage en réserve de. . . . . 405°.509

**Mode d'exploitation.** — Le mode d'exploitation de Rancié consiste dans un amas quelconque à faire des traçages par galeries horizontales de 1<sup>m</sup>.50 à 2 mètres de large soit au mur, soit au toit, à des niveaux distants de 7 à 10 mètres; ces galeries sont reliées entre elles sur un même niveau par des recoupes, et deux niveaux successifs sont mis en communication par des cheminées inclinées de 30 à 50 degrés et à peu près parallèles entre elles; ces cheminées sont également distantes les unes des autres de 7 à 10 mètres.

Ce traçage terminé, la masse est divisée en une série de piliers en forme de losanges inclinés ayant à peu près 7 à 10 mètres de côté; plus tard on procède au dépilage, en recoupant tout d'abord en quatre chacun de ces piliers par des galeries et traverses et, suivant les cas, c'est-à-dire suivant le plus ou moins de danger du travail, on enlève ou on laisse comme piliers de soutènement les petits stocs ainsi découpés; on a le soin de laisser autant que possible, à titre de soutiens, les stocs composés de minerai pauvre et placés aux étranglements des amas dans les régions où les roches du toit et du mur se rapprochent; l'emploi des remblais n'est pas possible.

Ce mode d'exploitation, connu aux mines de Rancié depuis de longues années et consacré par l'usage, ne permet guère que d'enlever les deux tiers du minerai, l'autre tiers restant à l'état de stoc de soutènement.

Quand le dépilage est terminé, il n'est pas rare de voir, après un temps plus ou moins long qui atteint parfois plusieurs dizaines d'années, les stocs s'écraser; les roches du toit et du mur s'éboulent et l'amas est, comme on le dit, transformé en éboulis terreux avec gros blocs épars de minerai qui, une fois détachés de la roche, tendent toujours à descendre la base des éboulis et près des parties supérieures aux massifs; alors au contact des éboulis et des massifs, les mineurs dirigent à travers les éboulis plus ou moins riches de petites galeries boisées, au moyen desquelles ils vont à la recherche des blocs isolés, abandonnés par les anciens; il les exploitent au fur et à mesure de leur découverte. Quand une région ébouleuse paraît épuisée, ils abandonnent leurs galeries et portent ailleurs leurs travaux de recherches, qui sont de véritables galeries de furetages.

Les ressources que peut présenter la mine par l'exploitation des éboulis sont tout à fait inconnues; elles sont, du reste, des plus capricieuses. Par suite du mouvement successif du tassement des anciens travaux, les blocs de mi-

nerai descendent parfois d'une très-grande hauteur à des périodes impossibles à prévoir; on ne peut fixer un chiffre quelconque aux espérances que peuvent donner ces travaux.

En règle générale, les recherches aux éboulis réussissent surtout bien à leur base, non loin du massif en contact; les blocs de minerais abandonnés par les anciens étant beaucoup plus lourds que les terres qui les enclavent, descendent plus rapidement qu'elles et tendent à se concentrer aux niveaux ébouleux inférieurs.

Si l'on ne tient aucun compte de ces recherches aux éboulis dont l'avenir est toujours plus ou moins incertain, on voit d'après les tableaux précédents que le massif réservé, exclusivement compris au-dessus du niveau de Becquey, est estimé à 405.509 tonnes. Le tiers du minerai devant être laissé dans la mine à titre de piliers de soutènement, les ressources disponibles, au-dessus du niveau de Becquey sont réduits à environ 270.000 tonnes.

Ce qui, à raison d'une exploitation moyenne de 24.000 tonnes par an, assure l'avenir pendant onze ans, en supposant qu'on ne fasse, pendant cette période, de recherches d'aucune nature, aucune découverte, et d'autre part que tous les chantiers en minerai toujours assez nombreux, qui marchent toujours en découverte aux extrêmes avancées des divers amas, soient tous brusquement interrompus par la roche.

L'expérience des dernières années a reconnu que l'avancement annuel de ces chantiers aux avancées mettait à découvert au moins autant de minerai qu'il en était enlevé par l'exploitation courante; la réserve se maintient bien régulièrement depuis assez longtemps et a plutôt une tendance à s'accroître.

Il faut, en outre, ajouter à toutes ces ressources les espérances que peuvent faire réaliser des recherches faites suivant l'usage à travers rochers pour aller à la poursuite

d'amas plus ou moins inconnus indiqués seulement par leurs affleurements, les traditions et le sentiment que peut donner l'étude approfondie des allures irrégulières du gîte.

Cette nature de travaux constitue les recherches de l'avenir, et je vais indiquer ceux qui me paraissent avoir plus de chances de succès.

Recherches à essayer à l'avenir aux mines de Rancié.

*Recherches en dessous de Becquey.* — Dans tout ce qui précède, il n'a été tenu compte que du minerai situé au-dessus du niveau de Becquey; évidemment les amas de Becquey ont un pied au-dessous de ce niveau, et la recherche la plus simple et la plus naturelle consiste à fouiller ce pied par des descenderies de façon à en reconnaître l'importance. Ces travaux ne sont pas toujours des plus faciles; la galerie Becquey, depuis très-peu d'années, est la galerie principale d'extraction et en même temps elle sert de galerie d'écoulement et toutes les eaux y affluent; dès qu'on essaye un travail inférieur à ce niveau, les eaux ne tardent pas à l'envahir et par défaut de moyens suffisants d'épuisement, on est bientôt obligé de l'abandonner; tôt ou tard ces recherches deviendront nécessaires, et l'emploi de moyens convenables pour l'épuisement permettra de reconnaître si le minerai descend bien en profondeur.

Si une recherche de cette nature réussit, il y aura lieu de poursuivre l'exploitation des masses trouvées, par des galeries d'écoulement inférieures à Becquey et étagées peu à peu au fur et à mesure des découvertes le long du ruisseau de Sem entre ce village et le hameau de Cabre situé au fond du vallon de Vicdessos, sur le bord de la grande route départementale de Vicdessos à Foix. La direction de ce ruisseau est nord-sud et à peu près perpendiculaire à celle du gîte de Rancié, à mesure que l'on descend son cours, on s'éloigne de l'amas rapidement et les galeries d'écoulement

deviennent de plus en plus coûteuses; la hauteur de Becquey au-dessus de Cabre est de 300 mètres.

Le tableau ci-dessous indique les longueurs des galeries d'écoulement à exécuter par chaque 50 mètres de niveau, gagnés en dessous de Becquey, en tenant compte du pénétrage inverse du gîte qui tend encore en descendant à augmenter la longueur de ces galeries.

	mèt.		mèt.
1° Pour	50	en dessous de Becquey, longueur.	620
2° —	100	— — — — —	850
3° —	150	— — — — —	1.090
4° —	200	— — — — —	1.200
5° —	250	— — — — —	1.360
6° —	300	— — — — —	1.450

Jusqu'à la galerie n° 4, les roches à traverser seraient des calcaires et des schistes dont le prix moyen pourrait être estimé à 100 francs le mètre; pour les deux autres leur excédant de longueur devrait être exécuté en roche granitique très-dure dont le prix s'élèverait très-probablement à près de 500 francs le mètre; les devis de ces divers ouvrages seraient donc approximativement les suivants, y compris l'installation des voies ferrées nécessaires au roulage :

1° Galerie n° 1. . . . .	62.000 francs
2° — n° 2. . . . .	85.000 —
3° — n° 3. . . . .	109.000 —
4° — n° 4. . . . .	120.000 —
5° — n° 5. . . . .	168.000 —
6° — n° 6. . . . .	195.000 —

L'exécution de ces galeries d'écoulement constitue des travaux assez hardis qui évidemment ne peuvent être entrepris qu'autant que des recherches intérieures positives aient révélé la présence certaine du minerai à une profondeur suffisante pour justifier l'entreprise de l'une d'elles; d'autre part, il résulte de l'expérience des anciens, des travaux actuels et de l'inspection des plans que la masse minérale diminue

assez rapidement en descendant, soit en puissance, soit en richesse; comme on l'a vu, les massifs actuels inférieurs atteignent à peu près le dixième des amas autrefois exploités; déjà au niveau de Becquey, aux endroits les plus épais, une notable fraction de la masse au toit est formée de minerais quartzeux et inexploitable; sur plusieurs points, dans la même mine et à l'Escudelle apparaît le fer carbonaté blond, quartzeux, pauvre, mélangé de roches, à peu près inexploitable, pour le moment du moins, qui suivant l'expérience acquise jusqu'à ce jour et la théorie que j'exposerai un peu plus bas, semble devoir former la terminaison en profondeur du gîte métallifère.

Au-dessus de Becquey les recherches doivent être naturellement reportées aux deux extrêmes avancées du côté de l'est et de l'ouest, dans l'espace stérile qui sépare les massifs des avancées de Becquey et de l'Escudelle et dans les régions des branches du mur à la suite du gîte secondaire de la Canale.

*Avancée de l'est.* — Comme il a été dit plus haut, les avancées de la seconde colonne de Rancié ont été depuis les hautes mines de Saint-Louis jusqu'à Becquey arrêtées à tous les niveaux par un barrage stérile, incliné de l'est vers l'ouest avec une pente de 72 degrés; aux niveaux supérieurs de Saint-Louis et le Pontz ce barrage a été percé et une troisième colonne a été trouvée; cette colonne en descendant diverge de plus en plus de la seconde, jusqu'à en être probablement séparée au niveau de Sainte-Barbe par 120 mètres de roches stériles et à Becquey par 200 mètres des mêmes roches.

Aux divers niveaux de l'Auriette, d'Orléans et Sainte-Barbe, de petites recherches ont été essayées à une époque antérieure pour tenter le pied de cette troisième colonne; elles ont été interrompues trop tôt; prolongées au delà, elles auraient probablement pu aboutir.

L'exploitation actuelle est concentrée à Sainte-Barbe et

Becquey, cette recherche de la troisième colonne peut être exécutée à l'un ou l'autre niveau; elle peut être estimée à 80 francs par mètre courant, son devis est donc le suivant :

A Sainte-Barbe. . . . .	120 mètres à 80 francs. . . . .	9.600 francs
A Becquey. . . . .	200 — à 80 — . . . . .	16.000 —

Cette approximation est des plus grossières, faite pour donner seulement une idée du travail, et peut être modifiée par les imprévus si communs à Rancié.

Son résultat est probable et nullement certain. Il n'est point prouvé *à priori* que la troisième colonne descende jusque dans les niveaux inférieurs; cependant d'après les allures du gîte et l'expérience acquise, on peut espérer des chances de succès à un travail de cette nature. En ce moment les extrêmes avancées de Becquey et Sainte-Barbe sont en calcaire gris stérile, et pour fixer une direction à cette recherche on n'a d'autre guide que la direction générale du gîte qui s'avance toujours à l'est suivant la ligne E. 5 à 6° S.

*Recherche de la Piquette.* — A l'extrémité occidentale du gîte, le front de la galerie, située au niveau de Becquey, dite de l'Espérance, a été arrêté dans les roches rouges et spathiques qui annoncent la terminaison d'un amas et laissent encore de l'espoir pour en trouver un autre; à son centre est une salbande terreuse verticale enclavée entre deux roches spathiques, qui peut servir de guide pour des recherches dirigées vers l'ouest. D'après les indications données par le plan de la surface, une galerie exécutée dans le sens de l'allongement du gîte vers l'ouest entrerait prochainement dans le calcaire gris stérile, après 120 mètres de parcours passerait sous le ruisseau de Sem et au delà atteindrait à 500 mètres de son front actuel le pied du grand affleurement de roches rouges et spathiques de la Piquette qui bordent la rive gauche du vallon.

Cet affleurement présente quelques rares cavités parais-

sant révéler des travaux anciens, dont la tradition n'a conservé aucun souvenir; toutefois il paraît trop considérable pour ne pas renfermer dans son intérieur quelques amas plus ou moins importants. Des recherches de cette nature, estimées à 80 francs le mètre, coûteraient :

500 mètres à 80 francs. . . . . 24.000 francs.

*Recherche de Pujol-Rouch.* — Comme je l'ai déjà observé, le mur du gîte principal est pénétré de veines secondaires, dont la principale est celle de la Canale; l'affleurement de cette dernière mine formé d'un large amas de roche rouge descend jusqu'au quartier de Pujol-Rouch, situé un peu au-dessous du niveau de Sainte-Barbe; à ce point les deux affleurements spathiques paraissent séparés par moins de 100 mètres de calcaires, calcschistes et schistes stériles; à Pujol-Rouch, une tradition positive bien connue de la population des mineurs indique une ancienne exploitation où des masses de minerai au massif auraient été abandonnées par suite de l'inexpérience des anciens ouvriers dans l'art du boisage. Si au niveau de Becquey, à l'extrémité orientale du massif de l'Escudelle, on dirigeait une galerie horizontale du sud vers le nord, on irait par le plus court chemin recouper la base de ces anciens travaux.

Cette galerie pourrait avoir 150 mètres, aurait à traverser des roches relativement faciles, et pourrait coûter 60 francs le mètre; son devis serait :

150 mètres à 60 francs. . . . . 20.000 francs.

*Région stérile entre l'Escudelle et Becquey.* — Au niveau de Becquey, près de 200 mètres de calcaire stérile séparent l'amas de l'Escudelle de celui des avancées de Becquey; il ne serait pas impossible, dans cette région, de trouver quelques veines que la mise en roche actuelle aurait laissée de côté; dans ces derniers temps, les travaux ordinaires de

l'exploitation, en marchant à la suite de quelques filets terreaux, ont déjà mis à nu une de ces veines au mur du côté de l'avancée; il est à espérer que les chantiers ordinaires en minerai, qui se dirigent vers cette région inconnue, soit de Becquey, soit de l'Escudelle, pourront finir par y découvrir tout ce qui est exploitable, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une recherche spéciale au rocher.

GÎTE MÉTALLIFÈRE DE RANCIÉ. — TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT RÉCENTS AYANT POUR OBJET L'AMÉLIORATION DES TRANSPORTS INTÉRIEURS.

*Voies ferrées de Becquey.*

Depuis un temps immémorial le mineur de Rancié, propriétaire du minerai, produit de son travail, exploite isolément ou associé par escouades avec quelques camarades la masse minérale par chantiers plus ou moins épars; une hotte sur le dos, une lampe à la bouche, un pic sur l'épaule, un briquet, de l'amadou, du coton, une pierre, une petite corne remplie d'huile à la ceinture, tel est son équipement. Arrivé au lieu d'extraction, il suspend sa lampe au premier rocher commode, il frappe et brise la mine avec son pic, parfois il emploie la poudre; lorsqu'il a arraché une quantité suffisante de minerai, il l'arrange dans sa hotte, la charge sur les épaules, reprend la lampe à la bouche et regagne ainsi l'entrée des galeries où il vend son minerai au muetier.

D'ordinaire, les mineurs s'associent en compagnie de dix, quinze et vingt; les uns arrachent la mine, on les nomme peyriers; les autres l'enlèvent et la transportent, on les appelle gourbatiers (porteurs de hottes).

Le nombre de mineurs est variable avec les besoins du commerce; autrefois de 250, il atteint maintenant le chiffre de 400 et même parfois de 450.

Ce mode barbare de transport est resté jusqu'à ces der-

niers temps sans modification sensible; vers 1861, l'épuisement des mines supérieures de la Craugne, le Pontz, la Canale, l'Auriette et la nécessité de diminuer les frais de transport du minerai pour venir en aide à l'industrie ont forcé d'abandonner les régions supérieures de Rancié, pour concentrer les travaux aux étages les plus bas de Sainte-Barbe et Becquey.

La galerie Becquey ne servait jusqu'à ce jour que de galerie d'écoulement; son entrée creusée dans des terres ébouleuses était à moitié effondrée, très-souvent inondée, le transport à dos d'hommes y était trop pénible et impossible; toute la partie basse de la mine était délaissée.

De 1861 à 1865, cette galerie a été aménagée pour servir en même temps de galerie de roulage et d'extraction principale; le niveau de son orifice fut abaissé pour faciliter l'écoulement des eaux, une forte voûte en maçonnerie en forme de tube complet avec radier pour les eaux, a été heureusement exécutée sur les 100 premiers mètres de son parcours dans des terres très-mobiles où les travaux présentaient quelques dangers; en même temps une voie ferrée a été établie avec planchers au-dessus des eaux pour permettre le roulage par wagons.

Cette voie ferrée établie sur près d'un kilomètre a supprimé le portage à dos tout le long de Becquey et permis l'exploitation des masses découvertes à des époques anciennes ou récentes au voisinage; la mine de l'Escudelle, celle des avancées de Becquey et celle des veines au mur ont été mises en exploitation et occupent depuis 1865 300 ouvriers, c'est-à-dire les trois quarts de l'office des mineurs.

Le transport à dos ne se fait plus que sur de très-courtes distances de 50 à 60 mètres toujours en descendant, jamais en montant, des divers chantiers au niveau de la galerie Becquey où chaque volte ou charge est jetée de l'épaule du mineur sur le wagon.

Le dernier quart de l'office est encore occupé au niveau supérieur de Sainte-Barbe et sort comme autrefois son minerai à dos jusqu'à la place de Sainte-Barbe où il le vend au muletier.

Actuellement les places supérieures sont abandonnées et le transport à dos de mulet ne se fait plus qu'entre les deux places de Sainte-Barbe et Becquey, jusqu'à Cabre, marché au minerai, situé sur la route départementale de Vicdessos à Tarascon. Il se fait pour les trois quarts à Becquey sur une hauteur de 500 mètres et pour le quart à Sainte-Barbe sur 450 mètres.

Cet ensemble de travaux a produit une notable réduction dans le prix du minerai.

De 1855 à 1860, avant leur exécution,	
le magasinier de Cabre achetait le	
minerai aux muletiers au prix de . . .	1',00 le volte de 60 kilogr.
Et le revendait au prix de . . . . .	1',10
Depuis 1865, date de leur achèvement,	
il achète le même minerai	
aux muletiers au prix de . . . . .	0',80
Et le revend aux maîtres de forges au	
prix de . . . . .	0',90

La diminution produite est par volte ou charge de 60 kilog. de 0',20, qui donne, à raison d'une extraction annuelle de 400.000 voltes, une diminution totale dans le coût du minerai de 80.000 francs.

#### Couloir intérieur.

En ce moment, l'administration continue de perfectionner ce système économique de transport en établissant entre Sainte-Barbe et Becquey, par le massif des avancées de Becquey, une communication rectiligne; dans la première partie, longue de 150 mètres, à pente moyenne de

45 degrés, fonctionne un plan incliné automoteur à double voie qui sera suivi d'un glissoir naturel pour la seconde partie inférieure longue de 60 mètres et dont la pente moyenne atteint 68 à 70 degrés.

Ce travail, en cours d'exécution, sera très-prochainement terminé; il supprimera le portage à dos des chantiers au jour de Sainte-Barbe, le muletage pour le quart de l'extraction entre les places de Sainte-Barbe et Becquey, et amènera probablement une réduction de 0<sup>f</sup>,05 pour volte ou charge de minerai.

Plans inclinés extérieurs.

Depuis de longues années, on s'occupe de la suppression du muletage entre les places de la mine et le marché de Cabre situé sur la route départementale de Vicdessos à Tarascon; M. François, dans son ouvrage sur la métallurgie de l'Ariège, donne à cet égard d'intéressants détails; depuis cette époque de nombreux projets ont été présentés, toujours ajournés; la situation difficile de l'industrie, la concurrence active des fers étrangers exigeraient pourtant une prompte solution. J'ai eu l'occasion depuis plusieurs années de présenter un projet de plans inclinés extérieurs entre Becquey et Cabre analogues à ceux de la Grand Combe près Alais; ce projet, après maintes vicissitudes, a été approuvé par l'administration supérieure et est en ce moment l'objet d'une demande en concession régulière par une compagnie qui se charge de son exécution à ses risques et périls moyennant un droit de concession temporaire de vingt à vingt-cinq ans et un tarif de 2 francs par tonne; le transport actuel à dos de mulet est de 5 francs.

L'économie produite serait donc de 3 francs par tonne, et pour une extraction annuelle de 400.000 voltes ou 24.000 tonnes, elle serait de 72.000 francs.

En ce moment le prix du minerai est le suivant :

1° Par volte ou charge de 60 kilog.

	fr.
1° Salaire du mineur. . . . .	0,55
2° Octroi pour l'entretien des mines. . . . .	0,05
3° Frais de muletage des mines à Cabre. . . . .	0,20
4° Frais de magasinage et bénéfice du magasinier. . . . .	0,10
Total. . . . .	0,90

2° Par tonne de minerai.

1° Salaire du mineur. . . . .	9,166
2° Octroi pour l'entretien des mines. . . . .	0,855
3° Frais de muletage des mines à Cabre. . . . .	5,355
4° Frais de magasinage et bénéfice du magasinier. . . . .	1,666
Total. . . . .	14,998
Soit. . . . .	15,00

Après l'exécution des plans inclinés extérieurs, il serait le suivant :

1° Par charge ou volte de 60 kilog.

1° Salaire du mineur. . . . .	0,55
2° Octroi pour l'entretien des mines. . . . .	0,05
3° Frais de transport par les plans inclinés, magasinage compris. . . . .	0,12
Total. . . . .	0,72

2° Par tonne de 1.000 kilog.

1° Salaire du mineur. . . . .	9,169
2° Octroi pour l'entretien des mines. . . . .	0,855
3° Frais de transport par les plans inclinés, magasinage compris. . . . .	2,000
Total. . . . .	11,999
Soit. . . . .	12,00

La continuation du chemin de fer de Toulouse à Foix jusqu'à Tarascon à 13 kilomètres du marché de Cabre est dé-

cidé en principe; son achèvement ne se fera pas trop tarder.

D'autre part, il serait facile d'établir sur la route de Cabre à Tarascon qui descend toujours en pente douce au chemin de fer américain à traction de chevaux ou tout autre système économique qui paraîtrait plus avantageux; le port actuel entre Cabre et Tarascon est de 2<sup>f</sup>,50; il pourrait probablement être réduit à moitié, au chiffre de 1<sup>f</sup>,25.

Après l'achèvement de toutes ces voies économiques, le minerai de fer de Rancié pourrait donc être rendu au prix de 13<sup>f</sup>,25 la tonne, en gare de Tarascon, devenue tête de ligne de la compagnie du Midi; dans ce cas, il n'est pas douteux qu'il ne puisse être exporté dans les grandes usines de la France, où sa qualité tout exceptionnelle au point de vue de la fabrication des aciers le fera tôt ou tard apprécier.

*Variations dans l'extraction et le prix du minerai.*

L'extraction de la mine de Rancié a subi maintes fluctuations correspondantes à l'état plus ou moins prospère de l'industrie métallurgique qu'elle approvisionnait.

Les renseignements recueillis ne sont positifs que depuis 1811, époque vers laquelle l'administration des mines de l'État a été chargée de la direction des travaux. Le tableau suivant, en partie emprunté à l'ouvrage de M. François, indique les diverses vicissitudes de Rancié; j'ai insisté davantage sur les dernières années, qui étant plus près de nous, offrent plus d'intérêt.

ANNÉES.	QUANTITÉS extraites en quintaux de 100 kilog.	SALAIRE du mineur par 100 kilog.	OCTROI pour l'entretien des mines par 100 kilog.	FRAIS de muletage de 100 kilog.	FRAIS de magasinage par 100 kilog.	PRIX TOTAL de minerai vendu au maître de forge par 100 kilog.
		francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1811	166.824	1,000	0,083	0,916	0,25	2,25
1820	186.120	0,916	0,083	0,916	0,166	2,08
1825	156.000	0,916	0,083	0,833	0,166	2,00
1830	145.146	0,916	0,083	0,833	0,166	2,00
1835	161.387	0,916	0,083	0,833	0,166	2,00
1840	248.797	0,916	0,083	0,666	0,166	1,83
1845	135.956	0,916	0,083	0,666	0,166	1,83
1850	184.090	0,916	0,083	0,666	0,166	1,83
1855	240.576	1,000	0,083	0,666	0,083	1,83
1856	232.039	1,000	0,083	0,666	0,083	1,83
1857	185.774	1,000	0,083	0,666	0,083	1,83
1858	157.521	1,000	0,083	0,666	0,083	1,83
1859	188.726	0,916	0,083	0,666	0,166	1,83
1860	164.773	0,916	0,083	0,666	0,166	1,83
1861	178.781	1,000	0,083	0,583	0,083	1,75
1862	161.981	1,000	0,083	0,583	0,083	1,75
1863	126.337	1,000	0,083	0,500	0,083	1,67
1864	108.528	0,916	0,083	0,500	0,166	1,67
1865	143.482	0,910	0,083	0,416	0,166	1,58
1866	179.518	0,916	0,083	0,333	0,166	1,50
1867	210.643	0,916	0,083	0,333	0,166	1,50
1868	272.060	0,916	0,083	0,333	0,166	1,50

NATURE DU MINÉRAI DE RANCIÉ.

*Variétés diverses du minerai de Rancié et noms sous lesquels ils sont connus à la mine.*

*Variétés des minerais de Rancié et leur dénomination à la mine.* — La masse minérale de Rancié est principalement formée de fer hydroxydé compact ou cristallin (hématite brune); elle présente au point de vue de l'exploitation un assez grand nombre de variétés, à chacune desquelles les mineurs donnent un nom spécial.

Elles se réduisent à trois classes principales, les mines fortes ou ferrues, les mines douces ou noires, les anis ou mines pauvres. Les premières sont des hématites, les secondes des fers spathiques plus ou moins décomposés; les anis embrassent les minerais pauvres de ces deux qualités.

La mine ferrue comprend toutes les variétés d'hématites

cristallines ou compactes; elle est mélangée intimement d'une gangue siliceuse; elle fait feu sous le pic et est dure à exploiter; sa fusion à la forge catalane est plus difficile et rend moins de fer: elle compose la majeure partie du gîte de Rancié et la presque totalité des amas en ce moment exploités.

On appelle laouzude l'hématite noire schisteuse assez rare à la mine qui se rencontrait autrefois dans la région de Bellagre; le fer qui en résultait, sans être cassant, se divisait en lits superposés et se soudait mal au corroyage.

On donne le nom de luzentié au fer micacé assez fréquent aux extrémités des amas et en veinules dans les calcaires rouges encaissants; il est rarement en masses assez puissantes pour être utilisé seul dans les forges.

Les hématites cellulaires sont désignées sous le nom de mines brûlées; elles sont assez rares et mélangées de mine de cuivre dit verdet; on en rencontre à l'Escudelle.

Les mines douces ou mines noires sont les diverses mines spathiques; elles présentent toutes les variétés qui peuvent résulter de la décomposition lente et progressive du fer carbonaté blond jusqu'à sa transformation en fer hydroxydé sans traces d'acide carbonique; leur teinte varie depuis le blond jusqu'au brun le plus noirâtre.

Le départ de l'acide carbonique rend la mine poreuse, facile à abattre au pic du mineur et facile à fondre à la forge; pour exprimer la bonté de ce minerai, on lui donne le nom de gra de Gabach (grain de blé de sarrazin); dans ce cas le minerai est noir, très-poreux, riche en fer et en manganèse; cette variété était surtout abondante au niveau de la Craugne, elle se rencontre parfois sur d'autres points de la mine à un état de décomposition plus avancé; l'acide carbonique a complètement disparu; la masse est toujours poreuse, non cristalline et formée de fer oxydé rouge très-peu hydraté; la poussière et la trace du pic sont rouges; ce minerai très-estimé, sans être à gra de Gabach, s'est

rencontré aux vides de Poutz, en masses isolées au centre de la mine entre Orléans et Sainte-Barbe et aux niveaux inférieurs de l'Escudelle et Becquey au voisinage des masses de fers carbonatés blonds pauvres, qui paraissent en profondeur former la terminaison du gîte. Malheureusement, dans ce cas, elles contiennent parfois un peu de soufre provenant de la décomposition des pyrites.

Le fer carbonaté blond pauvre, quartzeux et pyriteux inexploitable est commun à Becquey et à l'Escudelle; les mineurs ne le considèrent même pas comme minerai et lui donnent le nom de paillère comme à toute roche encaissante stérile.

Le bedel ou veau, remplit les géodes des hématites; il est généralement noir terreux, très-riche en manganèse et parfois est du manganèse oxydé pur; le volume de ces noyaux varie beaucoup, il y en a qui pèsent 100 quintaux.

Sous la dénomination d'anis sont comprises toutes les mines pauvres ou rejetées par les préjugés des forgers.

La pyrite de fer, assez rare, est connue sous le nom de fêche (foie); la pyrite cuivreuse est désignée sous le nom de marcassine.

Les mines ferrues aussi bien que les mines douces sont plus ou moins riches en manganèse intimement mélangé dans leur masse; en outre, le manganèse oxydé se rencontre fréquemment dans les veaux des géodes, les salbandes argileuses et en enduits pulvérulents sur les concrétions d'hématites.

*Variétés minéralogiques de Rancié et leur distribution dans la masse minérale.*

*Variétés minéralogiques de Rancié.* — Les variétés minéralogiques de minerai, rencontrées à Rancié, sont assez nombreuses, mais elles peuvent se réduire à un certain nombre de types, dont les principaux sont les suivants :

## I. — Fer oxydé.

1° *Fer oxydé lamellaire (fer micacé)*. — Cette variété se trouve en paillettes et écailles de diverses dimensions; sa teinte générale est bleuâtre; les feuilletts sont, tantôt plans, tantôt contournés, imitent parfois la structure de la galène et sont toujours très-friables; cette substance ne se rencontre jamais en grandes masses et toujours en veinules aux terminaisons de l'amas, dans les calcaires encaissants, dans les salbandes du mur formées de minerai pauvre et roches rouges mélangées; elle est fréquente, mais toujours en petite quantité.

2° *Fer oxydé fibreux (hématite rouge)*. — L'hématite rouge est assez rare et ne se rencontre qu'en couches très-minces mamelonnées, de quelques millimètres, enchassées dans des concrétions concentriques d'hématite brune; elle est alors très-fibreuse et se divise au moindre choc en fines aiguilles; à Becquey est un type de minerai assez fréquent qui présente un noyau compact entouré de trois couronnes successives testacées; le noyau, la première et la troisième couronne appartiennent à la variété hématite brune; la seconde intermédiaire très-mince, de 1 à 2 millimètres, très-fibreuse, est presque anhydre. D'autres fois, les couronnes d'hématite brune ne sont séparées que par une épaisseur infiniment petite de fer oxydé anhydre à poussière rouge. Au point de vue de l'exploitation, cette variété est sans importance.

3° *Fer oxydé grenu à grains d'acier*. — Cette variété à teinte bleuâtre est assez fréquente à la base des concrétions d'hématite, en formant autour du noyau central, toujours hydraté, une couronne d'épaisseur irrégulière; assez fréquente en petite quantité dans ces conditions, elle forme très-rarement à elle seule des masses exploitables; cependant on la rencontre sur 1 à 2 mètres de puissance, dans

les parties basses du petit gîte, dit le mur de Becquey récemment découvert au mur de la grande descenderie.

4° *Fer oxydé compact*. — Cette variété est extrêmement rare, on n'en rencontre guère qu'à l'état de poussière entre les couronnes testacées des hématites.

## II. — Fer oxydé hydraté,

1° *Fer oxydé hydraté compact*. — Le fer hydraté compact forme la majeure partie du gîte de Rancié et a l'apparence d'une roche; il est toujours plus ou moins mélangé d'une gangue siliceuse disséminée dans toute sa masse qui fait feu au pic; cette mine est forte et ferrue; elle se rencontre à tous les niveaux, constitue la masse de Rancié, et les autres variétés n'en sont que des accidents.

2° *Fer hydraté concrétionné (hématite brune)*. — Le minerai ferru compact présente de nombreuses cavités ou géodes de toutes dimensions depuis quelques millimètres jusqu'à plusieurs mètres qui partout criblent l'amas et lui donnent en grand la structure celluleuse d'une éponge. L'intérieur de toutes ces géodes est entièrement tapissé d'hématite brune très-fibreuse, largement mamelonnée et disposée en une série de couches concentriques et testacées d'hématite à divers degrés d'hydratation; on peut compter parfois jusqu'à quatre couronnes successives.

L'épaisseur de ces couronnes est des plus variables; parfois réduites à quelques millimètres, elles ont souvent de 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,07, assez rarement 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,15 et presque jamais davantage; les géodes grandes ou petites étant très-abondantes, cette variété entre pour une fraction très-notable, peut-être un cinquième ou un quart, dans l'exploitation; c'est elle qui a donné au minerai de Rancié la réputation qu'il mérite à si juste titre; elle est riche en manganèse.

3° *Fer oxydé hydraté fibreux et radié (ranciérite)*. — Sur

quelques points très-rares de la mine, entre autres à Sainte-Barbe, est une variété très-rare de fer oxydé hydraté disposé en fines aiguilles radiées et non concrétionnées qu'on désigne parfois sous le nom de ranciérite; elle se rencontre à la naissance des concrétions d'hématites contre le noyau compact d'où elles dérivent; elles sont rouges dorées et leur poussière est de même couleur; cette substance est des plus rares.

4° *Fer hydraté épigène (mine noire)*. — Ce minerai provient de la décomposition des fers spathiques et de l'hydratation des produits de cette décomposition; il présente suivant les quantités d'eaux contenues un très-grand nombre de variétés et suivant les cas sa poussière passe du rouge vif (fer anhydre) par nuances insensibles jusqu'au jaune d'ocre (fer hydraté ordinaire); il est toujours compact, non cristallin, poreux, facile à abattre et à fondre, riche en manganèse et très-recherché par les maîtres de forges. Il forme à Rancié des amas d'une certaine étendue qui, à diverses époques, ont été l'objet d'exploitations suivies.

Par la galerie de la Craugne, on a extrait longtemps de la mine noire provenant de Saint-Louis, Chassepot et l'Hôpital; la même mine remplissait les vides de l'avancée du Poutz, la région centrale d'Orléans à quelques mètres en dessus et en dessous du niveau; elle se retrouve également à Becquey et à l'Escudelle, au voisinage des fers carbonatés blonds et pauvres; plusieurs chantiers en produisent en ce moment.

5° *Fer oxydé hydraté terreux*. — Cette variété terreuse forme une partie notable de la masse à tous les niveaux et sur tous les points; elle est toujours mélangée de sable siliceux et paraît un produit de la variété compacte dont la gangue intimement mélangée s'est séparée après désagrégation; assez fréquemment le sable domine, la masse est tout à fait quartzéuse, pauvre et inexploitable; ces stériles sableux sont très-fréquents du côté du toit et à tous

les niveaux; déjà à Orléans et au-dessous, ils forment des amas considérables aux avancées, et en descendant ils ne font qu'augmenter depuis Sainte-Barbe jusqu'au niveau de Becquey; près de la moitié de la masse minérale, du côté du toit et vers les avancées, appartient à cette variété sableuse dont le rendement moyen ne paraît pas devoir atteindre plus de 20 pour 100.

6° *Fer oxydé hydraté ocreux*. — Cette variété mélangée d'argile forme les salbandes.

### III. — Fer carbonaté.

1° *Fer carbonaté*. — Le fer carbonaté spathique se rencontre à l'état blond jaunâtre, nacré, mélangé de quartz et parfois de pyrite; à cet état, il paraît former la terminaison du gîte en profondeur; il est pauvre et n'est pas même regardé comme minerai par les mineurs; il se trouve à la base des travaux de l'Escudelle et Becquey en amas heureusement encore peu étendus et paraît s'avancer des régions profondes dans les travaux actuels, en forme de coins qui ne tarderont pas à s'élargir à mesure que l'exploitation descendra; ces masses sont toujours entourées de fers spathiques plus ou moins décomposés dont l'état de désagrégation successif montre une série variée depuis le carbonate blond jusqu'au fer oxydé épigène; la couleur blonde passe tout d'abord au brun, puis au noir; les lames rhomboïdales de diverses dimensions se distinguent encore nettement au voisinage du noyau intact; plus loin, elles deviennent indistinctes, la masse paraît grenue à grains de gabach; au delà l'acide carbonique disparaît complètement, la partie minérale se transforme en fer oxydé qui s'hydrate peu à peu et forme une masse celluleuse, criblée de cavités ou géodes produites par le dégagement du gaz; l'action dissolvante des eaux tapisse ces géodes de concrétions d'hématites et stalactites manganésées; la silice intimement mé-

langée au fer carbonaté se sépare ; tantôt elle se concentre dans l'intérieur des cavités, tantôt elle est refoulée par suite de son moindre poids du côté du toit où elle se mélange grossièrement à des hydrates de fer qu'elle appauvrit et rend inexploitable.

Ce passage lent et progressif du fer carbonaté à toutes les variétés de Rancié avec remaniement constant des minerais par l'action dissolvante des eaux et agents atmosphériques est de toute évidence et se poursuit jusqu'à nos jours ; les eaux peuvent pénétrer aisément par les grottes du mur qui descendent à de très-grandes profondeurs jusqu'au-dessous de Becquey.

#### IV. — Fer sulfuré.

1° *Fer sulfuré.* — En petits cristaux dodécadriformes, il imprègne assez fréquemment les calcaires gris du mur et du toit ; il se trouve également dans les schistes traversés par la portion rectiligne de la galerie Becquey ; amorphe, il forme quelques rognons dans le minerai sur des points heureusement assez rares et généralement aux pourtours des coins de fer carbonaté blond, comme à Becquey et à l'Escudelle.

#### V. — Cuivre pyriteux et carbonaté.

1° *Cuivre pyriteux et carbonaté.* — Le cuivre pyriteux vert soyeux, en aiguilles groupées est très-rare à Rancié ; il forme quelques petits rognons entourés sous-forme rayonnée de cuivre carbonaté vert ou bleu ; ces derniers se trouvent également dans de rares géodes dont ils tapissent la surface.

#### VI. — Manganèse oxydé.

1° *Fibreux.* — A cet état, il se rencontre en masses bacillaires et cristaux cannelés bleus noirâtres dans les géodes d'hématites, il porte alors le nom de bedel ou veau et remplit les géodes avec du sable ou du manganèse terreux.

2° *Stalactiforme.* — Les concrétions d'hématite qui tapissent les géodes sont très-souvent recouvertes de belles stalactites en fines aiguilles presque entièrement formées de manganèse.

3° *Pulvérulent.* — Sous cette forme, il constitue tous les enduits veloutés à colorations variées qui recouvrent les surfaces des hématites brunes.

4° *Argenté.* — A l'état de blanc d'argent, tirant sur le violet, il forme des enduits à la surface des hématites.

Le manganèse oxydé est très-commun en petite quantité sur tous les points ; en outre, il imprègne toute la masse du minerai dont la teneur moyenne en manganèse atteint 3 p. 100.

#### VII. — Chaux carbonatée.

1° *Chaux carbonatée.* — A l'état cristallin, elle tapisse les géodes des hématites ; les principales variétés sont celles des romboèdres primitifs, inverse, équiaux et contractant, prisme hexagonal et dodécaèdre métastatique.

A l'état lamelleux, elle forme des rognons dans la masse, surtout dans le fer spathique décomposé.

A l'état fibreux, elle se rencontre en stalactites ou enduits dans les géodes et en petits fillets au milieu du minerai.

A l'état saccharoïde, elle forme souvent les parois du mur et du toit et quelques rognons empâtés dans les salbandes.

#### VIII. — Quartz.

1° *Quartz.* — Le sable quartzeux sert de gangue générale à toute la masse du fer hydroxydé compacte ou terreux ; mélangé à des minerais pauvres, il constitue près de la moitié du gîte, du côté du toit et des avancées entre Sainte-Barbe et Becquey.

*Analyse chimique du minerai.*

L'essai chimique des minerais de Vicdessos a été fait depuis longtemps; M. François, dans son ouvrage sur la métallurgie de l'Ariège, constate un certain nombre de résultats des plus intéressants qui accusaient un rendement en fer à l'analyse pour les mines marchandes de 37 à 44 p. 100. J'ai eu l'occasion, à mon laboratoire de Vicdessos, de faire un très-grand nombre d'essais par la voie humide sur diverses variétés de minerais réparties à tous les niveaux depuis la haute mine de la Roque jusqu'à l'étage le plus inférieur de Becquey. La méthode suivie dans l'analyse est la suivante.

Le minerai pesé a été grillé au moufle; la perte en poids indiquait l'eau et l'acide carbonique contenus.

L'acide carbonique a été dosé en traitant le minerai par l'acide chlorhydrique et recevant le gaz produit, tantôt dans une éprouvette graduée, tantôt dans une dissolution ammoniacale de chlorure de barium; en retranchant des matières volatiles obtenues par le grillage au moufle l'acide carbonique dosé par une méthode spéciale, on déduisait l'eau renfermée dans le minerai.

La gangue-silice a été obtenue en traitant le minerai par l'acide chlorhydrique concentré, évaporant lentement à sec et reprenant la matière par le même acide; le résidu insoluble était la silice.

Le dosage des bases terreuses a été fait ainsi qu'il suit: le minerai a été attaqué par l'acide acétique très-étendu, la chaux et la magnésie ont été dissoutes; dans la liqueur rendue ammoniacale la chaux a été précipitée par l'oxalate d'ammoniaque et dosée à l'état de chaux calcinée et sulfate de chaux pour vérification; la magnésie a été précipitée par le phosphate d'ammoniaque et pesée à l'état de phosphate de magnésie.

Pour le dosage du fer et du manganèse, le minerai attaqué par l'acide chlorhydrique évaporé à siccité pour le dépôt complet de la silice, repris par le même acide, a été peroxydé par le chlore; le chlore a été chassé par la chaleur et les deux métaux précipités par l'ammoniaque; le précipité convenablement lavé a été calciné au moufle et son poids a permis de calculer le fer contenu dans le minerai en défalquant le manganèse dosé par une méthode spéciale.

Plusieurs vérifications ont été faites en réduisant le minerai en fer métallique par un courant d'hydrogène à chaud et attaquant la masse réduite par de l'eau légèrement acidulée; le résidu insoluble était la gangue siliceuse; le fer, manganèse et les bases terreuses étaient dissous et leur séparation était faite suivant l'usage.

Le dosage du manganèse qui existe dans tous les minerais de Rancié en petite quantité a été fait par les procédés colorimétriques; chaque échantillon a été attaqué par la potasse et le nitre dans un creuset d'acier, le résidu dissous dans une quantité d'eau égale; la dissolution était colorée plus ou moins en vert et les variations de couleurs correspondaient aux quantités de manganèse contenues; les mêmes essais ont été faits avec du minerai de manganèse pur, analysé d'avance, sur quantités déterminées; la comparaison des couleurs donnait un moyen rapide et très-exact d'évaluer le manganèse de minerai.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Minerais de Rancié.

PROVENANCE DU MINÉRAI.	NATURE DU MINÉRAI.	Eau.	Acide carbonique.	Manganèse.	Oxygène du manganèse.	Fer.	Oxygène du fer.	Chaux.	Magnésie.	Gangue silice totale.	Oxyde de manganèse anhydre.	Oxyde de fer Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Total.
1° Fer oxydé compacte de la Roque . . . . .	Poussière rougeâtre foncé, compacte non cristallin mélangé de minéral terreux, forme la majeure partie de la Roque.	11,2	0,5	2,0	0,6	52,6	23,3	0,8	Compris dans la chaux.	8,8	2,6	75,9	99,8
2° Minerai ferru compacte de Saint-Louis . . . . .	Compacte très-peu cristallin, en partie terreux, représente les masses de Saint-Louis, un peu de chaux carbonatée, poussière brune.	13,8	0,8	3,1	0,9	50,6	22,4	1,0	Id.	6,0	4,0	73,0	98,6
3° Ferru cristallin du fond de la Canale . . . . .	Partie terreux, partie cristallin, un peu de ranciérite, poussière rouge doré, représente le fond du gîte de la Canale.	10,5	0,1	1,7	0,5	52,1	23,0	0,1	Id.	11,6	2,2	75,1	99,6
4° Fer hydroxydé compacte du Plot . . . . .	Compacte, poussière brune gîte du Plot faisant suite à celui de la Canale.	12,2	"	1,8	0,5	52,3	23,1	"	Id.	9,4	2,3	75,4	99,3
5° Minerai ferru compacte de la Canale, niveau du Poutz . . . . .	Compacte, légèrement cristallin, région moyenne de la Canale, poussière brun assez foncée	12,5	0,1	6,2	1,8	47,9	21,1	0,1	Id.	9,0	8,0	69,0	99,7
6° Fer hydroxydé ferru compacte du Poutz . . . . .	Veine secondaire au mur de Poutz, quartzeux poussière brun ordinaire.	11,7	0,3	3,6	1,0	48,0	21,2	0,4	Id.	13,0	4,6	69,2	99,2
7° Minerai noir de l'entree du Poutz . . . . .	Fer carbonaté décomposé, fer oxydé rouge, gangue spathique, poussière rougeâtre foncée, affleurement.	11,4	6,4	2,0	0,6	43,1	19,0	8,0	Id.	8,0	2,6	62,1	98,5
8° Hydroxydé compacte de la Craugne . . . . .	Terreux, quartzeux, débris à l'entree de l'ancienne mine de la Craugne, poussière brun ordinaire.	12,4	0,2	2,8	0,6	48,2	21,3	0,3	Id.	13,0	3,4	69,5	98,8
9° Fer hydroxydé noirâtre des vides du Poutz . . . . .	Fer hydroxydé compacte provenant de fer carbonaté complètement décomposé, poussière brun rougeâtre.	11,8	"	4,7	1,4	52,0	23,0	"	Id.	6,1	6,1	75,0	99,3
10° Minerai noir des vides du Poutz . . . . .	Minerai noir sans traces d'acide carbonique, poussière rouge noirâtre, très-riche en manganèse.	6,5	"	11,0	3,3	52,3	22,4	"	Id.	3,5	14,3	74,7	99,0
11° Hydroxydé compacte et cristallin du gros bloc, avancée du Poutz . . . . .	Majeure partie du gros bloc, poussière brun ordinaire . . . . .	11,8	0,2	0,7	0,8	55,1	24,5	0,3	Id.	5,5	1,0	70,9	98,7
12° Hydroxydé compacte des vides du Poutz, dedoublement au mur . . . . .	Très-dur, ferru, compacte et quartzeux, poussière brun un peu clair.	11,4	"	1,1	0,3	51,7	22,9	"	Id.	11,4	1,4	74,6	98,8
13° Minerai noir de la Cavotte . . . . .	Fer carbonaté complètement décomposé, beaucoup d'eau de carrière, poussière brun un peu rougeâtre.	16,0	"	3,7	1,1	51,8	22,0	"	Id.	4,4	4,8	74,7	99,0
14° Hydroxydé compacte et légèrement noir de la Cavotte . . . . .	Compacte terreux, mélange de calcaire et un peu de minéral noir, poussière brun un peu foncé.	8,4	6,1	1,0	0,5	46,5	20,4	8,0	Id.	7,1	2,4	76,0	98,9
15° Minerai noir de l'entree de l'Auriette . . . . .	Compacte noirâtre, pauvre, siliceux, affleurement de l'Auriette, poussière rouge brunâtre.	6,0	"	1,7	0,5	51,0	22,5	0,1	Id.	18,0	2,2	73,5	99,8
16° Hématite cristalline de Capel . . . . .	A peu près complètement cristallin, hématite brune, rouge et ranciérite, grotte de Capel.	9,0	"	0,9	0,3	58,9	26,1	"	Id.	3,8	1,2	85,0	99,0
17° Fer hydroxydé cristallin du Capdelpas . . . . .	Hydroxydé, compacte et cristallin, et un peu de minéral noir, poussière brun un peu rougeâtre.	10,4	0,6	1,0	0,8	59,6	26,3	"	Id.	2,2	1,3	85,9	99,8
18° Minerai ferru du Porge . . . . .	Cristallin, hématite brune, poussière brun clair.	14,0	"	2,5	0,7	50,5	22,3	"	Id.	10,0	3,2	72,8	100,0
19° Hydroxydé compacte de Tarbes . . . . .	Ferru compacte, riche, Tarbes au point de maximum de puissance, poussière brun jaunâtre très-clair.	10,0	"	3,9	1,1	58,2	25,5	"	Id.	1,3	5,0	83,7	100,0
20° Hydroxydé compacte de l'Auriette, avancée . . . . .	Extrême avancée de l'Auriette, veine au mur, poussière brun, jaunâtre clair.	14,0	"	2,5	0,7	50,5	23,3	"	Id.	10,0	3,2	72,8	100,0
21° Rôché rouge de l'avancée de l'Auriette . . . . .	Calcaire dolomitique, mélange de minéral au front de l'avancée de l'Auriette, poussière brun clair.	3,3	26,5	0,1	0,0	26,2	11,5	16,4	13,0	2,6	0,1	37,7	99,6
22° Fer hydroxydé de l'avancée de l'Auriette . . . . .	Mélange de minéral ferru et minéral noir, à la limite extrême du gîte, poussière brun noirâtre.	9,4	1,8	3,1	1,3	53,7	23,7	2,4	"	4,2	4,4	77,4	99,6
23° Minerai noir épigène d'Orléans . . . . .	Minerai carbonate, décomposé, poussière noir violacé, près du contact et du minéral ferru.	9,8	"	2,8	0,8	58,3	26,4	"	Id.	1,7	3,6	84,7	99,8
24° Minerai ferru hydroxydé d'Orléans . . . . .	Au contact du minéral noir précédent compacte, poussière jaune, pauvre.	9,2	"	1,4	0,4	42,4	18,2	"	Id.	28,1	1,8	60,6	99,7
25° Hydroxydé compacte d'Orléans, côté du jour . . . . .	Ferru compacte de bonne qualité, représente la masse du jour à ce niveau, poussière brun ordinaire.	12,0	"	5,1	1,5	52,2	23,0	"	Id.	6,0	6,6	75,2	99,8
26° Minerai ferru d'Orléans . . . . .	Centre de la mine, voisinage du minéral noir, noyau noirâtre entouré d'hématite, poussière rouge.	7,4	"	4,2	1,2	53,8	23,7	"	Id.	9,6	5,1	77,5	99,9
27° Minerai noir d'Orléans . . . . .	Tondre, excellente qualité, poussière brun noirâtre.	9,6	0,1	2,1	0,9	58,9	26,0	"	Id.	2,0	3,0	84,9	99,6
28° Minerai quartzeux d'Orléans . . . . .	Pauvre à gangue quartzeuse, avancée d'Orléans, poussière brun jaunâtre clair.	5,8	"	4,3	2,0	28,1	12,4	"	Id.	17,1	6,3	40,5	99,7
29° Hydroxydé, compacte et cristallin d'Orléans . . . . .	Hématite mélangé de chaux spathique au centre du gîte, niveau d'Orléans, tête de la descendente centrale, poussière brune.	8,7	9,1	8,4	2,4	35,7	15,8	11,8	Id.	6,8	10,8	51,5	98,7
30° Minerai noir d'Orléans . . . . .	Excellente qualité, poussière rouge noirâtre.	5,2	5,0	5,1	1,5	49,1	21,7	3,2	2,3	5,6	6,6	70,8	99,7
31° Hydroxydé compacte de la Graillière . . . . .	Ferru compacte, du vide de la Graillière, poussière brun ordinaire, beaucoup d'eau de carrière.	16,2	"	3,9	1,1	49,0	21,7	"	Id.	6,4	5,0	70,7	98,3
32° Hydroxydé cristallin, entre Orléans et Sainte-Barbe . . . . .	Ferru cristallin, étage près d'Orléans, côté du jour, noyaux très-quartzeux, couronne cristalline mince, poussière brune.	7,0	"	2,1	0,6	38,7	17,0	"	Id.	34,4	2,7	55,7	99,8
33° Ferru cristallin, entre Orléans et Sainte-Barbe . . . . .	Ferru cristallin très-riche, hématite, étage le plus voisin d'Orléans, au centre du gîte, poussière brune.	11,1	"	2,5	0,6	58,5	25,6	"	Id.	1,4	3,1	84,1	99,7

PROVENANCE DU MINÉRAL.	NATURE DE MINÉRAL.	Eau.	Acide carbonique.	Manganèse.	Oxygène du manganèse.	Fer.	Oxygène de fer.	Chaux.	Magnésie.	Gangue silice total.	Oxyde de manganèse MnO	Oxyde de fer. Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub> .	Total.
34° Hydroxyde cristallin, entre Orléans et Sainte-Barbe	Côté des avancées, étage le plus voisin d'Orléans, poussière brun, un peu roussâtre, chaux spathique.	7,3	6,5	3,5	1,3	38,5	17,0	8,1	Compris dans la chaux.	17,0	4,4	55,5	99,1
35° Hydroxyde compacte, entre Orléans et Sainte-Barbe.	Ferru compacte, étage le plus voisin de Sainte-Barbe, côté de l'avancée, poussière brune.	11,0	"	3,6	1,0	52,5	23,0	"	Id.	8,4	4,6	75,5	99,5
36° Minerai noir, entre Orléans et Sainte-Barbe.	Massif central, étage le plus voisin de Sainte-Barbe, poussière rouge un peu clair.	8,8	1,0	3,4	1,0	56,7	25,1	1,4	Id.	2,6	4,4	81,8	100,0
37° Hydroxyde compacte, entre Orléans et Sainte-Barbe.	Étage le plus voisin de Sainte-Barbe, côté du jour, poussière brun jaunâtre clair.	9,8	3,2	2,5	0,6	51,9	22,9	4,2	Id.	4,4	3,1	74,8	99,5
38° Rancierite de Sainte-Barbe.	Oxyde hydraté en aiguilles, radié, niveau de Sainte-Barbe.	12,7	"	1,4	0,4	57,6	25,7	"	Id.	1,5	1,8	83,3	99,3
39° Ferru compacte de Sainte-Barbe, gîte principal.	Fer hydroxyde compacte, provenant d'un noyau entouré par des hématites.	16,3	"	5,5	1,7	50,1	21,4	"	Id.	3,2	7,2	71,5	98,8
40° Ferru de l'étage Sainte-Barbe, gîte principal.	Niveau principal, côté de l'avancée, compacte et cristallin, un peu de rancierite, poussière brun doré.	10,9	0,4	6,2	1,8	54,3	23,9	0,5	0,1	2,0	8,0	78,2	100,1
41° Ferru de Sainte-Barbe, gîte principal.	Niveau principal, côté du jour, ferru cristallin, poussière brune.	12,2	"	1,7	0,5	58,1	25,7	0,2	Id.	1,2	2,2	83,8	99,7
42° Ferru de Sainte-Barbe, gîte principal.	Niveau principal, centre du massif, très-cristallin, poussière brune.	9,5	"	4,2	1,6	56,3	24,8	0,1	Id.	2,6	5,8	81,1	99,1
43° Quartzieux, toit de Sainte-Barbe.	Niveau principal, côté du toit, poussière brun jaunâtre.	9,3	"	0,9	0,3	42,2	18,4	0,2	Id.	27,3	1,2	60,6	98,6
44° Minerai ferru de Sainte-Barbe, gîte secondaire.	Ferru compacte, niveau principal, veine au toit secondaire, centre de Pamas, dolomie, poussière brun un peu rougeâtre.	9,8	5,5	12,3	3,4	40,4	17,8	4,7	1,8	3,4	15,7	58,2	99,1
45° Ferru de Sainte-Barbe, gîte secondaire.	Veine secondaire au toit de Sainte-Barbe, côté des avancées, ferru compacte, poussière brun ordinaire.	11,6	"	3,4	2,0	53,2	23,5	0,4	"	5,6	5,4	76,7	99,7
46° Ferru, second étage en dessous de Sainte-Barbe.	Compacte assez cristallin, centre de Pamas, un peu de chaux spathique mélangée, poussière brun un peu noirâtre.	14,5	2,4	11,2	3,1	39,9	17,6	5,7	2,1	2,8	11,3	57,5	99,3
47° Ferru, troisième étage en dessous de Sainte-Barbe.	Cristallin, côté du jour, poussière brun ordinaire un peu clair.	11,9	"	2,0	0,6	53,6	23,6	0,6	0,2	4,8	2,6	77,2	97,3
48° Ferru, premier étage en dessous de Sainte-Barbe.	Ferru compacte, niveau principal, poussière brun ordinaire.	11,9	"	2,0	0,6	53,6	23,6	0,6	0,2	4,8	2,6	77,2	97,3
49° Ferru, deuxième étage en dessous de la chambre (Becquey).	Compacte peu cristallin, poussière brun ordinaire.	11,4	"	4,6	1,9	50,0	22,4	0,1	0,1	9,0	6,5	72,1	99,5
50° Ferru, quatrième étage, en dessous de la chambre (Becquey).	Compacte et cristallin, poussière brun ordinaire.	12,4	"	6,2	1,8	52,0	23,0	0,2	"	3,6	8,0	75,0	99,2
51° Ferru, niveau de Becquey, pied du plan incliné.	Ferru cristallin, gîte principal, poussière brun ordinaire.	9,7	0,1	2,8	0,8	54,9	24,4	0,7	"	6,4	3,6	79,3	99,8
52° Niveau de Becquey, gîte principal.	Noyau compacte sans couronne d'hématite, masse commune à Becquey.	11,0	"	0,6	0,2	59,6	25,8	"	"	2,5	0,8	85,4	99,7
53° Dédoublément au mur de Becquey, sous la grande descenderie.	Compacte à grains d'acier, poussière jaune brun.	12,0	"	4,0	1,1	52,8	22,9	"	"	7,0	5,1	75,7	99,8
54° Même dédoublément au mur de Becquey, jointe au précédent sous Salbande.	Compacte à grains d'acier, poussière rouge foncé, tendant au noir, moins hydraté que le précédent.	6,8	"	1,8	0,5	61,6	26,5	"	"	2,7	2,3	88,1	99,9
55° Minerai noir de Becquey, petit gîte en avant du fer carbonaté.	Minerai noir, poreux, tendre, poussière brun un peu rougeâtre.	9,6	"	2,5	0,7	57,5	25,5	0,6	0,1	2,9	3,2	83,0	99,4
56° Minerai ferru de l'Escudelle, éboulis du grand vide ancien.	Compacte, légèrement cristallin, poussière brun jaunâtre très-clair.	8,6	"	0,3	0,1	40,4	17,9	0,9	"	31,2	0,4	58,3	99,4
57° Minerai noir de l'Escudelle, région du toit, un peu avant le grand vide.	Poussière brun jaunâtre, minerai noir, poreux, tendre.	10,6	"	1,1	0,3	60,0	26,4	0,5	0,1	0,9	1,4	86,4	99,9
58° Ferru de l'Escudelle, niveau de Becquey.	Ferru cristallin, poussière brun ordinaire.	12,0	0,1	4,5	1,3	52,3	23,3	0,4	"	5,4	5,8	75,6	99,3
59° Ferru schisteux, galerie de la Piquette.	Niveau de Becquey, extrême avancée à l'ouest, poussière brun jaunâtre un peu clair.	12,3	0,2	3,9	1,2	53,2	23,5	0,8	0,1	5,6	5,1	76,7	100,0
60° Minerai carbonaté blond de Becquey, inexploité.	Carbonaté blond, niveau de Becquey, poussière gris rosâtre clair.	1,5	35,8	1,4	"	33,5	"	1,8	4,1	10,8	"	"	97,9
	Moyenne des 58 premiers essais pouvant être considérés comme représentant assez bien la teneur moyenne de l'ensemble des gîtes de Rancié, non compris le fer carbonaté non exploité jusqu'à ce jour.	10,6	1,3	3,3	1,1	50,7	22,4	1,3	0,4	8,3	4,4	73,1	99,4

## HYPOTHÈSES SUR LE MODE DE FORMATION DE RANCIÉ.

Le gîte de Rancié se compose d'une série de renflements et étranglements successifs qui lui donnent une allure en grains de chapelet très-irrégulière. Chaque amas ou grain de chapelet est à peu près parallèle aux assises encaissantes, mais l'ensemble de ces grains, soit en direction, soit en pendage, interrompt fréquemment les strates calcaires rejetés toujours dans le même sens de quelques mètres à la suite les uns des autres, sans contournements des couches aux voisinages des rejets. Ainsi, en descendant du sommet de Rancié vers l'entrée de Becquey, on voit les divers amas éprouver aussi bien en profondeur qu'à la surface une série graduelle de rejets au mur en forme de gradins dont l'amplitude totale peut atteindre 40 mètres sur une longueur de 500 mètres.

La roche du toit, formée le plus souvent de calcaire gris feuilleté de la montagne, est séparée nettement de la masse minérale par une salbande argileuse; elle est régulière, présente de grandes surfaces planes; les veines secondaires y sont rares, et quand elles existent, elles sont à peu près parallèles au grand amas et affectent les mêmes allures; le calcaire rouge et spathique qui paraît une modification métamorphique de la roche ordinaire grise de la montagne ne paraît guère du côté du toit que vers les affleurements où les amas ont un faible pendage.

Le mur est au contraire toujours bosselé, profondément excavé par l'action des eaux qui y ont creusé des grottes plus ou moins vastes, vides ou pleines de minerai; ces grottes se voient depuis le sommet de la montagne jusqu'au-dessous de Becquey; la salbande est épaisse, mais irrégulière, formée d'un mélange d'argile ocreuse et mauvais minerai au milieu de laquelle se répartissent irrégulièrement des cailloux arrondis détachés des parois encaissantes.

Le mur est pénétré presque partout d'oxyde de fer dans toute sa masse jusqu'à une distance de plusieurs mètres; il est traversé par des veines minérales et filets d'argiles qui s'y croisent en tout sens et ont transformé par métamorphisme lent le calcaire gris ordinaire en calcaire rouge et spathique plus ou moins cristallin; en outre, de grands rameaux se détachent de la masse principale à tous les niveaux pour pénétrer dans la roche du mur à de très-grandes distances en métamorphisant toutes les roches à leur angle de suture. Dans plusieurs grands amas il n'est pas rare de rencontrer de grands nerfs calcaires, qui, faisant corps avec les parois, divisent la masse en plusieurs bancs plus ou moins parallèles.

L'ensemble des amas paraît réparti en une série de colonnes qui, partant du sommet de la montagne, divergent en profondeur; largement évasées dans les niveaux élevés, presque contiguës, elles s'éloignent les unes des autres en descendant, séparées par de vastes espaces stériles.

Le gîte, grand et puissant près de la surface, paraît avoir des racines qui se rétrécissent et s'épuisent rapidement en profondeur.

Cet ensemble de faits paraîtrait indiquer dans la formation de Rancié deux périodes bien distinctes, l'une correspondante à la création de crevasses irrégulières, affectant une direction générale à peu près E.-O., parallèle à l'axe de soulèvement qui a amené au jour les deux massifs de roches primitives, englobant au nord et au sud l'étage métallifère de Rancié; ces crevasses seraient la conséquence immédiate du soulèvement et le remplissage du minerai correspondrait à une époque postérieure.

Les salbandes terreuses souvent épaisses vers les deux roches encaissantes, le poli si remarquable du toit et du mur, sur plusieurs points, seraient le résultat naturel du frottement mutuel des deux parois des crevasses qui n'ont pu être formées sans éprouver quelques glissements.

Le large évasement naturel de ces crevasses dans leur partie supérieure, le rétrécissement en profondeur, l'irrégularité qui doit résulter de leur création par soulèvement, surtout du côté du mur servant de point d'appui, expliquent bien la disposition générale de la masse métallique en amas irréguliers en chapelets avec grottes et veines secondaires au mur, riche et large vers la surface, pauvre et mince en profondeur.

Ces crevasses sont contemporaines du soulèvement granitique des Pyrénées, et leur création forme la première période de la formation du gîte métallifère de Rancié et des gîtes analogues du voisinage.

Un second fait probable est le suivant :

Le remplissage de ces crevasses, évidemment postérieur à leur création, a tout d'abord été fait, pour la majeure partie, dans toute leur étendue par la variété de minerai de fer dont on constate la présence aux niveaux inférieurs de Becquey et l'Escudelle, qui est le minerai de fer carbonaté blond à lames rhomboïdales, manganésifère, mélangé de silice ; sa nature est bien spécifiée au n° 60 du tableau des essais chimiques des minerais de Rancié ; d'après ce tableau, ce minerai contient :

Acide carbonique. . . . .	55 à 38	p. 100
Fer. . . . .	55 à 54	—
Manganèse. . . . .	1 à 2	—
Chaux. . . . .	10 à 11	—
Magnésie. . . . .	4 à 5	—
Silice. . . . .	10 à 11	—

Toutes les autres variétés de minerai qui forment la presque totalité du gîte au-dessus de Becquey et probablement s'étendent encore loin en dessous, paraissent le produit de la décomposition du fer carbonaté, facilitée par l'action de l'eau et des agents atmosphériques qui, grâce aux crevasses incomplètement remplies et les grottes du

mur, ont pu pénétrer de la surface à de très-grandes profondeurs ; de plus, il n'est pas rare de trouver avec le fer carbonaté blond des pyrites de fer dont la décomposition plus facile a dû hâter la transformation des variétés carbonatées et leur passage aux variétés oxydées.

Le fer carbonaté blond, en perdant un peu d'acide carbonique, prend une surface noirâtre, tout en conservant encore sa structure rhomboïdale ; sa poussière devient rouge comme celle du fer oxydé ; au fur et à mesure de l'action des agents atmosphériques, il perd sa cristallisation rhomboédrique, prend une structure grenue à grains de gabach, parfois, plus compacte, plus uniforme, mais toujours poreuse, celluleuse, par suite du départ de l'acide carbonique. Cette structure se prête admirablement à l'action incessante des eaux ; le minerai s'hydrate et presque toute la masse devient un fer hydroxydé à gangue siliceuse comme le carbonate dont il dérive.

L'action des eaux sur la masse tendre à moitié décomposée, jointe au départ complet de l'acide carbonique, a criblé la masse minérale de cellules, cavités et géodes de toutes dimensions depuis quelques millimètres jusqu'à plusieurs mètres ; un déplacement moléculaire s'opère par l'action des agents atmosphériques et des forces ordinaires cristallisatrices ; la surface des géodes se couvre de concrétions de belles hématites pures, à diverses couches concentriques, et se tapisse de veloutés et stalactites manganésées.

La silice s'isole dans les géodes ; parfois plus légère que le minerai, elle est refoulée du côté du toit où elle va former des masses pauvres inexploitable.

Les parties plus solubles manganésées se concentrent à la surface des géodes et dans leur intérieur.

L'action des eaux et autres agents toujours incessante ne se contente pas toujours de ce simple déplacement moléculaire ; toujours répartie du côté du mur par son poids naturel, l'eau y creuse des grottes, les remplit de terres

et minerais remaniés; elle l'attaque sans cesse; chargée d'oxyde de fer en faible dissolution, elle imprègne toute sa masse de fer, change sa structure, la rend cristalline, surtout vers les points où plusieurs crevasses se rejoignent suivant des angles aigus en donnant naissance à des veines secondaires.

Elle remanie tout du côté du mur; apporte des cailloux arrondis qu'elle mélange aux sables; elle refoule au toit le sable plus léger.

Cette décomposition graduelle du fer carbonaté avec transformations moléculaires des produits décomposés et remaniements de ces produits par l'action des agents atmosphériques est incessante et sans relâche; commencée dès le premier jour du remplissage des crevasses, elle continue encore et sera perpétuelle tant que les crevasses contiendront des traces de minerai.

La disposition générale du gîte métallifère de l'est à l'ouest, parallèle à l'équateur magnétique de la terre, n'est pas non plus sans influence sur la facilité de la transformation des divers groupes moléculaires de minerais; les phénomènes électriques qui résultent du grand courant qui traverse journellement la surface du sol de l'est à l'ouest, doit probablement contribuer à cette facilité de cristallisation des molécules minérales et à la transformation incessante du fer hydroxydé compacte en hématites concrétionnées aux pourtours des géodes.

Quelque étonnante que puisse paraître une idée de cette nature, elle peut mériter l'attention; et, il ne serait pas impossible que les forces cristallisatrices encore si peu étudiées soient en relation avec les phénomènes électriques auxquels le globe est incessamment soumis.

Quant au remplissage des crevasses, par le fer carbonaté et l'époque où ce travail s'est opéré, plusieurs hypothèses peuvent être présentées; cette introduction a-t-elle été faite par le bas, par suite d'émanations métallifères, à la façon

des filons ordinaires minéraux; le minerai a-t-il été apporté par les eaux superficielles et introduit par le haut, emprunté lentement aux filons pauvres de fer carbonaté quartzeux, compris dans les schistes ardoisiers siluriens, ou aux filons moins pauvres des calcschistes anciens qui dominent Rancié du côté du sud? Ces deux opinions peuvent être admises et discutées; je pencherai volontiers pour la première, qui paraît plus en harmonie avec les faits.

#### ORGANISATION DE RANCIÉ

L'exploitation de Rancié est soumise à une société d'un genre tout spécial, n'ayant aucune relation avec les sociétés ordinaires civiles ou commerciales et qui peut être définie sous le nom de *Société ouvrière coopérative*; elle est placée en ce moment sous la direction du préfet de l'Ariège, aidé du concours des ingénieurs des mines de l'État.

L'exploitation des mines de fer de Rancié remonte à une époque reculée: des chartes du XIII<sup>e</sup> siècle en constatent la prospérité ancienne; depuis cette époque de nombreux règlements ont fixé les conditions de cette industrie; les principaux sont ceux des 15 novembre 1474, 21 août 1731, 29 juin 1805 et 31 mai 1835; ce dernier a été rendu en forme d'acte de concession conformément à la loi organique des mines du 21 avril 1810.

La propriété de la mine appartient aux huit communes de Vicdessos, Sem, Goulier et Obier, Auzat, Orus, Suc et Sentenac, Illier et Laramade, Saleix, formant la vallée de Vicdessos au nom desquelles a été faite la concession du 31 mai 1835. A cet acte de concession est annexé un cahier des charges réglant dans tous ses détails les conditions de l'exploitation qui fait de l'usufruit des mines ou du minerai, produit de l'extraction, la propriété d'une société ouvrière dont le nombre des membres est variable suivant les be-

soins de l'industrie et se trouve en ce moment de 400; chaque membre de cette société propriétaire du minéral qui est le produit de son travail est désigné par l'autorité, et du jour où il entre, suivant le terme consacré, dans l'office des mines, il a droit à sa part journalière de travail jusqu'à sa mort, à moins de fautes très-graves ayant occasionné son expulsion; en cas de vieillesse, d'accident, de maladie éventuelle, il reçoit de la société ouvrière organisée en société de secours une assistance régulière et suffisante qui le met à l'abri de la misère.

La société ouvrière de Rancié est placée sous la direction immédiate de l'État, représenté par M. le préfet de l'Ariège, administrateur général, et par les ingénieurs des mines de l'État, chargés de tout ce qui concerne l'aménagement des travaux et la police de la mine.

Entre la société ouvrière et l'État agissent comme intermédiaire cinq ouvriers mineurs assermentés, nommés pour cinq ans par l'autorité et indéfiniment rééligibles qui portent le nom de jurats; à ces jurats est confiée la surveillance immédiate des chantiers, la distribution du travail entre les divers membres de la société et toute la discipline intime.

Cette institution, en apparence complexe, est en pratique des plus simples; elle n'est pas sans analogie avec l'organisation allemande du Hartz et a cela de remarquable qu'elle a traversé les orages de plusieurs siècles sans éprouver de modifications essentielles. Les règlements qui à diverses époques ont régi la mine de Rancié sont consignés avec tous leurs détails dans le grand ouvrage de M. François sur l'industrie métallurgique de l'Ariège. Je me contenterai d'en rappeler les principaux traits.

I. — Règlement du 15 novembre 1414, dressé par Raymond Alhon de Malléou, sénéchal du comte de Foix, seigneur suzerain du pays.

Dans ce règlement, le sénéchal du comte de Foix constate les abus de l'exploitation des mines, livrée aux habitants du pays, et pour y remédier, il institue quatre surveillants portant le nom de prud'hommes, ayant les attributions des jurats actuels, chargés de la discipline des travaux et payés par le produit des amendes infligées par eux; ces prud'hommes sont nommés par le bayle et les consuls du lieu, c'est-à-dire par le concours des autorités judiciaire et municipale de la localité.

II. — Règlement du 21 août 1731.

Ce règlement, rendu par l'accord mutuel des autorités judiciaire et municipale de la contrée, approuvé par l'autorité administrative du pays de Foix, confirme les attributions données par le règlement de 1414 dans l'intérêt de la conservation de la mine aux prud'hommes auxquels il donne le nom de jurats; il présente de plus grands détails sur ces attributions qui se sont maintenues à peu près intactes jusqu'à maintenant; il contient en outre sur la vente du minéral un certain nombre de dispositions fiscales destinées à protéger l'industrie toute locale du canton; elles ont à peu près toutes disparu, et il n'en reste guère que la fixation annuelle du prix du minéral fait par le préfet de l'Ariège, après avoir entendu une commission composée de mineurs et maîtres de forges et pris l'avis des ingénieurs de l'État.

Ce règlement ne contient rien sur le mode de nomination des jurats qui devait continuer sans doute à avoir lieu par le concours des autorités judiciaire et municipale de l'endroit.

## III. — Règlement du 29 juin 1865 ou messidor an XXI.

L'action de la municipalité de Vicdessos a disparu; les attributions des jurats, dont l'organisation paraît être le pivot de la société ouvrière, ne sont pas sensiblement modifiées, leur mode de nomination a été changé en son essence; les jurats sont nommés par le préfet sur une liste double formée à la pluralité des suffrages des ouvriers, cette disposition a été plus tard abrogée; des fonctions assez importantes sont dévolues au maire de Sem; ces attributions ont disparu plus tard pour ne faire place qu'à un simple droit d'installation des jurats, lors de leur nomination.

Les dispositions fiscales ayant pour objet le privilège de rente du minerai en faveur de la vallée de Vicdessos ont fait place à la simple fixation annuelle du prix de ce minerai par le préfet assisté d'une assemblée formée de quatre mineurs et quatre maîtres de forges et l'ingénieur des mines.

Ce règlement, rédigé par le préfet de l'Ariège, a été, sur l'avis du conseil des mines, approuvé par le directeur général des ponts et chaussées et des mines.

## IV. — Règlement général du 31 mai 1833, portant acte de concession.

Le règlement général du 31 mai 1833 actuellement en vigueur, rendu en exécution de la loi organique du 21 avril 1810, donne la concession nominativement aux communes de Vicdessos, Auzat, Suc et Sentenac, Saleix, Goulier et Olbier, Sem, Orus, Illier et Laramadé, formant la vallée de Vicdessos; mais il réserve, en ce qui concerne l'exploitation, les anciens usages; il donne aux ouvriers mineurs le droit de disposer du minerai fruit de leur travail qui est leur entière propriété.

Ce règlement conserve aux jurats, portés au nombre de cinq, toutes leurs anciennes attributions ayant pour objet

la conservation de la mine; à eux appartient la répartition des ouvriers dans les chantiers, la police intime de la mine, la discipline, sauf recours au préfet pour les punitions graves.

Il donne aux ingénieurs de l'État la direction de tous les travaux et au préfet de l'Ariège l'administration générale de la mine; les fonctions du maire de Sem sont réduites à la simple installation des jurats.

La nomination des jurats se fait comme dans les plus anciens règlements par le concours de l'autorité administrative et de la municipalité locale.

La corporation des ouvriers mineurs est limitée, non plus livrée au libre arbitre des habitants de la localité; l'entrée d'un ouvrier dans la société est réglée par le concours commun de l'autorité et la municipalité.

Ce règlement détermine en outre les conditions dans lesquelles doivent être faits les travaux et l'emploi du fonds d'octroi créé le 24 germinal an XI, administré par le préfet et consacré aux travaux de la mine, d'après des projets de budget rédigés par les ingénieurs de l'État et approuvés par le directeur général des ponts et chaussées et des mines, sur l'avis du conseil des mines.

## V. — Décret du 25 mars 1855 et arrêté préfectoral du 25 octobre 1853.

Ces deux règlements n'ont trait qu'à des détails de discipline concernant le personnel des mineurs.

## VI. — Ordonnance royale du 25 mai 1843.

Cette ordonnance royale crée un fonds de secours par le versement mensuel à la caisse dite de secours d'une faible portion du travail de chaque ouvrier. Ce fonds, qui s'élève chaque année à un chiffre assez considérable, est distribué en secours aux mineurs malades, aux invalides, aux veuves, aux orphelins; il sert à contracter des abonnements pour

les soins gratuits à distribuer aux mineurs et à tous les membres de leurs familles, avec des médecins de la localité; les blessés à la mine sont soignés en dehors de cet abonnement par les soins et aux frais de l'administration.

Ce fonds est administré par une commission de quatre anciens mineurs présidée par un des jurats.

En somme l'organisation actuelle de Rancié est à peu près complète comme société ouvrière; tout membre de cette société, du jour où il entre dans l'office, a sa part de travail assuré et a une ressource certaine jusqu'à sa mort; en cas de maladie, vieillesse, accidents, il reçoit de la société ouvrière une assistance suffisante qui le met à l'abri de la misère et lui promet une subsistance modeste, mais sûre.

*Intervention de l'administration des mines.*

*Administration des mines.* — A la suite de la loi organique des mines du 27 juillet 1791, relative aux mines et usines, l'administration des mines de l'État intervint dans la surveillance des mines de Rancié, et en 1802 l'ingénieur des mines de l'arrondissement de Carcassonne fut chargé de la direction des travaux.

Pendant longtemps encore cette direction ne fut guère que fictive et l'exploitation continua comme par le passé d'après les anciens usages sous la surveillance des jurats; l'intervention des ingénieurs de l'État ne devint active que vers 1811, époque à laquelle M. d'Aubuisson fut nommé ingénieur en chef à Toulouse et chargé du service de l'arrondissement minéralogique où était compris le département de l'Ariège.

Depuis cette époque, les travaux des mines de Rancié ont été constamment dirigés par les ingénieurs des mines.

Le tableau suivant indique la succession de ces ingénieurs soit à Toulouse, résidence de l'ingénieur en chef, soit à Vicdessos, résidence de l'ingénieur ordinaire.

ANNÉES.	INGÉNIEUR EN CHEF en résidence à Toulouse.	INGÉNIEUR ORDINAIRE en résidence à Vicdessos.
1811.	D'Aubuisson.	
1812.	Id.	
1813.	Id.	
1814.	Id.	
1815.	Id.	Dubosc.
1816.	Id.	Id.
1817.	Id.	Burdin et Delsériés.
1818.	Id.	Delsériés.
1819.	Id.	Id.
1820.	Id.	Id.
1821.	Id.	Thibaud.
1822.	Id.	Id.
1823.	Id.	Lefebvre.
1824.	Id.	Marrot.
1825.	Id.	Id.
1826.	Id.	Id.
1827.	Id.	Id.
1828.	Id.	Id.
1829.	Id.	Drouot et Boudousquié.
1830.	Id.	Boudousquié.
1831.	Id.	Id.
1832.	Id.	Reverchon.
1833.	Id.	Id.
1834.	Id.	Id.
1835.	Id.	François.
1836.	Id.	Id.
1837.	Id.	Id.
1838.	Id.	Id.
1839.	Id.	Id.
1840.	Id.	Id.
1841.	Vène.	Durocher.
1842.	Id.	Dupont.
1843.	Id.	Id.
1844.	Id.	Id.
1845.	Id.	Renouf.
1846.	Id.	Id.
1847.	Id.	Benoît.
1848.	Id.	Id.
1849.	Id.	Id.
1850.	Id.	De Cizancourt.
1851.	Id.	Id.
1852.	Id.	Id.
1853.	Id.	Id.
1854.	Id.	Id.
1855.	Id.	Id.
1856.	Id.	Id.
1857.	Id.	Id.
1858.	Id.	Id.
1859.	Id.	Id.
1860.	Id.	Id.
1861.	Id.	Mussy.
1862.	Id.	Id.
1863.	Id.	Id.
1864.	Id.	Id.
1865.	Furiat.	Id.
1866.	Id.	Id.
1867.	Id.	Id.
1868.	Id.	Id.

Vicdessos, le 10 novembre 1868.

## EXTRAITS DE MINÉRALOGIE

(ANNÉE 1867)

Par M. A. CORNU, ingénieur des mines.

## RAPPORTS SPÉCIAUX.

*Rapport sur les progrès de la minéralogie; par M. DELAFOSSE.*

Ce rapport, qui fait partie de la série publiée par ordre de M. le ministre de l'instruction publique à l'occasion de l'Exposition de 1867, est un résumé de toutes les découvertes importantes faites depuis le commencement du siècle dans les diverses branches de la minéralogie; les développements relatifs à la cristallographie théorique et appliquée, aux propriétés physiques et optiques des cristaux présentent un intérêt tout spécial.

*Rapport sur les progrès de la géologie expérimentale; par M. DAUBRÉE.*

Quoique ce rapport soit en dehors du sujet ordinaire de ces extraits, il est nécessaire de le citer, car il renferme, sous une forme très-intéressante, le compte rendu succinct des expériences les plus importantes relatives à la reproduction de minéraux, de roches, à l'étude des produits de leur altération et d'une foule de questions qui sont aussi bien du domaine de la géologie que de la minéralogie.

## CRISTALLOGRAPHIE.

*Sur la corrélation entre la forme cristalline et la constitution chimique; par M. DANA.**(Silliman's Journal, t. XLIV, p. 89, 252 et 398.)*

L'auteur donne quelques exemples des minéraux où le nombre d'atomes d'oxygène doublé, définit la symétrie de la cristallisation: ainsi les protoxydes sont cubiques, les sesquioxydes hexagonaux (fer, alumine, chrome), les deutoxydes carrés (étain, titane). Les exceptions sont considérées comme dues à des condensations moléculaires, analogues aux isoméries des composés organiques.

L'auteur passe ensuite en revue les composés plus complexes; le nombre d'atomes d'oxygène, ou en général d'atomes électronégatifs, est la plupart du temps en accord avec la symétrie du cristal.

Par exemple: les proto-silicates, où l'oxygène de la base égale l'oxygène de la silice, appartiendraient, en général, au système carré ( $2 \times 2 = 4$ ). Les bisilicates [ $(1+2) \times 2 = 6$ ] seraient hexagonaux.

L'auteur est amené en suite à appliquer aux minéraux diverses hypothèses de la chimie organique sur l'atomicité et la saturation des éléments; il est difficile d'en extraire quelques-unes qui simplifient la constitution, soit des silicates dont l'auteur donne une classification détaillée, soit des éléments minéralisateurs qui se partagent en groupes jouant des rôles analogues.

Il serait injuste, en cette occasion, de ne pas revendiquer pour M. Gaudin la priorité de ces considérations moléculaires appliquées non-seulement à la minéralogie, mais à l'ensemble des composés chimiques doués de structure cristalline. Il y a longtemps que M. Gaudin a posé le principe de la symétrie et de l'équilibre des atomes identiques; il est même parvenu à l'aide d'hypothèses, quelquefois contestables, mais la plupart du temps fort ingénieuses, non-seulement à définir la symétrie ou l'isomorphisme des cristaux, mais même à imaginer un édifice moléculaire reproduisant les angles naturels de la substance.

*Sur la forme cristalline de la cryolite*; par M. M. WEBSKY.

(*Neues Jahrbuch, Leonhard und Geinitz, 1867, p. 810.*)

La cryolite, d'après les observations de M. des Cloizeaux, ne peut pas, malgré l'apparence des clivages, être rapportée au système rectangulaire droit; des mesures directes ont permis à l'auteur de déterminer la forme primitive de ce minéral, laquelle est un prisme oblique dissymétrique.

Les vérifications cristallographiques des facettes ou des mâcles, ainsi que quelques propriétés optiques, sont exposées en détail dans ce mémoire.

Les propriétés optiques distinguent immédiatement la cryolite de la *chiolite* et de la *pachnolite*, qui sont des espèces très-voisines.

*Sur la forme cristalline de la gadolinite*; par M. WAAGE.

(*Neues Jahrbuch, 1867, p. 696.*)

L'auteur a mesuré avec précision un cristal de gadolinite à facettes très-brillantes, et relativement nombreuses, recueilli en Norwège (Hiterø), et a pu ainsi faire cesser l'incertitude qui régnait sur le système cristallin de ce minéral. Les vérifications cristallographiques sont très-précises, la gadolinite appartient au système du prisme oblique symétrique; de plus elle est complètement isomorphe avec l'épidote, les angles des faces homologues diffèrent seulement de quelques minutes.

*Étude cristallographique de la chlorite*; par M. COOKE.

(*Silliman's Journal, t. XLIV, p. 201.*)

L'auteur a pu étudier des cristaux d'une beauté exceptionnelle, provenant de divers points de l'Amérique du Nord, et confirmer les observations de M. des Cloizeaux.

Le *kämmererite* (chlorite violette) est rhomboédrique; au microscope polarisant elle est *uniaxe* et *positive*; les cristaux sont nettement dichroïques (le rayon ordinaire est violet, l'extraordinaire, rouge hyacinthe).

Le *clinocllore* du *Texas* n'a pas la régularité cristallographique

de la variété précédente; ses propriétés optiques sont aussi notablement différentes, car il possède deux axes optiques écartés dans l'air d'angles variables, quelquefois leur bissectrice est inclinée sur le clivage facile; de plus les cristaux sont toujours mâclés.

D'autres échantillons de Pensylvanie et de Massachusetts présentent des variations analogues relativement aux mâcles, aux axes optiques et à leur dispersion.

*Sur les groupements des cristaux de quartz*; par M. JENZSCH.

(*Poggendorfs Annalen, 1867, CXXX, p. 597.*)

L'auteur décrit six groupements réguliers de prismes de quartz qu'il est difficile d'exposer sans figure géométrique.

*Notices minéralogiques et cristallographiques*; par M. VOM RATH.

(*Poggendorfs Annalen, 1867, t. CXXXII, p. 517.*)

Ce mémoire contient la description de formes cristallines nouvelles ou rares de mâcles observées sur des échantillons de calcite d'Alston Moor (Cumberland), de Hausach (Bade), d'Audreasberg, d'Arendal, de Beresowsk, de Maxen (Saxe), d'Islande, de Cuba, etc.

#### SILICATES.

*Sur la staurotide et la prehnite*; par M. PAYKUL.

(*Neues Jahrbuch, 1867, p. 590.*)

Des cristaux de staurotide provenant d'une masse de dolomie grenue d'une formation gneissique, colorés en brun rouge, d'une dureté 6,2 et d'une densité 3,54, ont donné à l'analyse :

Si	Al	Fe	Mn	H	Somme.
36,05	35,18	13,73	11,61	2,51	99,08.

Dans un granite-gneissique avec amphibole des environs d'Upsal, se trouvent quelques veinules renfermant quelques zéolites et de la calcite.

La prehnite en masse avait comme composition :

Si	Al	Fe	Ca	H	Somme.
44,11	22,99	3,22	25,83	4,26	100,41.

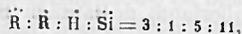
Sur un nouveau minéral, la syhedrite; par M. SHEPARD.

(Silliman's Journal, t. XL, p. 110.)

C'est un silicate d'alumine et de fer hydraté en masse cristalline verte; dureté 5 1/2; densité 2,321. Sa composition chimique a été trouvée.

	Al	Fe	Ca	Mg	H	Si
Rapport des quantités d'oxygène	15,06	2,71	6,45	2,46	16,40	56,92.
	2	1		4	9	

ou bien, en supposant le fer à l'état de peroxyde :



composition qui rapprocherait ce minéral de la stilbite.

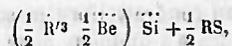
Sur un nouveau minéral, la danalite; par M. COOKE.

(Silliman's Journal, t. XLII, p. 73.)

C'est un silicate de glucine renfermant aussi des sulfures :

Si	Fe	Zn	Mn	Be	S.
31,73	27,40	17,51	6,23	13,33	5,48.
Densité 3,427.		Dureté 5 - 5.			

Il cristallise quelquefois en octaèdres réguliers, sa couleur varie de gris à rose clair. On le rencontre dans le granite de Rockport (Massachusetts); l'analyse précédente conduit l'auteur à la formule :

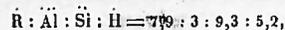


où R représente Fo Zn Mn.

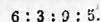
Analyse de la tabergite; par M. W. C. FUCHS.

(Neues Jahrbuch, 1867, p. 822.)

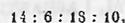
Ce minéral, semblable à la chlorite provenant de Taberg (Wermland), fut analysé pour la première fois par Svanberg, qui trouva pour les quantités d'oxygène des divers éléments les rapports :



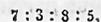
ou bien



M. Fuchs, d'après son analyse, a trouvé :



et suppose pour obtenir une formule plus simple

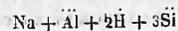


Mais les formules chimiques sont tellement compliquées qu'il est peu utile de les citer ici. La proportion de fluor est de 0,67 d'après Svanberg, de 0,97 o/o d'après M. Fuchs.

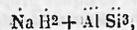
Sur quelques phénomènes présentés par la natrolite;  
par M. A. KENNGOTT.

(Neues Jahrbuch, Leonhard und Geinitz, 1867, p. 77.)

Les cristaux de natrolite (mésotypé) chauffés perdent une certaine quantité d'eau et deviennent opaques, mais, en prolongeant l'action de la chaleur, ils reprennent une véritable transparence sans qu'on remarque aucune trace de fusion; l'auteur en conclut que la formule brute :



doit être groupée :



car l'expulsion de l'eau rendrait libre la soude anhydre, laquelle alors attaquerait le silicate alumineux pour former un silicate plus basique.

L'auteur donne comme vérification de cette manière de voir la réaction alcaline sur le papier de curcuma de la natrolite rendue opaque par calcination; la poussière même du cristal naturel porphyrisée au mortier d'agate et mouillée de quelques gouttes d'eau distillée produit la même coloration sur le réactif coloré. L'analcime et d'autres zéolithes donnent également une réaction alcaline (\*).

---

### MÉTAUX.

---

*Sur la reproduction de la mimétèse et de quelques chloroarséniates;*  
par M. LECHARTIER.

(Comptes rendus, t. LXV, p. 172.)

Ces composés ont été obtenus par voie sèche en fondant de l'arséniat de chaux, du chlorure de calcium, des sels de plomb ou de magnésie. Les deux séries de combinaisons répondent à l'apatite et à la wagnerite; l'acide arsénique y remplace l'acide phosphorique.

*Analyses diverses de la pyromorphite;* par MM. SEIDEL,  
LINDENBORN et FUCHS.

(Neues Jahrbuch, 1867, p. 449.)

Ce mémoire renferme une analyse (1) de pyromorphite jaune arsenicale de Badenweiler faite par M. Seidel avec celle d'une variété verte de la même localité faite par M. Lindenborn (2).

	Pb	Ca	Pb	As	Cl.
(1)	77,46	2,40	16,11	0,66	2,64 (jaune).
(2)	77,22	2,36	16,80	0,00	2,73 (verte).

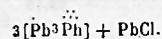
(\*) On a remarqué, il y a longtemps, que le verre lui-même, après porphyrisation, donne une réaction alcaline; faudrait-il en conclure que le verre contient de la soude libre? Evidemment non: c'est un exemple, très-commun en chimie, du partage des éléments acides et basiques proportionnellement aux affinités: la même remarque s'applique aux résultats décrits plus loin, p. 313.

La variété verte ne contient pas sensiblement d'arsenic; les variétés jaune orangé sont colorées par le chrome, qui apparaît souvent en quantité notable sous forme de plomb chromaté.

Des cristaux de pyromorphite d'Ems, de couleur brune (Braunbleierz), dont la dureté est 4 et la densité 7,56, ont donné à l'analyse:

	Pb	Pb	Pb	Cl.	Somme.
	78,08	8,45	15,60	2,90	101,03,
Théoriquement	74,03	7,64	15,71	2,61.	

en supposant à la pyromorphite la formule:



*Note sur l'indium;* par M. RICHTER.

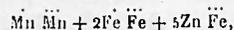
(Comptes rendus, t. LXIV, 827.)

Ce métal nouveau, découvert par l'auteur de cette note, se rencontre en quantité notable dans les blendes de Freiberg (environ 25 à 40 gr. aux 100 kilogr.). On l'extrait du zinc provenant de ces blendes en dissolvant le métal dans l'acide chlorhydrique; le résidu insoluble renferme la totalité de l'indium. Le métal isolé, par une série de purifications chimiques, est blanc, mou et ductile; sa densité est 7,15, son équivalent chimique 55,9 par rapport à l'hydrogène. Il doit son nom à la belle raie indigo que présente son spectre.

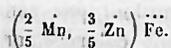
*Sur la composition de la franklinite;* par M. RAMMELSBURG.

(Poggendorfs Annalen, 1867, t. CXXX, p. 146.)

Ce minéral étant composé de protoxydes et de sesquioxydes, laisse dans son analyse quelques points douteux sur la répartition de l'oxygène; l'auteur, en discutant les analyses de M. Von Kobell (Académie de Munich, 9 juin 1866) et les siennes propres, arrive à donner à la franklinite la formule suivante:



ou bien, si l'on ne veut pas y voir un mélange de fer magnétique (la franklinite est altérable à l'aimant), on peut simplifier et écrire:



les nombres trouvés à l'analyse par MM. Von Kobell (K) et Ram-  
melsberg (R), sont :

	K	R
Fe. . . . .	66,20	66,05
Mn. . . . .	11,16	11,00
Zn. . . . .	21,00	21,58
Al. . . . .	0,80	
	99,16	98,93

Sur la présence du nickel dans un fer magnétique dans une roche  
à péridot; par M. PETERSEN.

(Neues Jahrbuch, 1867, p. 836.)

Ces échantillons, provenant de Preregratten en Tyrol, renferment  
1,75 p. 100 de protoxyde de nickel, et seulement des traces de  
manganèse, chrome et titane; ils sont cristallisés en gros dodé-  
caèdres rhomboïdaux et englobés dans une masse porphyroïde  
riche en péridot.

L'auteur fait en outre remarquer que, depuis la découverte dans  
la Nouvelle-Zélande de masses énormes de péridot en roche accom-  
pagnées de serpentine (par Hochstetter, 1859), on se confirme de  
plus en plus dans l'idée que ces roches ont dû avoir une impor-  
tance très-grande à la surface de la terre; on ne voit plus la  
plupart du temps que les produits de leur altération. En profondeur,  
elles doivent exister en masses très-considérables, si l'on en juge  
par les nombreux fragments qu'on trouve englobés dans les roches  
éruptives anciennes et récentes.

Sur les minéraux sélénifères et thallifères de Skrikerum;  
par M. NORDENSKIÖLD.

(Bulletin de la Société de chimie, t. VII, p. 109.)

Le minéral où Berzelius découvrit le sélénium est l'eukairite;  
il se présente sous la forme de petits grains d'aspect métallique  
disséminés dans du spath calcaire ou dans une roche serpentineuse;

sa dureté est 2,5, sa densité 7,5 environ. Les échantillons analysés  
par l'auteur contenaient des traces de thallium :

	I	II	III	Calculé.
Cuivre . . . . .	25,30	24,86	23,83	24,88
Argent . . . . .	42,73	42,57	41,21	43,15
Fer . . . . .	"	0,35	0,36	"
Sélénium . . . . .	31,97	32,22	32,01	31,97
	100,00	100,00	100,40	100,00

Ces analyses s'accordent avec la formule donnée par Berzelius  
(Cu + Ag) Se.

La *berzelianite* est un sélénure de cuivre renfermant environ  
7 p. 100 d'argent seulement.

La *crookesite* (dédiée à M. Crookes, qui a le premier aperçu la  
raie verte caractéristique du thallium) accompagne l'eukairite; elle  
est très-riche en thallium.

Cuivre . . . . .	46,11	46,55	44,21
Argent . . . . .	1,44	5,04	5,09
Thallium . . . . .	18,55	16,27	16,89
Fer . . . . .	0,63	0,36	1,28
Sélénium . . . . .	32,27	30,86	32,10

Ces analyses conduisent à une formule (Cu, Tl, Ag) Se.

Sur un nouveau minéral de Kremnitz, la *pettkoite*;

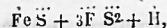
par M. PAULINYI.

(Neues Jahrbuch, 1867, p. 457.)

Dans le remplissage bréchiforme du filon principal de Kremnitz,  
imprégné de veinules soyeuses de fer sulfaté se trouvent de pe-  
tits cristaux noirs et brillants. Leur forme appartient au système  
cubique: leur dureté est 2,5, ils n'ont pas de clivage; donnent un  
peu d'eau par calcination et sont entièrement solubles dans l'acide  
chlorhydrique étendu. L'analyse chimique a donné :

S	Fe	Fe	H
45,32	16,66	44,92	1,51,

d'où l'on conclut la formule:



c'est-à-dire une combustion de sulfate de protoxyde et de peroxyde  
de fer.

*Sur les minéraux de la mine d'émeri, à Chester (Massachusetts),*  
par MM. SHEPARD, LAWRENCE SMITH, JACKSON.

(*Silliman's Journal*, t. XL, p. 112 et 123. — *Id.*, t. XLII, p. 83.  
— *Id.*, t. XLII, p. 107.)

Outre le corindon qu'on trouve en veines de 2 à 5 centimètres et présentant une composition très-constante Fe Al, on rencontre le diaspore, l'indianite, le masonite, la brookite, la chlorite, la biotite, la tourmaline, le fer titané et l'oxyde magnétique.

L'émeri paraît avoir été déposé dans la roche talqueuse au moment où cette roche était en lits horizontaux, comme dans l'Archipel et en Turquie dans les lits de calcaire.

M. Smith, qui a fait une étude spéciale de ces roches à émeri, décrit avec quelques détails le gisement de Chester et donne quelques compositions d'émeris de diverses qualités livrés au commerce : l'oxyde de fer magnétique, compagnon inséparable du corindon dans ces roches, existe dans l'émeri de Chester en bien plus grandes quantités que dans les émeris des gisements anciennement connus. (Naxos, Samos, Éphèse, Kulah.)

Comme remarques purement théoriques, l'auteur apporte quelques analyses prouvant l'identité de l'émerylite et de la margarite, ainsi que de la corundophilite et de la chlorite.

*Sur la présence du columbite dans le wolfram d'Amérique;*  
par M. PHIPSON.

(*Comptes rendus*, 1867, t. LXV, p. 419.)

L'eau régale attaque le wolfram et laisse le columbite (niobate de fer et de manganèse); on sait, d'après M. Gustave Rose, que ces deux minéraux sont isomorphes.

*Sur la présence de l'indium dans le wolfram;*  
par M. HOPPE SEYLER.

(*Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1866, t. CXL, p. 247. — *Bulletin de la Société chimique*, 1867, t. VII, p. 395.)

Certains échantillons de wolfram, notamment celui de Zinnwald, contiendraient environ autant d'indium que les bleudes de Freiberg.

*Sur un gisement simultané de rutile d'anatase et de brookite;*  
par M. FR. WISER.

(*Neues Jahrbuch*, 1867, p. 832.)

Ces trois variétés d'acide titanique se sont rencontrés sur les mêmes échantillons du Griesern-Rhal qui avaient été vendus comme *byssolite* (1). Jusqu'à présent, une pareille association n'avait été rencontrée qu'une fois (Kenngott, Beschreibung der minerale der Schweiz, 1866) dans un échantillon du Tavetscher-Thal.

Les trois espèces sont contiguës. Les aiguilles de rutile semblent *larder* la brookite et l'anatase.

*Sur quelques associations de minéraux accompagnant l'or en*  
*Georgie (Amérique du Nord);* par M. HERM. CREDNER.

(*Neues Jahrbuch*, 1867, p. 142.)

Dans les États de Maryland, Virginie, les deux Carolines, de Ténéssee, de Georgie et de l'Alabama, les gisements aurifères font partie d'une longue bande de schistes chloriteux ou micacés de quartzites et d'itacolumites représentants du système antésilurien.

Les minéraux métalliques (fer, plomb, manganèse, cuivre, or) se rencontrent spécialement en amas lenticulaires ou sous forme d'imprégnations ou de couches parallèles aux lits de la roche encaissante.

Les principales associations sont les suivantes :

1° Or avec *grenat* et *tellurure de bismuth (tetradymite)* dans un schiste chloriteux ;

2° Or avec *tellurure de bismuth* dans un gneiss amphibolique ;

3° Or cristallisé avec *mispikel, scorodite* et *pharmacosidérite* dans un schiste talqueux.

4° Or avec *pyrite* et *fer oxydé* dans le quartz.

Le fer oxydé provient de l'altération de la pyrite; souvent même la décomposition a été incomplète et le soufre reste en cristaux isolés. Le même phénomène a été signalé par M. G. Rose dans la description de la mine d'or de Beresow (Oural).

(\*) Variété d'amphibole en aiguilles fixes, roides et cassantes, ce qui la distingue de l'asbeste dont les filaments sont soyeux et flexibles.

## DIVERS.

*Sur les associations polygéniques. Classification des minéraux sulfurés ;* par M. BOMBICCI.

(Bologne, 1867.)

L'auteur, par des considérations ingénieuses relatives aux propriétés physiques et chimiques des corps, arrive à formuler diverses remarques assez générales sur la structure hypothétique des corps composés, et spécialement sur l'association constante et plus ou moins intime de certains minéraux de natures différentes (associations polygéniques). Il passe ensuite en revue les différents minéraux sulfurés ou sulfatés et étudie les proportions de minéraux étrangers qui peuvent s'y rencontrer; il y a généralement une vérification numérique assez satisfaisante pour la densité du minéral, calculée d'après la proportion de ceux qui forment cette association mécanique.

*Sur la réaction alcaline de quelques minéraux ;* par M. KENNGOTT.

(Neues Jahrbuch, Leonhard und Geinitz, 1867, p. 302, 429 et 769.)

Après avoir observé la réaction alcaline de la mésotype après porphyrisation, l'auteur a répété la même épreuve sur un très-grand nombre de minéraux; les zéolites, en général les silicates de toute provenance, le spinelle, les terres carbonatées et sulfatées donnent une réaction alcaline plus ou moins prononcée lorsqu'on les pulvérise et qu'on les humecte d'un peu d'eau distillée; il n'y a guère que quelques minéraux, tel que l'étain oxydé, le rutile, le diasprose qui ne présentent pas cette réaction, même après calcination (\*).

*Sur des cavités à liquides dans un feldspath ;* par M. BÜTSCHLI.

(Neues Jahrbuch, 1867, p. 704.)

Des cristaux de feldspath provenant d'un basalte de Lichtenberg en Franconie, a présenté au microscope des cavités remplies de liquide avec des bulles gazeuses mobiles.

(\*) Voir la note de la page 307.

*Sur la présence du diamant dans les sables métallifères de Freemantle (Australie);* par M. PHIPSON.

(Comptes rendus, 1867, t. LXIV, p. 87.)

Ces sables, examinés au microscope, donnent un exemple d'associations minérales qui pourrait plus tard jeter quelque jour nouveau sur les roches à diamant; ils contenaient des grains de fer titané octaédrique, de zircons quadratiques, de quartz vitreux et irréguliers, de topazes, d'apatites et de diamants reconnaissables, à la multiplicité de leurs facettes cristallines plus ou moins arrondies.

*Nouveau procédé pour étudier la structure de fers météoriques ;* par M. DAUBRÉE.

(Comptes rendus, 1867, t. LXIV, p. 685.)

L'auteur propose d'immerger la plaque polie dans une solution de sulfate de cuivre: le dépôt successif du cuivre donne des indications délicates et précises sur les éléments étrangers mélangés au fer dans la météorite.

*Analyses de divers graphites cristallisés et amorphes ;* par M. Ch. MÈNE.

(Comptes rendus, 1867, t. LXIV, p. 1094.)

L'auteur donne une série d'analyses de graphites de diverses provenances avec la composition de leurs cendres.

## TABLE.

1<sup>o</sup> Rapports spéciaux.

NOMS DES ARTICLES.	AUTEURS.	Pages.
Minéralogie. . . . .	Delafosse. . . . .	300
Géologie expérimentale. . . . .	Daubrée. . . . .	300

2° *Cristallographie.*

	Pages.
Cristallisation et composition chimique. . . . .	301
Forme de la cryolite. . . . .	302
Forme de la gadolinite. . . . .	302
Forme de la chlorite. . . . .	302
Groupements des quartz. . . . .	303
Notices cristallographiques. . . . .	303

3° *Silicates.*

Staurotide et prehnite. . . . .	303
Syhedrite. . . . .	304
Danalite. . . . .	304
Tabergite. . . . .	305
Natrolite. . . . .	305

4° *Métaux.*

Reproduction de la mimetése. . . . .	306
Analyses de pyromorphite. . . . .	306
	306
Indium. . . . .	307
	307
Franklinite. . . . .	307
Nickel dans un fer magnétique. . . . .	308
Minéraux sélénifères et thallifères. . . . .	308
Pettkoite. . . . .	309
Emeri. . . . .	310
Columbite dans le Wolfram. . . . .	310
Indium dans le Wolfram. . . . .	310
Gisement simultané de rutile, anatase et brookite. . . . .	311
	311
Minerai d'or. . . . .	311

5° *Divers.*

Associations polygéniques. . . . .	312
Réaction alcaline des minéraux. . . . .	312
Cavités à liquide dans le feldspath. . . . .	312
Diamants dans les sables métallifères. . . . .	313
Structure des météorites. . . . .	313
Graphites. . . . .	313

## PROGRAMMES DES COURS

DE

## L'ÉCOLE IMPÉRIALE DES MINES.

Son Excellence M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics a décidé, sur la proposition du conseil de l'École des mines, que les programmes des cours, rédigés par MM. les professeurs, seraient imprimés dans le recueil des Annales des mines.

Les cours professés à l'École des mines se divisent en cours spéciaux et cours préparatoires.

L'objet des *cours spéciaux* est défini par l'article 2 du décret du 15 septembre 1856, sur l'organisation de l'École :

« L'enseignement de l'École a pour objet spécial l'exploitation et le traitement des substances minérales. Il a également pour objet l'étude des machines et appareils à vapeur, la recherche, la conservation et l'aménagement des sources d'eaux minérales, le drainage et les irrigations, l'exploitation et le matériel des chemins de fer, et, en général, les arts et les travaux qui se rattachent à l'industrie minérale. Il comprend les connaissances de mécanique, de métallurgie, de docimastie, de minéralogie, de paléontologie, de géologie pure et appliquée à l'agriculture, de droit administratif, de législation des mines et d'économie industrielle, ainsi que les principes de l'art des constructions nécessaires aux ingénieurs des mines et aux directeurs de mines et d'usines. »

Les cours spéciaux sont suivis par les élèves ingénieurs destinés à recruter le corps des ingénieurs de l'État et pris exclusivement parmi les élèves de l'École polytechnique; ils sont également suivis par des élèves externes admis après concours et par des élèves étrangers; leur durée est de trois ans.

Outre les cours spéciaux dont les programmes sont imprimés ci-après, les mêmes élèves suivent des leçons de langues allemande et anglaise et les exercices pratiques de chimie et docimasia, de dessin et de levé de plans.

Les *cours préparatoires*, institués par arrêtés ministériels, ont pour objet les notions de mathématiques, de mécanique rationnelle, de physique et de chimie générale qui sont nécessaires pour l'intelligence des cours spéciaux. Les cours préparatoires durent un an; ils sont suivis par des élèves qui se proposent de concourir pour les places d'élèves externes.

Il a paru convenable de faire précéder les programmes des cours de l'École par le programme des connaissances exigées pour l'admission aux cours préparatoires, et de donner, en appendice, le programme des leçons de topographie qui sont faites aux élèves de première année préalablement aux exercices de levé de plan.

La table suivante présente le résumé des matières et l'ordre d'insertion.

	Pages.
PROGRAMME des connaissances exigées pour l'admission aux cours préparatoires. . . . .	317

#### PROGRAMMES DES COURS PRÉPARATOIRES.

Cours d'analyse, de mécanique et de trigonométrie sphérique. . . . .	336
Cours de géométrie descriptive et de stéréotomie. . . . .	343
Cours de physique. . . . .	344
Cours de Chimie générale. . . . .	349

#### PROGRAMMES DES COURS SPÉCIAUX.

Cours d'exploitation des mines. . . . .	359
Cours de métallurgie. . . . .	368
Cours de docimasia. . . . .	384
Cours de minéralogie. . . . .	416
Cours de paléontologie. . . . .	420
Cours de géologie. . . . .	424
Cours d'exploitation des chemins de fer et de construction. . . . .	429
Cours d'Agriculture, de drainage et d'irrigation. . . . .	462
Cours de droit administratif, de législation des mines et d'économie industrielle. . . . .	468
PROGRAMME des leçons de topographie. . . . .	481

#### PROGRAMME DES CONNAISSANCES EXIGÉES

POUR

#### L'ADMISSION AUX COURS PRÉPARATOIRES.

#### ARITHMÉTIQUE.

##### 1. Numération décimale.

Addition et soustraction des nombres entiers.

Multiplication des nombres entiers. — Le produit de plusieurs nombres entiers ne change pas quand on intervertit l'ordre des facteurs. — Pour multiplier un nombre par un produit de plusieurs facteurs, il suffit de le multiplier successivement par les facteurs de ce produit.

##### 2. Division des nombres entiers.

Pour diviser un nombre par un produit de plusieurs facteurs, il suffit de le diviser successivement par les facteurs de ce produit.

Restes de la division d'un nombre entier par 2, 3, 5, 9. — Caractères de divisibilité par chacun de ces nombres.

5. *Définition des nombres premiers et des nombres premiers entre eux.*

Trouver le plus grand commun diviseur de deux nombres. — Tout nombre qui divise un produit de deux facteurs, et qui est premier avec l'un des facteurs, divise l'autre.

Décomposition d'un nombre en ses facteurs premiers. — En déduire le plus petit multiple d'une série de nombres donnés.

#### 4. *Fractions ordinaires.*

Une fraction ne change pas de valeur quand on multiplie ou quand on divise ses deux termes par un même nombre. — Réduction d'une fraction à sa simple expression. — Réduction de plusieurs fractions au même dénominateur. — Plus petit dénominateur commun.

#### 5. *Opérations sur les fractions ordinaires.*

#### 6. *Nombres décimaux.*

Opérations. — Comment on obtient un produit et un quotient à une unité près d'un ordre décimal donné. — Erreurs relatives correspondantes des données et du résultat.

#### 7. *Réduire une fraction ordinaire en fraction décimale.*

Quand le dénominateur d'une fraction irréductible contient d'autres facteurs premiers que 2 et 5, la fraction ne peut être convertie exactement en décimales, et le quotient qui se prolonge indéfiniment est périodique.

Étant donnée une fraction décimale périodique simple ou mixte, trouver la fraction ordinaire génératrice.

#### 8. *Système des mesures légales.*

Mesures de longueur. — Mètre : ses divisions, ses multiples. — Rapport de l'ancienne toise de six pieds au mètre. — Convertir en mètres un nombre donné de toises.

Mesures de superficie, de volume et de capacité.

Mesures de poids. — Monnaies. — Titre et poids des monnaies de France. — Usages des tables de conversion des anciennes mesures en mesures légales.

#### 9. *Formation du carré et du cube de la somme de deux nombres.*

Extraction de la racine carrée d'un nombre entier. — Indications sommaires de la marche à suivre pour l'extraction de la racine cubique.

#### 10. *Carré et cube d'une fraction.*

Racine carrée d'une fraction ordinaire et décimale à une unité près d'un ordre décimal donné.

#### 11. *Rapport des grandeurs concrètes.*

Dans une suite de rapports égaux, la somme des numérateurs et celle des dénominateurs forment un rapport égal aux premiers.

Notions générales sur les grandeurs qui varient dans le même rapport ou dans un rapport inverse. — Solution par la méthode dite de *réduction à l'unité* des questions les plus simples dans lesquelles on considère de telles quantités. — Mettre en évidence les rapports des quantités de même nature qui entrent dans le résultat final et en conclure la règle générale à suivre pour écrire immédiatement la solution demandée.

#### 12. *Intérêts simples.*

Formule générale qui fournit la solution de toutes les questions relatives aux intérêts simples. — De l'escompte commercial.

Partager une somme en parties proportionnelles à des nombres donnés.

#### 13. *Usage des tables de logarithmes pour abrégier les calculs de multiplication et de division, l'élevation aux puissances et l'extraction des racines.*

Emploi de la règle à calcul borné à la multiplication et à la division.

### ALGÈBRE.

#### 14. *Calcul algébrique.*

Emploi des lettres et des signes comme moyen d'abréviation et de généralisation. — Termes semblables.

Addition et soustraction.

#### 15. *Multiplication.*

Règle des signes.

Division des monômes. — Exposant zéro. — Exposé sommaire de la division des polynômes.

#### 16. *Équations du premier degré.*

Résolution des équations numériques du premier degré à une ou à plusieurs inconnues, par la méthode dite de *substitution*.

Interprétation des valeurs négatives dans les problèmes. — Usage et calcul des quantités négatives.

Des cas d'impossibilité et d'indétermination.

Formules générales pour la résolution d'un système d'équations du premier degré à deux inconnues. — Discussion complète de ces formules.

17. *Équations du second degré à une inconnue.*

Résolution. — Double solution. — Valeurs imaginaires.

Décomposition du trinôme  $x^2 + px + q$  en facteurs du premier degré. — Relation entre les coefficients et les racines de l'équation  $x^2 + px + q = 0$ .

18. *Des questions de maximum et de minimum qui peuvent se résoudre par les équations du second degré.*

19. *Principales propriétés des progressions arithmétiques et des progressions géométriques.*

Des logarithmes. — Chaque terme d'une progression arithmétique commençant par zéro,  $0, r, 2r, 3r, 4r$ , est dit le logarithme du terme qui occupe le même rang dans une progression géométrique commençant par l'unité  $1, q, q^2, q^3, q^4, \dots$

Si l'on conçoit que l'excès de la raison  $q$  sur l'unité diminue de plus en plus, les termes de la progression géométrique croîtront par degrés aussi rapprochés qu'on voudra. Étant donné un nombre plus grand que 1, il existera toujours un terme de la progression géométrique dont la différence avec ce nombre sera moindre que toute quantité donnée.

Le logarithme d'un produit de plusieurs facteurs est égal à la somme des logarithmes de ces facteurs. — Corollaires relatifs à la division, à l'élevation aux puissances, à l'extraction des racines.

20. *Logarithmes dont la base est 10.*

Tables. — Règle des parties proportionnelles. — De la caractéristique. — Changement qu'elle éprouve quand on multiplie ou quand on divise un nombre par une puissance de 10.

Usage des caractéristiques négatives.

Application des logarithmes aux questions d'intérêts composés et aux annuités. — Binôme de Newton, pour l'exposant entier et positif.

Séries. — Théorèmes principaux relatifs à la convergence.

## GÉOMÉTRIE.

### FIGURES PLANES.

21. *Ligne droite et plan.*

Ligne brisée. — Ligne courbe. — Définition et génération de l'angle. — Angles droit, aigu, obtus.

Par un point pris sur une droite, on ne peut élever qu'une seule perpendiculaire à cette droite.

Angles adjacents. — Angles opposés par le sommet.

22. *Triangle.*

Cas d'égalité les plus simples.

Propriétés du triangle isocèle.

Propriétés de la perpendiculaire et des obliques menées d'un même point à une droite. — Cas d'égalité des triangles rectangles.

23. *Droites parallèles.*

Lorsque deux parallèles sont rencontrées par une sécante, les quatre angles aigus qui en résultent sont égaux entre eux, ainsi que les quatre angles obtus. — Dénominations attribuées à ces divers angles. — Réciproques (1).

Angles dont les côtés sont parallèles ou perpendiculaires.

Somme des angles d'un triangle ou d'un polygone quelconque.

Parallélogrammes. — Propriétés de leurs côtés, de leurs angles et de leurs diagonales.

24. *De la circonférence du cercle.*

Dépendance mutuelle des arcs et des cordes.

Le rayon perpendiculaire à une corde divise cette corde et l'arc sous-tendu chacun en deux parties égales.

Dépendances mutuelles des longueurs des cordes et de leurs distances au centre. — Condition pour qu'une droite soit tangente à une circonférence. — Arcs interceptés par des cordes parallèles.

Condition du contact et de l'intersection de deux cercles.

25. *Mesure des angles.*

Si des sommets de deux angles on décrit deux arcs de cercle de

(\*) On admettra qu'on ne peut mener, par un point donné, qu'une seule parallèle à une droite.

même rayon, le rapport des angles sera égal à celui des arcs compris entre leurs côtés (\*).

Évaluation des angles en degrés, minutes et secondes. — Angles inscrits.

26. *Usage de la règle et du compas dans les constructions sur le papier.*

Vérification de la règle.

Problèmes élémentaires sur la construction des angles et des triangles.

Tracé des perpendiculaires et des parallèles. — Abréviation des constructions au moyen de l'équerre et du rapporteur. — Vérification de l'équerre.

27. Division d'une droite et d'un arc en deux parties égales. — Décrire une circonférence qui passe par trois points donnés. — D'un point donné hors d'un cercle, mener une tangente à ce cercle. — Décrire sur une ligne donnée un segment de cercle capable d'un angle donné.

28. *Lignes proportionnelles (\*\*).*

Toute parallèle à l'un des côtés d'un triangle divise les deux autres côtés en parties proportionnelles. — Réciproqu岸. — Propriétés de la bissectrice de l'angle d'un triangle.

*Polygones semblables.*

En coupant un triangle par un parallèle à l'un de ses côtés, on détermine un triangle partiel semblable au premier. — Condition de similitude des triangles.

Décomposition des polygones semblables en triangles semblables. — Rapport des périmètres.

29. Relations entre la perpendiculaire abaissée du sommet de l'angle droit d'un triangle rectangle sur l'hypoténuse, les segments de l'hypoténuse, l'hypoténuse elle-même et les côtés de l'angle droit.

Relation entre le carré du nombre qui exprime la longueur du

(\*) La proposition étant démontrée pour le cas où il y a entre les arcs une commune mesure, quelque petite qu'elle soit, sera, par cela même, considérée comme générale.

(\*\*) En conservant les énoncés habituels, on devra remplacer, dans les démonstrations, l'algorithme des proportions par l'égalité des rapports.

côté d'un triangle opposé à un angle droit, aigu ou obtus, et les carrés des nombres qui expriment les longueurs des deux autres côtés.

Si d'un point pris dans le plan d'un cercle, on mène des sécantes, le produit des distances de ce point aux deux points d'intersection de chaque sécante avec la circonférence est constant, quelle que soit la direction de la sécante. — Cas où elle devient tangente.

30. Diviser une droite donnée en parties égales ou en parties proportionnelles à des lignes données. — Trouver une quatrième proportionnelle à trois lignes; une moyenne proportionnelle entre deux lignes.

Construire, sur une droite donnée, un polygone semblable à un polygone donné.

31. *Polygone régulier.*

Tout polygone régulier peut être inscrit et circonscrit au cercle.

Le rapport des périmètres de deux polygones réguliers d'un même nombre de côtés est le même que celui des rayons des cercles circonscrits (1).

Le rapport d'une circonférence à son diamètre est un nombre constant.

Inscrire dans un cercle de rayon donné un carré, un hexagone régulier.

Manière d'évaluer le rapport approché de la circonférence au diamètre, en calculant les périmètres des polygones réguliers de 4, 8, 16, 32 côtés inscrits dans un cercle de rayon donné.

32. Mesure de l'aire du rectangle, du parallélogramme, du triangle, du trapèze, d'un polygone quelconque. Méthodes de la décomposition en triangles et en trapèzes rectangles.

Relation entre le carré construit sur le côté d'un triangle opposé à un angle droit, ou aigu, ou obtus, et les carrés construits sur les deux autres côtés.

33. Le rapport des aires de deux polygones semblables est le même que celui des carrés des côtés homologues.

Aire d'un polygone régulier. — Aire d'un cercle, d'un secteur et d'un segment de cercle. — Rapport des aires de deux cercles de rayons différents.

(\*) La longueur de la circonférence de cercle sera considérée, sans démonstration, comme la limite vers laquelle tend le périmètre d'un polygone inscrit dans cette courbe à mesure que ses côtés diminuent indéfiniment.

## FIGURES DANS L'ESPACE.

34. *Du plan et de la ligne droite.* — Deux droites qui se coupent déterminent la position d'un plan. — Conditions pour qu'une droite soit perpendiculaire à un plan.

Propriété de la perpendiculaire et des obliques menées d'un même point à un plan.

Parallélisme des droites et des plans.

35. *Définition et génération des angles dièdres.* — Dièdre droit.

Angle plan correspondant à l'angle dièdre. — Le rapport de deux angles dièdres est le même que celui de leurs angles plans.

Plans perpendiculaires entre eux. — Si deux plans sont perpendiculaires à un troisième, leur intersection commune est perpendiculaire à ce troisième.

*Angles trièdres.* — Chaque face d'un angle trièdre est plus petite que la somme des deux autres.

Si l'on prolonge les arêtes d'un angle trièdre au delà du sommet, on forme un nouvel angle trièdre qui ne peut lui être superposé, bien qu'il soit composé des mêmes éléments.

36. *Des polyèdres.* — Parallépipède. — Mesure du volume du parallépipède rectangle, du parallépipède quelconque, du prisme triangulaire, du prisme quelconque.

37. *Pyramide.* — Mesure du volume de la pyramide triangulaire, de la pyramide quelconque. — Volume du tronc de pyramide à bases parallèles. — Applications numériques.

38. *Polyèdres semblables* (\*).

En coupant une pyramide par un plan parallèle à sa base, on détermine une pyramide partielle semblable à la première. — Deux pyramides triangulaires qui ont un angle dièdre égal compris entre deux faces semblables et semblablement placées sont semblables.

(NOTA. On se bornera à ce seul cas de similitude.)

Décomposition des polyèdres semblables en pyramides triangulaires semblables. — Rapport de leurs volumes. — Applications numériques.

39. *Cône droit à base circulaire.* — Sections parallèles à la base

(\*) On appelle ainsi ceux qui sont compris sous un même nombre de faces semblables chacune à chacune, et dont les angles polyèdres homologues sont égaux.

— Surfaces latérales du cône et du tronc de cône à bases parallèles.  
— Volumes du cône et du tronc de cône à bases parallèles (\*).

Cylindre droit à base circulaire. — Mesure de la surface latérale et du volume. — Extension aux cylindres droits à bases quelconques.

40. *Sphère.* — Sections planes. — Grands cercles, petits cercles, pôles d'un cercle. — Étant donnée une sphère, trouver son rayon. Plan tangent.

Mesure de la surface engendrée par une ligne brisée régulière, tournant autour d'un axe mené dans son plan et par son centre. — Aire de la zone, de la sphère entière.

41. Mesure du volume engendré par un triangle tournant autour d'un axe mené dans son plan par un de ses sommets.

Application au secteur polygonal régulier tournant autour d'un axe mené dans son plan et par son centre. — Volume du secteur sphérique, de la sphère entière.

## TRIGONOMÉTRIE RECTILIGNE.

42. *Lignes trigonométriques.* (On ne considère que les rapports des lignes trigonométriques au rayon.)

Relation entre les lignes trigonométriques d'un même angle. — Expressions du sinus et du cosinus en fonction de la tangente.

43. Connaissant les sinus et les cosinus de deux arcs, trouver le sinus et le cosinus de leur somme et de leur différence. — Trouver la tangente de la somme ou de la différence de deux arcs, quand on connaît les tangentes de ces deux arcs.

Expressions de  $\sin. 2a$ ,  $\cos. 2a$  et  $\text{tang. } 2a$ . — Connaissant  $\cos. a$  ou  $\sin. a$ , calculer  $\sin. \frac{1}{2}a$  et  $\cos. \frac{1}{2}a$ .

Rendre calculable par logarithmes la somme de deux lignes trigonométriques, sinus ou cosinus.

44. Notions sur la construction des tables trigonométriques. — Usage des tables.

45. Résolution des triangles. — Relations entre les angles et les côtés d'un triangle rectangle ou d'un triangle quelconque.

Résolution des triangles rectangles.

(\*) L'aire du cône (ou du cylindre) sera considérée, sans démonstration, comme la limite vers laquelle tend l'aire de la pyramide inscrite (ou du prisme) à mesure que ses faces diminuent indéfiniment.

46. Connaissant un côté et deux angles d'un triangle quelconque, trouver les autres parties, ainsi que la surface du triangle.

Connaissant deux côtés, avec l'angle compris, trouver les autres parties, ainsi que la surface du triangle.

Connaissant les trois côtés, trouver les angles et la surface du triangle.

47. Application de la trigonométrie aux différentes questions que présente le levé des plans.

## GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE.

### GÉOMÉTRIE A DEUX DIMENSIONS.

#### 48. Des équations et des formules de la géométrie.

Loi de l'homogénéité. — Construction des expressions algébriques.

#### 49. Des coordonnées rectilignes.

Détermination d'un point sur un plan par le moyen de ses coordonnées rectilignes.

Représentation des lieux géométriques par des équations.

Transformation des coordonnées rectilignes.

#### 50. Des équations du premier et du deuxième degré à deux variables.

Construction des équations du premier degré. — Problèmes sur la ligne droite.

Équation du cercle.

Construction des équations du second degré. — Division en trois genres des courbes qu'elles représentent.

Du centre, des diamètres et des axes dans les courbes du second degré.

Réduction de l'équation du second degré à la forme la plus simple, par le changement des coordonnées.

Du nombre de conditions nécessaires à la détermination d'une courbe du second degré.

#### 51. De l'ellipse.

Équation de l'ellipse rapportée à son centre et à ses axes. — Les carrés des ordonnées perpendiculaires à l'un des axes sont entre

eux comme les produits des segments correspondants formés sur cet axe.

Les ordonnées perpendiculaires au grand axe sont aux ordonnées correspondantes du cercle décrit sur cet axe comme diamètre, dans le rapport constant du petit axe au grand. — Construction de la courbe par points au moyen de cette propriété.

Foyers, excentricité de l'ellipse. La somme des rayons vecteurs menés à un point quelconque de l'ellipse est constante et égale au grand axe. — Description de l'ellipse au moyen de cette propriété.

Directrices. — Les distances de chaque point de l'ellipse à l'un des foyers et à la directrice voisine de ce foyer sont entre elles comme la distance des foyers est au grand axe.

Équation de la tangente et de la normale en un point de l'ellipse. — Le point où la tangente rencontre un des axes prolongés est indépendant de la grandeur de l'autre axe. — Construction de la tangente en un point de l'ellipse, au moyen de cette propriété.

Les rayons vecteurs menés des foyers à un point de l'ellipse, font avec la tangente en ce point, et d'un même côté de cette ligne des angles égaux. — La normale divise en deux parties égales l'angle des rayons vecteurs. Cette propriété peut servir à mener une tangente à l'ellipse par un point pris sur la courbe ou par un point extérieur.

Diamètre. — Les cordes qu'un diamètre divise en parties égales sont parallèles à la tangente menée par l'extrémité de ce diamètre.

— Cordes supplémentaires. — On peut, au moyen des cordes supplémentaires, mener une tangente à l'ellipse par un point donné sur la courbe ou parallèlement à une droite donnée.

Diamètres conjugués. — Deux diamètres conjugués sont toujours parallèles à deux cordes supplémentaires, et réciproquement. — Limite de l'angle de deux diamètres conjugués. Il y a toujours, dans une ellipse, deux diamètres conjugués égaux entre eux.

— La somme des carrés des deux diamètres conjugués est constante. — L'aire du parallélogramme construit sur deux diamètres conjugués est constante. Construire une ellipse, connaissant deux diamètres conjugués et l'angle qu'ils font entre eux.

Expression de l'aire de l'ellipse en fonction des longueurs de ses axes.

#### 52. De l'hyperbole.

Équation de l'hyperbole rapportée à son centre et à ses axes. — Rapport des carrés des ordonnées perpendiculaires à l'axe transverse.

Foyers et directrices; tangente et normale; diamètres; diamètres conjugués et cordes supplémentaires. Ce qu'on nomme longueur d'un diamètre qui ne rencontre point l'hyperbole. — Les propriétés de ces points et de ces lignes sont analogues dans l'hyperbole et dans l'ellipse.

Asymptotes de l'hyperbole. — Les asymptotes coïncident avec les diagonales du parallélogramme formé sur deux diamètres conjugués quelconques. — Les portions d'une sécante ou d'une tangente comprise entre l'hyperbole et ses asymptotes sont égales entre elles. — Application à la construction de la tangente.

Le rectangle des parties d'une sécante comprises entre un point de la courbe et les asymptotes est égal au carré de la moitié du diamètre auquel la sécante est parallèle.

Formation de l'équation de l'hyperbole rapportée à ses asymptotes.

#### 53. De la parabole.

Équation de la parabole rapportée à son axe et à la tangente au sommet. — Rapport des carrés des ordonnées perpendiculaires à l'axe.

Foyer et directrice de la parabole. — Chacun des points de la courbe est également éloigné du foyer et de la directrice. — Construction de la parabole.

La parabole peut être considérée comme la limite d'une ellipse dans laquelle le grand axe augmente indéfiniment, tandis que la distance du foyer au sommet voisin reste constante.

Tangente et normale. — Sous-tangente et sous-normale. — Elles fournissent des moyens de mener la tangente en un point de la courbe.

La tangente fait des angles égaux avec l'axe et avec le rayon vecteur mené au point de contact. Mener, au moyen de cette propriété, une tangente à la parabole: 1° par un point situé sur la courbe; 2° par un point extérieur.

Diamètres. — Les cordes qu'un diamètre divise en deux parties égales sont parallèles à la tangente menée à l'extrémité de ce diamètre.

Expression de l'aire d'un segment parabolique.

#### 54. Des coordonnées polaires.

Passer d'un système de coordonnées rectangulaires à un système de coordonnées polaires, et réciproquement.

Équation des trois courbes du second degré en coordonnées polaires, le pôle étant situé à un foyer et les angles étant comptés à partir de l'axe qui passe par ce foyer.

#### 55. Des lignes courbes en général.

Discussion de quelques courbes algébriques et transcendentes. Construction des racines réelles des équations de forme quelconque à une inconnue.

#### 56. Des sections coniques et cylindriques.

Étude des sections planes du cône et du cylindre droit à base circulaire. — Section anti-parallèle du cône et du cylindre oblique à base circulaire.

### GÉOMÉTRIE A TROIS DIMENSIONS.

#### 57. Théorie des projections.

La somme des projections de plusieurs droites consécutives sur un axe est égale à la projection de la ligne résultante. — La somme des carrés des projections d'une droite sur trois axes rectangulaires est égale au carré de cette droite. La somme des carrés des cosinus des angles qu'une droite fait avec trois droites rectangulaires est égale à l'unité.

La projection d'une aire plane sur un plan est égale au produit de cette aire par le cosinus de l'angle des deux plans.

#### 58. Des coordonnées rectilignes.

Représentation d'un point par ses coordonnées. — Équation des lignes et des surfaces.

Transformation des coordonnées rectilignes.

De la ligne droite et du plan.

Équation de la ligne droite. — Équation du plan. — Toute équation du premier degré à trois variables représente un plan.

Trouver les équations d'une droite:

1° Qui passe par deux points donnés;

2° Qui passe par un point donné et qui soit parallèle à une ligne donnée.

Déterminer le point d'intersection de deux droites dont on connaît les équations.

Faire passer un plan:

1° Par trois points donnés;

2° Par un point donné et parallèlement à un plan donné;

3° Par un point et par une droite donnés.

Connaissant les équations de deux plans, trouver les projections de leur intersection.

Trouver l'intersection d'une droite et d'un plan dont on connaît les équations.

Connaissant les coordonnées de deux points, trouver leur distance.

D'un point donné, abaisser une perpendiculaire sur un plan; trouver le pied et la grandeur de la perpendiculaire (coordonnées rectangulaires).

Mener, par un point donné, un plan perpendiculaire à une droite donnée (coordonnées rectangulaires).

Mener, par un point donné, une perpendiculaire à une droite donnée; déterminer le pied et la grandeur de cette perpendiculaire (coordonnées rectangulaires).

Connaissant les équations d'une droite, déterminer les angles de cette droite avec les axes des coordonnées (coordonnées rectangulaires).

Trouver l'angle de deux droites dont on connaît les équations (coordonnées rectangulaires).

Connaissant l'équation d'un plan, trouver les angles qu'il fait avec les plans coordonnés (coordonnées rectangulaires).

Déterminer l'angle de deux plans (coordonnées rectangulaires).

Trouver l'angle d'une droite et d'un plan (coordonnées rectangulaires).

Équation de la sphère (coordonnées rectilignes quelconques).

## PHYSIQUE.

### PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS. — PESANTEUR.

#### *Préliminaires.*

But de la physique. — Phénomènes. — Lois physiques. — Les expériences sont destinées à les faire ressortir des phénomènes. — Théories physiques. — Caractère différent des méthodes expérimentales et des méthodes mathématiques.

#### *Propriétés générales des corps.*

Étendue. — Mesure des longueurs. — Mètre. — Vernier. — Vis micrométrique.

Divisibilité, porosité. — Idées généralement admises sur la constitution moléculaire des corps. Ces conceptions, purement hypothétiques, ne doivent pas être confondues avec les lois physiques. — Élasticité.

Mobilité. — Inertie. — Forces. — Leur équilibre, leur évaluation numérique.

#### *Pesanteur.*

Direction de la pesanteur. — Fil à plomb. — Relation entre la direction de la pesanteur et la surface des eaux tranquilles.

Poids. — Centre de gravité.

Étude expérimentale du mouvement produit par la pesanteur. — Influence perturbatrice de l'air. — Plan incliné de Galilée. — Machine d'Atwood. Démontrer par l'expérience :

1° La loi des espaces parcourus ;

2° La loi des vitesses.

Appareil de M. Morin.

Loi de l'indépendance de l'effet produit par une force sur un corps, et du mouvement antérieurement acquis de ce corps. — Loi de l'indépendance des effets des forces qui agissent simultanément sur un même corps. — Démonstration expérimentale et généralisation de ces lois. — Lois de l'égalité de l'action et de la réaction.

Masse. — Accélération. — À égalité de masse, les forces sont entre elles comme les accélérations qu'elles produisent. — Relation entre une force, la masse du corps sur lequel elle agit et l'accélération qui résulte de cette action.

Lois générales du mouvement uniformément varié. — Formules.

Pendule. — Loi de l'isochronisme des petites oscillations et loi des longueurs, déduites de l'observation. — Méthode des coïncidences.

Emploi du pendule pour la mesure du temps. — Pendule simple. — Formule. — Détermination, au moyen du pendule, de l'accélération produite par la pesanteur. — Cette accélération est indépendante de la nature des corps.

Les formules du mouvement oscillatoire s'appliquent à la comparaison des forces de toute nature, qu'on peut regarder comme constantes et parallèles à elles-mêmes dans toutes les positions du corps oscillant.

Identité de la pesanteur et de l'attraction universelle.

Balance. — Conditions de son établissement. — Sensibilité. — Si le point de suspension du fléau et les points d'attache des plateaux étaient exactement en ligne droite, la sensibilité serait indépendante des poids qui chargeraient les plateaux. — Méthodes des doubles pesées. — Détails des précautions nécessaires pour obtenir une pesée exacte.

Définition de la densité. — La densité est le rapport du poids d'un corps à son volume.

## HYDROSTATIQUE ET HYDRODYNAMIQUE.

Distinction des divers états des corps.

Principes de Pascal :

1. Dans l'intérieur d'un liquide, la pression exercée sur un élément de surface est normale à l'élément et indépendante de sa direction. La démonstration de ce principe résulte de la vérification expérimentale de ses conséquences.

2. Principe de l'égalité de transmission des pressions. Si l'on exerce une pression sur une portion plane, égale à l'unité, de la surface d'un liquide, l'effort transmis sur une surface plane quelconque, prise à l'intérieur du liquide ou sur les parois, est égale à la pression exercée, multipliée par l'étendue de cette surface. — Vérification de ce principe au moyen de la presse hydraulique.

Application des principes précédents aux liquides pesants. — Direction de la surface libre. — Pressions intérieures; surfaces de niveau. — Pressions sur les parois, en particulier sur le fond des vases; paradoxe hydrostatique. — Appareil de Haldat; expériences diverses.

Principe d'Archimède. — Vérification expérimentale; démonstration théorique, déduite des principes précédents. — Corps flottant. (On ne considérera pas les conditions de stabilité de l'équilibre.)

Liquides superposés.

Vases communicants. — Niveau d'eau. — Niveau à bulle d'air; son usage dans les instruments.

Densité des solides et des liquides. — Balance hydrostatique. — Aéromètre.

Compressibilité des liquides. Indiquer les appareils propres à la constater. — Faire comprendre la nécessité d'une correction due à la compressibilité de l'enveloppe solide.

Propriétés communes aux liquides et aux gaz. — Principe de l'égalité de pression en tout sens. — Principe de l'égalité de transmission des pressions. — Pesanteur des gaz. — Pressions dues à la pesanteur. — Principe d'Archimède; poids des corps dans l'air et dans le vide; aérostats.

Liquides et gaz superposés. — Extension du principe des vases communicants. — Application au baromètre.

Construction détaillée du baromètre. — Baromètre de Fortin, de Gay-Lussac, de Buntzen. — Indiquer la nécessité des corrections indiquées.

Loi de Mariotte.

Manomètre à air libre. — Manomètre à air comprimé.

Loi du mélange des gaz.

Machine pneumatique. — Degré de vide. — Machine de compression.

Principe de Torricelli. — Siphon. — Vase de Mariotte. — Fontaine de Héron. — Fontaine intermittente.

## CAPILLARITÉ.

Cohésion des liquides. — Adhérence des liquides aux solides. — Lois expérimentales des phénomènes capillaires (sans calcul).

## ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

Phénomènes généraux. — Distinction des corps conducteurs et des corps non conducteurs. — Distinction des deux espèces d'électricité. — Séparation des deux électricités par le frottement. — Hypothèse des fluides électriques.

Démonstration des deux lois de l'attraction et de la répulsion des fluides électriques. — Expérience de Coulomb.

Déperdition de l'électricité. — Influence de l'air. — Influence des supports isolants; de l'humidité condensée à la surface des supports.

Étude expérimentale de la distribution de l'électricité à la surface des corps. — Méthode du plan d'épreuves; propriétés des pointes.

Électrisation par influence. — Cas où le corps soumis à l'influence est déjà électrisé. — Étincelles. — Pouvoir des pointes.

Électrisation par influence précédant le mouvement des corps légers. — Électroscope.

Machines électriques de Van-Marum, de Nairn, d'Armstrong.

Condensateur à lame d'air. — Accumulation d'électricité sur la surface de cet appareil. — Bouteille de Leyde. — Batteries. — Décharges électriques. — Effets principaux.

Électroscope condensateur. — Électrophore.

Électricité atmosphérique. — Phénomènes observés par un ciel serein. — Électricité des nuages. — Orage. — Éclair. — Tonnerre. — Effets de la foudre. — Choc en retour. — Paratonnerre.

Indication des sources diverses d'électricité statique.

## MAGNÉTISME.

Aimants naturels. — Action sur le fer et sur l'acier. — Aimants artificiels. — L'action attractive paraît concentrée vers les extrémités des barreaux. — Première idée des pôles.

Direction d'un barreau aimanté sous l'action de la terre. — Action réciproque des pôles de deux aimants. — Dénomination des pôles.

Phénomènes d'influence. — Action d'un aimant sur un barreau de fer doux. — Action sur un barreau d'acier. — Force coercitive. — Effet de la rupture d'un barreau aimanté. — Idée théorique sur la constitution des aimants. — Définition précise des pôles.

Action de la terre. — Elle se réduit à un couple. — On peut la détruire sensiblement par l'action d'un aimant convenablement placé. — Définition de la déclinaison, de l'inclinaison, du méridien magnétique.

Lois des attractions et des répulsions magnétiques déterminées par la méthode des oscillations.

Procédé d'aimantation. — Armatures. — Points conséquents. — Influence de la trempe, de l'écrouissage, de la chaleur. — Aimantation par l'action de la terre.

Liste des métaux magnétiques.

## GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

*Problèmes relatifs au point, à la droite et au plan.*

Par un point donné dans l'espace, mener une droite parallèle à une droite donnée, et trouver la grandeur d'une partie de cette droite.

Par un point donné, mener un plan parallèle à un plan donné.

Construire le plan qui passe par trois points donnés dans l'espace.

Deux plans étant donnés, trouver les projections de leur intersection.

Une droite et un plan étant donnés, trouver les projections du point où la droite rencontre le plan.

Par un point donné, mener une perpendiculaire à une droite donnée, et construire les projections du point de rencontre des deux droites.

Changement des plans de projection.

Un plan étant donné, trouver les angles qu'il forme avec les plans de projection.

Deux plans étant donnés, construire l'angle qu'ils forment entre eux.

Deux droites qui se coupent étant données, construire l'angle qu'elles font entre elles.

Construire l'angle formé par une droite et par un plan donnés de position dans l'espace.

## PROBLÈMES RELATIFS AUX PLANS TANGENTS.

Mener un plan tangent à une surface cylindrique ou à une surface conique :

1° Par un point pris sur la surface;

2° Par un point pris hors de la surface;

3° Parallèlement à une droite donnée.

Par un point pris sur une surface de révolution dont on connaît le méridien mener un plan tangent à cette surface.

## PROBLÈMES RELATIFS AUX INTERSECTIONS DE SURFACES.

Construire la section faite sur la surface d'un cylindre droit et vertical par un plan perpendiculaire à l'un des plans de projection. — Mener la tangente à la courbe d'intersection. — Faire le développement de la surface cylindrique, et y rapporter la courbe d'intersection ainsi que la tangente.

Construire l'intersection d'un cône droit par un plan perpendiculaire à l'un des plans de projection. — Développement et tangente.

Construire la section droite d'un cylindre oblique. — Mener la tangente à la courbe d'intersection. — Faire le développement de la surface cylindrique et y rapporter la courbe qui servait de base ainsi que ses tangentes.

Construire l'intersection d'une surface de révolution par un plan et les tangentes à la courbe d'intersection. — Résoudre cette question lorsque la ligne génératrice est une droite qui ne rencontre pas l'axe.

Construire l'intersection de deux surfaces cylindriques et les tangentes à cette courbe.

Construire l'intersection de deux cônes obliques et les tangentes à cette courbe.

Construire l'intersection de deux surfaces de révolution dont les axes se rencontrent.

## PROGRAMMES DES COURS PRÉPARATOIRES.

## ANALYSE ET MÉCANIQUE.

## ANALYSE INFINITÉSIMALE.

*Calcul différentiel.*

Des fonctions. — Méthode infinitésimale. — Différentielles et dérivées.

Différentiation des fonctions simples. — Des fonctions de fonctions. — Des fonctions composées. — Des fonctions implicites. — Des fonctions de plusieurs variables. — Différentiation des divers ordres.

Développement des fonctions en série. — Séries de Taylor et de Maclaurin. — Séries de l'exponentielle, du sinus, du cosinus, du binôme de Newton. — Séries circulaires et logarithmiques. — Formules d'Euler et de Moivre.

Théorie des maxima.

Expressions indéterminées.

Décomposition des fractions rationnelles en fractions simples.

Tangentes et normales en coordonnées rectangulaires et polaires. — Points maxima. — Concavité et convexité, inflexions.

Cercle osculateur. — Rayon de courbure en coordonnées rectangulaires et polaires.

Enveloppes, développées.

Théorie géométrique de la cycloïde.

Courbes à double courbure. — Tangente, plan normal, plan osculateur, rayon de courbure.

Surfaces courbes. — Plan tangent, normale, contour apparent.

*Calcul intégral.*

Son objet, constantes arbitraires.

Intégration par transformation, par décomposition, par parties. — Exemples les plus importants.

Intégration des fonctions rationnelles.

Intégrales définies. — Formule de Simpson.

Quadratures. — Rectifications. — Cubatures.

Équations différentielles. — Équation linéaire du premier ordre. — Équation homogène. — Équations linéaires à coefficients constants. — Équations simultanées.

## MÉCANIQUE.

*Projections et moments.*

Droites et faisceaux. — Résultante et composantes. — Parallélogramme et parallépipède. — Formules générales.

Projections. — Théorème de Carnot.

Moments relatifs à un axe et à un point. — Théorème de Varignon.

*Cinématique pure.*

Mouvement d'un point. — Mouvement uniforme. — Mouvement varié. — Courbes représentatives. — Appareils enregistreurs. — Mouvement projeté. — Équations du mouvement.

Mouvement d'un solide. — Translation, rotation. — Centre instantané. — Son usage pour le tracé des tangentes. — Mouvement le plus général d'un corps. — Mouvement continu.

Composition des mouvements d'un point. — Parallélogramme et polygone des vitesses.

Composition des mouvements d'un solide. — Translation

et translation. — Translation et rotation. — Rotation et rotation dans les divers cas qui peuvent se présenter. — Mouvements quelconques. — Des mouvements apparents.

Accélération dans le mouvement rectiligne. Mouvement uniformément varié. — Accélérations totale, tangentielle, centripète du mouvement curviligne. — Composition des accélérations dans le cas le plus général, accélération centripète composée.

### *Cinématique appliquée.*

Classification et théorie géométrique des organes de machines.

Galets à rapport de vitesses constant ou variable ; galets fixes, mobiles ou d'interposition ; galets plans ou sphériques. — Méthode d'Euler.

Glissières cylindriques, de révolution ou hélicoïdales ; glissières-guides ou glissières-transmissions.

Excentriques à rainure ou à cadre. — Rainures rectiligne, plane, cylindrique, conique. — Cadre perpendiculaire et cadre circonscrit. — Excentriques à repos, à mouvement uniforme, à mouvement sinusoïdal. — Excentriques variables de Saulnier, de Meyer.

Engrenages, méthodes générales. — Engrenages à flanc, à développantes, à lanterne, à épicycloïdes. — Crémaillères. — Engrenages cylindriques ou coniques. — Engrenage de White. — Vis sans fin. — Trains ordinaires, épicycloïdaux ou irréguliers ; continus, discontinus, intermittents, alternatifs.

Bielles. Théorie géométrique. — Tiges, balanciers, manivelles, et leurs six combinaisons. — Parallélogramme de Watt. — Joints hollandais, de Hooke, d'Oldham.

Cordes, courroies ou chaînes. — Poulies et moulles. — Courroies sans fin.

Liquides et gaz. — Cylindres, pistons, soupapes, tiroirs. Embrayages par manchons, courroies, arbres creux,

arbres à came. — Coulisse de Stephenson. — Déclics. — Encliquetages.

Régulateurs de destruction, d'emmagasinement ou directs. — Freins, échappements, obturateurs, volants à ailettes. — Volants, ressorts, contre-poids. — Modérateurs à force centrifuge, à ressort, à eau, à air.

### *Dynamique du point matériel.*

Postulatus expérimentaux de l'inertie et de l'indépendance des effets des forces et de la vitesse acquise. — Conséquences immédiates. — Parallélogramme des forces. — Des masses. — Relation fondamentale de la force, de la masse et de l'accélération.

Des forces au point de vue industriel. — Travail. — Propriétés du travail. — Son évaluation. — Dynamomètres.

Mouvement rectiligne. — Intégration de l'équation lorsque la force n'est fonction que du temps ou de l'espace ou de la vitesse. — Mouvement vertical des graves dans le vide. — Mouvement tautochrone des ressorts. — Mouvement rectiligne avec une résistance proportionnelle à la vitesse.

Mouvement curviligne. — Ses équations. — Mouvement des projectiles dans le vide. — Portées horizontale et oblique. — Courbe de sûreté. — Calcul des hausses de tir.

Propriétés générales du mouvement. — Forces totale, tangentielle, centripète. — Théorème de la force vive. — Théorèmes des projections et des moments de la quantité de mouvement. — Théorème des aires. — Formule de Binet. — Lois de Képler, loi de la gravitation.

Liaisons. — Loi du mouvement. — Réaction de la trajectoire. — Plan incliné. — Pendule cycloïdal. — Pendule simple pour les petites oscillations. — Échappement dans les demi-liaisons.

Mouvement relatif. — Machine à essorer. — Régulateur à boules. — Inclinaison transversale de la voie ferrée dans les courbes. — Variation du poids à la surface de la terre.

—Écart vers l'Est dans la chute des graves. — Mouvement de l'eau dans les turbines.

#### *Géométrie des masses.*

Corps homogènes et hétérogènes. — Masse spécifique, poids spécifique, densité. — Unités usuelles. — Calcul des masses.

Centres de gravité. — Théorème des moments. — Recherche des centres de gravité. — Exemples les plus importants. — Théorèmes de Guldin.

Moments d'inertie. — Translation de l'axe. — Ellipsoïde d'inertie. — Axes principaux. — Exemples les plus importants.

Longueur d'oscillation. — Sa réciprocity. — Exemples les plus importants.

#### *Statique.*

Postulatum expérimental de l'égalité entre l'action et la réaction. — Forces extérieures et intérieures. — Évaluation de la somme des travaux de ces dernières.

Théorie générale de l'équilibre. — Théorème du travail virtuel. — Liaisons. — Solides invariables. — Les six équations d'équilibre. — Systèmes à liaison complète. — Exemples choisis parmi les machines simples les plus importantes. — Polygone funiculaire. — Équilibre relatif.

Théorie générale de l'équivalence des forces et en particulier de celles qui sont appliquées à un solide. — Résultante unique. — Théorie des couples. — Réduction générale à une force et à un couple ou à deux forces. — Application aux forces totales du mouvement de rotation.

Systèmes pesants. — Résultante unique appliquée au centre de gravité des solides. — Systèmes pesants à liaisons. — Solide tournant autour d'un axe fixe. — Solide posé sur un plan horizontal. — Balances : ordinaire, de Roberval, de Quintenz, de Sanctorius, romaine, peson, etc.

Hydrostatique. — Principe de Pascal. Pression. Manomètres. — Équilibre des fluides pesants. — Liquides, baromètre, manomètre, siphon. — Liquides superposés, vases communicants. — Gaz, formule orométrique. — Pressions sur les parois. Paradoxe hydrostatique. Centre de pression. Pressions dans les chaudières à vapeur. — Parois flottantes, principe d'Archimède.

#### *Dynamique des systèmes.*

Principe de d'Alembert. — Équations immédiates du mouvement d'un solide. — Solide tournant autour d'un axe fixe. — Pendule composé. — Réactions de l'axe d'un corps tournant. — Axes permanents de rotation. — Suspension des meules.

Propriétés générales du mouvement. — Théorème du mouvement du centre de gravité. — Théorèmes des projections et des moments des quantités de mouvement. — Théorème des forces vives. — Décomposition de la force vive par la considération du centre de gravité. — Stabilité de l'équilibre des systèmes pesants.

Théorie des chocs. — Choc direct des Billes élastiques, réflexion sur les bandes. — Perte de force vive, battage des pilotis. — Centre-coup sur les axes, marteaux de forge. — Pendule balistique.

Des machines. — Théorème de la transmission du travail, rendement. — Impossibilité du mouvement perpétuel. — Théorie et calcul des volants. — Régulateurs. — Frein dynamométrique de Prony.

#### *Résistances passives.*

Frottement, ses lois, ses formules. — Frottement dans les machines et arc-boutement : plan incliné, tourillon, pivot, engrenages, valet de menuiserie, encliquetage Dobo, vis, coin. — Effets du mouvement sur le frottement, embrayage à cônes de friction. — Freins d'arrêt. — Locomotives.

Résistance au roulement. — Transport des matériaux sur des rouleaux. — Glissement suivi de roulement d'une bille de billard. — Rouleau pesant sur un plan incliné.

Résistances des cordes. — Frottement des cordes, frein à bande de tôle, frein Chameroy, courroies sans fin. — Roider des cordes, calcul des palans.

Résistances des fluides. — Frottement des milieux, ses effets principaux sur les projectiles. — Résistance des milieux à la pénétration directe. Chute verticale des graves dans l'atmosphère, parachute.

#### TRIGONOMÉTRIE SPHÉRIQUE.

Formules immédiates : fondamentale, corrélatrice, des sinus, des cotangentes.

Formules calculables par logarithmes : des demi-angles, des demi-côtés, de Delambre, de Neper.

Formules des triangles rectangles, règle du pentagone de Newton.

Résolution des triangles rectangles et des triangles quelconques, sans la discussion des cas douteux.

Évaluation de l'excès sphérique, du volume du parallélépipède, de la longueur d'un arc géographique.

## GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE, CHARPENTE ET STÉRÉOTOMIE.

### I. — GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

COURBES GAUCHES. — Plan osculateur. — Cercle osculateur. — Rayon et cercle de courbure. — Développantes. — Développée.

SURFACES DÉVELOPABLES. — Notions sur les surfaces-enveloppes, les enveloppées et les caractéristiques. — Arête de rebroussement. — Divers modes de génération. — Développement.

*Hélicoïde développable.* — Projections, plans tangents, sections. — Développement.

SURFACES GAUCHES. — Divers modes de génération. — Hyperboloïde à une nappe (rappel des propriétés).

*Paraboloïde hyperbolique.* — Projections diverses. — Étude des variations du plan tangent. — Sections. — Diamètres. — Sommet.

*Raccordement des surfaces gauches.* — Point central. — Ligne de striction.

*Surfaces gauches à plan directeur.* — Conoïdes.

*Hélicoïdes.* — Surfaces de vis à filet triangulaire et à filet carré : (Représentation. Plans tangents. Sections. Ligne de striction). — Représentation et ombres des vis et des écrous.

COURBURE DES SURFACES. — Indicatrice. — Ligne de courbure. — Tangente aux courbes d'ombre. — Complément de la théorie des ombres. — Point brillant. — Pénombre. — Reflets.

PERSPECTIVES. — Propriétés générales; emploi.

*Perspective axonométrique, isométrique et cavalière.*

*Respective conique*. — But. — Applications diverses. — Voûte d'arêtes. — Détermination directe des ombres. — Problème inverse de la perspective. — Application à la construction des plans à l'aide de deux ou plusieurs vues photographiques.

PROJECTIONS COTÉES. — *Plans cotés*. — Problèmes divers sur la ligne droite, le plan, les cônes et les cylindres.

*Surfaces topographiques*. — Représentation. — Problèmes divers. — Emploi des surfaces topographiques par la représentation des fonctions à deux variables.

*Cartes topographiques*. — Modes de représentation adoptés par les différents pays. — Signes et figurés conventionnels. — Reliefs topographiques.

## II. — CHARPENTE.

*Assemblages*. — Projections et perspectives des principaux assemblages. — Lignes de moindre résistance. — Ferrures.

*Combles*. — Éléments d'une ferme. — Exemples divers. — Groupe droite. — Groupe biaise. (Arbalétriers. — Poinçon. — Enpanons droit et déversé.) Enrayure. — Ferme sous faite.

*Charpentes métalliques et mixtes*. — Éléments. — Assemblages. — Exemples de dispositions diverses appliquées dans les grandes constructions industrielles.

*Exécution des ouvrages de charpente*. — Équarrissage. — Lignage et contre-lignage. — Salles d'épures. — Piqué des bois.

*Escaliers*. — Définitions. — Éléments. — Établissement des marches.

*Escalier en courbe rampante*. — Balancement des marches. — Projections de l'échiffre. — Assemblages. — Éléments de la taille du limon. — Paliers.

## III. — STÉRÉOTOMIE.

*Généralités*. — Définitions, épures.

*Voûtes simples*. — Porte biaise en talus. — Descente droite et biaise en talus. — Porte biaise en tour ronde. — Plates-bandes, etc... (Représentations: complète; éléments de la taille du vousoir.) — Méthode générale de Desaugues.

*Arche biaise*. — Biais passé (gauche, en corne de vache). — Appareil orthogonal. — Appareil hélicoïdal: Théorie complète. Foyers. Angles. Points d'équilibre. Détails du vousoir. Éléments de la taille. — Appareil hélicoïdal simplifié. — Arches à plans de tête non parallèles. — Vousures.

*Voûtes composées*. — Berceau coudé. — Voûte d'arêtes. — Voûte en arc de cloître. — Voûte en lunette. — Arcs doubleaux.

*Voûtes de révolution*. — Voûte sphérique: équilibre des lits isolés. Taille par l'écaelle. — Voûte sphérique avec pendentifs.

*Escaliers*. — Escalier en vis à jour. — Escalier à noyau plein.

## PHYSIQUE.

### CHAUFEUR.

*Effets généraux de la chaleur*. — Choix arbitraire d'un de ces effets pour définir l'état thermique d'un corps. — Température, thermomètre. — Construction, comparabilité.

*Dilatation des solides et des liquides*. — Méthode de M. Regnault pour la dilatation absolue du mercure.

*Dilatation des gaz.* — Relation entre le volume, la densité et la température d'un gaz. — Thermomètre à air.

*Changements d'état.* — Phénomènes qui les accompagnent. — Chaleur latente de fusion et de volatilisation. — Influence de la pression, de l'état de la surface. — Caléfaction.

*Propriétés des vapeurs dans le vide et dans les gaz.* — Vapeurs saturées. — Tension maximum. — Ébullition. — Détermination expérimentale des tensions de la vapeur d'eau. — Expériences et formule de M. Regnault. — Mélange des gaz et des vapeurs. — Application à l'hygromètre de M. Regnault. — Rosée. — Densité des vapeurs.

*Chaleurs spécifiques.* — Méthode générale des mélanges et ses applications. — Chaleur spécifique des gaz à pression constante et à volume constant. — Expériences de M. Regnault sur la chaleur spécifique à pression constante.

Notions sur l'équivalent mécanique de la chaleur. — Sources de chaleur. — Pouvoirs calorifiques. — Applications diverses.

*Rayonnement de la chaleur.* — Pouvoir émissif et pouvoir absorbant. — Propagation à distance. — Exposé de la loi du refroidissement. — Formule de Newton. — Travaux de MM. Dulong et Petit. — Propagation par contact. — Conductibilité. — Expériences. — Formules.

#### ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.

*Galvanisme.* — Sources diverses d'électricité. — Disque de Volta. — Tension aux extrémités. — Pôles. — Conducteur. — Courant continu. — Sens du courant. — Piles de Volta, de Wollaston, de Münch.

*Actions des courants. Chaleur dégagée dans le circuit.* — Voltamètres. — Principes de la galvanoplastie. — Causes de l'inconstance des courants. — Piles de Daniel, de Bu-

sen. — Actions mécaniques. — Solénoïdes. — Action des courants sur les aimants et des courants sur eux-mêmes. — Expériences d'Ampère. — Action de la terre sur les courants. — Électro-aimant. — Télégraphie électrique. — Moteurs électriques.

*Rhémétrie.* — Boussole des sinus et des tangentes. — Galvanomètres. — Rhéostats. — Intensité dynamique d'un courant dans un circuit homogène. — Courants dérivés. — Formule de la pile. — Discussion, application à l'établissement d'une pile suivant les effets à produire.

*Phénomènes d'induction.* — Machine de Rhumkorff. — Production d'électricité statique. — Propriétés calorifiques, lumineuses et physiologiques.

#### ACOUSTIQUE.

*Phénomènes généraux.* — Mode de propagation des ondes sonores. — Vitesse. — Vibrations longitudinales et transversales.

#### OPTIQUE.

*Propagation et vitesse de la lumière.* — Travaux de Roemer, de Foucault, etc.

*Photométrie.* — Photomètre de Foucault. — Dispositions adoptées par la ville de Paris pour la vérification du pouvoir éclairant du gaz.

*Réflexion de la lumière.* — Miroirs plans et courbes. — Formules.

*Réfraction de la lumière.* — Loi de Descartes. — Foyers d'une surface sphérique. — Lentilles. — Établissement et discussion de la formule. — Centre optique. — Observations. — Mesure des indices de réfraction. — Goniomètres.

*Dispersion.* — Spectre. — Spectre pur. — Méthode de Fraunhofer. — Raies. — Spectroscope. — Recomposition de la lumière. — Achromatisme.

*Instruments d'optique.* — Chambre noire. — Chambre claire. — Microscope solaire. — Loupe. — Lunettes. — Microscope. — Grossissement de ces divers appareils. — Oculaire positif et négatif.

*Vision.* — Description de l'œil. — Myopie, presbytie. — Vision binoculaire. — Sensation du relief. — Stéréoscope.

*Optique physique.* — Explication des phénomènes optiques les plus simples dans la théorie des ondulations. — Principes généraux de la double réfraction et de la polarisation.

## COURS DE CHIMIE GÉNÉRALE.

Notions générales sur les propriétés des corps, sur les forces physiques et chimiques. — Nomenclature chimique. — Représentation des combinaisons des corps simples par des formules. — Des lois qui régissent les combinaisons. — Équivalents. — Indication sur les atomes.

## PREMIÈRE PARTIE.

## Étude des métalloïdes.

## CORPS SIMPLES MÉTALLOÏDES:

Oxygène. — Propriétés. — Préparation.  
 Hydrogène. — Propriétés. — Préparation. — Hydrogène sec et pur. — Son emploi comme réducteur.  
 Soufre. — Propriétés. — État naturel. — Extraction.  
 Phosphore. — Propriétés. — Préparation.  
 Arsenic. — Propriétés. — Extraction.  
 Azote. — Propriétés. — Préparation.  
 Chlore. — Propriétés. — Préparation. — Son emploi comme oxydant.  
 Brome. — Propriétés. — Préparation.  
 Iode. — Propriétés. — Extraction.  
 Fluor.  
 Carbone. — État naturel. — Diamant. — Charbons minéraux et végétaux. — Noir animal. — Propriétés du carbone. — Propriétés absorbantes des charbons poreux.  
 Bore. — Propriétés. — Préparation. — Silicium. — Propriétés. — Préparation.

Équivalents en volume des gaz. — Énoncé de la loi des proportions multiples. — Eudiomètre ordinaire, de Gay-Lussac, de Volta.

Air. — Procédés simples d'analyse au point de vue des réactions oxydantes. — Composition de l'air. — L'air est un mélange.

COMBINAISONS DES MÉTALLOÏDES ENTRE EUX.

*Oxygène avec les métalloïdes.*

Oxygène avec l'hydrogène.

Eau. — Propriétés physiques. — Eau distillée. — État naturel. — Eaux potables; eaux impures; eaux salées; eaux minérales. — Emploi de la vapeur d'eau au laboratoire.

Bioxyde d'hydrogène. — Propriétés. — Préparation.

Oxygène avec le soufre.

Acide sulfureux. — Acide sulfurique : anhydre, de Nordhausen, ordinaire. — Acide hyposulfurique. — Acide hyposulfureux. — Préparation des hyposulfites.

Oxygène avec le phosphore.

Acide hypophosphoreux. — Acide phosphoreux. — Acide phosphorique : anhydre; acide métaphosphorique : sa préparation en portant un phosphate terreux naturel; acide pyrophosphorique; acide phosphorique ordinaire.

Oxygène avec l'arsenic.

Acide arsénieux. — Acide arsénique.

Oxygène avec l'azote.

Protoxyde d'azote. — Bioxyde d'azote. — Acide azoteux. — Acide hypoazotique. — Acide azotique. — Propriétés. — Préparation. — Acide azotique pur.

Oxygène avec le chlore.

Acide chlorique. — Acide perchlorique. — Acide hypochlorique. — Acide chloreux. — Acide hypochloreux.

Oxygène avec le brome.

Acide bromique.

Oxygène avec l'iode.

Acide iodique, acide hyperiodique.

Oxygène avec le bore.

Acide borique. — Son extraction.

Oxygène avec le silicium.

Acide silicique. — États divers de la silice. — Sa préparation en partant soit d'un silicate attaquant, soit d'une argile ou kaolin.

Oxygène avec le carbone.

Acide carbonique. — Oxyde de carbone.

*Hydrogène avec les métalloïdes.*

Division en hydracides, composés neutres, et ammoniacque.

Hydrogène avec le soufre.

Hydrogène sulfuré. — Bisulfure d'hydrogène.

Hydrogène avec le phosphore.

Hydrogènes phosphoreux, gazeux, liquide, solide.

Hydrogène avec l'arsenic.

Hydrogène arsénié.

Hydrogène avec l'azote.

Gaz ammoniac. — Ammoniacque. — *Ammonium*.

Hydrogène avec le chlore, le brome, l'iode et le fluor.

Acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique, fluorhydrique.

Hydrogène avec le carbone.

Hydrogène protocarboné : grisou; gaz des marais. — Hydrogène bicarboné : gaz oléfiant.

*Soufre avec les métalloïdes.*

Soufre avec le phosphore.

Soufre avec l'arsenic.

Réalgar, orpiment, acide sulfarsénique.

Soufre avec le chlore.

Protochlorure. — Perchlorure de soufre.

Soufre avec le carbone.  
Sulfure de carbone.  
Soufre avec le bore et le silicium.  
Sulfures de bore et de silicium.

*Phosphore avec les métalloïdes.*

Phosphore avec le chlore.  
Protochlorure. — Deutochlorure.

*Arsenic avec les métalloïdes.*

Arsenic avec le chlore.  
Chlorure d'arsenic.

*Azote avec les métalloïdes.*

Azote avec le chlore.  
Chlorure d'azote.  
Azote avec l'iode.  
Iodure d'azote.  
Azote avec le carbone.  
Cyanogène.

*Chlore avec les métalloïdes.*

Chlore avec le brome, l'iode, le carbone, le bore, le silicium.

*Fluor avec les métalloïdes.*

Fluorure de bore. — Acides fluoborique et hydrofluoborique.  
Fluorure de silicium. — Acide hydrofluosilicique.

DEUXIÈME PARTIE.

Étude des métaux.

Répartition des métaux en six sections :

Propriétés générales des métaux. — Alliages.

Oxydes métalliques.

Sulfures métalliques. — Phosphures. — Arséniures.

Des sels proprement dits. — Propriétés générales. — Lois de Berthollet.

Propriétés générales et caractères (au point de vue de l'acide) des sulfates, sulfites, hyposulfates, hyposulfites, phosphates, phosphites, hypophosphites. — Arséniates. — Arsénites. — Azotates. — Azotites. — Chlorates. — Perchlorates. — Chlorites. — Hypochlorites. — Bromates. — Iodates. — Hyperiodates. — Borates. — Silicates. — Carbonates. — Chlorures. — Bromures. — Iodures. — Fluorures.

PREMIÈRE SECTION.

Potassium. — Oxydes. — Caractères des sels de potasse. — Combinaisons du potassium avec le soufre, le phosphore, l'azote, le chlore, le brome, l'iode et le fluor. — Sulfates de potasse. — Azotate. — Chlorate. — Silicates. — Carbonates. — Préparation du potassium.

Sodium. — Oxydes. — Caractères des sels de soude. — Chlorure de sodium ; sel gemme ; sel marin. — Sulfates de soude. — Phosphates. — Azotate. — Borates. — Silicates. — Carbonates. — Soude artificielle par le procédé de Leblanc : principales réactions : soude brute bien faite et soude brûlée. — Indications sur les matières premières, les produits et les résidus des usines à soude. — Fabrication du sodium.

Lithium.

Sels ammoniacaux. — Caractères distinctifs. — Sulfhy-

drate. — Sel ammoniac. — Sulfates. — Phosphates. — Azotate. — Carbonates.

Barium. — Oxydes. — Caractères des sels de baryte. — Sulfure, chlorure de barium. — Sulfate et carbonate de baryte. — Extraction du barium.

Strontium. — Chlorure de strontium. — Analogies et différences entre les composés du barium et ceux du strontium.

Calcium. — Chaux. — Caractères des sels de chaux. — Sulfures, chlorure, fluorure de calcium. — Sulfate de chaux. — Phosphate. — Carbonate. — Oxalate. — Hypochlorite; chlorure de chaux. — Extraction du calcium.

Magnésium. — Magnésie. — Caractères des sels de magnésie. — Sulfure, chlorure de magnésium. — Sulfate de magnésie. — Silicates. — Carbonates. — Extraction du magnésium.

#### DEUXIÈME SECTION.

Aluminium. — Alumine : sa préparation en partant du kaolin. — Caractères des sels d'alumine. — Sulfure. — Chlorure d'aluminium. — Chlorure double d'aluminium et de sodium. — Fluorure double d'aluminium et de sodium. — Sulfates d'alumine. — Aluns. — Silicates d'alumine. — Extraction de l'aluminium. — Alliages avec le cuivre.

#### TROISIÈME SECTION.

Manganèse. — Oxydes de manganèse. — Préparation de l'oxyde rouge en partant d'un minerai. — Caractères des sels de manganèse. — Manganates et permanganates. — Sulfure. — Chlorures. — Sulfates. — Carbonate. — Borate. — Extraction.

Fer. — Oxydes. — Préparation du peroxyde en partant de divers minerais de fer. — Caractères des sels de fer. — Sels de protoxyde. — Sels de sesquioxyde. — Passage d'une série à l'autre. — Sulfures. — Phosphures. — Arséniures.

— Carbures. — Fontes. — Aciers. — Chlorures. — Sulfates. — Carbonate. — Préparation du fer pur au laboratoire.

Cobalt. — Oxydes. — Caractères des sels. — Sulfures et chlorure. — Extraction du cobalt.

Nickel. — Oxydes. — Caractères des sels. — Extraction du nickel.

Zinc. — Oxyde; sa préparation, en partant soit de la blende, soit de la calamine. — Caractères des sels de zinc. — Sulfure. — Chlorure. — Sulfates. — Azotate. — Carbonates. — Préparation du zinc pur au laboratoire.

Cadmium. — Oxyde. — Caractères des sels. — Sulfure. — Extraction.

Chrome. — Combinaisons avec l'oxygène. — Préparation du sesquioxyde de chrome en partant du fer chromé. — Caractères des sels de chrome. — Chromites. — Sulfures de chrome. — Chlorures de chrome. — Acide chlorochromique. — Sulfates de chrome. — Alun. — Chromates. — Chromate neutre et bichromate de potasse. — Chromates de plomb. — Extraction du chrome.

#### QUATRIÈME SECTION.

Étain. — Oxydes d'étain; acides stannique et métastannique. — Préparations du bioxyde et du protosulfure d'étain en partant du minerai d'étain.

Caractères des sels d'étain. — Sels de protoxyde. — Sels de bioxyde. — Sulfures. — Chlorures. — Extraction de l'étain pur. — Alliage d'étain et de fer.

Antimoine. — Combinaisons avec l'oxygène. — Hydrogène antimonie. — Caractères des sels d'antimoine. — Antimoniates et métaantimoniates. — Sulfures. — Kermès. — Oxsulfures. — Chlorures. — Extraction de l'antimoine pur. — Alliages d'antimoine avec le potassium. — Alliage de Réaumur.

## CINQUIÈME SECTION.

Bismuth. — Combinaisons avec l'oxygène. — Caractères des sels. — Sulfures. — Chlorure. — Azotate. — Sous-azotate. — Extraction et purification du Bismuth.

Cuivre. — Oxydes. — Caractères des sels d'oxyde, des sels d'oxyde. — Sulfures de cuivre. — Préparation du protosulfure en partant, soit d'une pyrite de cuivre, soit d'un cuivre gris. — Chlorures. — Sulfates. — Arsenite. — Carbonates. — Préparation du cuivre pur.

Alliages. — Laiton. — Maillechort. — Bronzes. — Monnaies.

Plomb. — Combinaisons avec l'oxygène. — Caractères des sels. — Sulfure de plomb. — Chlorure. — Iodure. — Fluorure. — Sulfate. — Sa préparation en partant soit d'une galène pure; soit d'une galène avec pyrite de fer et quartz; soit d'un mélange galène, blende, pyrite de cuivre, quartz et baryte sulfatée. — Phosphate. — Azotates. — Azotites. — Carbonate : céruse. — Silicates. — Extraction du plomb pur.

Alliages avec le zinc, l'étain, l'antimoine, le bismuth : alliages fusibles.

## SIXIÈME SECTION.

Mercure. — Oxydes. — Caractères des sels d'oxyde, des sels d'oxyde. — Sulfures : cinabre. — Chlorures. — Iodures. — Sulfates. — Azotates. — Oxyde ammonio-mercurique. — Extraction du mercure. — Amalgames.

Argent. — Oxyde. — Caractères des sels. — Sulfure. — Chlorure. — Bromure. — Iodure. — Fluorure. — Sulfate. — Sulfite. — Hyposulfite. — Azotate. — Préparation de l'argent pur au laboratoire. — Vases d'argent qui y sont employés. — Alliages avec le cuivre, le plomb; amalgame d'argent; arbre de Diane.

Or. — Combinaisons avec l'oxygène. — Caractères de la

dissolution de chlorure d'or. — Aurates. — Sulfures. — Chlorures. — Or fulminant. — Pourpre de Cassius. — Hyposulfite d'or et de soude. — Or pur. — Alliages avec le fer, le cuivre, le plomb; amalgame; alliage avec l'argent. — Principe de l'essai des alliages d'or et de cuivre. — Affinage.

Platine; platine fondu et forgé; mousse et noir de platine. — Oxydes. — Caractères des sels de protoxyde, des sels de bioxyde. — Sulfures et chlorures de platine. — Chlorures doubles avec le potassium, le sodium, l'ammonium. — Indications sur les bases ammoniaco-platiniques. — Minerai. — Extraction du platine. — Alliages. — Ustensiles en platine au laboratoire.

## TROISIÈME PARTIE.

## Notions de chimie organique.

Matières organiques. — Principes immédiats. — Analyse immédiate. — Analyse élémentaire.

Corps neutres ou principes immédiats des végétaux :  
Ligneux. — Cellulose. — Amidon. — Dextrine. — Gommés. — Sucres; sucre de lait, glucose, sucre de canne.

Acides organiques :

Acide oxalique. — Oxalates. — Amides.

Acide formique.

Acide acétique. — Acétates.

Acide lactique.

Acide tartrique. — Tartrates.

Acide malique.

Acide citrique.

Tannin ou acide tannique. — Acides gallique et pyrogallique.

Alcalis organiques.

Essences ou huiles essentielles. — Résines. — Vernis.

Caoutchouc et gutta-percha.

Principaux produits extraits du goudron de houille :

Huiles légères, huiles lourdes, brai. — Acide phénique, acide picrique; benzine, nitrobenzine, aniline.

Alcools. — Alcool vinique. — Acide sulfovinique. — Éther.

Corps gras :

Graisses; huiles grasses siccatives et non siccatives. —

Principes immédiats des corps gras. — Saponification. —

Acides stéarique, margarique, oléique; glycérine. — Savons.

— Bougies stéariques.

Principes immédiats de l'organisation animale :

Fibrine. — Albumine. — Caséine. — Gélatine.

Produits d'excrétion : Urine. — Urée. — Acide urique.

Composés du cyanogène :

Acide cyanique. — Cyanates. — Fulminates de mercure et d'argent. — Acide cyanurique. — Cyanurates.

Acide cyanhydrique. — Cyanures. — Cyanure de potassium. — Cyanure de mercure. — Cyanures doubles. — Ferrocyanures. — Ferricyanures. — Bleu de Prusse. — Sulfocyanures d'ammonium et de potassium.

## PROGRAMMES DES COURS SPÉCIAUX.

### COURS D'EXPLOITATION DES MINES ET DE MACHINES.

#### Programme du cours d'exploitation.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Objet du cours. — Rappel sommaire des notions de géologie nécessaire pour définir les gisements en couches, en filons et en amas.

2<sup>e</sup> LEÇON. — Exemples divers de gisements en couches.

3<sup>e</sup> LEÇON. — Exemples divers de gisements en filons et en amas. — Failles et rejets. — Règle de Schmidt.

4<sup>e</sup> LEÇON. — Des travaux de recherches et explorations en général.

5<sup>e</sup> LEÇON. — Recherches par sondages. — Théorie générale des puits artésiens. — Description des procédés du sondage.

6<sup>e</sup> LEÇON. — Suite de la description des procédés du sondage.

7<sup>e</sup> LEÇON. — Suite de la description des procédés du sondage.

8<sup>e</sup> LEÇON. — Suite et fin de la description des procédés du sondage; données numériques diverses. — Sondages à grands diamètres.

9° LEÇON. — Classification du rocher au point de vue des procédés d'entaillement. — Travail des roches tendres ou demi-dures.

10° LEÇON. — Travail des roches dures. — Tirage à la poudre.

11° LEÇON. — Exemples divers du travail des roches; données numériques.

12° LEÇON. — Résumé concernant les divers moyens mécaniques employés ou proposés pour remplacer le travail ordinaire des mineurs.

13° LEÇON. — Soutènement des travaux souterrains au moyen du boisage.

14° LEÇON. — Application à divers exemples; souterrains à grande section; terrains mouvants.

15° LEÇON. — Soutènement des travaux souterrains au moyen du muraillement. — Application à divers exemples.

16° LEÇON. — Résumé concernant les procédés de fonçage des puits dans des terrains aquifères et plus ou moins coulants. — Système Triger, Guibal, Kind et Chaudron.

17° LEÇON. — Données numériques concernant le boisage et le muraillement des divers travaux souterrains.

18° LEÇON. — Généralités sur l'ensemble des travaux d'une mine. — Énumération des conditions multiples que doit remplir une bonne méthode d'exploitation.

19° LEÇON. — Description des méthodes d'exploitation applicables aux filons et aux amas.

20° LEÇON. — Exploitation des couches de houille minces ou de médiocre épaisseur.

21° LEÇON. — Exploitation des couches de houille puissantes diversement inclinées.

22° LEÇON. — Exploitations diverses.

23° LEÇON. — Rapprochement entre les diverses méthodes d'exploitation. — Moyens généraux de se procurer des remblais. — Exploitation à ciel ouvert.

24° LEÇON. — Du transport intérieur dans les mines. — Construction de la voie et du matériel roulant.

25° LEÇON. — Suite de la voie et du matériel roulant.

26° LEÇON. — Plans automoteurs; — Données numériques sur le transport intérieur.

27° LEÇON. — Transports intérieurs au moyen de machines fixes; — galeries navigables.

28° LEÇON. — De l'extraction. — Comparaison entre les différents moteurs.

29° LEÇON. — Calcul des câbles plats et des bobines.

30° LEÇON. — Chaînes, contre-poids et autres moyens d'équilibrer les câbles. — Construction des chevalements, en bois, en métal ou en maçonnerie.

31° LEÇON. — Places d'accrochages, bennes, cages guidées, parachutes et autres détails.

32° LEÇON. — Organisation de l'extraction dans une mine profonde et à grande production. — Données numériques diverses.

33° LEÇON. — Variantes d'appareils d'extraction. — Systèmes Mehu, Guibal, Lemielle. — Fabrkunst. — Échelles. — Installation des descenderies ordinaires.

34° LEÇON. — De l'épuisement en général. — Épuisements intérieurs. — Des galeries d'écoulement.

35° LEÇON. — Des divers moteurs employés à l'épuisement. — Roues hydrauliques, machines à colonnes d'eau, machines à vapeur.

36° LEÇON. — Description d'un type d'appareil d'épuisement comprenant une machine à vapeur de Cornouailles et un système de pompes foulantes à piston plongeur.

37° LEÇON. — Dispositions à prendre pour prévenir l'affluence de l'eau dans les travaux. — Cuvelages, serremments, plates-cuves, travaux divers au jour, etc.

38° LEÇON. — De l'aérage en général. — Causes qui vicient l'air dans les mines. — Principes de la ventilation naturelle.

39° LEÇON. — De la ventilation artificielle, foyers et machines d'aérage diverses.

40° LEÇON. — Principes qui doivent présider à la répartition du courant d'air. Exemples divers de cette répartition.

41° LEÇON. — Des accidents qui peuvent se présenter dans les mines. — Grisou, lampes de sûreté. — Explosions. — Incendies spontanés. — Inondations. — Appareils de sûreté; soins à donner aux blessés.

42° LEÇON. — De la préparation mécanique en général. — Opérations préliminaires. — Cassage sur la halde, triage.

43° LEÇON. — Traitement du menu sortant. — Débourbage, classement de grosseur, traitement au crible à secousse.

44° LEÇON. — Théorie des opérations précédentes. — Du concassage et du broyage en général.

45° LEÇON. — Principes généraux du lavage sur les diverses tables. — Tables dormantes, à secousses, tournantes, à toiles, etc.

46° LEÇON. — Des modifications récentes apportées à la préparation mécanique. — Exemples de préparation mécanique; — données numériques diverses.

47° LEÇON. — Résumé général sur le cours. — Nécessité de compléter cet enseignement oral par des visites détaillées; manière d'observer utilement dans ces visites. — Quelques mots sur l'organisation administrative d'une affaire industrielle.

#### Programme du cours de machines.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Objet du cours : Des machines considérées dans leur application à l'industrie. — Rappel sommaire de quelques notions de mécanique rationnelle. — Théorème général des forces vives.

2<sup>e</sup> LEÇON. — Application du théorème général des forces vives aux machines en mouvement.

3<sup>e</sup> LEÇON. — Des moteurs en général. — Données numériques sur l'emploi des moteurs animés.

4<sup>e</sup> LEÇON. — Résumé des notions d'*hydraulique*. — Écoulement en mince paroi. — Ajutages cylindriques ou coniques.

5<sup>e</sup> LEÇON. — Écoulements par de grands orifices. — Portes d'écluses, déversoirs. — Cas où les niveaux ne sont pas constants.

6<sup>e</sup> LEÇON. — Écoulement par des tuyaux de conduite, formules diverses (Prony, Eytelwein, de Saint-Venant).

7<sup>e</sup> LEÇON. — Écoulement dans des canaux à régime constant et à régime permanent.

8<sup>e</sup> LEÇON. — Données numériques pour l'application des formules établies dans les quatre leçons précédentes. — Procédés divers de jaugeage.

9° LEÇON. — Des moteurs hydrauliques en général. — Création d'une chute d'eau. — Utilisation d'une chute existante.

10° LEÇON. — Roues hydrauliques mues principalement par le poids de l'eau. — Roues à auget diverses.

11° LEÇON. — Roues de côté. — Roues en dessous, Roues à la Poncelet. — Roues pendantes sur bateaux. — Application aux bateaux à vapeur.

12° LEÇON. — Roues mues par la réaction de l'eau. — Théorie générale des turbines.

13° LEÇON. — Turbines diverses.

14° LEÇON. — Machines à colonnes d'eau. — Résumé sur les moteurs hydrauliques. — Discussion des circonstances dans lesquelles ces divers moteurs sont plus particulièrement applicables.

15° LEÇON. — Résumé des notions de *pneumatique*. — Rappel des lois de Mariotte et de Gay-Lussac, indication des expériences de M. Regnault. — Application à divers exemples, travail moteur dû à la détente; travail résistant dû à la compression. — Écoulement par un orifice en mince paroi.

16° LEÇON. — Écoulement par des tuyaux de conduite. — De l'air en mouvement considéré comme moteur. — Moulins à vent de divers systèmes.

17° LEÇON. — Principes de la nouvelle théorie mécanique de la chaleur.

18° LEÇON. — Suite de l'exposé de la théorie mécanique de la chaleur. — Application aux gaz permanents — Des machines à gaz. — Leur effet utile.

19° LEÇON. — Application aux vapeurs en général et spécialement à la vapeur d'eau.

20° LEÇON. — Machines à vapeur en général. — Calcul de la chaleur employée et de la force produite dans le cas où l'on épuise l'action de la détente.

21° LEÇON. — Machines à vapeur considérées dans les conditions ordinaires de la pratique. — Causes diverses qui diminuent l'effet utile théorique d'une calorie. — Effet utile pratique pour les divers systèmes de machines.

22° LEÇON. — Classification des machines à vapeur sous divers points de vue. — Description détaillée de leurs divers organes.

23° LEÇON. — Suite de la description des divers organes des machines à vapeur.

24° LEÇON. — Suite de la leçon précédente.

25° LEÇON. — Suite de la leçon précédente.

26° LEÇON. — Suite et fin de la description des divers organes des machines à vapeur.

27° LEÇON. — Résumé sur les principaux types de machines à vapeur; discussion des circonstances dans lesquelles ces divers types sont particulièrement applicables. — (Extraction, épuisement, soufflerie de haut fourneau, forge. — Élévation d'eau. — Usines diverses dans les villes industrielles. — Bateaux à vapeur etc....).

28° LEÇON. — Des générateurs. — Dispositifs variés. — Valeurs de ces divers dispositifs au point de vue économique.

29° LEÇON. — Causes des explosions des chaudières à vapeur. — Résumé des règlements sur la matière. — Appareils divers de sûreté.

30° LEÇON. — Résumé de données numériques diverses concernant les machines à vapeur.

31° LEÇON. — Indications sommaires sur les tentatives faites pour remplacer la vapeur d'eau dans les machines à feu en général. — Machines à air, à gaz, à vapeurs combinées; appréciation de ces tentatives.

32° LEÇON. — Résumé des notions sur la constitution des corps solides. — Résistance à l'extension et à la compression. — Coefficient ou module d'élasticité.

33° LEÇON. — Résistance à la flexion des corps prismatiques. — Application à quelques exemples.

34° LEÇON. — Suite de la leçon précédente.

35° LEÇON. — Des solides d'égale résistance à la flexion. — Flexion due à des forces dirigées d'une manière quelconque dans le plan de la flexion.

36° LEÇON. — Résistance à la torsion.

37° LEÇON. — Application des notions sur la résistance des matériaux à divers exemples. — Phénomènes de la mise en charge des pièces.

38° LEÇON. — Influence de l'inertie sur la fatigue des pièces dans les machines en mouvement; exemples divers de cette inertie.

39° LEÇON. — Données numériques pour l'application des formules de la théorie au calcul des pièces des machines. — Ce qu'on entend en général par coefficient de sécurité.

40° LEÇON. — Calcul numérique des principales pièces d'un système formé d'une machine à vapeur à balancier avec son générateur.

41° LEÇON. — Suite du calcul précédent. — Calcul d'une roue d'engrenages, dents, jante et bras.

42° LEÇON. — Détails divers de construction. — Arbres

avec leurs tourillons et paliers. — Moyens de graissage. — Embrassures, couronnes ou jantes, etc.

43° LEÇON. — Application à la construction des roues hydrauliques de divers systèmes, roues en bois, roues en métal, roues de construction mixte.

44° LEÇON. — Suite et fin de la construction des roues hydrauliques. — Grandes roues d'engrenage, volants, etc.

45° LEÇON. — Détails de construction concernant les balanciers des machines à vapeur et leurs accessoires; garnitures étanches, boîtes à étoupes, pistons, tuyaux de conduite pour l'eau, les gaz, la vapeur, etc.

46° LEÇON. — Résumé des conditions générales auxquelles doit satisfaire une machine industrielle donnée pour pouvoir être regardée comme bien établie.

47° Application à quelques exemples, tels que soufflerie de haut fourneau, laminoirs etc. etc.

## COURS DE MÉTALLURGIE.

Première année.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Objet et division du cours.

## I. — Partie générale.

1<sup>o</sup> *Procédés métallurgiques.* — V<sup>o</sup>ie sèche. — Voie humide — Procédés électro-chimiques. — Calcination. — Distillation. — Sublimation. — Grillage. — Rôtissage. — Réduction. — Recuit. — Cuisson. — Liquefaction. — Fusion. — Fonte crue. — Fusion réductrice. — Fusion oxydante. — Affinage. — Cémentation. — Cristallisation. — Dissolution. — Chloruration. — Amalgamation. — Précipitation électro-chimique.

2<sup>o</sup> LEÇON. — 2<sup>o</sup> *Fourneaux.* — Disposition générale des fourneaux. — Massif extérieur. — Massif intérieur. — Matériaux dont se composent les deux massifs.

Matériaux réfractaires, naturels et artificiels. — Quartz. — Argiles. — Grès. — Briques. — Pisé réfractaire. — Brasque, etc.

3<sup>o</sup> LEÇON. — Principes et classification des fourneaux.

A. Fourns sans chauffes distinctes. — Type four à *cure*.

B. Fourns à chauffes distinctes. — Type four à réverbère.

Les fourneaux A se divisent en :

Fourns alimentés par aspiration. — Type Fourns à *chaux*.

Fourns alimentés par insufflation. Types  $\left. \begin{array}{l} \text{Bas foyers.} \\ \text{Hauts fourneaux.} \end{array} \right\}$

Les fourneaux B se divisent en :

Fourns sans vases clos. Type. *Réverbères proprement dits*.

Fourns à vases clos. Type. Fourns à *galères*.

4<sup>o</sup> LEÇON. — *Éléments qui modifient la température des fourneaux.* — Éléments des fourns à chauffes distinctes. — Chauffes. — Laboratoire. — Cheminées. — Théorie du tirage. — Détails sur les réverbères proprement dits.

Fourns à galères.

Fourns à alandiers.

Détails sur les fourns à vases clos : Fourns à mouffes, creusets etc.

Fourns à vent.

Construction des fourneaux. — Armatures, etc.

5<sup>o</sup> LEÇON. — Fabrication des briques réfractaires.

6<sup>o</sup> LEÇON. — 5<sup>o</sup> *Combustibles.* — A. *Généralités sur les combustibles.* — Combustibles naturels. — préparés. — Propriétés générales des combustibles. — Combustibilité. — Étendue de la flamme. — Cendres. — Pouvoir calorifique. — Températures de combustion.

7<sup>o</sup> LEÇON. — B. *Emploi des combustibles.* — Théorie de la combustion. — Combustion des gaz et des liquides. — Régénérateur *Siemens*.

8<sup>o</sup> LEÇON. — 1<sup>o</sup> Combustion des solides sur grilles. — Diverses sortes de grilles. — Combustion à courant d'air naturel, à courant d'air forcé, à courant d'air chaud (four *Boëtius*, etc.). — Activité du tirage. — Mode de chargement. — 2<sup>o</sup> Combustion des solides dans un four à *cure*. — Pression et température du vent.

9<sup>o</sup> LEÇON. — C. *Étude des diverses sortes de combustibles.*

I. Combustibles naturels : — Bois. — Tourbes. — Bois fossile.

10<sup>o</sup> LEÇON. — Lignites terreux; lignites proprement dits; lignites gras. — Houilles proprement dites : cinq classes, savoir : houilles sèches; houilles grasses à longue flamme; houilles marécales; houilles grasses à courte flamme; houilles maigres. — Anthracites.

11° LEÇON. — II. *Combustibles préparés ou artificiels.*

a. Préparation par *procédés mécaniques.* — Préparation du bois. — Broyage, lavage, compression de la tourbe. — Lavage de la houille et des lignites. — Agglomération de la houille et des lignites. — Choix des houilles pour l'agglomération. — Choix et étude des ciments pour les agglomérés. — Préparation de la pâte.

12° LEÇON. — Appareils de compression : quatre types.

b. Préparation par *procédés physico-chimiques.* — Séchage du bois et de la tourbe. — Torrification du bois. — Gazéification des combustibles : *partielle*, par distillation; *totale*, par oxydation incomplète. — Diverses sortes de générateurs à gaz. — Générateur Archereau pour oxyde de carbone pur.

13° LEÇON. — Carbonisation des combustibles. — But. — Deux méthodes : *en vases clos, au contact de l'air.* — Carbonisation du bois : *partielle (charbon roux)*; *totale (charbon proprement dit).*

14° LEÇON. — Carbonisation de la tourbe : en meules, en fours. — Carbonisation de la houille en meules.

15° et 16° LEÇONS. — Carbonisation de la houille en fours. Fours avec admission d'air. — Fours de carbonisation sans admission d'air. — Trois sortes de fours sans admission d'air, selon que le prisme de houille à carboniser est placé à *plat*, de *champ*, ou *debout*. — Exemples : four *Knab*, fours *Belges*, four *Appolt*. — Produits de la carbonisation : goudron, gaz, noir de fumée, coke ordinaire, coke de cornues.

17° LEÇON. — 4° *Machines soufflantes.* — Machines soufflantes proprement dites. — Machines à piston. — Machines soufflantes à garniture hydraulique. — Trompes. — Ventilateurs, etc. — Porte-vent. — Régulateurs. — Buses. — Tuyères. — Ventimètres.

18° LEÇON. — Appareils pour chauffer le vent. — Appareils à tuyaux. — Appareil Siemens.

## III. — Fer.

19° LEÇON. — Propriétés du fer, de l'acier, de la fonte. — Influence des corps étrangers sur les propriétés du fer.

20° LEÇON. — *Minerais de fer.* — Classification et propriétés générales. — Examen des minerais au point de vue métallurgique.

21° LEÇON. — Préparation des minerais de fer. — Casage. — Débourage. — Exposition à l'air. — Calcination. — Grillage.

22° LEÇON. — Réduction des minerais de fer. — Produits de la réduction. — *Fer brut*, ou *fonte*. — Nécessité de deux opérations pour obtenir du *fer pur* :

1° *Réduction et fusion des minerais*; 2° *Affinage du fer brut*.

A. Réduction avec fusion du fer brut — *Haut fourneau.*

B. Réduction sans fusion du fer brut — *Forge catalane.*

A. *Réduction et fusion au haut fourneau.* — Forme générale des hauts fourneaux. — Conditions à remplir. — Théorie générale.

25° LEÇON. — Calcul des dimensions et du profil des hauts fourneaux. — Influence des principales dimensions sur la marche des hauts fourneaux.

24° LEÇON. — Construction des hauts fourneaux et de ses accessoires. — Calcul du lit de fusion. — Séchage et mise en feu du haut fourneau.

25° LEÇON. — Première coulée. — Marche et allure des hauts fourneaux. — Allure ordinaire (*chaude, intermédiaire ou froide*). — Allure exceptionnelle (*sèche ou crue*). —

Éléments qui font varier l'allure des hauts fourneaux. — Moyens auxquels on a recours pour passer d'une allure à une autre.

26<sup>e</sup> LEÇON. — Produits des hauts fourneaux. — Fontes. — Laitiers. — Gaz. — Produits correspondants aux diverses allures. — Accidents des hauts fourneaux. — Remèdes à employer. — Réparations partielles. — Mise-hors. — Reconstruction intégrale du massif intérieur.

27<sup>e</sup> et 28<sup>e</sup> LEÇON. — Détails sur le travail des ouvriers, etc. — Résultats d'une campagne. — Influence de certaines dispositions spéciales, telles que : mode de chargement; — prise des gaz; — tuyères multiples; — formes exceptionnelles des hauts fourneaux; — hauts fourneaux à poitrine fermée; — air chaud; — air humide, etc. — Minerais calcinés ou crus; — combustibles naturels ou carbonisés; — anthracite; — castine calcinée ou crue; — additions de spath-fluor; — minerais titanés, etc. — Scories de forge. — Influence de certaines substances étrangères sur la nature des produits, telles que phosphore, — soufre, — zinc, — plomb, etc. — Vapeur d'eau, etc.

29<sup>e</sup> LEÇON. — Balance des matières et distribution de la chaleur dans les hauts fourneaux. — Nature et emploi des produits principaux et accessoires. — États de roulement. — Prix de revient des fontes. — Situation des usines.

30<sup>e</sup> et 31<sup>e</sup> LEÇON. — *Moulage de la fonte.* — Conditions que doit remplir une fonte de moulage. — Fonte de première et de deuxième fusion. — Modes de coulage des fontes de première fusion. — Réfontes des fontes de première fusion. — a. *Au creuset*; — b. *Au cubilot*; — c. *Au réverbère.*

Disposition des fonderies de deuxième fusion.

32<sup>e</sup> et 33<sup>e</sup> LEÇON. — Préparation des moules. — Modèles.

Moules en sable vert, en sable séché, en sable recuit ou étuvé, en terre, en coquille. — Moulage des objets d'art. — Moulage au gabari. — Achèvement des pièces coulées. — Ébarbage. — Enduits gras. — Étamage. — Zingage. — Émailage. — Adoucissage. — Soudage de la fonte, etc. — Prix de revient de la fonte moulée.

34<sup>e</sup> LEÇON. — 2<sup>e</sup> *Affinage du fer brut pour fer ou acier.* — Trois méthodes.

a. Affinage de la fonte solide (*fonte malléable*).

b. Affinage de la fonte fluide, ou pâteuse, avec produits ferreux, solides, en forme de loupes (*méthode ordinaire*).

c. Affinage de la fonte fluide, avec produits ferreux fondus, coulés en lingots (procédés *Bessemer*, *Martin*, etc.).

NOTA. — La description de cette dernière méthode (c.) est renvoyée aux leçons qui traitent spécialement de l'acier.

*Théorie générale de l'affinage.* — Choix des fontes. — Opérations préparatoires. — Blanchiment de la fonte par refroidissement brusque, ou par mazéage et finage.

Fabrication de la *fonte raffinée*.

a. Préparation de la *fonte malléable*, proprement dite et acièreuse.

35<sup>e</sup> et 36<sup>e</sup> LEÇON. — b. Méthodes d'affinage ordinaires pour fer doux.

1<sup>o</sup> *Au bas foyer, d'après la méthode allemande ou comtoise.*

Foyers anciens. — Foyers modifiés. — Cinglage et étirage. — Quelques mots sur les méthodes Styrienne. — Wallonne. — Nivernaise. — Carinthienne, etc. — Prix de revient du fer forgé.

37<sup>e</sup> et 38<sup>e</sup> LEÇON. — 2<sup>e</sup> *Au réverbère, d'après la méthode Anglaise.* — Affinage proprement dit, ou *puddlage*. — Puddlage chaud ou gras. — Puddlage sec ou en sable. — Puddlage mécanique.

Cinglage des loupes, au marteau, à la presse, aux cylindres, etc.

39° et 40° LEÇON. — Corroyage des barres puddlées, échauffage et étirage du fer corroyé.

Détails sur les cylindres laminés.

Composition et disposition générales des forges anglaises.

Classement et nature des produits marchands.

Prix de revient des fers laminés.

Comparaison des méthodes allemande et anglaise.

41° LEÇON. B. — *Réduction des minerais sans fusion du fer brut.* — Affinage immédiat. — Méthodes Catalane. — Chenot, Renton, etc.

Vices de ces méthodes.

Tentatives diverses pour l'amélioration des fers doux.

42° et 43° LEÇON. — Affinage spécial pour *acier*.

Les fontes pures seules donnent de l'acier supérieur.

a. Fonte malléable aciéreuse.

b. *Acier de forge*, *acier puddlé*.

Modifications que l'on fait subir aux méthodes d'affinage allemande ou anglaise, lorsqu'on veut produire de l'acier et non du fer doux.

c. Affinage direct pour acier ou fer fondu, dit *fer homogène*, en lingots.

Procédés Bessemer. — Martin. — Uchatius. — Bérard, etc.

Épuration des fontes ordinaires; procédé Heaton.

44° LEÇON. — Préparation de l'acier par voie de cémentation. — Corroyage et fusion de l'acier cémenté.

Cémentation et fusion immédiates au creuset. — Corroyage et étirage de l'acier. — Trempe et recuit.

45° et 46° LEÇON. — Élaboration du fer et de l'acier. — Rails. — Fers à planchers ou à double T. — Fers spéciaux divers. — Bandages. — Laminoir universel. — Laminage cir-

culaire. — Fabrication des plaques de blindage et des grosses pièces de fer. — Fabrication de la tôle, du fer-blanc, du fil de fer, du fer fendu, etc.

---

Deuxième année.

1° 2° et 3° LEÇON. — Récapitulation de la partie générale du cours de première année. — En particulier, revue rapide des procédés métallurgiques, des combustibles et des fourneaux.

I. — Cuivre.

4° LEÇON. — Propriétés du cuivre et de ses composés. — Influence des corps étrangers sur la qualité du cuivre. — Minerais de cuivre. — Production et pays producteurs du cuivre. — Teneur, degré d'enrichissement et mode d'achat des minerais de cuivre.

5° LEÇON. — Méthode générale de traitement des minerais de cuivre *par voie sèche*. — A. Minerais sulfurés purs. — B. Minerais sulfurés impurs. — C. Minerais oxydés.

On réalise le traitement de trois façons différentes : par la méthode *suédoise* ou *allemande*, par la *méthode anglaise*, par la *méthode mixte*.

1. *Méthode suédoise*. — A. Minerais sulfurés purs.

a. *Grillage* des minerais, en tas, en fours.

6° LEÇON. — b. *Fontes pour mattes*. — Principes généraux de l'opération. — Fours. — Lits de fusion. — Réactions chimiques. — Produits, etc.

7° et 8° LEÇON. — Exemples divers. — Atvida. — Falhun, etc.

c. *Grillage des premières mattes.*—En stalles ordinaires, ou en stalles Wellner, etc.

d. *Fonte pour cuivre brut (noir).*—Exemples.

e. *Affinage de cuivre brut au bas foyer.*

f. *Raffinage du cuivre rosette au petit foyer.*

9° LEÇON. — Résumé général du traitement. — Produits. — Consommations. — Pertes. — Prix de revient. — Disposition générale des usines à cuivre.

10° LEÇON. — I. *Méthode suédoise.* — B. Minerais sulfurés impurs.

On intercale, entre la fonte pour premières mattes et la fonte pour cuivre brut, une série de grillages partiels et de fontes de concentration; de plus, l'affinage définitif au bas foyer est précédé d'un affinage préparatoire, au réverbère, dit *départ (spleissen)*. — Exemples: usines du *Hartz* et traitement des schistes cuivreux du *Mansfeld*.

11° LEÇON. — I. *Méthode suédoise.* — C. Minerais oxydés.

1° Minerais oxydés *pauvres*, (a) avec pyrites de fer ou de cuivre.

Exemples: *Szaska*. — *Nichné-Taguilsk* dans l'Oural. — Emploi du four Raschette.

Minerais oxydés *pauvres*, (b) sans pyrites ni matières sulfatées.

Traitement suivi à *Perm.* — Affinage préparatoire du cuivre brut ferreux et traitement de la fonte cuivreuse.

2° Minerais oxydés *riches.* — Exemple de *Chessy*.

12° LEÇON. II. *Méthode anglaise.* — Pour minerais sulfurés, ou un mélange de minerais sulfurés et oxydés.

Principes généraux du traitement. — Méthodes plus ou moins simples ou complexes, selon la nature des minerais et la nature du cuivre à produire.

A. *Méthode ordinaire.*

a. Grillage des minerais sulfurés.

15° LEÇON. — b. Fontes pour matte brute (*coarse metal*).

c. Grillage de la matte brute.

d. Fonte pour matte concentrée ou matte *blanche (white metal)*.

On ajoute aux mattes grillées des minerais oxydés de même teneur.

14 LEÇON. — e. Fonte pour cuivre brut.

On ajoute à la matte blanche des minerais oxydés, ou natifs, de même teneur.

L'opération est double. *Rôtissage*, puis *fusion* pour cuivre brut.

Leproduit est un cuivre brut boursouflé (*blistered copper*).

f. Affinage et raffinage du cuivre brut.

On ajoute au cuivre brut les minerais natifs *extra-riches*.

L'opération est double

{	<i>Affinage</i> pour cuivre rosette.
{	<i>Raffinage</i> pour cuivre rouge ou marchand.

Résultats généraux de la méthode ordinaire.

15 LEÇON. — B. *Méthode modifiée (extra-process)*.

On modifie la méthode ordinaire, en intercalant des fontes de concentration, lorsqu'on veut obtenir, d'une part, du cuivre *supérieur*, avec des minerais *communs*; de l'autre, du cuivre *passable* avec des minerais *impurs*. — Ces modifications sont très-variées.

En général, on grille moins les mattes brutes. — On fond pour mattes bleues (*blue metal*), qui sont plus ferreuses que les mattes blanches; puis on les concentre une ou deux fois. — On obtient ainsi des mattes *extra riches*, dites *pimpel metal* ou *fine metal*, à 2 ou 3 p. 100 de fer; ou du *purple metal*, à moins de 1 p. 100 de fer; outre cela, il se dépose du cuivre impur (*bottoms*) qui retient les métaux étrangers. — Traitement des scories cuivreuses.

Exemples divers. — Disposition générale des usines anglaises.

16<sup>e</sup> LEÇON. — III. *Méthode mixte.* — Association des méthodes suédoise et anglaise. — Comparaison des deux méthodes.

Exemples de Kaaffjord. — Boston. — Bogolowsk, etc.

Utilisation de l'acide sulfureux, ou des vapeurs de soufre, provenant du traitement des minerais de cuivre.

17<sup>e</sup> LEÇON. — Traitement des minerais de cuivre par voie humide.

A. Sulfatation des minerais sulfurés par voie d'oxydation spontanée ou artificielle. — Rio-Tinto. — Agordo, etc.

B. Dissolution des minerais oxydés ou grillés : 1<sup>o</sup> par les acides ou liqueurs acides du commerce ; 2<sup>o</sup> par les acides préparés de toutes pièces au contact des minerais : Exemples, Chessy, Linz, Stern, Stadtberg, etc.

Précipitation du cuivre dissous, par le fer, la chaux ou l'hydrogène sulfuré. — Fusion et affinage du cuivre de cément.

## II. — Plomb.

18<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés du plomb et de ses composés. — Influence des corps étrangers.

Minerais de plomb. — Production et pays producteurs. — Degré d'enrichissement des minerais de plomb. — Achat des minerais. — Exposé général du traitement des minerais de plomb.

19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> LEÇON. — 1<sup>o</sup> *Méthode du bas foyer par oxydation partielle.*

2<sup>o</sup> *Méthode par grillage et réaction.*

a. Procédé Carinthien.

b. Procédé Breton.

21<sup>e</sup> LEÇON. — c. Procédés Anglais, Belges, Espagnols. — Comparaison des procédés précédents, soit entre eux, soit avec la méthode du bas foyer.

22<sup>e</sup> LEÇON. — 3<sup>o</sup> *Méthode par précipitation*, au four à réverbère et au four à cuve.

Vices de la méthode. — Nécessité de fours à cuve étroite et à parois refroidies, et du remplacement de la fonte par des matières ferrugineuses oxydées. — Emploi du four Raschette. — Exemples de Silésie et du Hartz. — Traitement des minerais plombo-cuivreux.

23<sup>e</sup> et 24<sup>e</sup> LEÇON. — 4<sup>o</sup> *Méthode par grillage et réduction*, avec ou sans fondants ferrugineux. — Exposé général de la méthode. — Influence des minerais pyriteux, blendeux, cuivreux, argentifères, etc.

Exemples divers. — La Pise. — Vialas. — Pontgibaud. — Stolberg. — Prizibram, etc.

25<sup>e</sup> LEÇON. — Examen comparatif des quatre méthodes. Affinage du plomb brut.

Désargenterie du plomb d'œuvre.

Exposé succinct des diverses méthodes : à savoir, la coupellation directe, et l'appauvrissement par *crystallisation* ou par *zingage*.

26<sup>e</sup> et 27<sup>e</sup> LEÇON. — *Coupellation.* — Coupellation allemande, coupellation anglaise. — Réduction des lithar-ges, etc.

28<sup>e</sup> LEÇON. — *Pattinsonage* ordinaire. — *Pattinsonage* mécanique. — Désargenterie par le zinc.

## III. — Argent.

29<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés de l'argent et de ses composés. — Minerais d'argent. — Production et pays producteurs. — Degré d'enrichissement des minerais.

Exposé général du traitement des minerais d'argent.

I. Traitement des minerais *plombo-argentifères*.

II. Traitement des minerais *cuivreux-argentifères*.

III. Traitement des minerais d'argent *plombo-civreux*.

30<sup>e</sup> et 31<sup>e</sup> LEÇON. — IV. Traitement des minerais d'argent *proprement dits*.

- A. *Pan fusion* —
- |   |   |
|---|---|
| } | 1 <sup>o</sup> Fonte pour <i>mattes</i> des minerais pauvres.                       |
|   | 2 <sup>o</sup> Fonte <i>plombeuse</i> des <i>mattes</i> et des minerais ordinaires. |

Exemple de *Freyberg*.

32<sup>e</sup> LEÇON. — Méthodes suivies, lorsque les minerais plombés sont rares ou manquent.

*Imbibition* en Hongrie, à *Kongsberg*, en Sibérie.

Traitement des minerais d'argent *extra riches*.

Exemples : — *Freyberg*. — *Kongsberg*. — *Allemont*. — *Joachimsthal*. — Désargentation du cuivre brut et des *mattes* de cuivre par fonte plombeuse. — Inconvénient de la méthode.

33<sup>e</sup> et 34<sup>e</sup> LEÇON. — B. Traitement des minerais d'argent par *amalgamation*.

1<sup>o</sup> *Amalgamation saxonne* des minerais, des *mattes*, des *speiss*, du cuivre brut, etc.

35<sup>e</sup> et 36<sup>e</sup> LEÇON. — 2<sup>o</sup> *Amalgamation américaine*, au *patio*, au *cazo*, etc.

3<sup>o</sup> *Amalgamation mixte de Huelgoat*.

C. Traitement des minerais et *mattes* d'argent par voie *humide*.

Traitement des minerais *riches* à *Joachimsthal*.

Traitement des *mattes argentifères*, et du cuivre brut *argentifère* :

1<sup>o</sup> En chlorurant ou sulfatisant l'argent.

2<sup>o</sup> En dissolvant le cuivre et laissant l'argent dans les résidus.

Exemples : *Freyberg*, *Hartz*, etc. — *Raffinage de l'argent*

## IV. — Or.

37<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés de l'or. — Minerais d'or. — Production, pays producteurs. — Teneur des minerais.

*Méthodes de traitement.*

1<sup>o</sup> *Lavage*.

2<sup>o</sup> *Amalgamation*. — Procédés tyrolien, italien, etc.

3<sup>o</sup> *Fusion* (Hongrie).

4<sup>o</sup> *Par voie humide* (chloruration), — Exemple de *Reichenstein*.

## V. — Platine.

38<sup>e</sup> LEÇON. — Minerais de platine.

Traitement par lavage et voie humide. — Méthodes par fusion d'après M. H. *Sainte-Claire Deville*.

## VI. — Mercure.

39<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés du mercure. — Minerais de mercure. — Teneur des minerais lavés. — Traitement du minerai *natif* par lavage. — Traitement du minerai *sulfuré*.

a. Par *précipitation*.

b. Par *grillage*.

## VII. — Étain.

40<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés de l'étain. — Minerais d'étain. Préparation, grillage et enrichissement des minerais. Réduction du minerai.

a. Au four à cuve.

b. Au réverbère.

Raffinage de l'étain. — Réduction du minerai de tungstène dit *Wolfram*.

## VIII. — Antimoine.

41<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés de l'antimoine. — Minerais d'antimoine. — Préparation des minerais.

Traitement des minerais d'antimoine.

- |                              |   |                   |
|------------------------------|---|-------------------|
| a. Par grillage et réduction | } | au creuset.       |
| b. Par précipitation         |   | au réverbère.     |
|                              |   | au four à manche. |

Raffinage de l'antimoine.

Traitement des sulfures doubles, plombeux ou ferrugineux.

## IX. — Bismuth.

Propriétés du bismuth.

Traitement du minerai natif par liquation. — Traitement du bismuth oxydé à Joachimsthal et à Freyberg.

## X. — Cobalt et nickel.

42<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés du cobalt et du nickel. — Minerais et speiss. — Fonte crue des minerais, pour mattes du speiss. — Affinage des speiss et des mattes, pour l'élimination du fer, ou du fer et du cuivre.

Traitement des speiss raffinés, pour oxyde de cobalt, ou verre de cobalt. — Traitement des speiss de nickel, pour nickel, ou alliage de cuivre et de nickel.

a. Par voie sèche.

b. Par voie humide et voie sèche combinées.

## XI. — Zinc.

43<sup>e</sup> à 45<sup>e</sup> LEÇON. — Propriétés du zinc. — Minerais de zinc. Teneur et achat des minerais.

Traitement des minerais.

a. Grillage ou calcination.

b. Réduction des minerais grillés ou calcinés.

1<sup>o</sup> Méthode silésienne.

2<sup>o</sup> Méthode belge ou liégeoise.

3<sup>o</sup> Méthode anglaise.

Comparaison des méthodes. — Essais de réduction au four à cuve. — Affinage du zinc brut. — Laminage du zinc.

## XII. — Cadmium.

Minerais de zinc cadmifères. — Traitement des zincs cadmifères.

## COURS DE DOCIMASIE.

## Première année.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Docimasia. — Sa définition. — Son but. — Analyses. — Essais. — Prise d'essai.

## Métalloïdes.

*Oxygène.* — Sa préparation : par le chlorate de potasse ; par chlore et potasse ; par le peroxyde de manganèse. — Son emploi dans l'analyse des fontes ; Appareil.

*Hydrogène.* — Sa préparation. Disposition de l'appareil. Opération. — Son emploi comme réducteur. — Considérations sur les précautions à prendre pour le dessécher et pour le purifier.

*Eau.* — Son emploi comme dissolvant et comme réactif. — Moyens d'obtenir l'eau pure. — Emploi de la vapeur d'eau comme réactif oxydant ou désulfurant. — Eau considérée comme matière à éliminer. — Dessiccation des gaz, des filtres, des précipités.

2<sup>e</sup> LEÇON. — Dosage de l'eau : Eau hygrométrique ; Eau de combinaison. — dans les acides, — dans les bases, dans les sels.

Dosage de l'hydrogène dans les matières organiques. — Disposition de l'appareil. Opération. — Dans les combustibles minéraux.

*Carbone.* — Affinités et combinaisons du carbone. — Combinaisons du carbone avec l'oxygène. — Acide oxalique : Ses caractères. Caractères des oxalates. Dosages

de l'acide oxalique : 1<sup>o</sup> par précipitation par chlorure de calcium ; 2<sup>o</sup> par réduction du chlorure d'or ; 3<sup>o</sup> par peroxyde de manganèse et acide sulfurique. — Acide carbonique. Caractères de cet acide et des carbonates. Son dosage : 1<sup>o</sup> par calcination ; 2<sup>o</sup> par acide sulfurique étendu ou par formation de carbonate de baryte.

5<sup>e</sup> LEÇON. — Examen des combustibles : — Bois. — Charbon de bois. — Tourbe. — Charbon de tourbe. — Houilles. — Lignites. — Coke. — Anthracite. — Graphite. — Schistes bitumineux.

4<sup>e</sup> LEÇON. — *Azote.* — Généralités. — Combinaisons avec l'oxygène. — Acide azotique. Sa purification. Caractères de l'acide azotique et des azotates. Caractères distinctifs de l'acide azotique. — Moyens de le reconnaître par le sulfate de fer ; par l'acide chlorhydrique en présence de l'or ; par le cuivre et l'acide sulfurique. — Dosage de l'acide azotique : 1<sup>er</sup> cas. — Acide azotique seul : Dosage par litharge ; par liqueur alcaline titrée.

2<sup>e</sup> cas. — En présence de sels neutres formés des acides chlorhydrique, sulfurique et de bases fortes. Évaluation de l'acide azotique par formation de sels neutres.

3<sup>e</sup> cas. — En présence de liqueurs acides ; Dosage de l'acide azotique à l'aide du protochlorure de fer et du permanganate de potasse.

4<sup>e</sup> cas. — Évaluation de l'acide azotique contenu en proportion très-faible dans les terres salpêtrées, les engrais, les plantes. 1<sup>er</sup> procédé : Emploi de l'hydrogène. 2<sup>e</sup> procédé : Emploi de l'hydrogène sulfuré.

*Acide azoteux.* — Caractères des azotites. — Dosage de l'acide azoteux.

5<sup>e</sup> LEÇON. — *Combinaison de l'azote avec l'hydrogène.* — Ammoniaque. Son emploi comme réactif. Caractères auxquels on reconnaît l'ammoniaque combinée. — Dosage de

l'ammoniaque. 1<sup>er</sup> cas. — Dans un mélange de sels ammoniacaux et de sels minéraux. 2<sup>e</sup> cas. — Évaluation de l'ammoniaque dans les eaux douces ou minérales. 3<sup>e</sup> cas. — Détermination de l'ammoniaque en présence des matières azotées.

*Combinaison de l'azote avec le carbone.* — Cyanogène. Caractères des cyanures simples. — Dosage du cyanogène. — Dosage de l'azote dans les matières organiques.

6<sup>e</sup> LEÇON. — *Soufre.* — Soufre libre. — Terres sulfureuses. — Dosage du soufre libre ou mélangé de matières terreuses.

Pyrites de fer : 1<sup>er</sup> cas. — Pyrites et gangue de quartz. 2<sup>e</sup> cas. — Pyrites et gangues calcaires.

Soufre raffiné. Recherche du fer, de l'antimoine, de l'arsenic.

*Sulfures métalliques.* — Dosage du soufre dans ces sulfures par l'eau régale. — Sulfures métalliques facilement attaquables par l'acide chlorhydrique. Emploi de la potasse et du chlore. Emploi du nitre et de la potasse par voie sèche. — Dosage du soufre dans les matières organiques, — dans les combustibles minéraux.

7<sup>e</sup> LEÇON. — *Combinaisons du soufre avec l'oxygène.*

*Acide hyposulfureux.* Hyposulfites. — Caractère distinctif. — Dosage de l'acide hyposulfureux. — Hyposulfites et sulfures alcalins.

*Acide sulfureux.* Caractères des sulfites. — Dosage de l'acide sulfureux. — Acides sulfureux et hyposulfureux.

*Acide hyposulfurique.* Caractères principaux. — Caractère distinctif. — Dosage de l'acide hyposulfurique.

*Acide sulfurique.* Sa purification. — Caractères des sulfates. — Sulfates neutres. — Sous-sulfates et sulfates

acides. — Caractère distinctif de l'acide sulfurique. — Dosage de l'acide sulfurique. — Acide sulfurique libre. — Sulfates en dissolution. — Sulfates insolubles. — Sulfates et sulfures. — Hyposulfites, Sulfites, Sulfates alcalins. — Sulfites, Hyposulfates, Sulfates.

*Combinaisons du soufre avec l'hydrogène.* — Hydrogène sulfuré, ses divers modes de préparation. — Son emploi. — Ses réactions. — Ses réactions en présence d'eau régale ou d'acide azotique, d'acide chlorhydrique, d'acide acétique, de liqueurs neutres.

*Sulphhydrate d'ammoniaque.* — Sa préparation. — Son emploi. — Dosage de l'hydrogène sulfuré. — Recherche de l'arsenic, de l'antimoine, du phosphore dans le sulfhydrate.

8<sup>e</sup> LEÇON. — *Sélénium.* — Acide sélénieux. — Acide séléinique. — Sélénites. — Séléniates. — Procédés de dosage. — Sélénium et soufre.

*Tellure.* — Acide tellureux. — Acide tellurique. — Tellurates. — Procédés de dosage et de séparation.

9<sup>e</sup> LEÇON. — *Arsenic.* — Caractères. — Combinaisons de l'arsenic avec l'oxygène. Acide arsénieux. Caractères des arsenites. Acide arsénique. Caractères des arsénates. — Acide arsénieux et acide arsenique.

Dosage de l'arsenic. — 1<sup>re</sup> méthode. — Minerais ne contenant pas de nickel et dont les gangues ne laissent pas dissoudre par les acides des terres alcalines et des terres. — Minerais contenant du nickel. — Minerais à gangue de carbonates alcalins terreux.

2<sup>e</sup> méthode. — Minerais contenant des silicates d'alumine attaquables par les acides.

3<sup>e</sup> méthode. — Appareil de Marsh. — Opération.

4<sup>e</sup> méthode. — Arsenic reçu sur lame de cuivre chauffée.

Acide arsénieux et Acide arsenique; Emploi du permanganate. — Arsenic, Soufre, Sélénium, Tellure. — Arsenic et matières organiques. — Minéraux de l'arsenic.

10° LEÇON. — *Phosphore*. — Généralités. — État naturel. Combinaisons du phosphore avec l'oxygène.

*Acide hypophosphoreux*. — Caractères des hypophosphites.

*Acide phosphoreux*. — Caractères des phosphites. — Acide hypophosphoreux et acide phosphoreux.

*Acide phosphorique*. — Caractères des phosphates. — Phosphates à un équivalent, — à deux équivalents, — à trois équivalents de base. — Réactions de ces différents phosphates. — Action des réductifs, des métaux, action des acides. — Caractères distinctifs des phosphates.

11° LEÇON. — *Dosage de l'acide phosphorique*.

*Acide phosphorique et eau*. — 1<sup>er</sup> procédé : litharge. — 2<sup>e</sup> procédé : peroxyde de fer. — 3<sup>e</sup> procédé : chlorure de calcium. — 4<sup>e</sup> procédé : sulfate de magnésie ammoniacal. — Influence des matières organiques.

*Acide phosphorique et alcalis*. — 1° Dosage à l'état de phosphate de bismuth. — 2° Dosage à l'aide du phosphate de plomb. — 3° Dosage à l'aide du molybdate d'ammoniaque. — 4° Dosage à l'état de phosphate de magnésie.

*Acide phosphorique et terres alcalines*. — 1° En présence de baryte ou strontiane. — 2° En présence de chaux et de magnésie. — 3° En présence de chaux, de magnésie et d'alumine. — Modification par la présence de l'oxyde de fer.

*Acide phosphorique et oxydes métalliques*. — Emploi du molybdate d'ammoniaque.

*Acide phosphorique et acide arsenique*.

*Détermination de l'acide phosphoreux et de l'acide hypophosphoreux*.

*Dosage du phosphore dans des matières organiques*. — Hydrogène phosphoré.

12° LEÇON. — *Fluor*. — Généralités — caractères des Fluorures. — Caractères distinctifs, — 1° en l'absence de la silice, — 2° en présence de la silice.

*Dosage du fluor*. — Acide fluorhydrique en dissolution. — 1° Emploi de la litharge. — 2° Saturation et emploi du chlorure de calcium. — Fluorures solubles. — Fluorures insolubles. — Spath fluor, avec quartz, barytine et gypse. — Fluorures et phosphates. — Eau et fluorures.

13° LEÇON. — *Chlore*. — Généralités. — Préparation. — Emploi du chlore par voie sèche. — Emploi du chlore par voie humide. — Chlore et liqueur chlorhydrique ou acétique. — Chlore et liqueurs alcalines. — Chlore en présence de carbonates alcalins. — Acide chlorhydrique. — Préparation de l'acide pur. — Emploi de l'acide chlorhydrique. — Chlorures métalliques. — Dosage du chlore — de l'acide chlorhydrique. — Chlorures solubles. — Chlorures insolubles. — Chlorures volatils. — Chlore et fluor. — Chlore et matières organiques.

14° LEÇON. — *Combinaisons du chlore avec l'oxygène*.

*Acide hypochloreux*. — Chlorométrie.

*Acide chlorique*. — Chlorates. — Caractères distinctifs. — Dosage de l'acide chlorique.

*Acide perchlorique*. — Perchlorates.

*Brome*. — Généralités. — Bromures métalliques. — Bromures insolubles. — Bromures solubles. — Caractères distinctifs. — Dosage du Brome. — 1° Bromures. — 2° Chlorures et bromures.

15° LEÇON. — *Iode*. — Généralités. — Acide iodhydrique. — Iodures métalliques. — Iodures insolubles ou peu so-

lubles. — Iodures solubles. — Caractères distinctifs des iodures. — Dosage de l'iode, 1<sup>o</sup> à l'état d'iodure d'argent; 2<sup>o</sup> à l'état d'iodure de palladium. — Chlorures et iodures. — Brome et iode. — Chlore, Brome et iode.

*Acide iodique.* — Iodates. — Caractères distinctifs. — Dosage.

16<sup>o</sup> LEÇON. — *Bore.* — Généralités. — Acide borique. — Borates. — Dosage de l'acide borique, libre, combiné. — Acide borique et acide sulfurique. — Acide borique, Acide phosphorique, Acide carbonique. — Borates et fluorures. — Borates et chlorures. — Fluorure de bore.

17<sup>o</sup> LEÇON. — *Silicium.* — Généralités. — Acide silicique. — États divers. — Silicates. — Simples. — Fusibilité. — Solubilité. — Action des acides, — des alcalis, — des carbonates alcalins, — des bi-sulfates alcalins, — du fluorure d'ammonium. — Silicates à plusieurs bases. — Fusibilité. — Action de l'eau, — des acides, — des alcalis, — des carbonates alcalins en solution, en fusion. — Action des carbonates de baryte, de chaux, de l'oxyde et du carbonate de plomb. — Caractères des silicates alcalins. — Action des acides, — des sels ammoniacaux, — des sels de chaux, — de magnésie, — des sels métalliques.

18<sup>o</sup> LEÇON. — *Dosage de l'acide silicique.* — *Silicates facilement attaquables par les acides.* — Acide employé. — Chlorhydrique. — Azotique. — Sulfurique.

*Silicates peu attaquables par les acides.* — Emploi des alcalis caustiques; — des carbonates alcalins; — du carbonate de baryte; — du carbonate de chaux; — de la chaux caustique; — du carbonate ou de l'oxyde de plomb; — du bisulfate d'ammoniaque; — du bisulfate de potasse; — du fluorure d'ammonium; — de l'acide fluorhydrique.

*Analyse des silicates.* — Silicates facilement attaquables

par les acides azotique et chlorhydrique. — Silicates difficilement attaquables par ces acides.

*Cas particuliers de l'analyse des silicates.* — Silicates contenant du chlore, — du fluor, — de l'acide phosphorique, — des phosphures, — de l'acide phosphorique et du fluor, — de l'acide sulfurique, — des sulfures, — de l'acide borique.

*Acide hydrofluosilicique.* — Hydrofluosilicates. — Caractères distinctifs.

#### MÉTALUX.

#### MÉTALUX ALCALINS.

19<sup>o</sup> LEÇON. — *Potassium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes.

*Combinaisons du potassium avec l'oxygène.* — Potasse. — Sels de potasse. — Caractères distinctifs. — Dosage de la potasse, — à l'état de sulfate neutre; — de chlorure de potassium; — de carbonate; — de chlorure double de potassium et de platine. — Acide phosphorique et potasse; liqueur azotique ou chlorhydrique. — Acide arsenique et potasse. — Acide borique et potasse.

20<sup>o</sup> LEÇON. — *Minéraux de la Potasse.* — *Produits d'art.* — *Réactifs.* — Potasse du commerce. — Alcalimétrie. — Analyse de la potasse du commerce. — Carbonate de potasse. — Potasse à la chaux. — Potasse pure. — Flux blanc. — Flux noir. — Azotate de potasse. — Essai du nitre. — Analyse du nitre. — Matériaux salpêtrés. — Poudre. — Son analyse. — Sulfate de potasse — Chlorate de potasse. — Sulfures de potassium.

21<sup>o</sup> LEÇON. — *Sodium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes.

*Combinaisons du sodium avec l'oxygène.* — Soude. — Sels de soude. — Leurs caractères généraux. — Caractères distinctifs. — Dosage de la soude. — Séparation de la potasse et de la soude, — en présence de l'acide chlorhydrique, — en présence de l'acide azotique.

*Minéraux de la soude.* — *Produits d'art.* — *Réactifs.* — Hydrate de soude. — Soude de varechs. — Carbonates de soude naturels. — Gay-Lussite, Analyse. — Carbonate de soude artificiel. — Carbonate de soude ordinaire. — Produits secondaires. — Sulfate de soude naturel. — Sulfate de soude artificiel. — Nitrate de soude, Analyse. — Borates de soude. — Usages industriels. — Analyse. — Examen des borates employés au laboratoire. — Chlorure de sodium. — Sel gemme. — Sel marin, etc. — Analyse du sel gemme. — Sulfures de sodium.

22<sup>e</sup> LEÇON. — *Lithium.* — Généralités.

*Combinaisons du Lithium avec l'oxygène.* — Lithine. — Sa préparation. — Caractères des sels de lithine. — Dosage de la lithine. — Potasse, soude et lithine.

*Minéraux contenant de la lithine.* — Pétalite. — Triphane. — Tourmaline apyre. — Mica-lépidolite. — Analyse du mica-lépidolite.

*Sels ammoniacaux.* — Carbonate. — Oxalate. — Chlorhydrate d'ammoniaque. — Essais de ces sels. — Phosphate d'ammoniaque. — Analyse.

#### MÉTAUX ALCALINS TERREUX.

23<sup>e</sup> LEÇON. — *Barium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes.

*Combinaisons du barium avec l'oxygène.* — Baryte. — Sels de baryte. — Leurs caractères principaux, — caractères distinctifs.

*Dosage de la baryte.* — Liqueur acide contenant seulement de la baryte, — de la baryte et divers oxydes.

*Minéraux de la baryte.* — *Produits d'art.* — *Réactifs.* — Carbonate de baryte cristallisé, — cristallin. — Son emploi dans les analyses. — Carbonate de baryte impur. — Carbonate de baryte artificiel. — Baryto-calcite. — Sulfate de baryte. — Préparation de l'acétate, de l'azotate et du carbonate de baryte et du chlorure de Barium. — Sulfure de barium. — Chlorure de barium. — Baryte caustique. — Eau de baryte. — Essai de ces réactifs.

24<sup>e</sup> LEÇON. — *Strontium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Strontiane. — Sels de strontiane. — Caractères principaux. — Caractères distinctifs. — Dosage de la strontiane, Dans une liqueur azotique ou chlorhydrique. — Baryte et strontiane; Évaluation par le calcul; Emploi du chromate neutre de potasse.

*Minéraux de la strontiane.* — Carbonate de strontiane, Analyse. — Sulfate de strontiane, Analyse.

*Calcium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Chaux. — Sels de chaux. — Réactions principales. — Caractères distinctifs. — Dosage de la chaux, dans liqueur acide contenant seulement des sels ammoniacaux; dans liqueurs contenant des sels alcalins; de l'acide phosphorique; de la chaux et de l'acide borique. — Chaux, baryte et strontiane. — Terres alcalines et alcalis. — Terres alcalines et acide phosphorique. — Alcalis, terres alcalines et acide phosphorique.

25<sup>e</sup> LEÇON. — *Minéraux.* — *Produits d'art.* — *Réactifs.* — Carbonate de chaux. — Son examen au laboratoire. — Analyse de la castine — d'un calcaire; à chaux grasse; à chaux maigre. — Matériaux de construction. — Carbonate de chaux employé comme réactif. — Spath calcaire. — Sulfate de chaux. — Cristallisé. — Pierre à plâtre. —

Emploi du sulfate de chaux au laboratoire. — Phosphate de chaux. — Analyse. — Arséniate et antimonié de chaux. — Fluorure de calcium. — Spath fluor; Analyse. — Chaux caustique. — Eau de chaux. — Chaux livrée aux fabricants ou aux usines. — Emploi de la chaux dans les analyses. — Azotate de chaux. — Chlorure de calcium. — Chlorure de chaux. — Sulfure de calcium.

26<sup>e</sup> LEÇON. — *Magnesium*. — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes.

*Magnésie*. — Sels de magnésie. — Réactions principales. — Caractères distinctifs. — Dosage de la magnésie, dans liqueur azotique, — dans liqueur azotique avec alcalis, dans liqueur sulfurique, chlorhydrique, — à l'état caustique, — à l'état de phosphate, ammoniaco-magnésien. — Magnésie et alcalis à doser. — Magnésie et lithine. — Magnésie, baryte et strontiane. — Magnésie et chaux. — Magnésie et acide phosphorique. — Magnésie et acide borique.

*Minéraux de la magnésie*. — Magnésie anhydre, Périclase. — Magnésie hydratée. — Carbonates de magnésie. — Carbonate neutre. — Hydrocarbonate. — Dolomie. — Analyse. — Hydrosilicate de magnésie. — Magnésite. — Analyse. — Borates de magnésie. — Phosphate de magnésie. — Sulfate de magnésie employé comme réactif.

#### MÉTAUX TERREUX.

27<sup>e</sup> LEÇON. — *Aluminium* — généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Alumine anhydre. — Hydratée. — Sels d'alumine. — Combinaisons de l'alumine avec les oxydes. — Sulfates doubles. — Réactions principales. — Réactions caractéristiques des sels d'alumine.

*Marche à suivre pour l'analyse qualitative d'une substance minérale.*

Dosage de l'alumine. — Acide azotique ou chlorhydrique et alumine. — Alumine et acide sulfurique. — Alumine et alcalis. — Alumine, Baryte, Strontiane. — Alumine et chaux; Liqueur azotique, Chlorhydrique. — Alumine et magnésie. — Alumine, terres alcalines, alcalis. — Alumine et acide phosphorique. — Alumine et acide arsénique. — Alumine, chaux, magnésie et alcalis.

28<sup>e</sup> LEÇON. — *Minéraux de l'alumine*. — *Produits d'art*. — Alumine anhydre, Corindon. — Analyse de l'émeri. Alumine hydratée, Gibbsite, Diaspore. — Analyse du diaspore. — Phosphates d'alumine, Wavellite. — Turquoise. — Analyse de la turquoise. — Cryolite. — Analyse.

29<sup>e</sup> LEÇON. Sulfates d'alumine. — Terres alunifères. — Schistes alumineux. — Alun ammoniacal. — Alun de potasse. — Analyses. — Silicates d'alumine. — Schistes argileux. — Argiles. — Kaolins. — Analyse. — Analyse des argiles. — Argiles pyriteuses.

30<sup>e</sup> LEÇON. — *Glucium*. — Glucyne. — Sels de Glucyne — Caractères généraux. — Caractères distinctifs. — Dosage de la glucyne. — Acide azotique ou chlorhydrique et glucyne. — Glucyne et alcalis. — Glucyne et terres alcalines. — Alumine et glucyne. — Acide phosphorique et glucyne.

*Minéraux de la Glucyne*. — Émeraude. — Analyse.

31<sup>e</sup> LEÇON. — *Zirconium*. — Zircon. — Sels de Zircon. — Caractères généraux. — Caractères distinctifs. — Dosage de la Zircon. — Zircon et alcalis. — Zircon et terres alcalines. — Zircon, alumine et glucyne.

*Minéraux de la Zircon*. — Zircon. — Analyse.

*Thorium*. — Thorine. — Sels de thorine. — Caractères généraux. — Caractères distinctifs. — Dosage de la tho-

rine. — Thorine et alcalis. — Thorine et terres alcalines. — Thorine, alumine et glucyne.

*Minéral de la thorine.* — Thôrite.

52° LEÇON. — *Yttrium.* — *Yttria.* — Sels d'yttria. — Caractères généraux. — Caractères distinctifs.

*Dosage de l'yttria :* — Yttria et acide azotique. — Yttria et acide sulfurique. — Yttria et acide phosphorique. — Yttria et terres alcalines. — Yttria alumine et glucyne. — Yttria et zircon. — Yttria et thorine.

*Minéral de l'yttria :* — Gadolinite. — Analyse.

#### APPLICATIONS.

33° LEÇON. — Analyse des gaz. — Considérations générales, difficultés de la prise d'essai.

*Air atmosphérique.* — Recherche de l'ammoniaque ; évaluation de l'eau et de l'acide carbonique. — Détermination de l'oxygène et de l'azote.

34° LEÇON. — *Air des mines.* — Détermination de l'acide carbonique, des hydrogènes carbonés, de l'oxygène et de l'azote. — Évaluation de l'hydrogène sulfuré.

*Gaz des hauts-fourneaux.* — Vapeur d'eau. — Analyse des gaz. — Appareil.

35° LEÇON. — *Examen des eaux douces.* — *Eaux servent aux usages domestiques.* — Analyse — matières en suspension. — Gaz dissous. — Acide azotique. — Phosphorique. — Ammoniaque.

*Eaux employées dans les chaudières à vapeur.* — Généralités. — Analyse des eaux. — Analyse des dépôts.

36° LEÇON. — *Eaux minérales.* — Gaz dégagés à la source. — Gaz dissous dans l'eau minérale.

*Examen de l'eau à la source.* — Oxygène et azote. — Hydrogène sulfuré. — Acide carbonique. — Recherche des gaz dans les eaux transportées. — Analyse de l'eau minérale. — Opérations préliminaires. — Analyse qualitative et quantitative. — Acide carbonique. — Sulfurique. — Chlorhydrique. — Brome et iode. — Acide azotique. — Ammoniac. — Matières organiques. — Arsenic. — Fluor. — Acide borique.

*Dosages des bases.*

Interprétation des résultats.

Dépôts des eaux minérales.

37. LEÇON. — *Considérations générales sur les matériaux employés dans les constructions.* — Constructions à l'air. — Mortiers faits avec des chaux grasses. — Constructions faites sous l'eau. — Mortiers de chaux hydrauliques. — Fabrication des mortiers. — Composition des chaux hydrauliques. — Chaux siliceuses. — Chaux naturelles. — Chaux artificielles. — Chaux hydrauliques alumineuses. — Calcaires argileux à peu près purs et homogènes. — Calcaires argileux peu homogènes. — Calcaires argileux et magnésiens. — Calcaires pyriteux. — Calcaires contenant du sulfate de chaux. — Chaux artificielles.

38° LEÇON. — *Réactions qui ont lieu pendant la prise des mortiers.* — Chaux siliceuses. — Chaux alumineuses. — Causes de décomposition. — Influence du sable. — Influence de l'eau de mer et des sels qui y sont contenus. — Influence du sulfate de chaux. — Action de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré.

*Mortiers de ciments.* — Ciments à prise rapide. — Réactions qui déterminent la prise. — Influence de la magnésie et du sulfate de chaux. — Causes de décomposition. — Ciments immergés. — Ciments à prise lente. — Prise des mortiers de ciments. — Bétons. — Causes de décomposition.

— Influence de la composition. — Mélanges de ciments divers.

39° LEÇON. — *Pouzzolanes*. — Fabrication et emploi des mortiers. — Réactions qui déterminent la prise. — Emploi des chaux hydrauliques dans les mortiers de pouzzolanes. — Oxydes contenus dans les pouzzolanes. — Causes de décomposition.

*Pouzzolanes artificielles*. — Argiles calcinées. — Terres à briques. — Laitiers de hauts fourneaux. — Scories. — Cendres de combustibles minéraux. — Silex et silice.

*Procédés d'analyse*. — Calcaires non bitumineux. — Calcaires bitumineux. — Chaux hydrauliques et ciments. — Chaux et ciments ayant fait prise. — Pouzzolanes. — Mortiers.

40° LEÇON. — *Examen des terres végétales*. — Composition des végétaux. — Analyse des cendres végétales. — Terres végétales. — Prise d'essai. — Examen analytique. — Analyse rapide.

Eaux d'irrigation et de drainage.

41° LEÇON. — *Amendements et engrais*. — Marnes. — Sulfate de chaux. — Phosphate de chaux. — Cendres des combustibles. — Tangues. — Engrais.

Deuxième année.

Métaux proprement dits.

1<sup>re</sup> LEÇON. — *Chrome*. — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes.

*Combinaisons du chrome avec l'oxygène*. — Oxyde vert de chrome. — Sels de chrome. — Caractères principaux. — Acide chromique. — Chromates. — Dosage du chrome. — Oxyde de chrome et acide chlorhydrique. — Oxyde de chrome ou acide chromique et alcalis. — Dosage de l'acide chromique. — Analyse d'un chromate neutre. — Chromates acides. — Oxyde de chrome et terres alcalines. — Oxyde de chrome et alumine.

*Minéraux du chrome*. — Oxyde de chrome anhydre, hydraté. — Fer chromé. — Analyse.

2° LEÇON. — *Vanadium*. — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du vanadium avec l'oxygène. — Bioxyde de vanadium. — Sels de vanadium. — Acide vanadique. — Caractères des vanadates. — Vanadites. — Sulfovanadites. — Dosage du vanadium. — Vanadates alcalins. — Sulfovanates. — Vanadate d'ammoniaque.

*Minéraux et produits d'art*. — Minerai de fer renfermant du vanadium. — Chlorophosphate de plomb vanadiaté.

3° LEÇON. — *Molybdène*. — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes.

*Combinaisons du molybdène avec l'oxygène*. — Protoxyde de molybdène. — Sels de protoxyde de molybdène. — Bioxyde de molybdène. — Caractères des sels de bioxyde de molybdène. — Acide molybdique. — Dissolutions de l'acide molybdique dans les acides. — Molybdates. — Dosage du molybdène. — Sulfomolybdates. — Molybdates alcalins. — Acide molybdique et terres alcalines. — Acide molybdique et vanadique.

*Minéraux du molybdène*. — Sulfure de molybdène — Analyse — Molybdate de plomb. — Analyse.

4° LEÇON. — *Tungstène*. — Généralités. — Combinaisons

avec les métalloïdes. — Combinaisons du tungstène avec l'oxygène. — Bioxyde de tungstène. — Acide tungstique. — Caractères des tungstates. — Dosage du tungstène. — Tungstates alcalins. — Acide tungstique et terres alcalines. — Acide tungstique et acide chromique. — Acide tungstique et acide vanadique. — Acide tungstique et acide silicique. — Tungstène et fluor.

*Minéraux du Tungstène.* — *Produits d'art.* — Tungstate de chaux. — Tungstate de plomb. — Wolfram. — Analyse. — Acier contenant du tungstène.

5<sup>e</sup> LEÇON. — *Tantale.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du tantale avec l'oxygène. — Oxyde de tantale. — Acide tantalique. — Tantalates. — Dosage du tantale.

*Minéraux du tantale.* — Tantalites. — Columbites. — Yttrio-tantalites. — Fergusonite.

*Titane.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du titane avec l'oxygène. — Oxydes inférieurs. — Acide titanique. — Combinaisons salines formées par l'acide titanique. — Dissolutions acides. — Titanate. — Dosage du Titane. — Acide titanique et alcalis. — Acide titanique et silice. — Acide titanique et terres alcalines. — Acide titanique et alumine.

*Minéraux du titane.* — Anatase. — Rutile. — Analyse. — Fers titanés. — Analyse. — Titanates complexes.

6<sup>e</sup> LEÇON. — *Uranium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons de l'urane avec l'oxygène. — Protoxyde d'urane. — Sels de protoxyde d'urane. — Caractères principaux. — Sexquioxyde d'urane. — Sels de sesquioxyde d'urane. — Uranates. — Dosage de l'urane. — Oxyde d'urane. — Oxyde d'urane et acide phosphorique. — Oxyde d'urane et acide arsénique. — Oxyde d'urane et alcalis. — Oxyde d'urane et alumine.

*Minéraux de l'urane.* — Phosphates d'urane. — Uranite. — Chalcolite. — Pechblende. — Analyse. — Sesquioxyde hydraté. — Sulfate. — Carbonate.

7<sup>e</sup> LEÇON. — *Cérium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du cérium avec l'oxygène. — Protoxyde de cérium. — Sels de protoxyde de cérium. — Caractères généraux. — Sesquioxyde de cérium. — Lantane et didyme. — Dosage du cérium. — Liqueur azotique, Chlorhydrique. — Oxyde de cérium et acide phosphorique. — Oxyde de cérium et alcalis. — Oxyde de cérium et terres alcalines. — Oxyde de cérium, alumine et glucyne. — Alumine et glucyne. — Oxyde de cérium et yttria.

*Minéraux du cérium.* — Fluorures simples. — Fluocérite. — Fluocérine. — Yttrocérite. — Cérite. — Analyse. — Silicates complexes. — Gadolinite. — Allanite. — Cérine. — Orthite.

8<sup>e</sup> LEÇON. — *Manganèse.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons du manganèse avec l'oxygène. — Protoxyde de manganèse. — Sels de protoxyde de manganèse. — Caractères principaux des dissolutions. — Oxyde rouge de manganèse. — Sesquioxyde de Manganèse. — sels de sesquioxyde de manganèse. — Bioxyde de manganèse. — Acide manganique, Manganates — Acide permanganique, Permanganates. — Dosage du manganèse. — Acide chlorhydrique et manganèse. — Manganèse — acides phosphorique — acide sulfurique. — Acide arsénique. — Manganèse et alcalis. — Permanganate de potasse. — Manganèse et terres alcalines. — Baryte et Manganèse. — Chaux et manganèse. — Alumine et manganèse. — Manganèse, oxyde de Cérium, Yttria.

9<sup>e</sup> LEÇON. — *Minéraux du manganèse.* — Sulfure. — Arséniure. — Carbonate. — Silicates de manganèse. —

— Minerais de manganèse. — Haussmanite. — Braunité.  
— Manganite. — Pyrolusite. — Bioxyde hydraté. —  
Psilomélane. — Analyse. — Essai commercial. — État  
d'oxydation du manganèse. — Examen des manganèses au  
point de vue commercial. — Chlorométrie. — Minerais des-  
tinés à produire de l'oxygène.

10<sup>e</sup> LEÇON. — *Fer*. — Généralités. — Fer et oxygène. —  
Fer et acides. — Fer et alcalis. — Fer et soufre. — Fer et  
chlore. — Fer et brome. — Fer et fluor. — Fer et phos-  
phore. — Fer et arsenic. — Fer, carbone et silicium. —  
Alliages. — Combinaisons du fer avec l'oxygène. — Pro-  
toxyde de fer. — Sels de protoxyde de fer. — Caractères  
généraux. — Oxyde magnétique. — Peroxyde de fer. —  
Sels de peroxyde de fer.

11<sup>e</sup> LEÇON. — Dosage du fer. — Acide azotique, Acide  
chlorhydrique, Peroxyde de fer. — Acide sulfurique,  
Peroxyde de fer. — Matières organiques, Peroxyde de  
fer. — Acide phosphorique, Acide arsénique, Peroxyde  
de fer. — Acide silicique, Oxyde de fer. — Alcalis.  
Oxyde de fer. — Terres alcalines, Oxyde de fer. — Oxyde  
de fer et alumine. — Oxyde de fer, Oxyde de chrome,  
Zircone. — Oxyde de fer, Alumine, Terres alcalines,  
Acide phosphorique. — Oxyde de fer et glucine. — Oxyde  
de fer, Alumine, Terres alcalines — Oxyde de fer, Oxyde  
de manganèse. — État d'oxydation du fer.

12<sup>e</sup> LEÇON. — *Minerais et minéraux du fer*. — Fer mé-  
téorique. — Analyse. — Peroxyde de fer anhydre. — Fer  
oligiste. — Fer spéculaire. — Fer micacé. — Minerais  
violets. — Hématite rouge. — Fer oxydé rouge, compacte,  
granulaire ou terreux. — Fer oxydulé. — Analyse. — Fran-  
klinite. — Peroxyde de fer hydraté : Hématite brune;  
Minerais compactes; Minerais terreux ou cloisonnés; Mine-  
rais en grains; Minerais oolitiques; Ocres; Minerais des  
marais. Analyses.

13<sup>e</sup> LEÇON. — Carbonates de fer. — Fer carbonaté spa-  
thique. — Fer carbonaté compacte ou lithoïde. — Silicates  
de protoxyde et de peroxyde de fer. — Hypersthène. —  
Grenats — Chlorite. — Phosphates de fer. — Arséniates de  
fer. — Pyrites de fer, Pyrite jaune, Pyrites magnétiques,  
Mispickel.

14<sup>e</sup> LEÇON. — *Produits d'art*. — *Fontes*. — Fontes blan-  
ches lamelleuses. — Fontes blanches grenues, fibreuses.  
— Fontes grises ou noires. — Fontes truitées. — Fontes  
finées et mazées. — Action du chlore et du brome sur  
les fontes. — Analyse d'une fonte : Carbone combiné,  
Graphite, Carbone total, Silicium, Aluminium, titane et  
tungstène, Vanadium. — Évaluation du manganèse. —  
Détermination du soufre. — Recherche de l'arsenic et du  
phosphore. — Recherche du cuivre.

*Aciers*. — Généralités. — Analyse. — Recherche du  
tungstène, — du carbone.

*Fers, tôles*. — Analyse.

*Laitiers*. — Généralités. — Analyse.

*Scories*. — Analyse.

*Cadmies*. —

15<sup>e</sup> LEÇON. — *Essais par voie sèche*. — Essai pour fonte.  
— Creusets brasqués. — Fourneaux. — Opération. —  
Essai complet. — Expériences préliminaires. — Essai au  
creuset brasqué. — Fondants. — Discussion des résultats.  
— Procès-verbal d'essai. — Analyse de la fonte.

16<sup>e</sup> LEÇON. — *Cobalt*. — Généralités. — Combinaisons avec  
les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons du cobalt avec  
l'oxygène. — Protoxyde de cobalt. — Sels de protoxyde de  
cobalt. — Caractères généraux. — Sels doubles formés par  
l'oxyde de cobalt. — Dissolution ammoniacale d'oxyde de  
cobalt. — Sesquioxyde de cobalt. — Oxyde intermédiaire.

— Dosage du cobalt. — Dissolution ammoniacale contenant l'azotate ou le chlorure de cobalt. — Dosage à l'état de sesquioxyde, à l'état de sulfure. — Acide sulfurique, Oxyde de cobalt. — Acide phosphorique, Oxyde de cobalt. — Acide arsénique, Oxyde de cobalt. — Oxyde de cobalt, Alcalis. — Oxyde de cobalt, Terres alcalines. — Oxyde de cobalt, Alumine. — Alumine, Acide phosphorique, Oxyde de cobalt. — Oxyde de cobalt, Oxyde de manganèse. — Oxyde de fer, Oxyde de cobalt.

17<sup>e</sup> LEÇON. — Minéraux et produits d'art. — Sulfure de cobalt. — Sesquisulfure. — Arséniure de cobalt. — Sulfoarséniure. — Cobalt gris. — Analyse. — Arséniate de cobalt. — Sulfate de cobalt. — Cobalt oxydé noir. — Oxyde de cobalt artificiel. — Silicates de cobalt. — Speiss. — Aluminate de cobalt. — Bleu-Thénard. — Outremer.

18<sup>e</sup> LEÇON. — *Nickel*. — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons du nickel avec l'oxygène. — Protoxyde de nickel. — Sels de protoxyde de nickel. — Caractères généraux. — Sels doubles de nickel. — Dissolution ammoniacale. — Sesquioxyde de nickel. — Dosage du nickel, Acide azotique ou chlorhydrique. — Oxyde de nickel et ammoniacque. — Oxyde de nickel et alcalis. — Oxyde de nickel, terres alcalines. — Alumine, Oxyde de Manganèse. — Oxyde de nickel et arsenic. — Oxyde de nickel et acide arsénique : — 1<sup>er</sup> procédé, sulfuration par voie sèche; 2<sup>e</sup> procédé : emploi de la vapeur d'eau; 3<sup>e</sup> procédé, emploi de l'acide azotique ou de l'eau régale. — Oxyde de nickel, Acide phosphorique. — Oxyde de nickel, oxyde de cobalt : — 1<sup>er</sup> procédé : emploi de la potasse; 2<sup>e</sup> procédé : emploi du carbonate d'ammoniacque; 3<sup>e</sup> procédé, emploi de l'oxalate d'ammoniacque; 4<sup>e</sup> procédé, emploi du carbonate de baryte.

19<sup>e</sup> LEÇON. — Minéraux et produits d'art. — Sulfure de

nickel. — Pyrites magnétiques nickelifères. — arséniures de nickel. — Nickel arsenical. — nickel arsenical blanc. — Arséniosulfure de nickel, nickel gris. — Antimonio-sulfure de nickel. — Arséniates de nickel. — Hydrocarbonate de nickel. — Nickel métallique. — Oxyde de nickel. — Speiss.

20<sup>e</sup> LEÇON. — *Cuivre*. — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Alliages.

Combinaisons du cuivre avec l'oxygène. Oxydule de cuivre. — Sels d'oxydule de cuivre. — Oxyde de cuivre. — Sels d'oxyde de cuivre. — Caractères généraux. — Sels doubles formés par l'oxyde de cuivre.

*Dosage du cuivre*. — Liqueur chlorhydrique : 1<sup>er</sup> procédé, hydrogène sulfuré; 2<sup>e</sup> procédé, sulfocyanhydrate d'ammoniacque; 3<sup>e</sup> procédé, ammoniacque et sulfhydrate; 4<sup>e</sup> procédé, potasse; 5<sup>e</sup> procédé, fer ou zinc.

Évaluation par liqueur titrée de sulfure de sodium. — Colorimétrie. — Cuivre, Nickel, Cobalt.

21<sup>e</sup> LEÇON. — *Minéraux et minerais*.

1<sup>o</sup> Cuivre natif.

2<sup>o</sup> Produits donnés par la préparation mécanique. — Examen du corocoro.

Cuivre oxydulé. — Cuivre oxydé noir.

Cuivre carbonaté bleu. — Cuivre carbonaté vert.

Hydrosilicates de cuivre.

Sulfates de cuivre : Sulfate neutre, Sous-sulfate (Brochantite).

Phosphates de cuivre : Cuivre phosphaté, Cuivre hydrophosphaté et phosphate terreux.

Arséniates de cuivre : Olivénite. Érinite. Lirocomite. Aphanèse. Euchroïte.

Sulfure de cuivre. — Cuivre sulfuré argentifère. — Sulfure double de cuivre et d'étain. — Sulfure double de cuivre et d'antimoine.

22° LEÇON. — *Cuivre pyriteux*. — Cuivre panaché. — Cuivre gris.

23° LEÇON. — *Produits d'art* : — Cuivre rouge. — Cuivre noir. — Mattes. — Minerais grillés. — Mattes grillées. — Scories : Traitement des minerais oxydés et du cuivre natif, Traitement des minerais pyriteux.

24° LEÇON. *Alliages*. — Alliage de cuivre de nickel et de zinc. — Analyse. — Bronzes. — Alliages de cuivre et de zinc. — Alliage ne contenant pas d'arsenic et d'antimoine. — Alliage contenant de l'arsenic ou de l'antimoine.

*Essais par la voie sèche*. — Procédés suivis dans les laboratoires :

1° Minerais oxydés : Minerais riches, Minerais très-pauvres ;

2° Minerais sulfurés et pyriteux : Minerais riches, Minerais pauvres. — Scories pauvres.

Minerais de cuivre complexes.

Méthode d'essai adoptée en Angleterre. — Minerais pyriteux. — Minerais contenant de la blende, de la blende et du mispickel. — Minerais Pyriteux contenant de l'oxyde d'étain. — Cuivre gris. — Bournonite. — Minerais oxydés.

25° LEÇON. — *Zinc*. — Généralités. — Combinaisons du zinc avec les métalloïdes. — Alliages.

Combinaison du zinc avec l'oxygène.

Oxyde de zinc. — Sels de zinc. — Caractères généraux. — Dosage du zinc : Emploi du carbonate de soude, du sulfhydrate d'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré. — Oxyde de zinc et alcalis. — Oxyde de zinc, Terres alcalines, Alumine. — Oxyde de zinc et oxyde de manganèse. — Oxyde de zinc et oxyde de fer. — Oxyde de zinc, de nickel et de cobalt. — Oxyde de zinc, oxyde de cuivre. — Évaluation du zinc par liqueur titrée à l'aide du monosulfure de sodium.

26° LEÇON. — *Minéraux et minerais du zinc*. — Oxyde rouge (brucite). — Carbonate de zinc. — Hydrocarbonate de zinc. — Silicate anhydre. — Silicate hydraté.

*Calamine*. — Calamine native. — Calamine provenant d'altération sur place. — Calamine provenant d'altération suivie de transport. — Calamine à peu près pure. — Calamine très-impure. — Blende.

27° LEÇON. — *Produit d'art*. — Zinc métallique. — Calamine calcinée. — Blende grillée.

Résidus du traitement des minerais de zinc. — Débris des creusets et de mouffles.

Oxydes de zinc : Blanc de zinc, Oxydes blancs, Oxydes colorés par des poussières de houille, Oxydes gris.

Blanc de zinc pulvérulent. — Blanc de zinc en pâte.

*Cadmium*. — Généralités. — Combinaisons du cadmium avec les métalloïdes. — Combinaisons du cadmium avec l'oxygène. — Oxyde de cadmium. — Sels de cadmium. — Caractères généraux. — Dosage du cadmium : Liqueur acide contenant seulement le cadmium; Liqueur acide contenant du zinc et du cadmium.

*Minéraux et produits d'art*.

Sulfure de cadmium. — Greenockite. — Cadmium métallique. — Sulfure de cadmium artificiel. — Blende grillée contenant de l'oxyde de cadmium.

28° LEÇON. — *Antimoine*. — Généralités. — Combinaisons de l'antimoine avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons de l'antimoine avec l'oxygène : Oxyde d'antimoine. — Sels d'antimoine. — Caractères généraux. — Antimonites. — Acide antimonique.

Sels et dissolutions contenant l'acide antimonique. — Antimoniates.

Dosage de l'antimoine : Liqueur chlorhydrique contenant seulement l'antimoine. — Liqueur chlorhydrique con-

tenant des alcalis, des terres alcalines. — Liqueur chlorhydrique contenant des métaux tels que le cuivre, le zinc, etc. — Liqueur chlorhydrique contenant du nickel. — Silicates contenant de l'antimoine. — Acide antimonique et oxyde d'antimoine.

Antimoine et arsenic. — Liqueur régale contenant de très-faibles quantités d'arsenic et d'antimoine. — Liqueur contenant l'arsenic et l'antimoine en quantité un peu forte. Évaluation de l'arsenic, Détermination de l'antimoine.

29<sup>e</sup> LEÇON. — *Minéraux de l'antimoine.* — Antimoine natif. — Oxyde d'antimoine. — Antimoniade d'oxyde d'antimoine. — Sulfure d'antimoine. — Wolfsbergite. — Berthiérite. — Haidingerite. — Zinkénite. — Plagionite, etc. — Analyse.

*Produits d'art de l'antimoine.*

Sulfure d'antimoine fondu.

Minerais grillés. — Antimoine métallique. — Régale. — Fumées. — Scories. — Kermès et soufre doré.

*Essais par voie sèche :* Minerai grillé, Minerai sulfuré.

30<sup>e</sup> LEÇON. — *Étain.* — Généralités. — Combinaisons de l'étain avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons de l'étain avec l'oxygène : Protoxyde d'étain. — Sels de protoxyde d'étain. — Caractères généraux. — Bioxyde d'étain : Dissolutions contenant le bioxyde d'étain.

1<sup>o</sup> Dissolution de l'étain dans l'eau régale chlorhydrique.

2<sup>o</sup> Dissolution chlorhydrique de l'oxyde d'étain monohydraté.

Stannates alcalins.

Oxyde d'étain et alcalis fixes.

Dosage de l'étain : Dissolution chlorhydrique contenant seulement l'étain ; Dissolution chlorhydrique contenant des alcalis etc ; Dissolution régale.

Étain, Nickel, Cobalt, Cuivre. — Silicates contenant de l'oxyde d'étain. — Étain et tungstène.

Étain, Arsenic, Antimoine : Recherches de très-petites quantités d'arsenic et d'antimoine. — Séparation et dosage de l'arsenic, de l'antimoine et de l'étain.

*Minéraux de l'étain.* — Étain pyriteux. — Oxyde d'étain : Examen complet d'un minerai d'étain, Minerais pauvres, — Précipitation par le zinc métallique.

*Produits d'art :* — Minerais préparés. — Examen de ces minerais. — Étain métallique. — Scories.

Alliages : — Analyse d'un alliage d'étain, antimoine, plomb, zinc, cuivre, nickel ; recherche du tungstène.

*Essais par la voie sèche :* — Procédé industriel. — Procédés d'essais employés dans les laboratoires : Essais à température modérée ; Essais à haute température.

31<sup>e</sup> LEÇON. — *Mercure.* — Généralités. — Combinaisons du mercure avec les métalloïdes. — Amalgames. — Combinaisons du mercure avec l'oxygène ; Oxydure de mercure. — Sels d'oxydure de mercure. — Caractères généraux. — Caractères distinctifs. — Oxyde de mercure ; Sels d'oxyde de mercure. — Caractères généraux.

Dosage du mercure : — Liqueur chlorhydrique contenant seulement le mercure : Emploi du protochlorure d'étain, de l'acide phosphoreux ou hypophosphoreux. — Dissolution régale : Emploi de l'ammoniaque et du sulfhydrate, etc.

Procédés de séparation : — Sels de mercure. — Alcalis, Terres alcalines, Terres, etc. — Sulfate d'oxydure de mercure employé dans la télégraphie.

*Minéraux du mercure :* — Sulfure de mercure (cinabre). — Mercure métallique. — Chlorure de mercure. — Séléniure de mercure.

*Produits d'art du mercure :* — Mercure métallique. — Fumées. — Suie. — Résidus. — Cinabre et vermillon.

*Essais par la voie sèche :* Minerais très-riches, Minerais très-pauvres. — Essai du chlorure de mercure.

32° LEÇON.—*Bismuth*.—Généralités.—Combinaisons du bismuth avec les métalloïdes.—Alliages.—Combinaisons du bismuth avec l'oxygène; Oxyde de bismuth.—Sels formés par l'oxyde de bismuth.—Caractères généraux.—Peroxyde de bismuth.

Dosage du bismuth:—Liquueur azotique contenant seulement le bismuth; Liquueur chlorhydrique; Liquueur sulfurique; Liquueur acétique.—Tellure et bismuth.—Bismuth et fer.—Bismuth et zinc.

*Minéraux et produits d'art*:—Bismuth natif.—Oxyde de bismuth.—Sulfure de bismuth.—Tellurure de bismuth.—Arséniure de bismuth.—Silicate de bismuth.—Bismuth du commerce.

33° LEÇON.—*Plomb*.—Généralités.—Ses combinaisons avec les métalloïdes.—Alliages.—Combinaisons du plomb avec l'oxygène: Protoxyde de plomb.—Sels formés par l'oxyde de plomb.—Caractères généraux.—Bioxyde de plomb.—Minium.

Dosage du plomb:—A l'état de protoxyde, de bioxyde, de sulfure, de sulfate.—Liquueur azotique; Liquueur chlorhydrique.—Dosage à l'état de chlorure.

Plomb et arsenic.—Oxyde de plomb et alcalis.—Plomb et nickel.—Plomb, zinc, fer.—Plomb et cadmium.

34° LEÇON.—*Minéraux et minerais de plomb*.—Oxydes de plomb: Oxyde jaune, Oxyde rouge.—Carbonate de plomb, Carbonate cristallisé, Minerai carbonaté terreux.—Chlorure de plomb.—Oxychlorure.—Aluminate de plomb.

Galène.—Galène pure.—Galène mélangée de sulfures divers.—Sulfate de plomb.—Séléniures de plomb.—Phosphate de plomb.—Arséniate de plomb.—Arséniure de plomb.

35° LEÇON.—*Produits d'art*.—Produits de la préparation mécanique: Plomb métallique, Plomb marchand, Plomb d'œuvre, Plomb aigre, Mattes.

Minerais et mattes grillés.—Scories.—Fumées du grillage, de la fusion, de la coupellation.—Fonds de coupelle.

Abzugs.—Abstrichs.—Litharges sales.—Analyse.—Litharges jaunes et rouges.

Minium.—Examen du minium au laboratoire.—Céruse.—Mélanges.—Céruse préparée.

36° LEÇON.—*Essais par la voie sèche*.—Minerais oxydés: Minerais riches.—Fondants à employer.—Litharges et minerais tout à fait purs.—Minerais contenant de la calamine.—Minerais très-pauvres.—Scories.

Minerais sulfurés.—Galène riche à gangues terreuses.—Fusion au creuset de fer; Fusion au creuset de terre avec flux et lame de fer; Fusion avec flux noir; Fusion avec carbonate de soude, soude caustique et lame de fer.—Minerais pauvres; Lavages à l'auget.—Minerais blendeux.—Blendeux très-pauvres.—Minerais pyriteux.—Galènes antimoniales.

Sulfate de plomb.—Minerais grillés.—Mattes grillées.—Antimoniates de plomb.—Phosphates et arseniates de plomb.

37° LEÇON.—*Argent*.—Généralités.—Combinaisons de l'argent avec les métalloïdes.—Alliages.—Combinaisons de l'argent avec l'oxygène: Oxyde d'argent.—Sels d'argent.—Caractères généraux.

Dosage de l'argent.—Dissolution azotique contenant seulement l'argent,—Évaluation par liqueurs titrées.

Précipitation de l'argent à l'état de sulfure.—Antimoine et argent.—Antimoine, argent et plomb.—Argent et mercure.—État chimique de l'argent dans les minerais complexes.

*Minéraux et minerais.* — Argent natif. — Sulfure d'argent. — Sulfure d'argent et de fer. — Antimoniure, Arséniure d'argent. — Arséniosulfure et antimoniosulfure d'argent. — Sulfures complexes. — Séléniures et tellurure d'argent. — Chlorure. — Bromure. — Iodure d'argent. — Chlorobromure. — Amalgame d'argent.

*Minerais d'argent :* Minerais argentifères. — Minerais d'argent. — Minerais de sulfure d'argent. — Minerais contenant des sulfures complexes, des sulfo-antimoniures, etc. — Minerais chlorurés.

*Produits d'art de l'argent.* — Argent métallique : Produit par coupellation du plomb d'œuvre, obtenu par précipitation, par amalgamation. — Alliages d'argent et de cuivre.

38<sup>e</sup> LEÇON. — *Essais par la voie sèche.*

Production du culot de plomb.

Minerais de plomb : Minerais riches et purs. — Minerais riches et impurs. — Minerais très-pauvres. — Litharges.

Blende, Pyrite de fer : 1<sup>o</sup> fusion après grillage avec litharge et charbon; 2<sup>o</sup> fusion avec nitre et litharge; 3<sup>o</sup> fusion avec excès de nitre et de litharge; 4<sup>o</sup> procédé mixte (eau régale, litharge, fusion avec carbonate de soude).

Minerais antimoniaux. — Minerais de cuivre. — Minerais de nickel et de cobalt. — Minerais contenant des tellurures. — Minerais d'argent (contenant peu de sulfures métalliques). — Scorification.

Coupellation du plomb : Coupellation du plomb pur; Coupellation du plomb impur; Coupellation des alliages de plomb et d'argent; Coupellation directe de la galène et du sulfure d'argent; Coupellation directe du sulfure de cuivre argentifère.

39<sup>e</sup> LEÇON. — *Or.* — Généralités. — Combinaisons de l'or avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons de l'or

avec l'oxygène : Protoxyde d'or, Peroxyde d'or. — Combinaisons salines. — Aurates. — Dissolution chlorhydrique.

Dosage de l'or. — Dissolution chlorhydrique : Emploi du sulfate de protoxyde de fer; Emploi de l'acide oxalique. — Dissolution régale.

Or et tellure. — Or et argent. — Alliages contenant plus de 80 p. 100 d'argent. — Alliages contenant plus de 80 p. 100 d'or. — Inquartation.

Alliages contenant plus de 20 p. 100 d'or et de 20 p. 100 d'argent. — Emploi de l'acide sulfurique. — Inquartation.

Or, argent et cuivre. — Emploi de la pierre de touche.

*Minerais et minéraux d'or.* — Or natif. — Minerais métalliques. — Alluvions anciennes, Modernes. — Caractères de l'or natif.

*Essais par la voie sèche.* — Production du culot de plomb. — Pyrites de fer. — Cuivre pyriteux. — Cuivre panaché. — Blende. — Sulfure d'antimoine. — Cuivre gris. — Galènes. — Tellurures. — Alluvions, leur examen.

Coupellation du culot de plomb. — Analyse du bouton obtenu par coupellation. — Dosage de l'argent et de l'or. — Coupellation directe des alliages.

40<sup>e</sup> LEÇON. — *Platine.* — Généralités. — Combinaisons du platine avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons du platine avec l'oxygène; Protoxyde de platine. — Sels de protoxyde de platine. — Bioxyde de platine. — Sels formés par le bioxyde de platine.

Dosage du platine. — Liqueur chlorhydrique; Réduction à l'état métallique par le mercure, par l'azotate d'oxyde de mercure, par l'acide formique ou le formiate de soude. — Précipitation à l'état de chlorure double ammoniacal, de chlorure double de platine et de potassium.

Platine et argent. — Alliages contenant peu de platine. — Alliages contenant peu d'argent. — Alliages à parties à

peu près égales de platine et d'or. — Recherche du platine dans les roches.

*Palladium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du palladium avec l'oxygène; Protoxyde de palladium. — Sels de protoxyde de palladium. — Bioxyde de palladium.

Dosage du palladium. — Liqueur azotique ou chlorhydrique. — Palladium et cuivre. — Palladium et or. — Palladium et platine.

*Minéraux de palladium.* — Palladium natif. — Alliage d'or et de palladium. — Sélénure de palladium.

*Rhodium.* — Généralités. — Ses combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du rhodium avec l'oxygène; Sesquioxyde de rhodium. — Sels de sesquioxyde de rhodium. — Caractères généraux. — Bioxyde de rhodium.

Dosage du rhodium. — Chlorure double. — Sulfate double. — Rhodium et fer. — Rhodium et zinc. — Rhodium, Argent et or.

41<sup>e</sup> LEÇON. — *Iridium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons d'Iridium avec l'oxygène; Protoxyde d'Iridium, Sesquioxyde d'Iridium, Bioxyde d'Iridium, Acide iridique. — Dissolutions contenant de l'Iridium.

Dosage de l'Iridium. — Dissolution régale. — Dissolution contenant le chlorure double d'Iridium et de sodium.

*Ruthénium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Combinaisons du ruthénium avec l'oxygène, Protoxyde, Bioxyde, Sesquioxyde de ruthénium, Acide ruthénique. — Sels de ruthénium. — Préparation du ruthénium.

*Osmium.* — Généralités. — Combinaisons avec les métalloïdes. — Alliages. — Combinaisons de l'Osmium avec l'oxygène, Protoxyde d'Osmium, Sesquioxyde d'Osmium,

Bioxyde. — Acide osmieux, Acide osmique. — Osmiates. — Dissolution contenant de l'Osmium.

Dosage de l'Osmium. — Chlorure double. — Alliage.

42<sup>e</sup> LEÇON. — *Minerais du platine.* — Généralités. — Analyse. — Grains de platine : Quartz, fer chromé, fer titané. Osmiure d'Iridium, Platine, Iridium, etc. Grains d'Osmiure d'Iridium. — Grains d'Iridium. — Résidus de la fabrication.

## COURS DE MINÉRALOGIE.

## Introduction et caractères généraux des minéraux.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Objet de la minéralogie. — Aperçu historique sur le développement de cette science. — Ordre adopté pour le cours.

2<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères dits extérieurs ou physiques.

3<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères géométriques. — Existence générale de la forme cristalline. — Constance des angles. — Liaison que présentent les différentes formes d'une même substance ; réduction de ces formes à un petit nombre de types.

4<sup>e</sup> LEÇON. — Loi de symétrie ; systèmes cristallins ; formes principales de chacun d'eux.

5<sup>e</sup> LEÇON. — Loi de dérivation ; forme dite primitive. — Détermination du système cristallin d'un minéral. — Groupements.

6<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères physiques en relation avec la forme géométrique ; clivages.

7<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères chimiques. — Reproduction artificielle des minéraux.

8<sup>e</sup> LEÇON. — Notions sur l'espèce et la classification. — Caractères de gisement.

## Examen des espèces (\*).

9<sup>e</sup> LEÇON. — Substances atmosphériques. — Eau. — Soufre. — Graphite ; Diamant.

10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> LEÇON. — Quartz et opale.

12<sup>e</sup> LEÇON. — *Silicates*, — Généralités. — Zircon. — Andalousite ; disthène.

13<sup>e</sup> LEÇON. — Péridot. — Eustatite ; pyroxène. — Amphibole.

14<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> LEÇON. — Groupe des feldspaths. — Amphigène. — Néphéline.

16<sup>e</sup> LEÇON. — Cordiérite. — Grenat ; idocrase. — Epidote. — Staurotide. — Émeraude.

17<sup>e</sup> LEÇON. — Wernérite. — Topaze. — Tourmaline — Axinite. — Sphène. — Sodalite. — Haüyne.

18<sup>e</sup> LEÇON. — Micas. — Chlorites. — Talc. — Serpentine.

19<sup>e</sup> LEÇON. — Zéolithes.

20<sup>e</sup> LEÇON. — Argiles.

21<sup>e</sup> LEÇON. *Ammoniaque, potasse et soude*. — Salmiac. — Nitre. — Carnallite. — Sel gemme. — Carbonates de soude — Glaubérite. — Nitratine. — Borax.

22<sup>e</sup> LEÇON. — *Baryte et strontiane*. — Barytine. — Célestine. — Withérite. — Strontianite.

23<sup>e</sup> et 24<sup>e</sup> LEÇON. — *Chaux et magnésie*. — Calcite ; ara-

(\*) On suit dans le cours l'ordre adopté pour la classification de la collection de l'École.

gonite. — Dolomie. — Fluorine. — Anhydrite; gypse. — Apatite. — Schéelite. — Périclase. — Giobertite. — Boracite.

25° LEÇON. — *Alumine*. — Corindon. — Groupe des spinelles. — Gymophane. — Production artificielle des minéraux de ce groupe.

26°, 27° et 28° LEÇON. — *Fer*. — Fer natif. — Météorites au point de vue minéralogique.

Pyrite; marcassite. — Pyrrhotine. — Mispickel. — Leucopyrite.

Magnétite. — Martite. — Franklinite. — Chromite — Oligiste, — Fers titanés. — Goethite. — Limonite — Chamoisite.

Sidérose.

Wolfram. — Phosphates (vivianite, etc.). — Arséniates (pharmacosidérinite, etc.). — Sulfates.

29° LEÇON. — *Chrome*. — *Vanadium*.

*Manganèse*. — Hausmannite; braunite; pyrolusite; manganite; psilomélane. — Diallogite. — Rhodonite. — Phosphates.

*Cobalt*. — Linnéite. — Smaltine. — Cobaltine, etc.

*Nickel*. — Millérite. — Nickéline. — Rammelsbergite. — Texasite.

30° LEÇON. — *Zinc*. — Blende; wurtzite. — Spartalite. — Smithsonite. — Calamine. — Willémitte.

*Étain*. Cassitérite.

*Titane*. Rutile; Anatase; Broohite.

31° LEÇON. — *Tellure*. Sylvanite. — Nagyagite. — Bornine.

*Antimoine*. — Antimoine natif. — Stibine. — Sulfures doubles. — Exitèle; senarmontite.

*Bismuth* — Bismuth natif. — Bismuth sulfuré.

*Arsenic*. — Arsenic natif. — Réalgar. — Orpiment.

*Urane*. — Pechurane. — Uranochlore. — Chalkolite.

*Molybdène*. — Molybdénite.

32° LEÇON. — *Plomb*. — Galène. — Clausthalite. — Céruse, — Anglésite. — Pyromorphite. — Mimétésite. — Chroïcoïse. — Vanadinite. — Mélinose. — Schéelitine.

33° LEÇON. — *Cuivre*. — Cuivre natif. — Chalkosine. — Covelline. — Philippsite. — Chalkopyrite. — Ziguéline. — Mélaconise. — Azurite. — Malachite. — Atacamite. — Dioptase. — Phosphates. — Arséniates. — Vanadate.

34° LEÇON. — *Mercure*. — Mercure natif. — Cinabre.

*Argent*. — Argent natif. — Amalgame (arquérite). — Discrase. — Argyrose. — Psaturose. — Argyrithrose; proustite. — Kérargyre. — Bromite; iodite.

35° LEÇON. — *Or*. — Or natif.

*Platine* et ses compagnons. — Platine natif. — Osmiridium.

Des conférences pratiques, au nombre de huit au moins, font suite au cours oral et servent à le compléter.

## COURS DE PALÉONTOLOGIE.

1<sup>re</sup> LEÇON. — La paléontologie ; son but pratique ; son utilité pour l'ingénieur des mines.

Définition du mot *fossile*. — Fossiles caractéristiques.

Horizon d'une espèce fossile. — Faunes et flores fossiles.

La paléontologie n'est pas une science spéciale, ce n'est que l'histoire naturelle d'un groupe d'êtres particuliers, Plan du cours.

2<sup>e</sup> LEÇON. — Coup d'œil sur les caractères généraux de la faune des terrains paléozoïques.

3<sup>e</sup> LEÇON. — *Trilobites*. — Étude des diverses parties constituant la carapace des trilobites.

La tête ; glabella, joue fixe, joue mobile. — Yeux. — Diverses sutures. — L'hypostome.

Le thorax ; sa composition ; ses anneaux mobiles ; axe et plèvres. — Deux types de plèvres.

4<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères des principaux genres de trilobites :

Paradoxides. — Trinucleus. — Asaphus. — Calymène. Phacops. — Dalmanites. — Acidaspis. — Bronteus.

Espèces principales de ces genres ; leur position dans les couches paléozoïques.

5<sup>e</sup> LEÇON. — *Céphalopodes*. — Notions sur l'organisation de l'animal du Nautil. — Sa tête et ses bras, son entonnoir. — Son sac, son tube, ses branchies. — Éléments de la coquille du nautil. — Cloisons, siphon, dernière loge.

Caractères sur lesquels est fondée la classification des céphalopodes tétrabranches.

6<sup>e</sup> LEÇON. — Étude des principaux genres de Nautiliens :

Nautilus. — Gyroceras. — Gomphoceras. — Cyrtoceras. — Orthoceras.

7<sup>e</sup> LEÇON. — *Brachiopodes*. — Notions sur l'anatomie de la lingule et de la térébratule. — Éléments de l'enveloppe solide des brachiopodes. — Coquille. — Ouverture, deltidium, appareil supportant les bras, etc., etc.

8<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères des principaux genres de Brachiopodes :

Terebratula. — Rhynchonella. — Athyris. — Atrypa. — Spirifer. — Orthis. — Strophomena. — Leptæna. — Productus. — Calceola.

Description de quelques-unes des principales espèces de ces genres.

9<sup>e</sup> LEÇON. — Examen de diverses formes organiques caractéristiques des terrains de transition :

Euomphalus. — Bellerophon. — Graptolithes, etc., etc.

10<sup>e</sup> LEÇON. — Considérations sur la flore des terrains paléozoïques, et particulièrement du terrain houiller.

Examen de quelques types composant cette flore :

Fougères (Pecopteris, Sphenopteris). — Lepidodendron. — Calamites.

11<sup>e</sup> LEÇON. — Coup d'œil sur les caractères généraux de la faune des terrains secondaires.

*Céphalopodes*. — De la Bélemnite ; son organisation, sa place parmi les céphalopodes dibranches.

Description des principales espèces de Bélemnites des terrains jurassique et crétacé.

12<sup>e</sup> LEÇON. — *Ammonites*. — Caractères du genre ammonites ; place du siphon. — Cloisons. — Division des espèces d'Ammonites en plusieurs groupes ; importance de plusieurs d'entre eux.

Description des principales espèces du Lias.

13<sup>e</sup> LEÇON. — Description des principales espèces d'Ammonites, de l'oolithe inférieure, de l'oxford-clay et de l'étage oolithique supérieur.

14<sup>e</sup> LEÇON. — Description des principales espèces d'Ammonites, de l'étage néocomien, du gault, de la craie chloritée et de la craie blanche.

15<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères des genres Crioceras, Scaphites, Ancyloceras, Hamites, Turrilites. Étude des espèces principales de ces genres.

16<sup>e</sup> LEÇON. — Des huîtres du terrain jurassique et de la craie.

17<sup>e</sup> LEÇON. — Des Rudistes. — Leur place parmi les Lamellibranches; description de quelques espèces de Sphérolites, de Radiolites et d'Hippurites. — Rôle des Rudistes dans les dépôts crétacés.

18<sup>e</sup> LEÇON. — Échinodermes. — Examen de l'enveloppe solide des Oursins :

Ambulacres, plaquettes apicales, Aire ambulacraie et aire interambulacraie; péristome, périprocte. — Division des anciennes familles. — Examen des principaux genres composant ces familles.

Cidaris. — Pseudodiadema. — Hemicidaris. — Cyphosoma. — Salenia. — Echinoconus. — Dysaster. — Holaster. — Micraster, etc.

19<sup>e</sup> LEÇON. — Caractères généraux de la forme des terrains tertiaires.

Notions sommaires sur quelques mammifères de l'époque tertiaire.

Paleotherium. — Anopotherium. — Lophiodon. — Dinotherium. — Mastodontes. — Rhinocéros.

20<sup>e</sup> LEÇON. — Examen sommaire des caractères des divers ordres et familles des Mollusques gastéropodes et acéphalés.

Examen des caractères principaux des genres composant ces familles et étude spéciale de quelques espèces de ces genres, appartenant aux terrains tertiaires.

## COURS DE GÉOLOGIE (\*).

1<sup>re</sup> LEÇON. — *Introduction*. — Objet de la géologie, — ses rapports avec les autres sciences, — son but pratique : — Cartes géologiques. — Applications. — Aperçu de géologie : — Phénomènes éruptifs et sédimentaires, — principes de la théorie des soulèvements. — Plan du cours.

2<sup>e</sup> LEÇON. — *Notions astronomiques et physiques*. — Forme générale de la terre. — Densité. — Magnétisme. — Chaleur superficielle et centrale. — Épaisseur de l'écorce.

3<sup>e</sup> LEÇON. — *Géographie*. — Détermination et représentation des accidents géographiques. — Orographie et hydrographie de la France.

4<sup>e</sup> LEÇON. — Orographie et hydrographie de l'Europe et des autres parties de la terre.

5<sup>e</sup> LEÇON. — Résultats généraux de l'étude orographique et hydrographique ; — hauteur moyenne des continents, — étude de la convexité. — Description méthodique des formes du relief.

6<sup>e</sup> LEÇON. — Réseau pentagonal : — Théorie géométrique, — moyens d'application,

7<sup>e</sup> LEÇON. — Application géographique du réseau.

8<sup>e</sup> LEÇON. — *Notions hydrologiques et météorologiques*. —

(\*) Les 17 premières leçons de généralités et les 4 leçons de résumé final sont faites tous les ans *in extenso*.

Les descriptions des formations éruptives et sédimentaires sont alternativement résumées de manière à faire rentrer le cours de chaque année dans le cadre de 40 leçons.

Mouvement des eaux et de l'air. — Érosions. — Sédimentation.

9<sup>e</sup> LEÇON. — Neiges perpétuelles. — Glaciers.

10<sup>e</sup> LEÇON. — *Lithologie*. — Structure des roches.

11<sup>e</sup> LEÇON. — Composition des roches : — Généralités, — Minéraux intégrants et disséminés (renvoi à *la Minéralogie*). — Principes de la nomenclature.

12<sup>e</sup> LEÇON. — Description des roches : — Roches plutoniques communes cristallines, — granitoïdes, — gneissiques ;

13<sup>e</sup> LEÇON. — Roches plutoniques communes compactes ou porphyroïdes ; — Roches plutoniques communes vitreuses et roches volcaniques ;

14<sup>e</sup> LEÇON. — Roches plutoniques exceptionnelles de départ (hyalomictes, pegmatites, etc.), — Roches plutoniques exceptionnelles d'émanation (gangues de filons) et roches neptuniennes de précipitation (siliceuses, calcaires, etc.) ;

15<sup>e</sup> LEÇON. — Roches métallifères (minerais) ; — Roches combustibles ; — Roches neptuniennes détritiques.

16<sup>e</sup> LEÇON. — Eaux : — douces, — salées, — minérales ; — Émanations gazeuses, — Atmosphère ; — Sol végétal. — Végétaux, — Animaux, — Flores et faunes fossiles (renvoi à *la Paléontologie*). — Rapports généraux des éléments matériels résumés par la vis tellurique.

17<sup>e</sup> LEÇON. — *Stratigraphie synthétique*. — Généralités sur les terrains. — Tableau résumé des formations éruptives et des formations sédimentaires. — Discordances de stratification. — Liste des soulèvements classés. — Failles, — épure des rejets. — Cartes géologiques, — sections verticales, — roses de directions.

18° LEÇON. — *Description géognostique et géogénique des formations éruptives.* — Tableau général des phénomènes volcaniques. — Volcans de divers genres.

19° LEÇON. — Phénomènes des cratères : — détails relatifs à divers volcans, — boursoufflements et affaissements. — Tremblements de terre.

20° LEÇON. — Lave, — allures des coulées, — produits accessoires. — Structure et nature des terrains volcaniques, pyroxéniques et feldspathiques.

21° LEÇON. — Série des émanations, — Sources minérales. — Distribution géographique des volcans et des points d'émanation.

22° LEÇON. — Volcans anciens et volcans préparés. — Basaltes et trachytes. — Cratères de soulèvement.

23° LEÇON. — Trapps et porphyres.

24° LEÇON. — Diorites et granites. — Gneiss. — Micaschistes.

25° LEÇON. — Généralités synthétiques sur les filons et les gîtes métallifères.

26° LEÇON. — Appareil métallifère de la Saxe.

27° LEÇON. — Appareils métallifères du Hartz, — de la Thuringe, — des provinces rhénanes.

28° LEÇON. — Appareils métallifères de la Scandinavie, — de la Grande-Bretagne.

29° LEÇON. — Gîtes métallifères remarquables de l'Espagne, — de l'Italie, — des Alpes, — des Carpathes, — de l'Oural.

30° LEÇON. — Gîtes métallifères remarquables de l'Asie, —

de l'Australie, — de l'Afrique, — de l'Amérique ; — Appareil métallifère de la Californie.

31° LEÇON. — Appareils métallifères de la France : — Bretagne, — Ardennes, — Vosges, — Massif des montagnes centrales, — Pyrénées. — Alpes.

32° LEÇON. — Gîtes métallifères et gîtes minéraux divers des régions non montagneuses de la France. — Alignements des gîtes. — Rapports d'âge et de nature des gîtes minéraux et des roches éruptives.

33° LEÇON. — *Description géognostique et géogénique des formations sédimentaires.* — Généralités synthétiques sur les formations carbonifères. — Terrain houiller du centre de la France.

34° LEÇON. — Terrain houiller des autres parties de la France.

35° LEÇON. — Terrain houiller : — Allemagne, — Grande-Bretagne, — Amérique.

36° LEÇON. — Grès anthraxifère et millstone grit. — Calcaire carbonifère.

37° LEÇON. — Terrain dévonien.

38° LEÇON. — Terrain silurien : — France, — Belgique, — Allemagne.

39° LEÇON. — Terrain silurien : — Grande-Bretagne, — Scandinavie, — Amérique septentrionale. — Terrains anté-siluriens : — cambrien, — laurentien.

40° LEÇON. — Grès rouge, — zechstein et calcaire magnésien. — grès des Vosges. — Terrain permien.

41° LEÇON. — Terrain du trias.

42° LEÇON. — Terrain jurassique : — France.

43° LEÇON. — Terrain jurassique : — Grande-Bretagne, — Allemagne, — région méditerranéenne.

44° LEÇON. — Terrains néocomiens et crétacés : — France.

45° LEÇON. — Terrains néocomiens et crétacés : — Grande-Bretagne, — Allemagne, — région méditerranéenne.

46° LEÇON. — Terrains tertiaires : — France.

47° LEÇON. — Terrains tertiaires : — Grande-Bretagne, — Allemagne, — Suisse, — Italie, — Amérique.

48° LEÇON. — Terrains récents : — Diluviums. — Blocs erratiques. — Cavernes. — Alluvions et Dunes.

49° LEÇON. — *Géogénie*. — Rapports généraux des terrains éruptifs et sédimentaires, — Théories des soulèvements, des émanations et du métamorphisme. — Résumé géogénique.

50° LEÇON. — État thermométrique du globe terrestre. — Refroidissement progressif : — Théorie mathématique de ce phénomène.

51° LEÇON. — Discussion des formules, qui expriment les variations des températures à diverses époques et à différentes profondeurs.

52° LEÇON. — Influence qu'a exercée la température du globe sur les climats qui ont régné à sa surface pendant les différentes périodes géologiques. — Variations probables dans l'avenir. — État vers lequel paraît tendre le globe terrestre.

## COURS DE CONSTRUCTION

ET

## DE CHEMINS DE FER.

Première partie.

## Construction.

1<sup>re</sup> LEÇON. — *Objet et limites du cours.*

1<sup>o</sup> Théorie des matériaux. — 2<sup>o</sup> Fondations. — 3<sup>o</sup> Ouvrages en maçonnerie. — 4<sup>o</sup> Ouvrages en charpente et ouvrages métalliques. — 5<sup>o</sup> Couvertures. — 6<sup>o</sup> Applications diverses.

## I. — THÉORIE DES MATÉRIAUX.

a. *Solides prismatiques* sollicités par des efforts agissant suivant l'axe, normalement à l'axe, obliquement à l'axe. — Coefficient d'élasticité E. — Effort tranchant : 1<sup>o</sup> normalement aux fibres; 2<sup>o</sup> parallèlement aux fibres. — Coefficient d'élasticité de glissement G.

2<sup>o</sup> LEÇON. — Solides prismatiques, posés sur plusieurs points d'appui en ligne droite. — Détermination de la condition de l'équarrissage, de la flèche, des points d'inflexion, par la méthode fondée sur l'évaluation préalable des réactions des points d'appui.

3<sup>o</sup> LEÇON. — Principe général de la répartition de la matière dans les solides chargés transversalement. — Solides d'égale résistance. — Profil transversal évidé.

b. *Solides plans* à axe curviligne sollicités par des forces

quelconques agissant dans leur plan.—Condition générale de l'équarrissage.—Flèche.—Application à un solide circulaire.—Comparaisons.

4<sup>e</sup> LEÇON.—*Cas pratique.*—Solide circulaire posé symétriquement sur deux appuis, chargé d'un poids uniformément réparti : 1<sup>o</sup> sur la corde ; 2<sup>o</sup> sur l'arc, et maintenu latéralement aux deux extrémités.

Détermination de la poussée.

*Solides d'équilibre.* — Conditions générales.

5<sup>e</sup> LEÇON.—*Cas pratique.* — 1<sup>o</sup> Solide maintenu latéralement et chargé de poids uniformément répartis sur la corde.

2<sup>o</sup> Solide chargé de poids répartis uniformément sur l'arc.

3<sup>o</sup> Solide sollicité par des forces réparties uniformément, et normalement à l'axe.

Détermination des quantités  $V$ ,  $V'$ ,  $I$ , et des constantes  $R$ ,  $R'$ ,  $R''$  et  $E$  qui entrent dans les formules établies plus haut.

Détermination géométrique des moments d'inertie des sections les plus simples.

## II. — OUVRAGES EN MAÇONNERIE.

6<sup>e</sup> LEÇON.—(Le sol est d'abord supposé parfaitement stable, ou convenablement consolidé.)

Classification, suivant la nature et l'état des matériaux.

a. Conditions de stabilité. — b. Procédés d'exécution.

a. *Conditions de stabilité.* — 1<sup>o</sup> Murs et massifs.— Pourquoi ils ne sont pas considérés et traités comme des solides continus.

*Principe.* — Stabilité : 1<sup>o</sup> de glissement ; 2<sup>o</sup> de rotation.—Moyen de sortir de l'équilibre strict : 1<sup>o</sup> par la méthode des coefficients de stabilité ; 2<sup>o</sup> par la méthode des surépaisseurs ; avantages de la seconde.—Comment on vérifie

que la charge maximum ne dépasse pas la charge pratique  $R'$  adoptée.

*Massifs divers.*— 1<sup>o</sup> Épaisseur des murs de clôture.

2<sup>o</sup> Épaisseur des murs portant des combles.

3<sup>o</sup> Épaisseur des murs portant des étages avec refends.—Fruit.

4<sup>o</sup> Murs soutenant des eaux.

5<sup>o</sup> *Murs soutenant des terres.* — 1<sup>o</sup> Méthode générale de détermination de la poussée.

Cas particulier où il n'y a pas de surcharge.—Épaisseur de stabilité : 1<sup>o</sup> par glissement ; 2<sup>o</sup> par rotation.

7<sup>e</sup> LEÇON.—*Cas général* avec surcharge.— Causes de la difficulté des calculs : élévation du degré des équations qui donnent les épaisseurs de stabilité, par glissement et par rotation.—Établissement des formules approchées qui figurent dans les recueils de tables.—Transformation des profils.—Terres et maçonneries moyennes.

8<sup>e</sup> LEÇON.—2<sup>o</sup> *Voûtes.*—Établissement des deux inégalités qui expriment les conditions nécessaires et suffisantes de la stabilité.—Application de ces conditions aux voûtes circulaires en berceau et en plein cintre, extradossées parallèlement, horizontalement, et en chape.—Détermination de la poussée.—Théorème sur les poussées des voûtes semblables.—Tables de poussées.—Angles de rupture.—Comparaison des poussées des voûtes, et des arcs continus, toutes choses égales d'ailleurs.—Explication d'un résultat paradoxal.—Voûtes en arc.—Comment on les ramène à la voûte en plein cintre dont elles dérivent.—Influence du surbaississement, à ouverture égale, sur la poussée.—Plates-bandes.

9<sup>e</sup> LEÇON.—Mode de détermination de l'épaisseur des voûtes, en partant de formules empiriques, et vérifiant la pression sur les joints.

Épaisseur des voûtes avec surcharge d'une très-grande hauteur. — Cas où cette surcharge peut devenir coulante. — Détermination directe de la poussée dans ce cas.

*Pieds-droits.* — Détermination de l'épaisseur d'équilibre strict. — Application d'un coefficient de stabilité, et détermination de la pression maximum, par unité de surface. — Limite finie de l'épaisseur de stabilité de rotation pour une hauteur infinie. — Danger du glissement dans les assises supérieures des pieds-droits des voûtes surbaissées. — Mesures spéciales qu'il exige.

10<sup>e</sup> LEÇON. — *Stabilité des voûtes par la courbe des pressions.* — Cas dans lesquels la méthode analytique est insuffisante. — Absence de tables et presque impossibilité d'en établir pour tous les cas. — Courbes des pressions. — Définition. — Tracé. — Usage. — Application aux voûtes accolées, exerçant sur le pied-droit commun des poussées inégales.

*Stabilité des voûtes dérivées du berceau.* — Voûtes annulaires. — En arc de cloître. — D'arête. — Dôme. — Niche. — Voûtes biaises. — Poussée au vide; elle dépend de l'appareil, qui théoriquement peut l'annuler.

*Exécution.* — 1<sup>o</sup> *Murs et massifs.* — Liaison des maçonneries.

2<sup>o</sup> *Voûtes.* — Division en voussoirs. — Voûtes biaises. — Appareils divers.

11<sup>e</sup> LEÇON. — *Opérations sur le chantier.* — 1<sup>o</sup> Réception des matériaux. — Pierres naturelles. — Artificielles. — Éléments des mortiers. — Chaux diverses. — Ciments, pouzzolanes, sables.

2<sup>o</sup> *Élaboration des matériaux.* — Taille des pierres. — Outils. — Fabrication des mortiers, de chaux grasses et hydrauliques.

3<sup>o</sup> Pose, comprenant : le bardage, le levage, et la pose proprement dite.

12<sup>e</sup> LEÇON. — Pose des voûtes en pierre de taille et en petits matériaux. — Cintres. — Décintrement. — Avantages de l'emploi des mortiers à prise rapide pour la construction des voûtes. — Chapes. — Résistance des maçonneries. — Exemples.

### III. — FONDATIONS.

1<sup>o</sup> Ordinaires. — 2<sup>o</sup> Hydrauliques.

1<sup>o</sup> *Ordinaires.* — Terrains compressibles. — Mobiles. — Affouillables.

13<sup>e</sup> LEÇON. — 3 Procédés. — 1<sup>o</sup> *Poids de la construction reporté, au-dessous du mauvais terrain, sur un banc solide.*

*Pilotis.* — Murs continus, piliers en maçonneries. — Exemples.

2<sup>o</sup> *Amélioration du mauvais terrain.* — Condensation par des pieux en bois, en sable. — Parafouilles.

3<sup>o</sup> *Création d'un sol artificiel.* — Radier général : en charpente, en béton, en sable. — Exemples. — Condition de stabilité spéciale au glissement des fondations des murs soumis à une poussée. — Équation d'équilibre strict, en tenant compte de la butée des terres en avant de la fondation. — Tranchées; arceaux et radier.

14<sup>e</sup> LEÇON. — 2<sup>o</sup> *Hydrauliques.* — Deux classes de procédés : 1<sup>o</sup> par épuisement de l'eau dans une enceinte; 2<sup>o</sup> par refoulement de l'eau.

1<sup>o</sup> *classe.* — Batardeaux. — Encaissement. — Caissons foncés.

2<sup>o</sup> *classe.* — 1<sup>o</sup> Enfoncements de tubes par aspiration à l'intérieur. — Exemples.

2<sup>o</sup> Fondations tubulaires proprement dites. — Exemples.

3<sup>o</sup> Procédé du pont de Kehl.

Procédé modifié.

Procédé du pont de Saltash.

15° LEÇON. — *Détails sur les opérations diverses des fondations.* — 1° Épuisements. — 2° Dragages. — 3° Fabrication et mode d'emploi du béton. — 4° Battage des pieux. — Pieux à vis de M. Mitchell. — 5° Emploi du sable, expériences.

## IV. — CHARPENTE.

16° LEÇON. — Conditions résultant des propriétés mécaniques et de la manière d'être des bois, très-différentes de celles des pierres.

*Pans de bois.* — *Planchers.* — Solives. — Enchevêtrures, formation de l'aire. — Poutres. — Poutres armées. — Poutres d'assemblage.

*Combles.* — Fermes simples, fermes sur jambes de force. Fermes sans tirants. — Fermes circulaires. — Fermes longitudinales. — Demi-fermes de croupe et d'arêtier.

17° LEÇON. — Combles sur plans circulaires. — Combles sur plans irréguliers.

Équarrissage des fermes transversales.

*Ponts en charpente.* — 1° Passerelles. — 2° Ponceaux. — 3° Ponts sur longerons simples; sur longerons avec corbeaux et contre-fiches; sur longerons avec sous-poutres et contre-fiches. — Ponts sur arcs.

*Exécution des ouvrages en charpente.* — 1° Réception des matériaux. — Défauts des bois. — Résistances des bois. — 2° Assemblages divers. — 3° Procédé général d'exécution des assemblages. — Étélon. — Piqué des bois. — Tracé des assemblages. — Outils de charpentiers. — Courbure des bois. — Dessiccation artificielle. — Levage : — 1° Par parties; — 2° En masse. — Exemples.

18° LEÇON. — *Emploi du fer et de la fonte dans les ouvrages en charpente.* — *Poutres.* — Armatures. — *Combles.* — Tirants. — Poinçons.

## V. — OUVRAGES ENTIÈREMENT MÉTALLIQUES.

*Planchers.* — Solives. — Poutres, formes diverses et modes de calculs.

*Combles.* — Fermes avec tirants d'armature et tirants de poussée, au niveau des naissances, ou retroussés. — Calcul de l'équarrissage des divers éléments.

## Ponts.

1° *Ponts sur poutre.* — a. *Poutres de hauteur constante.* — Égalité de résistance, obtenue par des surépaisseurs des plates-bandes et de l'âme. — Ponts à plusieurs travées. — Continuité ou discontinuité sur les appuis. — Moments de rupture et efforts tranchants dans toutes les sections, déduits, par la méthode de M. Clapeyron, des moments de rupture au droit des appuis.

19° LEÇON. — Répartition du métal de telle sorte que les moments de résistance forment un polygone-enveloppe des paraboles correspondant aux moments de rupture pour divers modes d'application des charges sur les travées. — Application à un exemple. — Détails de construction. — Ame pleine. — Poutre-caisse. — Ame en treillis. — Calcul direct de la partie en treillis dans le cas d'une seule travée.

Positions du tablier : 1° Sur les plates bandes supérieures, 2° Sur les plates bandes inférieures. — 3° Intermédiaire.

20° LEÇON. — Ponts à deux, trois et quatre poutres. — Comparaison.

*Poutres d'égale résistance par variation de la hauteur.* — Pont de Saltash. — Ponts de M. Pauli. — *Ponts sur arcs.* — Artifices de construction. — Pont d'Arcole. — Condi-

tions différentes des arcs en fonte et des ponts en tôle rivée, par suite des notables efforts d'extension qui peuvent se développer dans ceux-ci. Application de la courbe des pressions.

Influence des variations de température.

Ponts tournants. — Mode de calcul. — Calage. — Exemples.

21<sup>e</sup> LEÇON. 2<sup>e</sup> *Ponts suspendus*. — Tension des cables. — Nécessité de leur donner exactement la longueur calculée — Câbles. — Chaînes. — Longueur des maillons. — Longueur des tiges de suspension. — Amarrage des cables. — Ponts n'occupant qu'une travée partielle. — Motifs. — Ponts de plusieurs travées. — Indépendance des travées.

Application des ponts suspendus aux chemins de fer : — Exemples aux États-Unis. — Les inconvénients inhérents au principe, c'est-à-dire à la flexibilité des supports, disparaissent pour les très-grandes ouvertures.

*Opérations sur le chantier.*

22<sup>e</sup> LEÇON. — *Réception des matériaux* — Fer. — Tôles. — Fontes. — Résistances, élastiques et à la rupture. — Charges pratiques.

*Rivure*. — 1<sup>o</sup> A recouvrement, avec un ou plusieurs rangs de rivets ; — 2<sup>o</sup> à couvre-joints, avec un ou plusieurs rangs de rivets. Réduction de la résistance, dans l'hypothèse que les rivets travaillent par cisaillement. — Expériences qui confirment les conséquences de cette hypothèse, malgré son inexactitude pour les rivets posés et *façonnés* à chaud. — Couvre-joints doubles.

23<sup>e</sup> LEÇON. — *Levage*. — Exemples. — Ponts sur arcs. — Ponts sur poutres. — Lancement. — Pont de Fribourg. — Ponts suspendus.

VI. — COUVERTURES.

Inclinaison des combles. — Deux classes de couvertures. — 1<sup>o</sup> Sans couvre-joints spéciaux. — 2<sup>o</sup> A couvre-joints. 1<sup>re</sup> classe. — Tuiles plates, rectangulaires ou hexagonales. — Ardoises. — Pourquoi il y a partout une triple épaisseur.

2<sup>e</sup> classe. — Pannes, tuiles creuses ; couvertures métalliques ; zinc, plomb, tôle cannelée. Cuivre.

*Pose*. — Outils de couvreurs. — Lattes. — Voliges.

Zinc ; liberté de la dilatation et de la contraction. Joints montants à tringles.

VII. — APPLICATIONS DIVERSES.

24<sup>e</sup> LEÇON. — 1<sup>o</sup> *Cheminées d'appartements, et d'usines*. — Détermination de la section et de la hauteur de celles-ci. — Mode de construction.

2<sup>o</sup> *Machines diverses*. — Machines — outils. — Laminoirs. — Marteaux. — Grues à pivot inférieur. — Machines à vapeur.

3<sup>o</sup> *Travaux qu'exige l'aménagement des eaux motrices*. — Dignes d'étangs. — Prise d'eau. — Tête d'eau. — Canal de dérivation. — Barrage. — Déversoirs. — Vannes motrices, de décharge, de compensation.

25<sup>e</sup> LEÇON. — *Notions sommaires sur les travaux d'amélioration des rivières et de la navigation artificielle*. — 1<sup>o</sup> Rivières. — Imperfections auxquelles il faut remédier. — Dignes longitudinales submersibles. — Barrages éclusés. — Barrages mobiles. — Digression sur les inondations. — Dignes longitudinales insubmersibles. — Limites dans lesquelles il convient de les appliquer. — Exemples.

*Canaux*. — Canaux latéraux. — Canaux à point de partage. — Alimentation. — Sas et écluses. — Dépense d'eau par bateau montant ou descendant.

*Consistance d'un port maritime.* — Ports sans marée. — Ports à marée. — Étale. — Durée variable. — Jetées. — Avant-ports. — Bassins à flot. — Bassins et écluses de chasses. — Portes tournantes. — Absence de sas éclusés, dans les ports fréquentés par des navires d'un fort tonnage. — Grils de carénage. — Formes de radoub. — Docks flottants. — Docks de M. Clarke.

---

Deuxième partie.

---

Chemins de fer.

26<sup>e</sup> LEÇON. — Résistance au mouvement d'un corps glissant sur un plan horizontal.

Rouleaux.

*Roues.* — 1<sup>o</sup> Évaluation de l'effort de traction, en supposant le sol incompressible, et parfaitement uni.

2<sup>o</sup> Résistance due à la compressibilité du sol, même en le supposant parfaitement élastique.

3<sup>o</sup> Résistance due aux inégalités de la voie.

4<sup>o</sup> Influence de la vitesse, et des ressorts de suspension sur les pertes de force vive dues aux inégalités. — Valeur du *tirage* sur les routes pavées et enpierrées. — Terme prédominant. — But multiple des chemins de fer.

*Tracé.* — Éléments auxquels il faut avoir égard pour la détermination du tracé entre deux points fixés d'avance.

Choix entre les remblais et les viaducs, entre les tranchées et les souterrains. — Limite à partir de laquelle il n'y a point à hésiter dans le second cas.

Influence de la nature du terrain. Exemples. Série d'opérations à exécuter soit graphiquement, soit sur le terrain, pour dresser un projet de chemin de fer.

27<sup>e</sup> LEÇON. — Usage des cartes du dépôt de la guerre, des plans d'ensemble et de détail du cadastre.

Tracé, sur le terrain, de l'axe provisoire représenté seulement par ses alignements droits. — Plan, profils en long et en travers. — Rectification de l'axe provisoire. — Piquetage, sur le terrain, du tracé définitif suivant ses alignements droits et suivant les courbes de raccordement.

*Emprise du chemin.* — A niveau, en déblai, en remblai. — Surfaces de déblai et de remblai. — Plan parcellaire.

Calcul et distribution des terrasses. — Emprunts et dépôts.

Emprise moyenne par kilomètre courant des principaux chemins à deux voies et à une voie.

*Indications succinctes sur le mode d'exécution des travaux de terrassement.*

Transport : 1<sup>o</sup> à la brouette, 2<sup>o</sup> au tombereau, 3<sup>o</sup> au wagon sur voie provisoire.

Exécution des tranchées par *entonnoirs*.

*Souterrains*, méthodes diverses. — Puits. — Durée de l'exécution.

*Traversée de grandes chaînes.* — Souterrain du Mont-Genis. — Mesures prises pour assurer le raccordement des deux chantiers. — Compression de l'air. — Perforateurs. — Ventilation.

VOIE DE FER.

28<sup>e</sup> LEÇON. — Règlement du profil en travers. — Piquetage d'axe de la voie. — Pose de la voie. — Pose provisoire. — Vérification de la pose. — Jeu à ménager entre les bouts des rails.

*Examen et discussion des éléments de la voie.*

*Rails sur traverses avec coussinets* : leur section dérive du double T.

*Surface de roulement.* — Bombement. — Ses motifs.

**Base** — 1<sup>o</sup>: Champignons symétriques. — Retournement sens dessus dessous. — Motifs qui limitent ce retournement.

Causes du martelage du rail à coussinets.

**Rails à champignons inégaux.** — Vices de cette forme.

**Coussinets intermédiaires; de joint.** — Le coussinet donne l'inclinaison au rail. — L'inclinaison résulte de la conicité des bandages. — Utilité d'une faible conicité au point de vue du parcours en alignement droit.

**Coins.** — Sens de la position des coins relativement au sens de la marche des trains sur les chemins à deux voies.

**Entraînement des rails.** — Ses causes. — Influence des joints non éclissés, des pentes et des rampes, des courbes, des freins, de la vitesse.

**Chevilles.**

**Traverses intermédiaires, de joint; section, longueur, traverses équarries, demi-rondes, triangulaires.**

**Sabotage.** — Il fixe la largeur de la voie. — Discussion à ce sujet. — Enquête anglaise sur les largeurs de voie. — Exemples: voie Brunel. — Chemins russes, espagnols, ancienne voie badoise. — Emploi d'un troisième rail.

Gabarit de sabotage.

**Intervalles des traverses.** — Inégale répartition des appuis.

**Ballast.** — Conditions qu'il doit remplir. — Leur importance. — Cube par mètre courant de chemins à une et à deux voies.

**Rail Vignole ou américain.** — Avantages de cette forme comparativement au rail à coussinets.

Inutilité des plaques métalliques entre le rail et la traverse (ailleurs qu'au joint non éclissé). — Rapport de la hauteur à la largeur de la base. — Stabilité. — Attaches du rail. — Crampons. — Tire-fonds. — Préférence donnée à ceux-ci.

Rail en  $\Pi$  ou Brunel. — Inconvénient capital de cette forme.

Discussion de la pose sur longrines. — Exemples. — Great Western, anciennes voies de Bayonne, d'Auteuil, du Dauphiné, etc.

29<sup>e</sup> LEÇON. — **Consolidation des joints.** — Insuffisance du coin de joint, dans la voie à coussinets. — Éclisses. — Leur mode d'action. — Les boulons ne doivent travailler que par traction. — Éclisses à quatre et à trois boulons. — Rail entaillé du réseau central d'Orléans.

Calcul de l'effort moléculaire maximum développé dans le rail, dans l'éclisse, et de la tension du boulon. — Éclissage sur un appui ou en porte-à-faux dans la voie à coussinets. — Comparaison des deux modes.

Inutilité de la plaque de joint dans la voie Vignole éclissée, si ce n'est dans les courbes.

**Consolidation des joints dans les voies à rail à champignon trop aigu pour admettre l'éclisse proprement dite.** — **Coussinets — éclisses.** — Exemples: chemins de Lyon, de Paris à Mulhouse.

50<sup>e</sup> LEÇON. — **Points singuliers de la voie.**

1<sup>o</sup> **Passages à niveau.** — Contre-rails. — Barrières. — Dispositions diverses. Barrières: 1<sup>o</sup> tenues constamment fermées, et ouvertes à la demande de la circulation transversale; 2<sup>o</sup> tenues constamment ouvertes, et fermées avant le passage des trains. — Comparaison.

Barrières manœuvrées à distance.

2<sup>o</sup> **Traversée des voies navigables.** — A une très-petite hauteur au-dessus du plan d'eau. — Ponts tournants. — Exemples.

3<sup>o</sup> **Traversées de voies.** — Disposition d'une traversée complète. — Pointes. — Pattes de lièvre. — Lacunes. — Minimum de la largeur des jantes.

4<sup>o</sup> **Changement de voie.** — Tracé. — Longueur du changement. — Angle du croisement.

Pointes en fer, en fonte, en acier.

**Systèmes divers; à rails mobiles; à contre-rails mobiles.** — à aiguilles. — Longueur théorique. — Longueur réelle des aiguilles. — Sens des raccordements, relativement au sens

de la marche des trains sur les chemins à deux voies. — Voies de garage. — Danger des aiguilles en pointe. — Aiguilles faites à l'anglaise. — Changement à aiguilles inégales. — Inconvénients.

Moyens de protéger la pointe de l'aiguille de déviation.

*Changement à trois voies.*

*Manœuvre des aiguilles.* — Levier à contre-poids. — Contre-poids calé sur l'arbre. — Contre-poids mobile.

31<sup>e</sup> LEÇON. — *Plaques tournantes.* — Chariots pour passer d'une voie sur une voie parallèle.

*Dimensions réglementaires de la plate-forme.*

*Voie :* — Nécessité d'une uniformité absolue.

*Entre-voie :* — Accotement.

Exemples de profils en travers : — en tranchée, — en remblai, — en souterrain.

*Assèchement de la voie :*

Fossés. — Leurs dimensions. — Murettes. — Rigole dans les souterrains. — *Talus.* — Drainage. — Procédé de M. de Sazilly pour les affleurements argileux.

Assèchement des masses argileuses. — Exemples.

Assainissement des remblais. — Exemples.

#### MATÉRIEL DE TRANSPORT.

32<sup>e</sup> LEÇON. — *Caractères généraux.* — Leur discussion.

Nombre des essieux.

Parallélisme des essieux.

Solidarité des roues et des essieux.

Mentonnets des roues. — Pourquoi ils sont placés à l'intérieur.

Conicité des bandages.

Application de la charge en dehors des roues.

Position des roues sous la plate-forme des véhicules.

*Matériel à voyageurs.* — 1<sup>o</sup> *Voitures considérées isolément.*

*Châssis :* — Importance de ses fonctions; — emploi partiel ou total du fer; — ressorts de suspension; — mentottes.

*Essieux :* — forme; — travail du fer dans les essieux.

*Roues :* — Moyeux en fonte avec rais en fer mandriné. — Faux-cercles. — Moyeux et rais en fer forgé.

*Bandages :* — Profil.

*Boîtes à graisse :* — Coussinets; — graissage à la graisse.

*Boîtes à huile :* — Systèmes divers.

*Boîtes à galets.*

*Plaques de garde :* — Intervalle des essieux. — Influence de cet élément sur la stabilité des voitures à grande vitesse.

*Voitures à six roues :* — Exemples; — inconvénients.

*Caisses :* — Remarques sur les distributions intérieures. — Système à couloir longitudinal, usité aux États-Unis. — Motifs tout spéciaux de l'adoption de cette disposition au delà de l'Océan.

Voitures à deux étages pour les petits parcours.

33<sup>e</sup> LEÇON. — *Appareils de choc et de traction.* — Réaction des véhicules entre eux. — Au démarrage et à l'arrêt.

Nécessité d'intermédiaires élastiques, surtout pour la traction. — Systèmes divers.

*Matériel à voyageurs.* — Mode ordinaire, à deux grands ressorts de choc et de traction, à deux tampons, et à tendeurs à vis.

Système à ressorts distincts pour la traction et pour le choc, du matériel d'Orléans.

Attelage avec pression des tampons. — son utilité.

Chaînes de sûreté; — leur utilité douteuse.

Poids des voitures.

*Matériel à marchandises.* — Remarques sur la nécessité de ne pas trop multiplier les types spéciaux.

Trois grandes classes : 1<sup>o</sup> wagons plats; 2<sup>o</sup> wagons à hausses de 1 mètre; 3<sup>o</sup> wagons fermés.

Wagons spéciaux : wagons à bestiaux, — à lait ; — wagons accouplés pour les bois ; — wagons de service (coke, ballast).

Châssis.

Ressorts à menottes ou à patins. — Boîtes à graisse.

Roues montées, ordinairement les mêmes que celles du matériel à voyageurs.

Appareils de choc et de traction.

Systèmes divers ; — ressorts à feuilles d'acier ; — rondelles en caoutchouc ; — ressorts en spirale conique ; — liège.

RÉSISTANCE AU MOUVEMENT DES TRAINS REMORQUÉS,  
EN ALIGNEMENT DROIT.

Deux méthodes générales : 1° Évaluation individuelle de chacune des résistances ; 2° mesure en bloc de la résistance totale.

1<sup>re</sup> Méthode :

Trois résistances : 1° frottement de la fusée ; — 2° résistance à la jante ; — 3° résistance de l'air.

1° Frottement à la fusée ; — exagération de la valeur :  $f = 0,05$ , généralement admise.

54<sup>e</sup> LEÇON. — 2° Résistance à la jante : — Mode de détermination de M. Wood.

3° Résistance de l'air : — Ses lois ; — influence des surfaces masquées.

Formule donnant le coefficient de la résistance totale.

2<sup>e</sup> Méthode :

On peut procéder : 1° Par l'observation du mouvement uniforme sur une pente.

2° Par l'observation du mouvement varié, d'abord accéléré, puis retardé.

3° Par le dynamomètre totaliseur, placé entre le moteur et le train.

Pourquoi l'application du premier mode est très-restreinte. Application du deuxième mode par M. de Pambour.

3<sup>e</sup> Mode, le plus usité :

Expériences faites sur les chemins de fer de Lyon et de l'Est ; valeur trouvée sur ces lignes pour la résistance des diverses classes de trains.

Formule de M. Hardinge usitée en Angleterre.

DES COURBES.

55<sup>e</sup> LEÇON. — Surcroît de résistance à la traction en courbe, du matériel rigide.

1<sup>o</sup> Conditions, pour une paire de roues, du mouvement libre.

Rayon de la courbe que peut parcourir librement une paire de roues ayant la conicité et le jeu de la voie donnés en vue du parcours en alignement droit ; — vitesse à laquelle ce parcours libre peut s'effectuer, par suite de la force centripète due à cette conicité.

Insuffisance de cette courbure et de cette vitesse.

Accroissement de la conicité et du jeu de la voie, autant que le permet la largeur des jantes.

Destruction de la force centrifuge due à une vitesse beaucoup plus grande, par la surélévation du rail extérieur ; — répartition de cette surélévation. — Courbes rationnelles, substituées à l'arc de cercle aux deux extrémités de la courbe de raccordement des alignements.

2<sup>o</sup> Système de deux essieux : — Convergence ; — jeu des boîtes à graisse dans les plaques de garde.

5<sup>o</sup> Véhicules à trois essieux, ou plus ; — jeu de l'essieu intermédiaire dans le sens de sa longueur, pour racheter la flèche.

Rayon de la courbe qu'un wagon ordinaire peut parcourir, avec ces dispositions appliquées dans des limites qui ne nuisent pas à l'allure en alignement droit.

*Solutions applicables aux courbes plus roides :*

1° *Matériel américain* : — Son principe.

2° *Matériel articulé de M. Arnoux* : — Principe ; — description.

3° *Procédé de M. Laignel*, incomplet et d'une application très-restreinte.

4° *Boîtes à graisse à faces latérales obliques de M. Riener*.

#### TRACTION PAR LOCOMOTIVE.

56° LEÇON. — *Locomotive considérée comme véhicule*. — Comment le mouvement de translation du train résulte du mouvement de rotation des roues motrices. — Adhérence. — Relations qui existent, toutes choses égales d'ailleurs, entre la vitesse à laquelle une machine doit fonctionner, et son poids adhérent d'une part, le diamètre de ses roues motrices, de l'autre.

1° *Machines à grande vitesse*.

2° *Machines à petite vitesse*.

3° *Machines mixtes*.

*Valeur numérique de l'adhérence*. — Limites entre lesquelles elle varie. — Influence des conditions atmosphériques. — Influence de la vitesse.

*Moyen d'utiliser l'adhérence de plusieurs paires de roues*. — Accouplement. — Utilité de charger à peu près également les roues couplées.

*Moyen d'augmenter le coefficient de l'adhérence*. — Boîtes à sable.

*Répartition du poids de la machine entre ses essieux*.

*Machines à quatre roues*.

*Machines à six roues*. — Comment on a été conduit à ajouter un troisième essieu.

Limites entre lesquelles peut varier la charge sur rails pour chacune des trois paires de roues, la vapeur n'agissant pas sur les pistons.

Moyen de faire varier à volonté cette charge entre les limites dont il s'agit. — Ressorts. — Position du centre de gravité du poids suspendu. — Équation de condition pour l'égalité possible des charges sur les trois essieux.

*Machines à huit roues*.

*Machines à douze roues* du chemin de fer du Nord français. — Inconvénients de l'accouplement solidaire d'un grand nombre de roues. — Division de l'appareil moteur en deux groupes indépendants. — Machine à dix roues solitaires du chemin d'Orléans.

*Machines de M. Engerth*. — Transformation de ces machines sur le chemin de l'Est français, et ensuite au Sentering.

Système de la machine *Steierdorf* du chemin de fer autrichien.

*Nécessité de limiter la charge par essieu*, au double point de vue de la durée des rails et de celle des bandages.

*Influence de la pression de la vapeur sur les pistons*, sur la répartition du poids de la machine entre ses essieux.

*Expression des limites* entre lesquelles peut alors varier le contingent de chaque paire de roues.

*Loi des vitesses des pistons*, le mouvement de rotation de l'essieu moteur étant uniforme.

#### DESCRIPTION DE LA MACHINE PROPREMENT DITE.

##### 1° *Production de la vapeur*.

*Chaudière*. — *Enveloppe extérieure*. — Boîte à feu. — Corps cylindrique. — Boîte à fumée. — Cheminée.

*Système intérieur*. — Foyer. — Tubes. — Mode d'assemblage. — Foyer à bouilleur, longitudinal ou transversal. — Grille.

Chaudières pour l'emploi des combustibles crus. — Chaudières Mac-Connel. — Foyers fumivores. — Disposition de MM. Tembrinck et Bonnet. — Appareils de M. Clarke, de M. Thierry.

*Armatures des faces planes.*

Tirage. — Échappement fixe. — Variable.

*Entraînement de l'eau.* — Moyen de l'atténuer.

Alimentation. — Pompes. — Petit cheval. — Injecteur Giffard.

*Échauffement préalable de l'eau alimentaire.* — Motifs qui ont empêché d'abord l'injecteur Giffard de se répandre sur les chemins de fer allemands. — Puissance de vaporisation 1° du foyer, 2° des tubes. 3° moyenne, de l'unité de surface de chauffe totale. — Vaporisation par unité de poids de combustible. — Emploi de la tourbe en Bavière; cheminée de M. Klein.

2° *Emploi de la vapeur.*

37° LEÇON. — Toujours deux cylindres, ayant leur axe placé aussi près que possible de la roue motrice correspondante. — Motifs. — Influence de l'effort de traction, sur la répartition de la charge entre les essieux.

*Distribution.* — Pourquoi la distribution à tiroirs est seule en usage dans les locomotives.

*Avances.* — Avance linéaire du tiroir. — Avance angulaire correspondante de l'excentrique. — Positive ou négative, suivant que la transmission est directe ou indirecte.

*Recouvrement extérieur,* pour concilier deux avances très-différentes à l'admission et à l'échappement. — Conséquence importante de ce recouvrement: 1° détente sur la face *motrice* du piston; 2° Compression sur la face opposée ou *résistante*.

*Tentatives faites pour obtenir une plus grande détente,* au moyen d'un grand recouvrement extérieur donné.

Conséquence: recouvrement *intérieur*, pour réduire l'avance à l'échappement, devenue alors excessive.

*Motifs qui ont fait renoncer à cette disposition.* — 1° Conditions du démarrage dans toutes les positions des manivelles. — 2° Influence de l'air qui se comprime en avant des pistons, quand on marche avec le régulateur fermé.

*Changement de marche.* — Sens dans lequel s'opère la rotation de l'essieu, suivant que le rayon de l'excentrique est calé au-dessus ou au-dessous de la manivelle, le piston étant à l'origine de sa course. — Énoncé général.

Dans la distribution avec avances, il faut deux excentriques pour chaque tiroir.

38° LEÇON. — Système à barres d'excentrique indépendantes (Sharp).

Système à barres reliées par une coulisse concave vers l'essieu moteur (Stephenson).

Système à barres reliées par une coulisse convexe vers l'essieu moteur (Gooch).

*Table des lumières.* — Rapport de leur section à celle du cylindre.

*Course du tiroir.* — Ouverture des lumières, incomplète pour l'admission, mais totale pour l'échappement.

*Détente variable.* — Conditions de la marche économique d'une locomotive. — Pression constante dans la chaudière; période d'admission proportionnée au travail, très-variable, à produire.

1° *Détente variable par un seul tiroir.*

*Principe: 1<sup>er</sup> Mode.* — Barres d'excentrique indépendantes. — Influence sur les avances.

2° *Mode.* — Barres reliées par la coulisse de Stephenson. — Barres droites. — Barres croisées. — Influence contraire de ces deux dispositions sur les avances. — Barres reliées par la coulisse de Gooch. — Avances constantes. — Moyen d'avoir des avances constantes avec une coulisse rectiligne; mécanisme d'Allan et de Trick.

*Remarque sur la nécessité de rendre au tiroir la course maxima,* dès qu'on marche avec le régulateur fermé, pour éviter les effets de la compression de l'air.

*Inconvénient de la détente produite par le tiroir de distribution;* étranglement des lumières; laminage de la vapeur.

*Détente variable par un tiroir spécial.* — On peut faire varier dans le tiroir de détente, soit 1° sa largeur, 2° sa course.

1° Mode. — Détente de M. Meyer.

2° Mode. — Détente de M. Gonzenbach. — Inconvénient des systèmes qui, comme celui-ci, divisent la boîte à tiroir en deux compartiments. — Détente de M. Dolonceau.

*Discussion graphique des distributions précédentes.* — Admission, détente, échappement anticipé sur la face motrice. — Échappement libre, — Compression, contre-vapeur, sur la face résistante.

39° LEÇON. — *Examen des principaux types de machines.* — 1° Caractères principaux.

*Cylindres* extérieurs ou intérieurs, relativement aux roues motrices.

*Châssis*, intérieur, extérieur ou mixte.

*Roues motrices* au milieu, à l'arrière, derrière la chaudière.

*Machines à voyageurs.*

*Machine Sharp et Robert.*

*Machine New Patented de Stephenson.*

*Machines ordinaires à voyageurs* (Lyon Est-Nord).

*Machines Buddicom.*

*Machine Crampton.*

*Machines à marchandises* à 4, 6, 8, 10 et 12 roues couplées.

*Détails sur les principaux organes des machines.* — Cylindres. — Pistons. — Pistons suédois. — Bielles motrices. — Poulies d'excentriques. — Colliers. — Barres. — Coulisses. — Tiroirs.

*Essieux* droits, coudés pour châssis intérieur, et pour châssis extérieur. — Longérons.

*Ressorts de suspension.* — Calcul d'un ressort à feuilles étagées étant donnés : la flexibilité, la charge de rectification, et l'effort moléculaire sous cette charge.

Ressorts transversaux.

Balanciers. — Leur utilité.

Boîtes à huile pour châssis intérieur et extérieur. — Cousinets. — Plaques de garde. — Gales pour régler le serrage. Roues.

Fabrication des roues en fer forgé.

Roues de M. Arbel.

Bandages en fer, en acier puddlé, en acier fondu.

*Locomotives considérées au point de vue des courbes.* — Difficulté spéciale, résultant de l'existence presque constante de fortes pentes, sur les chemins de fer à courbes de petit rayon.

Dès lors, nécessité d'un grand effort de traction, d'un grand poids adhérent, et par suite de l'accouplement. — Tentatives faites pour transmettre le mouvement de rotation d'un groupe d'essieu à un autre sans empêcher leur déplacement angulaire relatif; engrenages de Norris et de M. Engerth. — Leur insuccès.

Conditions de la flèche à racheter, heureusement plus importantes que celles de la convergence des essieux. — Osselets. — Plans inclinés. — Ressort de M. Gaillet. — Balanciers de M. Beugnot. — Comparaison entre une machine unique très-puissante, et deux machines de puissance moitié moindre, à faible empatement.

EFFORTS ET MOUVEMENTS PARASITES DUS A L'INERTIE DES PIÈCES  
DU MÉCANISME ANIMÉES DE MOUVEMENTS RELATIFS.

Théorie de ces perturbations, déduite du principe de l'invariable du centre de gravité dans un système soumis à des actions intérieures. — Mouvement de recul. — Mouvement de lacet.

*Contre-poids.* — Expériences de M. Nollau. — Impossibilité de concilier, avec des contre-poids tournants, l'équilibre horizontal et l'équilibre vertical.

Déraillement de roues motrices causé par des contre-poids exagérés.

*Application des contre-poids aux machines à roues couplées.* — Contre-poids très-considérable qu'exigent alors les machines à cylindres extérieurs, même pour l'équilibre vertical seulement. — Machines à cylindres intérieurs. — Le contre-poids peut être nul ou inverse. — Mais le lacet subsiste quoique le recul soit annulé. — Règles pratiques admises pour l'application des contre-poids.

*Autres moyens qui concourent avec les contre-poids à la suppression des perturbations.* — Grand empattement de la machine. — Essieux extrêmes bien chargés. — Solidarité de la machine avec le tender.

*Tender.* — Capacité. — Poids. — Attelage. — Trémie. — Position des ressorts.

Raccordement. — Systèmes divers.

Machines — tender.

#### TRACTION SUR RAMPES.

40<sup>e</sup> LEÇON. — Effet utile de plus en plus faible de la locomotive, quand l'inclinaison des rampes croît, par suite de l'influence de son poids. — C'est en cela que consiste généralement l'impuissance des machines sur les fortes rampes, et non dans le défaut d'adhérence qui, à vitesses égales, ne manque pas plus que sur les rampes très-faibles ou sur niveau. — Cas dans lesquels c'est l'adhérence qui peut manquer sur les rampes : 1<sup>o</sup> conditions atmosphériques habituellement mauvaises ; 2<sup>o</sup> vitesse admise notablement plus faible que celle des trains lents sur niveau. — Limite d'inclinaison à partir de laquelle il convient de renoncer à la locomotive.

*Traction par machines fixes.* — Câble à un bout, à deux bouts, et sans fin. — Description des plans inclinés de Liège.

*Inconvénient.* — Nécessité presque absolue d'alignement droit en plan, et par suite, de travaux d'art et de terrassement considérables.

Résistances inhérentes au câble.

*Perfectionnements* introduits par M. Agudio, caractérisés :

1<sup>o</sup> Par l'action motrice du brin descendant du câble sans fin,

2<sup>o</sup> Par sa vitesse de translation, plus grande que celle du train.

*Détails succincts sur le système atmosphérique.* — Théorie. — 1<sup>o</sup> Travail emmagasiné (raréfaction). — 2<sup>o</sup> Travail dépensé à mesure qu'il se produit (épuisement).

Motifs de l'abandon de ce système en Angleterre et en France.

#### MOYENS D'ARRÊT.

1<sup>o</sup> *Action des résistances passives*, le moteur suspendant son action.

2<sup>o</sup> *Renversement de la distribution dans la locomotive.* Substitution de la vis au levier ordinaire de changement de marche.

Elle permet de renverser la marche, les tiroirs étant en pression.

*Application prolongée de la contre-vapeur.* — Inconvénients et danger qu'elle présente. — Moyen de les éliminer. Procédé de M. Ricour. — Injection de vapeur et d'eau, en proportions variables à volonté, dans l'échappement.

Nécessité de développer par d'autres moyens un travail résistant.

*Principe.* — Pression exercée sur des corps frottant, soit sur les rails, soit sur les parties des véhicules animés de mouvements relatifs, c'est-à-dire sur les roues. — Calage. — Limite que la pression sur les jantes ne doit pas dépasser, ni même atteindre. — Utilité de l'application d'un frein proprement dit aux locomotives elles-mêmes (en dehors des

locomotives-tender, qui en sont nécessairement pourvues).

*Freins agissant sur les rails.* — Frein Laignel. — Frein Didier. — Frein à vapeur.

*Freins agissant sur les jantes.*

*Freins à sabots suspendus aux caisses;* ils paralysent les ressorts de suspension.

*Freins à entretoises.*

*Manœuvre des freins.* — A leviers, à vis. — Freins dits : à entraînement.

*Freins à transmission.* — Exemple. — Système Newall.

*Freins automoteurs.* — Avantage. — Mis en action par le mécanicien lui-même.

*Frein Guérin* agissant par la rentrée des tampons; comment ce mode d'action se concilie avec la faculté de refouler.

*Utilité des boîtes à sable* appliquées aux locomotives en vue de l'adhérence, pour l'efficacité des freins.

*Nécessité d'un type de frein* servant à la fois pour les arrêts ordinaires et pour les arrêts imprévus. — Idée fautive d'un frein spécial dit : de détresse, servant seulement en cas de danger.

#### EXPLOITATION TECHNIQUE.

41<sup>e</sup> LEÇON. — 1<sup>o</sup> Mesures de sûreté, et entretien de la voie.

*Surveillance de la voie.* — Garde-lignes. — Équipes d'entretien. — Femmes garde-barrières. — Gardes-de-nuit. — Effectif total de ce personnel par kilomètres. — Taquets d'arrêt sur les voies de garage.

*Formation des trains.* — Dispositions réglementaires. — Trains de voyageurs. — Omnibus. — Mixtes. — Nombre de freins, dépendant du profil. — Exemples.

Wagons visités dès l'arrivée.

*Double traction.* — Attelage de la deuxième machine en queue sur les chemins à fortes rampes. — Véritable garantie

contre les marches en dérive par suite de ruptures d'attelage.

*Signaux destinés à assurer la marche des trains.*

1<sup>o</sup> *Chemins à deux voies.*

*Principe général.* — Voix libre, ou couverte par un signal. — Ce signal doit indiquer l'obstacle à une distance suffisante pour arrêter avant de l'atteindre.

Signaux des agents de la voie aux agents des trains : Voix libre. — Ralentissement. — Arrêt. — Signaux diurnes. — Signaux nocturnes.

*Signaux des points dangereux.* — 1<sup>o</sup> *Stations,* — L'arrêt des trains ou les manœuvres, y formant des obstacles continus à la circulation. — 2<sup>o</sup> *Courbes,* le mécanicien ne pouvant voir lui-même si la voie est libre. — 3<sup>o</sup> *Bifurcations.* — Points couverts par des signaux à demeure, visibles de loin.

*Deux systèmes de signaux fixes.* — 1<sup>o</sup> Sémaphores, placés près du point à couvrir, mais très-élevés. — 2<sup>o</sup> Signaux — disques peu élevés, mais placés en avant du point à couvrir, et manœuvrés à distance.

*Disposition de ces signaux, dont l'emploi est général en France.* — Manœuvre en courbe. — Fils de transmission à dilatation libre.

*Moyen de contrôler la position du disque,* — quand il n'est pas visible de la station. — Trembleuse mue par un courant qui ne passe que quand le disque est à fond de course à l'arrêt. — Moyen de s'assurer pendant la nuit que le feu invisible de la station n'est pas éteint.

42<sup>e</sup> LEÇON. — *Signaux des poseurs.* — *Pilotage.* — *Signaux des trains.*

*Train en détresse.* — Doit immédiatement se couvrir à l'arrière, à la distance réglementaire. — Signaux détonants. — Leur utilité, surtout en temps de brouillard.

*Train ralenti.* — Obligation du conducteur de queue.

*Causes les plus habituelles des collisions.*

*Signaux sur les trains.*

1° Signaux du mécanicien aux conducteurs. — Sifflet de la machine.

2° Signaux des conducteurs au mécanicien. — Imperfection actuelle de cette communication. — Timbre du tender. — Les signaux des conducteurs au mécanicien n'arrivent souvent que par l'intermédiaire des garde-lignes.

*Signaux des changements de voie.*

2° Chemins à une voie.

*Condition spéciale.* — Rendre impossible les rencontres de trains de sens contraires (quant aux trains de même sens, mêmes règles que pour les chemins à deux voies). — Déplacement des croisements. — Nécessité d'un mode de communication parfaitement sûr et prompt, de station à station. — Ancienne télégraphie optique des chemins allemands. — Télégraphie électrique. — Dépêches à échanger.

*Expédition des trains extraordinaires.* — Trois catégories. — 1° Annoncé par un ordre de service, notifié à tout le personnel y compris celui de la voie. — 2° Annoncé seulement par le train précédent. — 3° Annoncé télégraphiquement aux stations seulement.

*Service de secours.*

*Machines de réserve.* — Leur répartition suivant le profil et l'activité du trafic. — Départ de la machine de secours : — 1° Sur retard. — 2° Sur demande de train en détresse. — Demande de secours en avant ou en arrière. — Cas où le secours peut venir à contre-voie, sur les chemins à deux voies.

APPLICATION DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE AUX CHEMINS DE FER.

*Production du courant.* — Courants d'induction. — Pourquoi ils ont été abandonnés.

*Piles.* — Pile de Bunsen. — Ses inconvénients. — Pile de Daniel.

*Transmission du courant.* — Fer. — Galvanisation. — Diamètre. — Tension. — Supports isolants. — Tendeurs. — Poteaux. — Espacement. — Poteaux métalliques employés en Allemagne et en Suisse.

*Disposition des fils dans les souterrains.*

Paratonnerres.

*Transmission des signaux.* — Appareil à cadran des chemins de fer français. — Manipulateur. — Récepteur. — Sonneries d'avertissement. — Disposition complète d'un poste télégraphique intermédiaire. — Télégraphie de M. Morse.

*Usages de la télégraphie électrique.*

*Annonce des trains extraordinaires aux stations.*

*Annonce des trains aux garde-barrières :* — Exemples.

*Sonnerie des garde-lignes,* en usage sur plusieurs chemins de fer allemands.

*Maintien de la distance entre les trains de même sens* au moyen de postes télégraphiques, un seul train étant compris entre deux postes voisins. — Exemple : appareil Tyer.

*Application du même principe aux longs souterrains* sur les chemins de fer de l'Est, de la Méditerranée.

*Demande de secours.* — Essai de la mise en rapport direct du train en détresse avec le fil de la voie.

*Annonce préalable des trains sur les chemins à une voie.*

*Déplacement des croisements,* et réduction des perturbations causées par les retards des trains.

*Usage de la télégraphie* pour annoncer à l'aval l'arrivée d'une portion de train partie en dérive sur une pente, et qu'on n'a pu arrêter. — Exemples.

*Essais d'application* des courants à la communication entre les conducteurs, à la manœuvre des freins, et à celle des disques mis à l'arrêt et effacés par les trains eux-mêmes.

*Appareils de sûreté appliqués aux machines locomotives.* — Soupapes. — Manomètre. — Manomètre à maxima. —

Indicateur du niveau. — Robinets. — Bouchons de plomb du ciel du foyer. — Cendrier.

Roues pleines du tender, pour atténuer la projection des fragments incandescents.

*Limite de la vitesse* : elle n'a rien d'absolu. — Indicateur des vitesses.

*Stations et gares.*

*Gares extrêmes.*

*Gares intermédiaires.*

43<sup>e</sup> LEÇON. — *Stations de rebroussement.* — Application des rebroussements à la traversée des montagnes. — Exemples.

*Gares de bifurcation.* — Dispositions diverses. — Nécessité presque absolue d'un palier assez long à toutes les stations de quelque importance.

*Gares de voyageurs.* — Consistance. — Quais de départ et d'arrivée. — Manœuvres au départ et à l'arrivée des trains. — Entrée des trains. — 1<sup>o</sup> Machines en tête. — 2<sup>o</sup> Machines en queue. — Cas des trains de banlieue.

*Dispositions spéciales du bâtiment des voyageurs.* — Exemples : — Gare de la rive droite à Versailles. — Gare de Saumur. — Gares du chemin d'Auteuil. — Remises de voitures. — Chariots de remises.

*Dépôts de machines.* — Grues hydrauliques. — Réservoirs. — Appareil à enlever les roues. — Bascule pour le réglage des ressorts de suspension. — Réservoirs. — Fosses à piquer le feu. — Moyens de nettoyage. — Petites réparations.

*Gares de marchandises.* — Consistance. — Largeur relative des quais de départ et d'arrivée. — Gares, — entrepôts.

*Règle générale* : — Entrée des trains par refoulement. — Motifs de cette règle. — Dérogations. — Formation et décomposition des trains. — Voies reliées aux voies principales : 1<sup>o</sup> par changements de voie ; 2<sup>o</sup> par plaques tour-

nantes. — Exemples de cette dernière disposition. — Ses conséquences onéreuses.

*Emploi des grues Armstrong* dans les gares anglaises. — Exemples.

Ateliers de réparations. — Leur consistance.

#### EXPLOITATION CONSIDÉRÉE SOUS LE RAPPORT ÉCONOMIQUE.

##### Dépenses.

*Rails.* — Causes de leur détérioration. — Ils ne s'oxydent pas. — Durée. — Fabrication des rails. — Conditions des cahiers des charges. — Réception. — Garantie. — Prix. — Dépense annuelle kilométrique.

*Traverses.* — Destruction à peu près indépendante de l'activité de trafic.

Durée  $\left\{ \begin{array}{l} \text{du chêne} \\ \text{des autres} \\ \text{essences} \end{array} \right\}$  sans préparation.

Dépense annuelle du renouvellement des traverses.

Préparation. — Réactifs divers. — Mode d'application. — Le cœur n'est pénétré par aucun réactif, si ce n'est tout au plus la créosote.

44<sup>e</sup> LEÇON. — Matériel roulant. — Voitures à voyageurs. — Nombre et prix par kilomètre. — Exemple.

Wagons à marchandises, nombre et prix par kilomètre. — Exemple.

Locomotives, nombre et prix par kilomètre. — Exemple.

Principales divisions du coût total kilométrique de l'établissement de chemins de fer. — Exemples.

Analyse des principaux éléments du coût du *train-kilomètre*. — Traction.

Entretien des machines. — Coût kilométrique. — Exemples. — Parcours annuel des machines ; leur parcours total.

Tubes. — Classement par séries. — Raboutissage. — Tubes en fer. — Foyers.

**Combustible.** — Dépense kilométrique. — Exemples. — Effet utile de la locomotive, déduit des consommations de la machine remorquant un train, et de la machine se remorquant seule à la même vitesse.

**Eau.** — Importance de sa bonne qualité. — Influence des dépôts adhérents. — Essais hydrotimétriques. — Prise d'eau en rivière. — Dépense kilométrique.

Graisse et huile.

**Personnel.**

**Bandages.** — Leur parcours total.

**Essieux.** — Essieux coudés. — Parcours total.

Coût total de la traction du train — kilomètre.

Coût total du train — kilomètre.

Coût du voyageur — kilomètre.

Coût de la tonne — kilomètre.

#### Recettes.

Tarifs : 1° *de voyageurs*, perçus généralement pleins.

2° *De marchandises.* — Maxima réglementaires. — Classification. — Délais d'expédition et de livraison. — Classifications des compagnies françaises.

*Tarifs d'application.* — 1° *Généraux.*

2° *Spéciaux.* — Exemples. — Réductions suivant certaines directions, ou suivant un sens déterminé. — Motivées surtout par la concurrence des voies navigables, et par l'inégalité du trafic dans les deux sens.

Wagons pleins. — Train complet. — Délais allongés.

*Tarifs différentiels.* — Ce qui les motive.

3° *Tarifs communs.*

4° *Tarifs internationaux.*

*Exemples de recette brute kilométrique.*

#### CONDITIONS FINANCIÈRES DE L'EXÉCUTION DES CHEMINS DE FER.

Subvention de l'État. — Sa nécessité dans beaucoup de cas résultant de la comparaison du coût total d'établissement, de la recette brute kilométrique, et du tant pour cent de la dépense d'exploitation.

Formes diverses de la subvention. — Loi du 12 juin 1842. — Révisions successives des conventions entre l'État et les compagnies.

## COURS D'AGRICULTURE.

## PRÉLIMINAIRES.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Définition du cours. — Point de vue spécial auquel il doit être fait à l'École des mines.

Géologie agricole.

Considérations générales sur la France. — Sa division en régions agricoles. — Sa production végétale et animale. — Évaluation annuelle du rendement en céréales.

## PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA SCIENCE AGRICOLE.

2<sup>e</sup> LEÇON. — *Physiologie végétale*. — Organisation et fonctions des racines, des tiges, des feuilles, des fleurs, des graines. Analyses comparatives des différents végétaux et de leurs cendres. Germination des végétaux; leur alimentation par l'air, par l'eau et par la terre végétale.

3<sup>e</sup> ET 4<sup>e</sup> LEÇON. — *Météorologie agricole*. — Air atmosphérique. — Sa pression. — Vents. — Humidité. — Quantité d'eau tombée et évaporée. — Lumière et électricité. — Orages. — Grêle. — Chaleur. — De la prévision du temps. — Climats des régions agricoles de la France.

5<sup>e</sup> ET 6<sup>e</sup> LEÇON. — *Terre végétale*. — Sa composition minéralogique et chimique. — Ses propriétés physiques et agricoles. — Rôle que remplissent ses différentes parties. — Son origine. — Du sol et du sous-sol. — Classification des terres végétales. — Moyens de corriger leurs défauts. — Terres végétales des régions naturelles de la France.

## ALIMENTATION VÉGÉTALE.

7<sup>e</sup> LEÇON. — *Engrais végétaux*. — Préparation des débris végétaux qui doivent servir d'engrais. — *Fumures vertes*. — *Goëmon et plantes marines*. — *Tourteaux*. — *Marc*s.

8<sup>e</sup> ET 9<sup>e</sup> LEÇON. — *Engrais animaux*. — *Fumier* : Sa préparation. — Composition des différents fumiers. — Évaluation de la capacité des fosses destinées à le conserver. — Litières : pailles des céréales; genêt et bruyère. Emploi de la terre comme litière.

*Guano* : Sa composition et ses principaux gisements. — Fraudes sur le guano. — Son emploi. — Son mode d'action.

*Engrais humain* : Sa richesse. — Procédés de désinfection pour rendre les vidanges inodores. Utilisation de l'engrais humain dans plusieurs parties de la France. — Son transport à de grandes distances par chemin de fer. — Engrais liquides; leur préparation. — Leur distribution par jallissement ou par le système tubulaire. — Résultats obtenus en Angleterre. — Essais faits par l'Administration Municipale aux environs de Paris.

*Poudrette et engrais composés avec des matières fécales*. — Caractères, composition, fabrication et emploi de la poudrette. — Matières diverses employées pour absorber les déjections : tourteaux, chiffons de laine, corne, phosphates, chaux, cendres, charrées, matériaux salpêtrés, suie, plâtre, bog-head, tourbe. — Mode d'action de ces engrais artificiels.

*Sang et chair musculaire* : Transformation du sang en engrais commercial par des procédés chimiques ou physiques. — Utilisation de la chair musculaire dans des composts. — Emploi de la chair en poudre. — Débris de poissons.

*Noir animal* : Différentes qualités de cet engrais. — Cultures auxquelles il convient. — Fraudes exercées sur le noir animal. — Son mélange avec la tourbe.

10°, 11° ET 12° LEÇON. *Engrais minéraux*. — *Ammoniaque et sels ammoniacaux*. — *Nitrates*. Leur faculté fertilisante. Leur production. Leur diffusion dans la nature.

*Sel marin*. Son mode d'action. — *Sels de potasse*. — *Engrais alcalins* : Feldspath. Glauconie.

*Cendres* : Leur composition et leur classification. — *Charrées*. — *Cendres de varechs, de tourbe et de houille*.

*Chaux* : Emploi de la chaux dans l'agriculture. — Procédés de chaulage. — Mode d'action de la chaux; quantité à employer.

*Marne* : Marnage. — Mode d'action de la marne. — Quantité à employer.

*Tangue* : Distribution de la tangue sur les côtes de France. Son origine. Sa composition. Mode d'emploi et d'action. — *Sable coquillier, traëz, maërl, sablon calcaire*, — *Faluns*.

*Sulfates* : Plâtre. — Sulfate de fer.

*Phosphates* : Chaux phosphatée; nodules et coprolites. — Travaux de M. Élie de Beaumont sur l'emploi agricole des phosphates. — Superphosphate de chaux.

*Engrais chimiques*. — *Conditions de l'équilibre dans la fertilité des sols*.

*Amendements divers*.

*Terreautage*. — *Écobuage*. — *Épierrement*.

#### SYSTEMES DE CULTURE.

13° LEÇON. — *Assolements*. — Leur théorie. — Assolements suivis dans quelques parties de la France. — *Jachère*.

*Différents systèmes de culture*. — *Méthode intensive*. — *Méthode extensive*. — *Défrichements*.

#### CULTURES SPÉCIALES.

*Céréales*. — *Blé*. — Préparation de la terre. — Engrais à employer. — Récolte et rendement.

*Plantes fourragères* : *Prairies permanentes*, — *Prairies temporaires*.

*Plantes industrielles* : *Plantes oléifères, textiles, tinctoriales*.

Culture des champignons dans les carrières des environs de Paris.

*Conservation des céréales et des produits agricoles*.

#### ALIMENTATION DU BÉTAIL.

Composition des aliments; leur valeur nutritive et leurs équivalents. — *Élevage et engraissement*.

#### DES EAUX CONSIDÉRÉES AU POINT DE VUE AGRICOLE.

14° LEÇON. — *Nappes superficielles*. — *Nappes souterraines*; leur forme, leur relation avec les nappes superficielles et avec les couches imperméables qui sont à l'intérieur de la terre.

*Recherche des eaux*.

*Composition des eaux*. — *Eaux de rivières, de sources, de puits*. — Leur composition varie avec les terrains dans lesquelles elles coulent : terrains calcaires, gypseux, argileux, siliceux, granitiques, volcaniques, pyriteux. — *Eaux des forêts, des marais, des tourbières*. — *Eaux acides provenant des mines*. — Les effets utiles ou nuisibles que les eaux produisent en agriculture dépendent surtout de leur composition.

#### ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE.

15° LEÇON. — *Curage des cours d'eau*. — *Assainissement au moyen de rigoles ouvertes*.

Assainissement au moyen de *rigoles couvertes* ou *drainage*. — Historique. — Des différents modes d'exécution des canaux de drainage. — Profondeur, écartement et tracé des drains. — Du drainage des sources. — Volume de l'eau entraînée par les drains. — Sa composition chimique. — Effets et théorie du drainage. — Résultats financiers des travaux de drainage.

## DESSÈCHEMENTS.

16<sup>e</sup> LEÇON. — *Études préliminaires.*

— *Travaux de dessèchement* : — Dessèchements à l'aide de canaux d'écoulement. — Dessèchements à l'aide de machines. — Puits forés et puisards absorbants. — Mise en valeur des polders et des terrains marécageux situés au bord de la mer. — Exemples pris dans le nord, dans l'ouest et dans le sud de la France.

## IRRIGATIONS.

17<sup>e</sup> LEÇON. — *Moyens d'obtenir des eaux pour les irrigations.* — Puits ordinaires et artésiens. — Eaux provenant des travaux de drainage. — Eaux de source. — Eaux de pluies, étangs et réservoirs. — Prises d'eau dans les rivières et les ruisseaux.

*Irrigations par arrosement et par submersion.*

*Exemples de grandes opérations d'irrigation.*

Utilisation des eaux d'égout en Écosse, en Angleterre, en Italie, en France.

*Limonages et colmatages.* — Leur emploi pour l'amélioration du sol arable. — Création de terres végétales fertiles par les colmatages et par les alluvions artificielles. — Travaux de la basse Seine.

## MÉCANIQUE AGRICOLE.

18<sup>e</sup> LEÇON. — *Machines servant à la préparation du sol.* — Bêches, charrues, scarificateurs, cultivateurs. — Rouleaux, herses. — Charrues et piocheuses à vapeur. — Différents modes de labour : planches, billons, — Semoirs.

19<sup>e</sup> LEÇON. — *Instruments pour recueillir et pour préparer les récoltes.* — Moissonneuses ; faucheuses ; faneuses ; coupe-racines ; machines à battre.

*Constructions rurales. — Économie rurale.*

## CARTES GÉOLOGIQUES-AGRONOMIQUES.

20<sup>e</sup> LEÇON. — Exposé des différentes méthodes employées pour exécuter ces cartes.

Examen spécial de celles qui ont été publiées jusqu'à présent dans divers pays. Leur utilité pour la mise en valeur et la culture rationnelle du sol.

Carte géologique agronomique de la France.

## COURS DE DROIT ADMINISTRATIF.

ET

## D'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

## PROLÉGOMÈNES.

1<sup>re</sup> LEÇON. — Utilité, pour le service du corps des ingénieurs des mines, d'une étude de l'économie politique et du droit administratif. — Différence capitale, au point de vue du plan, entre un cours de ces deux sciences — professé dans une école *spéciale* — et les cours professés dans des établissements d'instruction *générale*. — Attributions et organisation du corps impérial des mines.

Principe fondamental de l'économie politique, — du droit. — Distinction entre ces deux sciences ; — leurs rapports de subordination et leurs points de contact.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES D'ÉCONOMIE POLITIQUE. — Production. — Consommation. — Division du travail. — Échange (direct, indirect). — Vente. — Achat. — Monnaie. — Métaux précieux. — Les produits s'échangent contre des produits. — Richesses.

2<sup>e</sup> LEÇON. — Utilité. — Valeur. — Prix-courant, de revient. — Loi de l'offre et de la demande. — Machines. — Salaires. — Grèves. — Principe du libre échange.

Liberté du travail. — Réglementation (système préventif, — répressif). — Rôle économique de l'État. — Caractères essentiels du socialisme.

3<sup>e</sup> LEÇON. — NOTIONS ÉLÉMENTAIRES SUR L'ORGANISATION AD-

MINISTRATIVE DE LA FRANCE. — Objet de l'administration publique. — Pouvoir *législatif* : Conseil d'État, Corps législatif, Sénat. — De la loi. — Pouvoir *exécutif* : attributions des autorités administrative et judiciaire. — Domaines respectifs des pouvoirs législatif et exécutif.

*Empereur* : — Attributions administratives. — Dénomination de ses actes, — voies de recours, — interprétation.

*Ministres* : — Attributions administratives. — Dénomination de leurs actes, — voies de recours. — Organisation actuelle du ministère des travaux publics, en ce qui concerne les attributions du corps des mines : — Secrétariat général. — Services des Mines, — des chemins de fer en exploitation. — Conseils divers institués auprès du ministre (Mines. — Chemins de fer. — Machines à vapeur. — Établissements dangereux, insalubres ou incommodes).

4<sup>e</sup> LEÇON. — *Conseil d'État* : — Attributions législatives, — administratives, — contentieuses. — Conflits d'attributions entre les autorités administrative et judiciaire.

*Préfets* : — Attributions administratives. — Dénomination de leurs actes, — voies de recours. — Décentralisation administrative, en ce qui concerne l'objet de ce cours. — Conseils divers institués auprès des préfets (hygiène publique, — bateaux à vapeur....).

*Conseils de préfecture* : — Attributions administratives, — contentieuses ; — Dénomination de leurs actes, — voies de recours. — Leur rôle en ce qui concerne l'objet de ce cours (travaux *utiles* d'exploration de mines, redevances publiques des mines, établissements dangereux, insalubres ou incommodes, — chemins de fer).

*Conseils généraux* de département. — *Sous-préfet*. — *Conseils d'arrondissement*. — *Maires*. — *Conseils municipaux*.

5<sup>e</sup> LEÇON. — NOTIONS ÉLÉMENTAIRES SUR L'ORGANISATION JUDICIAIRE DE LA FRANCE. — avec exemples pris dans l'objet

de ce cours. — Juridictions civile, commerciale et correctionnelle. — Dénomination des actes des diverses autorités judiciaires. — Voies de recours. — Cour de cassation (chambres des requêtes, civile, — criminelle, — réunies). — Cours d'appel. — Tribunaux de première instance. — Juges de paix. — Tribunaux de simple police. — Ministère public (son rôle obligatoire dans les affaires civiles de législation minérale). — Officiers de police judiciaire (chemins de fer).

Des expertises, — auxquelles est consacré un titre spécial de la loi organique sur la propriété minérale.

#### LÉGISLATION MINÉRALE.

6<sup>e</sup> LEÇON. — Du principe de la propriété, au point de vue économique et au point de vue légal. — Application aux substances minérales. — A qui doivent-elles être attribuées, — de l'État, — du propriétaire du sol — ou de l'inventeur? — En France, les mines ont toujours été considérées comme des propriétés publiques.

Période historique (1413-1791). — Droit régalien de l'ancienne monarchie. — Apparition des *minières* et des *carrières*.

Période transitionnelle (1791-1810). — La législation ne distingue que des *mines* et des *carrières*, — ainsi que cela aura lieu à partir de 1876.

Solution donnée par le législateur de 1810, — classant les substances minérales en trois catégories, distinguées par l'attribution de propriété. — Caractère propre aux *mines*, — aux *minières*, — aux *carrières*.

**Mines.** — Système de la loi de 1810. — Situation faite au propriétaire du sol et à l'inventeur.

*Redevance tréfoncière.* — Bases diverses d'après lesquelles elle est fixée par le gouvernement. — Mode usité en Bel-

gique, depuis 1857. — Cas spécial du département de la Loire. — Voies de communication, par terre et par eau.

Définition légale de l'*inventeur*. — Cas où il n'est pas déclaré concessionnaire.

7<sup>e</sup> LEÇON. — Assimilation de la propriété des mines à la propriété superficielle, — sauf trois exceptions. — Division, — historique de la question des amodiations houillères de la Loire. — Déchéance. — Réunion des concessions de mines de même nature, — historique de l'association houillère de la Loire (1846-1854).

*Recherche des mines.* — Cas où l'explorateur est propriétaire du sol ou aux droits de celui-ci. — Cas où le propriétaire du sol refuse son consentement. — Vente des produits de recherches. — Remboursement des travaux *utiles* à l'explorateur par le concessionnaire.

Instruction d'une demande en concession de mines. — Formalités de publicité : affiches et publications. — Toute modification d'une concession est précédée des mêmes formalités que l'institution de celle-ci. — Types récents d'acte de concession et de cahier des charges y annexé. — Cas où le demandeur n'est pas seul et se trouve en présence d'*opposants* ou de *concurrents*. — Si l'opposition est fondée sur une question de propriété, elle est de la compétence judiciaire. — Demandes en concurrence survenues *pendant* ou *après* la période de publicité de la demande primitive en concession, — distinction à faire à cet égard.

Obligations diverses du concessionnaire de mines nouvellement institué ; — bornage immédiat, règlements de comptes.....

8<sup>e</sup> LEÇON. — *Relations de ce concessionnaire et du propriétaire du sol.* — Droit d'occupation, dans l'intérieur du périmètre concédé, des terrains nécessaires à l'exploitation de la mine (puits, machines, magasins, chemins, remblais....). — Le cas de dégradation est régi par le droit commun. —

Réciprocité entre les deux propriétés superficielle et souterraine. — Caution à fournir par le concessionnaire de mines, au cas de travaux à faire sous des constructions. — Les mines et les chemins de fer. — Article 11 de la loi de 1810.

*Relations des concessionnaires de mines entre eux.* — Loi de 1838. — Droits réciproques des concessionnaires de mines *superposées* (caution), — *contiguës* (investison), — *voisines* (accidents). — Travaux communs à plusieurs concessions.

*Relations de ces concessionnaires et de leurs ouvriers.* — Livrets. — Police du personnel. — Travail des enfants. — Mesures de sécurité. — Caisses de secours et de retraites de l'industrie minière.

*Relations des concessionnaires et des communes.* — Contribution à l'entretien des voies vicinales. — Redevance tréfoncière des chemins communaux.

*Police des mines :* — Loi de 1838, décret de 1813, ordonnance de 1843. — Dispositions du type le plus récent de cahier des charges. — Abandon d'un champ d'exploitation. — Plans et registres des travaux souterrains. — Procès-verbaux de visite des ingénieurs de l'État. — Dangers probables, urgents ou imminents, d'une exploitation. — Accidents (procès-verbaux, statistique officielle, responsabilité).

9<sup>e</sup> LEÇON. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES IMPÔTS, — directs ou indirects, — de quotité ou de répartition. — Théorie économique et légale.

*Redevances sur les mines :* — Fixe, — toujours due, — cas de concessions superposées ; — proportionnelle, — Décret de 1811, — définitivement modifié par celui de 1866, quant aux règles de l'abonnement. — Impôt de quotité (comme la patente, — dont les mines sont exemptes), la redevance proportionnelle des mines est, pour la perception, assimilée à la contribution foncière. — Mode d'évaluation, aux termes

de la jurisprudence administrative la plus récente, de la *recette*, de la *dépense* et, par conséquent, du *produit net*. — Détails pratiques. — Contentieux. — Statistique.

10<sup>e</sup> LEÇON. — *De la houille.* — Période de l'ancienne monarchie. — Système de la loi de 1791 à l'égard des mines voisines de la surface. — Rôle capital de la houille dans la législation française. — Statistique de la production, de la consommation, de l'importation et de l'exportation. — Tableaux numériques et graphiques. — Cartes figuratives. — Industrie et commerce de la houille à l'étranger, — particulièrement en Angleterre et en Belgique. — La houille et les chemins de fer. — Régime douanier des combustibles minéraux.

*Du sel.* — Période antérieure à 1840, — historique de la compagnie des salines de l'Est. — Législation actuelle (sel à l'état solide, liquide). — Statistique de la production et de la consommation du sel. — Impôt du sel. — Tableaux et cartes statistiques.

Législation minière des colonies françaises : — Algérie, — Guyane. — Aperçu des principales législations étrangères.

11<sup>e</sup> LEÇON. — **Minères.** — Généralités. — Pyrite de fer et alun.

*Du fer.* — Période historique : — antérieure à 1791, — de 1791 à 1810.

Législation actuelle. — Relations des propriétaires du sol et des maîtres de forges. — Cas d'un terrain boisé. — Police des minères. — Type de règlement. — Accidents.

Cas où un gîte de minerai doit être considéré comme *minière* ou comme *mine*, — où la *minière* devient une *mine*. — Obligations des concessionnaires de mines envers les propriétaires du sol, — envers les maîtres de forges. — En Algérie, tout minerai de fer est concessible.

Modification édictée, à partir de 1876, par une loi de 1866. — Jusqu'en 1876, — les maîtres de forges (institués

antérieurement à 1866) conservent le droit exceptionnel d'occuper les terrains nécessaires au lavage du minerai et à l'établissement de chemins de charroi (sous les réserves de l'article 11 de la loi de 1810).

12° LEÇON. — Statistique de la production des fontes et fers, — au bois, à la houille, au combustible mélangé, — des aciers. — Tableaux numériques et graphiques. — Industrie et commerce du fer à l'étranger, — particulièrement en Angleterre. — Régime douanier. — Expédient des acquits-à-caution.

— Transition de la loi de 1791 à celle de 1810 : — exploitants munis d'un titre régulier de concession, au moment de la promulgation de la loi actuelle, — exploitants munis d'un titre de concession non conforme à la législation de 1791, — exploitants non munis d'un titre de concession. — Demandeurs en concession dont le dossier était à l'instruction au 21 avril 1810.

Substances minérales classées dans les mines par la loi de 1791 et non concessibles suivant celle de 1810.

13° LEÇON. — **Carrières.** — Périodes de l'ancienne monarchie, — de 1791. — Législation actuelle. — Type de règlement. — Police des carrières, tant à ciel ouvert que souterraines. — Protection des chemins publics. — Accidents. — Statistique.

**Tourbières.** — Cette classe accessoire d'exploitations minérales ne diffère légalement des carrières qu'en ce qu'il est pourvu, dans l'intérêt de la salubrité publique, à la direction d'ensemble des travaux. — Police. — Statistique.

14° LEÇON. — NOTIONS SUCINCTES DE DROIT PÉNAL — Contrevenant, délit. — Prescription pour la poursuite de l'infraction ou l'application de la peine. — Complicité. — Jurisdiction compétente suivant la nature de l'infraction. — Par qui, contre qui et comment (affirmation, visa pour

timbre, enregistrement en débet) sont dressés les procès-verbaux de constatation?

Titre pénal de la loi de 1810, — pour les mines, — minières (loi de 1866), — carrières souterraines (celles à ciel ouvert ressortissant à la juridiction de simple police), — tourbières (article 84 de la loi). — L'article 463 du code pénal n'est point applicable ; — mais, aux termes de la jurisprudence, la peine d'emprisonnement, inscrite dans l'article 96, ne doit être prononcée qu'en cas de récidive.

#### SOURCES D'EAUX MINÉRALES.

15° LEÇON. — Historique légal. — Projets de loi de 1837 et de 1845. — Décret de 1848. — Circulaire ministérielle de 1855.

Loi de 1856 et règlements d'administration publique promulgués, en 1856 et 1860, pour son exécution. — Suspension provisoire des travaux souterrains de nature à compromettre l'existence d'une source. — Pénalités spéciales (article 463 du code pénal).

*Source déclarée d'utilité publique.* — Instruction à laquelle est soumise une telle déclaration (plan, affiches et publication, enquête, ...) — Expropriation.

*Périmètre de protection.* — Instruction qui en précède la fixation. — Modification possible de ce périmètre. — Travaux, souterrains ou à ciel ouvert, à entreprendre par des tiers à l'intérieur. — Indemnité due au cas de suspension, etc.

Droit, accordé au propriétaire de la source, de faire les travaux nécessaires à l'exploitation sur le terrain d'autrui. — sur son terrain.

#### APPAREILS A VAPEUR.

16° LEÇON. — Historique de la réglementation : — Période de 1810 à 1843, — de 1843 à 1865.

Législation actuelle : — Décret de 1865. — Loi pénale de 1856, — réduite aux dispositions qui restent en vigueur depuis la promulgation de ce décret.

*Chaudières fixes* : — Épreuves, timbre. — Appareils de sûreté (soupapes, manomètre, appareil alimentaire, indicateurs du niveau de l'eau). — Déclaration au préfet. — Conditions d'emplacement, suivant les catégories (1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>). — Fumivorité. — Contraventions. — Explosions. — Article 437 du code pénal. — Statistique annuelle.

*Machines locomobiles*. — dispositions spéciales.

#### BATEAUX A VAPEUR.

*Navigation fluviale*. — Ordonnance de 1843 : — Permis de navigation annuel. — Conditions à remplir par la chaudière. — Mesures diverses concernant le service même des bateaux.

*Navigation maritime*. — Ordonnance de 1846 : — Permis de navigation, etc. — Éclairage extérieur.

Dispositions pénales de la loi de 1856 relatives à la navigation à vapeur. — Statistiques annuelles.

#### ÉTABLISSEMENTS DANGEREUX, INSALUBRES OU INCOMMODES.

17<sup>e</sup> LEÇON. — Régime de l'autorisation administrative, fixé par un décret de 1810 et une ordonnance de 1815. — Classement des industries au point de vue de cette autorisation, — qui, d'ailleurs, ne met point obstacle à l'action judiciaire des tiers lésés (décret de 1866). — Principes généraux. — Dépôt d'une copie de l'autorisation aux archives de la commune. — Lacune relative à la surveillance.

1<sup>re</sup> classe. — Autorisation accordée, sauf recours au conseil d'État, par le préfet (depuis le décret sur la décentralisation administrative), — après production d'un plan des lieux, apposition d'affiches, enquête, avis du conseil d'hy-

giène et, s'il y a des oppositions, du conseil de préfecture. — La suppression peut avoir lieu par décret impérial, rendu en conseil d'État. — Conditions le plus ordinairement imposées à certaines industries.

2<sup>e</sup> classe. — Autorisation accordée également, sauf recours au conseil d'État, par le préfet, — après enquête, avis du conseil d'hygiène et, s'il y a des oppositions, du conseil de préfecture.

3<sup>e</sup> classe. — Autorisation accordée par le sous-préfet, sauf recours au conseil de préfecture et, en appel, au conseil d'État.

Conditions spéciales imposées à quelques industries classées (Distillation et travail en grand des hydrocarbures, fabrication du gaz d'éclairage et de chauffage...).

Conditions du maintien des établissements antérieurs au décret de 1810. — Algérie, etc. — Dommages causés aux voisins par l'exploitation d'un établissement industriel.

#### CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION

18<sup>e</sup> LEÇON. — Nature de la concession d'un chemin de fer. — Formes à suivre pour l'obtenir. — Modèle de cahier des charges. — Séquestre. — Déchéance. — Rachat. — Le concessionnaire de chemin de fer considéré comme entrepreneur de travaux publics, — de transport, — comme industriel.

Organisation actuelle de la surveillance administrative des chemins de fer, tant au point de vue de l'exploitation technique qu'au point de vue de l'exploitation commerciale : — corps des ponts et chaussées ; — corps des mines ; — inspecteurs de l'exploitation commerciale. — Commissaires de surveillance administrative. — Agents assermentés des compagnies.

19<sup>e</sup> LEÇON. — *Voie* : — Régime de la grande voirie. — Clôtures. — Passages à niveau. — Excavations. — Dépôts.

*Matériel locomoteur, fixe et roulant* : — Machines locomotives : décret de 1865 et ordonnance de 1846. — Machines à vapeur fixes. — Voitures à voyageurs. — Statistique.

*Exploitation technique*. — Composition, attelage et éclairage (intérieur, extérieur) des trains (freins, — machines de réserve et de renfort). — Marche des trains ordinaires, extraordinaires, de plaisir (retards, etc.). — Mesures diverses de sécurité (signaux, transport des rails, des matières dangereuses). — Accidents, statistique.

*Police des chemins de fer*. — Cours des stations. — Buf-fets, etc. — Transport des bestiaux, des matières infectes. — Compartiments réservés. — Objets perdus sur les chemins de fer.

20° LEÇON. — *Exploitation commerciale*. — Étude économique des péages sur les voies de communication. — Régime des tarifs de chemins de fer. — Homologation administrative.

*Transports sur la voie ferrée*. — Interdiction des traités particuliers. — Statistique.

Classification légale des tarifs, — au point de vue des conditions (*maximum, général, spécial*). — des parcours (*proportionnel, différentiel*).

Maximum du cahier des charges. — Tarifs *généraux* (modèle uniforme). — Tarifs *spéciaux* ou conditionnels : — caractère facultatif ; — conditions habituelles pour les marchandises (wagon complet, augmentation de délai, non-responsabilité, chargement ou déchargement...). — Suppression des tarifs d'*abonnement*.

Principe économique et légal des tarifs *différentiels* — Tarifs à taxe ferme (clause des stations non dénommées). — Tarifs à prix kilométrique (solution de l'anomalie que présente le point de passage).

Tarifs communs, internationaux. — Tarifs de *transit*, — d'*exportation*.

Tarifs *exceptionnels* (annuels, permanents).

21° LEÇON. — *Voyageurs* : — trois classes. — Calcul du prix de transport par kilomètre (impôts). — Question des retards. — Billets de place, — d'aller et de retour ; — militaires et marins, — enfants. — Chiens. — Bagages, — excédants, groupement.

*Marchandises*. — Grande vitesse : — Messagerie, denrées, valeurs, ... — Chiens. — Pompes funèbres.

Petite vitesse : — Classes, séries. — Masses indivisibles et objets de dimensions exceptionnelles. — Matériel roulant.

Marchandises ne pesant pas 200 kilogrammes au mètre cube. — Voitures. — Animaux. — Matières dangereuses. — Petits colis, groupage.

Conditionnement des marchandises. — Déclaration à faire par l'expéditeur. — Déboursés et remboursement. — Lettre de voiture et récépissé (modèles).

22° LEÇON. — *Délais d'expédition, de transport et de livraison*, de gare en gare, des marchandises sur les chemins de fer. — Grande vitesse, — denrées de halle. — Petite vitesse : — durée générale du trajet, calculée à raison de 125 kilomètres par vingt-quatre heures (Barème), — de 200 kilomètres, dans certains cas.

*Frais accessoires* : — Enregistrement. — Manutention (gare, chargement, déchargement). — Pesage. — Magasinage. — Stationnement des wagons. — Magasinage des objets abandonnés dans les gares et vendus par le domaine.

23° LEÇON. — *Transports en dehors de la voie ferrée*. — Factage. — Camionnage. — Correspondance des voyageurs et des marchandises. — Réexpédition de celles-ci.

*Personnel des compagnies*, — actif et soumis à la surveillance de l'administration publique, — assermenté. — Révocation.

*Ministère de l'intérieur*. — Télégraphie électrique. — Police. — Transport des prisonniers, aliénés, émigrants, indigents.

24. LEÇON. — *Ministère de la justice.* — Procès-verbaux dressés par les agents de l'État, — par les préposés des compagnies. — Statistique régulière des décisions judiciaires rendues en matière de chemins de fer en exploitation.

*Ministère de la guerre.* — Transport des poudres par chemins de fer. — Transport à prix réduit du personnel et du matériel.

*Ministère de la marine.* — Même objet.

25. LEÇON. — *Ministère des finances.* — Contributions directes (foncière, taxe additionnelle de mainmorte. — Portes et fenêtres. — Personnelle et mobilière. — Patentes). — Indirectes (Dixième et double décime. — Enregistrement, timbre. — Octrois, transport des boissons, sels et sucres). — Douanes. — Postes.

— Chemins de fer d'intérêt local. — Embranchements industriels.

## PROGRAMME DES LEÇONS DE TOPOGRAPHIE.

### 1° LEVÉ SUPERFICIEL.

1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> LEÇON. — PLANIMÉTRIE.

Principes généraux. — Mesure des bases.

*Levé au théodolite ou au graphomètre.* — Triangulation. — Carnet et registre des calculs.

*Levé à la boussole carrée.* — Méthode des cheminements. — Variations accidentelles et périodiques (diurne, annuelle, séculaire) de l'aiguille aimantée. — Méthodes diverses employées pour le transport des observations sur une épure.

*Levé à la planchette.* — Application au relevé des courbes de niveau.

4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> LEÇON. — NIVELLEMENT.

*Nivellement barométrique.* — Tables. — Corrections. — Application aux études géologiques.

*Nivellement topographique.* — Nivellement rapide. — Niveau d'eau. — Mire à voyant. — Tracé des courbes de niveau.

Nivellement de précision. — Niveaux à lunette d'Egault, de Lenoir, de Bourdaloue, etc. — Mires parlantes. — Limite de portée des niveaux. — Éclimètres.

### 2° LEVÉ SOUTERRAIN.

6<sup>e</sup> LEÇON. — *Levé à la boussole des mines.* — Poche de mineur. — Boussole suspendue. — Déclinatoire. — Carnets. — Registre des calculs. — Transport des résultats du levé sur une épure.

7° LEÇON. — *Levé au théodolite.* — Théodolite simplifié de M. Combes. — Théodolites centrés. — Mires de nuit. — Carnet d'opération. — Registre des calculs. — Projet de percement d'une galerie.

### 3° APPLICATIONS.

8°, 9° et 10° LEÇON. — *Détermination et tracé d'une méridienne.* — Usage de la lunette méridienne, du théodolite, de la boussole carrée, du gnomon, etc. — Corrections des observations solaires. — Tracé de la méridienne sur le sol et dans la salle d'épures. — Étude de la déclinaison de l'aiguille aimantée.

*Détermination de l'heure locale et de la latitude.* — Usage du sextant, du théodolite et de la lunette méridienne portative.

*Détermination de la longitude.* — Méthodes des distances lunaires relevées au sextant. — Tables données par la connaissance des temps. — Corrections. — Observation des éclipses des satellites de Jupiter. — Méthode des culminations lunaires.

*Étude d'un cours d'eau.* — Planimétrie à la boussole carrée. — Nivellement de précision. — Évaluation de la force motrice d'une chute d'eau.

*Avant-projet d'une voie de communication.* — Établissement et nivellement du profil en long et des profils en travers. — Carnets et registres des calculs. — Établissement de la voie. — Limites du terrain à exproprier. Épure des lignes bleues. — Cubature des terrasses.

## EXTRAITS DE GÉOLOGIE.

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

Nous nous proposons de résumer sommairement les principaux travaux de géologie qui ont été publiés en 1867 et 1868. Comme l'année précédente, ces extraits se composeront de deux parties, les terrains et les roches. Les terrains ont été traités par M. de Lapparent et les roches par M. Delesse.

## PREMIÈRE PARTIE.

### CLASSIFICATION DES TERRAINS.

Une classification générale des terrains a été proposée par M. A. Vézian (1). Les divisions qu'il établit comprennent des ères, des périodes, des séries, des systèmes, et enfin ces derniers se subdivisent eux-mêmes en un grand nombre d'étages.

Si nous considérons les périodes, elles sont basées sur les caractères tirés des êtres qui leur appartiennent; la première, dite azoïque, est, comme on sait, dépourvue de plantes et d'animaux; la dernière dite homozoïque (ομοος, semblable; ζωον, animal), est ainsi nommée à cause de la grande ressemblance de sa faune avec celle de l'époque actuelle. La classification géologique de M. Vézian, présente quelque analogie avec celle des temps historiques; car les périodes azoïque, paléozoïque, mésozoïque, néozoïque, homozoïque sont rattachées entre elles par des rapports analogues à ceux qui existent entre les périodes que les historiens appellent temps fabuleux, temps anciens, moyen âge, temps modernes et époque contemporaine. Voici du reste le tableau qui résume la classification adoptée :

(1) Prodrôme de géologie, tome III, page 456.

## CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES TERRAINS

proposée par M. A. VÉZIAN.

Ères.	Périodes.	Séries.	Systèmes.	Synonymie.	Règne de l'homme.		
JOVIENNE.	HOMOZOÏQUE.	GLACIAIRE. . . . .	XXI. Diluvium.	T. quaternaire.	Règne des mammifères et des angiospermes.		
		PROBOSCIDIENNE. . . . .	XX. Pliocène.				
	NÉOZOÏQUE.	NUMMULITIQUE. . . . .	XIX. Miocène.	XVIII. Parisien.	Terrain tertiaire.	Règne des reptiles et des gymnospermes.	
			XVII. Suessonien.	XVI. Craie blanche.			
		CRÉTACÉE. . . . .	XV. Grès vert.	XIV. Néocomien.			Terrain secondaire.
			XIII. Oolite supérieure.	XII. Oolite moyenne.			
	TELLURIENNE.	MÉSOZOÏQUE.	JURASSIQUE. . . . .	XI. Oolite inférieure.	Terrain primaire.	Règne des poissons et des acrogènes.	
			TRIASIQUE. . . . .	X. Lias.			IX. Infralias.
		PSAMMITIQUE. . . . .		VIII. Trias.			VII. Permien.
				TRILOBITIQUE. . . . .			VI. Houiller.
AZOÏQUE. . . . .		I. Strato-cristallin.	IV. Dévonien.				III. Silurien.
	II. Cambrien.		I. Strato-cristallin.				
NEPTUNIENNE AZOÏQUE.							

TEMPS GÉOLOGIQUES.

On voit que l'ensemble des terrains est divisé en neuf séries, et ces dernières sont établies en tenant compte des modifications apportées, non-seulement dans la faune et la flore de notre planète, mais encore dans la constitution topographique et climatologique ainsi que dans la nature des phénomènes géologiques.

La série azoïque, qui est à la base des terrains, correspond exactement à la période du même nom et à l'ère dite neptunienne.

M. Vézian observe que pendant la première partie de la période paléozoïque, le sol de l'Europe n'a cessé d'obéir à un mouvement ascensionnel, qui a eu pour conséquence l'accroissement de la terre ferme et la formation d'un vaste continent. Puis un mouvement en sens contraire s'est opéré et a eu pour résultat le retour des eaux océaniques qui, à la fin de la période paléozoïque, étaient sur le point d'envahir la majeure partie de la France; c'est pourquoi la période paléozoïque a été divisée en deux séries, trilobitique et psammitique.

Quant à la période mésozoïque, elle comprend les séries triasique, jurassique et crétacée. Ces deux dernières, dit M. Vézian, correspondent exactement à la deuxième et à la troisième des cinq oscillations qui depuis les premiers temps géologiques jusqu'à nos jours ont été imprimées au sol de l'Europe.

La période néozoïque se divise en deux séries, nummulitique et proboscidiennne, correspondant, l'une à la quatrième et l'autre à la cinquième oscillation.

Maintenant la période homozoïque comprend seulement la série diluvienne qui se distingue nettement des autres terrains.

Et même comme, pendant la période homozoïque, le sol de l'Europe a continué à s'exhausser, M. Vézian remarque que, si l'on tenait compte seulement des phénomènes dynamiques, on serait conduit à considérer cette série diluvienne comme n'étant que le dernier terme de la série néozoïque.

Enfin les neuf séries sont subdivisées en vingt et un systèmes dont le détail est encore donné par le tableau précédent.

## Variations de la faune et de la flore dans la série des terrains.

Bien que les terrains n'aient encore été étudiés que d'une manière incomplète, et qu'on soit loin de connaître tous les êtres qui peuplaient notre globe à chaque époque géologique, il est possible de résumer l'ensemble de nos connaissances à cet égard. C'est ce qu'ont déjà fait MM. Pictet, Dana et divers paléontolo-

logistes; c'est encore ce que vient d'essayer M. A. Vézian (1), qui a dressé un tableau donnant la répartition des principaux groupes d'animaux et de végétaux qui ont peuplé notre globe. (Voir pages 488 et 489).

Ce tableau résume les variations que présentent les êtres dans toute la série des terrains.

Il comprend deux colonnes :

1° L'une verticale à gauche, dans laquelle figure la série des terrains géologiques;

2° L'autre horizontale, où se trouvent inscrits les noms des principaux groupes d'animaux et de végétaux. Un trait, mené au-dessous de chacun de ces groupes et mis en regard de la colonne verticale, indique pendant combien de temps il a fait partie de la faune et de la flore de notre planète.

Lorsque le trait est continu, c'est l'indice que le groupe auquel il correspond n'a pas cessé, pendant un intervalle plus ou moins long, d'être représenté à la surface du globe.

Dans le cas contraire, le trait offre des interruptions dénotant que le groupe auquel il se rattache, avant de prendre place d'une manière définitive dans la faune ou la flore, a fait quelques courtes apparitions; les mammifères et les oiseaux sont dans ce cas.

L'inspection de ce tableau suffit pour mettre en évidence, autant du moins que le comporte l'état actuel de la science, les lois principales de la paléophytologie et de la paléontologie.

(1) Prodrôme de Géologie, III, p. 297.

## HISTOIRE GÉOLOGIQUE

DES

### PRINCIPAUX GROUPES D'ANIMAUX ET DE VÉGÉTAUX.



## TERRAINS PALÉOZOÏQUES.

## TERRAINS ANTÉRIEURS AU TERRAIN SILURIEN.

**Eozoon canadiense.**

M. Carpenter (1) a signalé, dans un échantillon d'Eozoon, une particularité qui lui a paru fournir une preuve décisive en faveur de l'origine organique de ce fossile (2) : les lamelles calcaires de l'Eozoon, soumises, en plaques minces, à des expériences optiques, ont laissé apercevoir un système de canaux des mieux marqués : d'un autre côté, il n'y avait aucune différence de composition, ni de structure, entre la matière calcaire qui remplissait ces canaux et celle qui les entourait. La fossilisation de l'Eozoon s'est donc accomplie comme celle d'un oursin dans une matrice calcaire venant remplir de chaux carbonatée les espaces réticulaires du squelette : or, suivant M. Carpenter, aucun mode de cristallisation purement minérale ne pourrait expliquer l'existence de ramifications de carbonate de chaux qui se seraient disposées exactement suivant le même système cristallin que la chaux carbonatée encaissante.

— On se rappelle (3) que, lorsque la découverte de l'Eozoon canadiense fut annoncée en Europe, M. Geinitz émit l'opinion que ce fossile pourrait bien être, non pas un foraminifère, mais un spongiaire. La même opinion est professée par M. Lechmere Guppy (4), à la suite d'un travail de M. Hancock, qui a mis en évidence l'extrême analogie des cellules et du sarcode dans les éponges du genre *Cliona* d'une part, et les Orbitoïdes d'autre part : il paraît que le dessin donné par M. Hancock des *Cliona* ressemble d'une manière frappante à celui de l'Eozoon. Sans doute l'Eozoon est voisin des Rhizopodes, mais il formerait en quelque sorte la transition entre cette famille et celle des éponges. M. Guppy voit une confirmation de ses vues dans la découverte, annoncée par M. Dawson, de spicules siliceux dans les cellules

(1) *Americ. Journ.*, XLIV, 374.(2) *Revue de géologie*, IV, 146; V, 160; VI, 157.(3) *Revue de géologie*, VI, 159.(4) *Geol. Mag.*, IV, 376.

de l'Eozoon : au lieu de considérer ces spicules comme un remplissage adventif, M. Guppy trouve qu'il est plus naturel de les regarder comme une partie intégrante de l'animal.

FINLANDE. — M. Pusirewski (1) annonce qu'il a rencontré l'Eozoon canadiense dans le calcaire d'Hopunwara en Finlande ; ce calcaire fait partie de la division inférieure des schistes métamorphiques de cette contrée : il est serpentineux et l'auteur le regarde comme appartenant, ainsi que les schistes qui l'encaissent, au terrain laurentien.

## TERRAIN SILURIEN.

Le nom de terrain *silurien* étant employé par les auteurs avec des significations souvent très-différentes, nous croyons utile de prévenir que nous lui donnons, dans la *Revue de Géologie*, la même acception que M. Barrande. Il s'étend donc, en bas, jusqu'à l'origine de la faune primordiale, et comprend le système *cambrien* des géologues anglais.

PAYS DE GALLES. — Les roches rouges appartenant à l'étage cambrien inférieur n'avaient fourni jusqu'ici d'autres fossiles que des traces de vers. MM. Salter et Hicks (2) ont découvert dans ces couches, à Saint-David, dans le nord du pays de Galles, une *Lingulella* qui a reçu le nom de *Lingulella ferruginea* (var. *ovalis*).

Plus récemment encore, M. Hicks (3) a trouvé, au-dessous des couches à *Lingulella*, dans les grès de Harlech, toute une colonie de fossiles (*Paradoxides*, *Conocoryphe*, *Agnostus*, etc.), et il est persuadé que des recherches plus attentives amèneraient, dans tout le pays de Galles, des découvertes semblables.

Ainsi les grès de Harlech, que M. Salter (4) classait au-dessous de la zone primordiale de M. Barrande, devraient maintenant être rattachés à cette zone.

— M. Belt (5), qui s'occupe depuis plusieurs années de l'étude du

(1) *Bull. acad. de Saint-Petersbourg*, X, 151.(2) *Geol. Society*, 19 juin 1867.(3) *Geol. Mag.*, IV, 428.(4) *Revue de géologie*, VI, 161.(5) *Geol. Mag.*, IV, 493, 536.

terrain cambrien dans le district de Dolgelly, a proposé une classification nouvelle de ce terrain : se fondant sur la découverte des Paradoxides dans les grès de Harlech, il réunit à ces grès le groupe *ménévien* créé par M. Salter pour les couches à Paradoxides Davidis (1), et compose le cambrien inférieur des trois étages suivants : au sommet le groupe ménévien, au milieu les grès de Harlech ; à la base les schistes de Bangor.

Quant au cambrien supérieur, il formerait, de haut en bas, les groupes de Tremadoc, de Dolgelly, de Festiniog et de Maentwrog.

Le groupe de Tremadoc est depuis longtemps connu et décrit par les auteurs.

Le groupe de Dolgelly, puissant d'environ 200 mètres, est formé au sommet par des schistes noirs tendres très-fissiles, avec grains de fer pisolithique, et contenant les espèces suivantes : *Conocoryphe abdita*, *Peltura scarabœoides*, *Sphærophthalmus bisulcatus*, *S. humilis*, *Agnostus princeps*, *A. trisectus*, *A. obtusus*, *Orthis denticularis*, *Lingulella*, *Obolella*, etc. La base du groupe est constituée par des schistes bleus et durs contenant, en abondance, une petite espèce d'orthis avec la *Parabolina (olenus) spinulosa*.

Le groupe de Festiniog, épais de 650 mètres, est caractérisé par les *Lingulella Davisii* et *Hymenocaris vermicauca* : on y trouve aussi, dans la partie supérieure, les *Conocoryphe micrucca* et *Bellerophon cambriensis*. Cette division est simplement une partie de l'ancien groupe de Festiniog, créé par M. Sedgwick.

Le groupe de Maentwrog, puissant de 800 mètres, comprend un étage supérieur, avec *Agnostus pisiformis*, *Olenus cataractes*, *O. truncatus* et un étage inférieur avec *Olenus gibbosus*, *Agnostus nodosus* et *A. pisiformis*, variété *obesus*. La roche la plus fréquente, dans ce groupe, est un schiste ferrugineux bleu noir, fissuré.

Les trois divisions de Maentwrog, de Festiniog et de Dolgelly se distinguent les unes des autres à la fois par leurs roches et leurs fossiles ; aucun des crustacés de l'une de ces divisions ne passe dans les autres et chacune contient des genres qui lui appartiennent en propre.

— M. Wyatt Edgell (2) distingue, dans le silurien inférieur, au-dessus du groupe d'Arenig et de Skiddaw (3), deux étages dans le groupe de Llandeilo. L'étage inférieur est caractérisé par *Asaphus peltastes*, *A. tyrannus*, *Ogygia Buchii*, *Calymene Cambrensis*, *Tri-*

(1) *Revue de géologie*, VI, 161.

(2) *Geol. Mag.*, IV, 113.

(3) *Revue de géologie*, VI, 161.

*nucleus favus*, *Lichas patriarchus*, *Bellerophon bilobatus*, *Lingula granulata*, *Orthis striatula*.

L'étage supérieur contient : *Asaphus Cornlandensis*, *Ogygia Buchii*, *Barrandia radians*, *Calymene duplicata*, *Trinucleus fimbriatus*, *Cheirurus Sedgwickii*, *Ampyx nudus*, *Agnostus Mac-Coyi*, *Lingula Ramsayi*, *Murchisonia simplex*, *Modiolopsis inflata*, *Didymograpsus Murchisoni*.

Ces deux étages reposent l'un sur l'autre en stratification concordante près de Buith, dans le comté de Radnor.

L'*Ogygia Buchii* est, par excellence, le fossile caractéristique de l'ensemble de la série de Llandeilo.

CUMBERLAND. — MM. Harkness et Nicholson (1) avaient annoncé que les groupes de Wenlock et de Llandovery ne sont pas représentés dans la région des lacs du Cumberland, et que les dalles et grès de Coniston se rattachent au Caradoc supérieur. M. Hughes (2), après une étude détaillée des localités, a acquis la conviction que les dalles de Coniston doivent être séparées du calcaire de Coniston et des schistes calcaires qui l'accompagnent pour être placées à la base du Silurien supérieur de la région des lacs. Ce résultat est conforme à ce que M. Sedgwick enseignait dès 1846. Les dalles de Coniston sont caractérisées par la *Cardiola interrupta* et les *Graptolithes* ; elles reposent en stratification discordante sur la série inférieure, que caractérisent l'*Orthis actoniae* et le *Trinucleus concentricus*.

ÉCOSSE. — M. Nicholson (3) a trouvé dans le terrain silurien inférieur de l'Écosse méridionale, plusieurs espèces nouvelles de graptolithes : ce sont les *Corynoïdes calicularis*, *Diplograpsus tabulariformis*, *D. acuminatus*, *Didymograpsus anceps* et quelques espèces déjà décrites par M. Hall dans les schistes d'Amérique.

ARDENNES. — On sait qu'André Dumont avait divisé le terrain silurien de la région ardennaise en trois systèmes, le *S. devillien*, le *S. revinien* et le *S. salmien* ; ces trois systèmes réunis constituaient le terrain *ardennais*. Les raisons données par Dumont pour justifier l'assimilation des ardoises de Deville à celle de Fumay, et leur placement à la base du terrain ardennais n'ont pas paru suffisamment concluantes à MM. Gosselet et Malaise (4).

(1) *Revue de géologie*, VI, 160.

(2) *Geol. Mag.*, IV, 346.

(3) *Geol. Mag.*, IV, 107.

(4) *Bull. acad. royale de Belgique*, [2], XXVI, n° 7.

Ces géologues, après une étude minutieuse de la vallée de la Meuse, croient que la série ardennaise se compose, dans le massif de Rocroy, de quatre bandes parallèles, inclinées vers le sud-est et qui sont, en commençant par la plus ancienne, du moins en apparence : 1° les phyllades violets de Fumay; 2° les phyllades noirs pyritifères de Revin; 3° les phyllades verts aimantifères de Deville; 4° les phyllades noirs pyritifères de Bogny.

Dans le massif de Stavelot, en Belgique, la deuxième assise serait représentée par les quartzites et phyllades noirs des Hautes-Fanges; la troisième par les quartzites et phyllades blanc-verdâtres de Grand-Halleux, et la quatrième par les quartzites et phyllades noirs pyritifères de Brucken, au-dessous desquels apparaissent les quartzophyllades de la Lienne et les phyllades violets à coticules de Salm-Château.

L'étage des quartzophyllades a fourni à Spa, un fragment de trilobite où l'on a cru reconnaître la plèvre d'un paradoxide; les mêmes couches contiennent des Dictyonema et le Chondrites antiquus.

ALLEMAGNE. — MM. Geinitz et Liebe (1) ont étudié à Wurzbach, près de Lobenstein, des schistes à annélides qu'ils regardent comme les équivalents, en Allemagne, du système taconique de l'Amérique du Nord ou, du moins, de la partie de ce système où Emmons a signalé des annélides et autres organismes caractéristiques. Ces schistes occupent, dans le silurien inférieur, un niveau moins élevé que celui des assises à graptolithes de la Thuringe; il paraît convenable de les placer à la hauteur du groupe de Trenton des géologues américains.

Les fossiles de ces schistes sont : Phyllocytes Jacksoni, P. thuringiacus, Nereites Loomisi, en fait d'annélides; et, en fait d'algues, les Palæochorda marina, P. spiralis, Chondrites succulens, C. flexuosus, etc. On n'y a pas encore trouvé de trilobites; les orthocères et les crinoïdes y sont rares.

D'après M. Barrande (2), l'horizon des schistes de Wurzbach serait très-voisin de celui des schistes de Hof, dans lesquels M. Wirth a recueilli des fossiles qui établissent un passage entre la faune silurienne première et la faune seconde, de telle façon qu'il serait impossible de séparer ces deux faunes pour les placer dans deux étages géologiques distincts.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, 244. — Faune silurienne des environs de Hof: Paris, décembre 1868.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, 181.

NORWÈGE. — M. Kjerulf, dans sa carte géologique des environs de Christiania (1), subdivise ainsi qu'il suit, de haut en bas, le terrain silurien de cette contrée :

Calcaire à orthocères, avec orthoceras cochleatum et schistes à graptolithes.

Calcaire à coraux et à pentamères (Malmö, Ulvöe).

Grauwacke argilo-schisteuse et calcaires sableux.

Grauwacke schisteuse avec rognons et plaquettes de calcaire hydraulique (Iles situées au sud de Christiania).

Calcaire à orthocères, avec orthoceras vaginatum et schistes à graptolithes.

Calcaire fétide et schistes alunifères.

AUSTRALIE. — M. Mac Coy (2) a signalé la présence du silurien supérieur (étages de May Hill et de Wenlock), dans plusieurs localités de la colonie de Victoria, où l'on a rencontré les Phacops longicaudatus et Spirigera reticulata.

Le groupe de Ludlow est représenté par les Orthoceras bullatum, Homalonotus Harrisoni, Graptolithus Ludensis, Pentamerus australis.

Le silurien inférieur comprend tous les schistes à filons aurifères de Victoria, lesquels, d'après M. Mac Coy, sont identiques, comme âge et comme caractères, avec les schistes aurifères du nord du pays de Galles. Les schistes australiens contiennent beaucoup de graptolithes des genres Diplograpsus et Phyllograpsus, avec l'Hymenocaris Salteri et des genres fossiles caractéristiques du groupe de Bala en Angleterre.

M. Mac Coy insiste sur ce que le silurien inférieur et le silurien supérieur sont séparés, en Australie aussi bien qu'en Angleterre, par une ligne de démarcation bien tranchée, qui doit être tirée entre le grès de May-Hill et celui de Caradoc.

NEVADA. — M. Whitney (3) a annoncé la découverte du terrain silurien, près de Hot-Creek, dans l'état de Nevada, à l'ouest des montagnes Rocheuses, dans l'Amérique du Nord; les fossiles recueillis se rapportent aux étages de Trenton et de Niagara. Ce fait est d'autant plus intéressant que, jusqu'ici, on n'a signalé aucune trace du terrain silurien dans la chaîne des montagnes Rocheuses.

(1) Christiania, 1864.

(2) *Americ. Journ.*, XLIV, 279.

(3) *Americ. Journ.*, XLIII, 267.

NOUVEAU-BRUNSWICK. — Il y a quelque temps, MM. Mathew et Hartt ont annoncé la découverte, dans les schistes de Saint-John (Nouveau-Brunswick), d'une faune primordiale équivalente à celle de l'étage C de M. Barrande et à celle des schistes à lingules d'Angleterre. Une série de ces fossiles a été examinée par M. Billings (1), qui est d'avis que cette faune doit être placée au-dessous des grès de Potsdam, sur l'horizon du *ménévien* de M. Salter; c'est la première donnée précise qui permette d'apprécier l'âge des schistes anciens de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Angleterre. M. Hartt doit publier bientôt la description de ces fossiles, parmi lesquels il y a cinq espèces de paradoxides et sept de conocephalites.

CANADA. — Nous avons reproduit l'année dernière la classification des terrains siluriens du Canada, adoptée par le Geological Survey de cette contrée. M. Billings (2) a développé les raisons qui motivent les rapprochements établis dans cette classification.

Ainsi, le groupe de Clinton se rattache au Llandovery supérieur par la présence de certaines espèces de *Strophomena*, *Leptaena*, *Pentamerus*, *Stricklandina*, *Cyrtia*, *Leptocelia*.

L'assise de Lévis est liée au Llandeilo inférieur ou groupe de Skiddaw par le grand développement des graptolithes, dont elle a fourni cinquante et une espèces.

Quant au groupe de Saint-John, les paradoxides l'assimilent aux schistes inférieurs à lingules.

Le parallélisme des autres étages est plus douteux. Le calcaire de Trenton, qu'on avait placé jusqu'ici sur l'horizon du Llandeilo, n'a presque aucun caractère commun avec ce niveau. La présence des cystidées, des astéridées, des rhynchonelles, des strophomènes, le rapproche beaucoup plus du Caradoc.

#### Paléontologie silurienne.

M. J. J. Bigsby (3) a cherché à résumer sous forme de tableaux tous les faits relatifs au développement des êtres organisés pendant l'époque silurienne. Le nombre total des espèces s'élève maintenant à 7.553, tandis qu'en 1856, lorsque parut le grand travail de Brown couronné par l'Académie des sciences de Paris, on en connaissait seulement 1.995.

(1) *Geol. Mag.*, IV, 73.

(2) *Revue de géologie*, VI, 162.

(3) *Catalogues of the silurian fossils of the island of Anticosti*. Montréal, 1866.

(4) *Thesaurus siluricus: Proceedings of the Royal Society*, 1867, 372. — *Neues Jahrbuch*, 1867, 758.

Voici d'abord un tableau qui donne, d'après M. Bigsby, la répartition géographique des êtres pendant l'époque silurienne.

RÈGNE ET ORDRES.	Amérique.	Europe.	Indes.	Afrique.	Australie du Sud.	Tasmanie.	Pays divers.
Plantes . . . . .	56	20	—	—	—	—	—
Amorphozoaires . . . . .	62	63	4	—	1	1	6
Rhizopodes . . . . .	—	25	—	—	—	—	—
Cœlenteratés . . . . .	262	245	1	—	2	1	27
Echinodermes. { Crinoïdes . . . . .	193	93	—	—	2	—	6
{ Cystidées . . . . .	56	53	—	—	29	—	3
{ Astéries . . . . .	29	29	—	—	—	—	1
Annélides . . . . .	36	98	—	—	1	—	7
Crustacés. { Trilobites . . . . .	396	998	10	—	11	—	30
{ Phyllopoies . . . . .	77	170	—	—	2	—	5
{ Ostracodes . . . . .	—	—	—	—	—	—	—
Polyzoaires . . . . .	203	177	2	—	20	—	23
Brachiopodes . . . . .	678	721	22	—	19	—	65
Monomyaires . . . . .	78	56	—	—	2	—	5
Dymyaires . . . . .	181	241	3	—	8	19	12
Pteropodes et Heteropodes . . . . .	103	145	1	—	3	1	15
Gasteropodes . . . . .	421	274	9	—	9	13	10
Céphalopodes . . . . .	321	861	5	—	—	8	16
Poissons . . . . .	—	34	—	—	—	—	—
Espèces indéterminées . . . . .	4	2	—	—	—	—	—
	3.156	4.305	57	—	100	43	231

L'Europe et l'Amérique ont surtout été étudiées, et la somme des espèces siluriennes dans ces deux continents atteint  $3.156 + 4.305 = 7.461$ ; c'est de beaucoup la plus grande partie des espèces connues.

M. Bigsby constate d'ailleurs que le nombre des espèces communes à des continents différents est seulement de 196; par conséquent il est très-petit. Ces espèces communes sont fournies surtout par les brachiopodes, les trilobites, les zoophytes, les ptéropodes, les céphalopodes, c'est-à-dire, par les mollusques qui habitent la haute mer, et par ceux qui, comme les brachiopodes, peuvent vivre par de très-grandes profondeurs.

— Enfin un autre tableau, dressé par M. Bigsby, montre bien la répartition des espèces dans les différents étages du terrain silurien; il n'a du reste pas égard aux espèces qui passent d'un étage dans un autre.

	ESPÈCES TYPES POUR UN HORIZON.						
	Faune primordiale.		Silurien.			Somme des espèces types.	Nombre total.
	Inférieure.	Supérieure.	Inférieur.	Moyen.	Supérieur.		
Plantes . . . . .	14	—	37	17	5	73	82
Amorphozoaires . . . . .	4	6	56	7	25	98	110
Annelides . . . . .	10	7	34	8	26	85	99
Hetero-pteropodes . . . . .	8	22	98	9	38	175	212
Polyzoaires . . . . .	4	51	149	26	61	294	333
Cœlenteracés . . . . .	—	2	97	35	179	313	354
Crinoïdes . . . . .	—	—	99	10	132	241	267
Cystidés . . . . .	—	1	64	2	31	98	101
Asteridés . . . . .	—	1	24	4	21	50	54
Trilobites . . . . .	178	162	538	43	264	1.385	1.331
Entomostracés . . . . .	11	9	55	4	115	191	205
Brachiopodes { Orthis . . . . .	8	17	113	12	56	206	243
{ Rhynchonelle . . . . .	—	1	20	22	73	116	141
{ Strophomene . . . . .	—	2	29	9	15	55	80
Toutes les autres espèces . . . . .	40	30	210	80	299	665	759
Monomyaires . . . . .	—	—	27	5	70	102	121
Dimyaires . . . . .	1	5	211	25	127	369	426
Gasteropodes { Murchisonie . . . . .	—	15	37	6	26	84	105
{ Pleurotomaire . . . . .	1	18	56	11	20	106	125
Toutes les autres espèces . . . . .	5	30	171	23	131	360	389
Cephalopodes { Gomphoceras . . . . .	—	—	4	58	16	78	82
{ Cyrtoceras . . . . .	—	7	36	225	35	303	312
{ Orthoceras . . . . .	—	25	128	96	95	344	409
Toutes les autres espèces . . . . .	—	13	111	105	69	293	321
	284	424	3.010	624	1.931	5.891	6.691

La proportion des espèces qui, dans le terrain silurien passent d'un étage au suivant, reste généralement assez faible; c'est surtout pour les étages supérieurs qu'elle s'élève. Il résulte des nombres précédents qu'elle est seulement de 2,7 p. 100 pour la faune primordiale, tandis qu'elle atteint 16 pour le silurien inférieur, 20 pour le silurien moyen; et 2 p. 100 pour le silurien supérieur.

On n'observe pas que les poissons passent d'un étage à un autre; pour les cystidées la proportion est de 5 p. 100, de 5 p. 100 pour les gomphoceras et pour les strophomènes elle est exceptionnelle, car elle va jusqu'à 51 p. 100.

*Paléontologie primordiale.* — Enfin M. J. J. Bigsby (1) a encore donné un tableau général, faisant connaître la répartition des

(1) *Neues Jahrbuch f. Mineralogie*, 1867, 759. — *Proceedings of the royal Society*, 1867, 372.

espèces d'animaux et de plantes qui composent la paléontologie primordiale de l'Amérique et particulièrement celle du Canada.

Étage.	Groupe.	Plantes.													Somme.			
		Amorphozoaires.	Annelides.	Hetero-pteropodes.	Bryozoaires.	Zoophytes.	Grinoides.	Cystidés.	Asteries.	Dimyaires.	Monomyaires.	Gasteropodes.	Brachiopodes.	Cephalopodes.		Trilobites.	Entomostracés.	Poissons.
Supérieur.	Groupe de Québec.	—	4	21	19	44	2	—	—	—	5	—	57	42	31	96	3	327
	Groupe du grès calcaire.	6	5	3	5	—	1	—	—	1	—	39	6	19	—	6	2	93
Inférieur.	Groupe du grès de Potsdam.	16	6	4	2	1	—	—	1	—	—	3	31	—	11	6	—	140
	Somme . . .	22	11	28	26	45	3	—	1	—	6	—	99	79	53	176	11	560

## TERRAIN DÉVONIEN.

GRANDE-BRETAGNE. — DEVONSHIRE. — M. Salter (1) n'accepte pas la condamnation prononcée par M. Jukes (2) contre le terrain dévonien du Devonshire septentrional. Pour lui, le terrain dévonien, dans ces parages, comprend : 1° à la base, les schistes et grès de Lynton; 2° les schistes gris et les calcaires de Combe-Martin et d'Ilfracombe; 3° au sommet, les grès pourprés et les schistes de Morte-Bay, recouverts par 4° les grès de Marwood et le groupe de Pilton et de Barnstaple. Sur ce système reposent les schistes noirs carbonifères, puis le calcaire de montagne et le terrain houiller. Les trois premières divisions n'ont encore fourni aucun fossile carbonifère : et, quant au grès de Marwood, M. Salter a reconnu qu'il était l'équivalent des conglomérats du vieux grès rouge supérieur dans le comté de Pembroke.

M. Etheridge (3) est également intervenu dans cette controverse. A ses yeux, dans le Devonshire septentrional, les grès du Foreland et les grès et schistes qui recouvrent le vieux grès rouge de Pickwell Down forment une série continue, dans laquelle il lui est impossible d'apercevoir la grande faille supposée par M. Jukes.

(1) *Geol. Mag.*, IV, 42.

(2) *Revue de Géologie*, V, 165; VI, 162.

(3) *Geol. Society*, XXII, 568.

Les grès du Foreland correspondent au vieux grès rouge inférieur; ils sont recouverts par les schistes de Lynton, auxquels succèdent des grès rouges ou gris, de 500 à 600 mètres de puissance, formant une base naturelle pour le groupe d'Ilfracombe ou dévonien moyen, que M. Etheridge n'hésite pas à regarder comme l'équivalent de la série de Torquay et Newton Bushel dans le Devonshire septentrional. L'ensemble des schistes de Lynton et du groupe d'Ilfracombe paraît correspondre au vieux grès rouge sans fossiles de Kerry et aux grès de Glengariff et de Killarney dans le sud-ouest de l'Irlande. Enfin les couches de Pickwell Down représenteraient seulement la partie supérieure du vieux grès rouge et non toute la formation, comme on l'avait d'abord supposé.

Des preuves stratigraphiques et paléontologiques établissent, selon M. Etheridge, que l'ensemble des schistes et des calcaires de Lec, Ilfracombe et Combe-Martin, est inférieur au grès rouge de Morte-Bay.

L'auteur a comparé la faune dévonienne d'Angleterre avec celle du continent, puis avec les faunes du vieux grès rouge, du silurien et du carbonifère : le résultat de cet examen a été de confirmer M. Etheridge dans l'opinion que la série marine dévonienne constitue, dans son ensemble, un système important et bien défini.

— Ajoutons que M. Townshend (1) a étudié la distribution des restes organiques dans la série dévonienne du Devonshire septentrional. Il distingue, de haut en bas, les assises suivantes :

- 1° Couches de Pilton (très-fossilifères);
- 2° Zone des Cucullæa (couches de Marwood);
- 3° Groupe de Morthoe (sans fossiles);
- 4° Groupe d'Ilfracombe, avec polypiers et brachiopodes bien conservés;
- 5° Groupe de Martinhoe (sans fossiles);
- 6° Couches de Lynton (peu fossilifères);
- 7° Grès du Foreland (sans fossiles).

CUMBERLAND ET WESTMORELAND. — M. H. Nicholson (2) a découvert, dans le vieux grès rouge du Cumberland et du Westmoreland, deux couches contenant des plantes fossiles bien conservées, qui appartiennent aux genres *Knorria*, *Filicites*, *Sphenopteris* et *Pecopteris*; les caractères de ces fossiles permettent de placer

(1) *Geol. Society*, XXIII, 371.

(2) *Geol. Mag.*, IV, 170.

les couches en question sur l'horizon du vieux grès rouge supérieur, conclusion à laquelle on avait déjà été conduit par des raisons stratigraphiques.

ARDENNES. — Lorsque André Dumont fixa la succession géologique des assises du terrain de transition des Ardennes, il distingua du terrain ardennais, pour en faire la base de son terrain *rhénan*, les schistes et poudingues de Fepin et de Gedinne. Cependant cette solution n'a pas été acceptée par MM. Murchison et de Dechen, qui tous deux, dans des publications récentes, persistent à attribuer les roches gedinniennes au terrain ardoisier (ou silurien), sans tenir compte des fossiles dévoniens signalés, dès 1855, par M. Hébert, à la base du gedinien de Mondrepuits.

MM. Gosselet et Malaise (1) ont repris, avec de grands détails, l'étude de cette question délicate. Après avoir montré que les exemples de discordance de stratification indiqués par Dumont entre les roches de Gedinne et les schistes ardoisiers pouvaient paraître insuffisants pour entraîner la conviction, ces géologues ont signalé un grand nombre de points où l'indépendance des deux systèmes leur paraît manifeste. Le plus concluant de ces gisements est le lieu dit la roche à Fepin, sur les bords de la Meuse, où l'on voit le poudingue à gros éléments, dit poudingue de Fepin, buter contre le massif relevé des schistes et phyllades ardoisiers.

A ce poudingue est associée une arkose à ciment talqueux, bien développée à Weismes. Au-dessus se présentent les schistes fossilifères de Mondrepuits avec *Chonetes*, *Cypridines*, *Tentaculites* et *Orthis*; puis viennent les schistes bigarrés, lie de vin ou verts, d'Oignies. Enfin tout le système est recouvert par l'étage Coblentzien de Dumont, représenté, dans la région ardennaise, par les grès d'Anor et les schistes et grès de Montigny, avec *Lepetena* Murchisoni.

HAUTE-SAÛNE. — Les schistes paléozoïques de la Haute-Saône ont été étudiés par M. Chevillard (2) et M. Parizot (3), qui ont observé, au mont de Revenue, entre Chagey et Chenebier, une zone à trilobites, caractérisée par le *Phacops lævis* et *cryptophthalmus*, accompagné de l'*Orthis opercularis*, et une zone à bivalves, avec *Spirifer macropterus*, *S. hystericus*, *S. calcaratus*, *Rhynchonella*

(1) *Bull. acad. royale de Belgique* [2], XXVI, n° 7.

(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIV, 124.

(3) *Mémoires de la Société d'émulation de Montbeillard*, mai 1867.

inaurita, *Chonetes sarcinulata* : tous ces fossiles caractérisent le terrain dévonien.

M. de Verneuil (1) ayant examiné les échantillons envoyés de Chagey par M. Parizot et M. Chevillard, y a reconnu les *Phacops lævis*, *Pterinea lineata*, *Rhynchonella boloniensis*. Aussi regarde-t-il comme extrêmement probable que ces schistes appartiennent au terrain dévonien, quoique MM. Koechlin-Schlumberger et Schimper les aient rapportés au carbonifère. On peut donc affirmer que le terrain dévonien existe, près de Chagey, dans la partie la plus méridionale de la chaîne des Vosges; la présence de la *Pterinea lineata* et du *Spirifer hystericus*, indique même le terrain dévonien inférieur.

POLOGNE. — M. F. Roemer (2) a observé en Pologne, dans les montagnes de Kielce ou de Sandomir, plusieurs horizons dévoniens qui se classent, de haut en bas, de la manière suivante :

1° Calcaires noirs bitumineux et marnes à *Posidonomya venusta*, *Cypridina serratostriata*, *Phacops cryptophthalmus*, *Goniatites retrorsus*;

2° Calcaire vert clair à polypiers du Kanzelberg, avec *Calamopora cervicornis*, *Stromatopora polymorpha*, *Atrypa reticularis*, *Rhynchonella acuminata*, *Bronteus flabellifer*;

3° Grès brun clair à *Orthis Kielcensis*;

4° Schistes marneux des mines de fer de Dabrowa, avec *Spirifer ostiolatus*;

5° Grès foncés, schistes marneux violets et couches calcaires gris foncé avec *Orthis lunaris*, *Atrypa reticularis*, *Pentamerus galeatus*, *Strophomena depressa*;

6° Quartzites sans fossiles, de Lysagora.

ASIE MINEURE. — MM. de Verneuil et de Tchihatcheff (3) ont reconnu l'existence du terrain dévonien inférieur dans le nord de l'Asie Mineure, où il est représenté par des couches à *Homalotus Gervillei*, *Spirifer macropterus*, *Orthis orbicularis*, *Chonetes sarcinulata* et *Pleurodictyum problematicum*.

Dans le sud de la péninsule, les *Rhynchonella boloniensis*, *Spirifer Archiaci*, *Productus subaculeatus*, semblent indiquer la présence de l'étage dévonien supérieur.

(1) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIV, 127.

(2) *Zeit. d. d. g. G.*, XVIII, 667.

(3) *Paléontologie de l'Asie mineure*, Paris, 1866.

AUSTRALIE. — M. Mac Coy (1) a reconnu la présence de l'étage dévonien dans la colonie de Victoria, dans les calcaires de Buchan (Gippsland), qui contiennent des polypiers caractéristiques, des poissons et beaucoup de *Spirifera lævicostata*, identiques avec les espèces dévoniennes de l'Eifel.

NOUVEAU-BRUNSWICK. — M. Dawson (2) annonce que M. Hartt a découvert les ailes de quatre espèces d'insectes dans les schistes dévoniens à plantes fossiles de Saint-John (Nouveau-Brunswick). Ces insectes, nommés par M. Scudder *Platephemera antiqua*, *Homothetus fossilis*, *Lithentomum Harttei*, *Xenoneura antiquorum*, appartiennent à l'ordre des névroptères et semblent voisins des éphémères; ils paraissent avoir été pourvus d'un appareil destiné à produire un son avec les ailes. Ce sont les plus anciens insectes fossiles connus jusqu'ici. Les couches qui les renferment appartiennent vraisemblablement à la formation d'Hamilton ou à celle de Chemung.

#### TERRAIN CARBONIFÈRE.

GRANDE-BRETAGNE. PAYS DE GALLES. — On sait que les géologues anglais divisent les roches intermédiaires entre le terrain houiller et le calcaire carbonifère en deux groupes : celui du millstone-grit et celui d'Yoredale, situé à la base et composé de grès et de schistes.

M. A. H. Green (5) a reconnu que la plupart des roches carbonifères du nord du pays de Galles, classées jusqu'ici dans le millstone-grit, appartiennent plutôt au groupe d'Yoredale. Quelques-unes de ces roches contiennent des fossiles du calcaire carbonifère, appartenant aux genres *Productus*, *Spirifer* et *Polypora*.

PORTUGAL. — M. Gomes (4) a décrit la flore fossile du terrain carbonifère des environs de Porto, Serra do Bussaco, el Moinho d'Ordem près d'Alcacer do Sal; d'après M. Geinitz, les végétaux caractéristiques de cette flore classent les dépôts qui la contiennent dans l'étage supérieur du terrain houiller, à la hauteur de la zone des annulariées (5).

(1) *Americ. Journ.*, XLIV, 279.

(2) *Geol. Mag.*, IV, 385.

(3) *Geol. Mag.*, IV, 11.

(4) *Neues Jahrb.*, 1867, 273.

(5) *Revue de Géologie*, VI, 165.

ESPAGNE.— Une collection de plantes fossiles provenant de la mine de houille d'Arnao, près d'Avilés, dans les Asturies, a été examinée par M. Geinitz (1), qui a constaté les caractères de la zone des sigillariées ou étage inférieur du terrain houiller.

EUROPE ORIENTALE. — M. F. Roemer (2) a signalé de nouveaux gisements de fossiles marins dans le terrain houiller (3) de la Haute-Silésie et de la Pologne : on y a trouvé, entre autres espèces, les *Chonetes Hardensis*, *Orthis crenistria*, *Productus longispinus*; ces gisements ont des caractères qui rappellent ceux des terrains houillers de Coalbrook-dale, en Angleterre, et de Werden, dans le bassin de la Ruhr.

RUSSIE. — D'après M. de Helmersen (4), les gîtes houillers de l'empire russe se divisent en quatre groupes :

- 1° Groupe des gisements situés sur les versants de l'Oural;
- 2° Groupe des gisements situés dans les gouvernements de Novogorod, Moscou, Kalouga, Toula et Riazan, où la houille occupe un large bassin elliptique dont Moscou est le centre ;
- 3° Groupe de Samara, petite péninsule du Volga, près de Stavropol ;
- 4° Gisements du gouvernement d'Ekaterinoslaw, où les couches carbonifères forment une chaîne de hauteurs appelée le Donetz et sont associées à des dépôts abondants de fer non encore exploités, bien que leur extraction semble devoir être profitable. M. F. Le Play, qui s'est occupé spécialement de l'étude de ce dernier groupe, en a depuis longtemps signalé toute l'importance.

Tous ces gisements appartiennent à l'étage du calcaire carbonifère : cependant les couches sont généralement composées de grès avec lits intercalés de calcaire et de houille.

C'est le manque des voies rapides de communication qui a seul empêché, jusqu'ici, le développement des richesses houillères et métallifères de l'Oural et du Donetz.

ASIE MINEURE. — Le calcaire carbonifère semble être représenté dans l'Anti-Taurus, où M. de Verneuil a reconnu, parmi les fossiles recueillis par M. de Tchihatcheff (5), les *Productus semireticulatus*, *P. Flemingii* et *Spirifer ovalis*.

(1) *Neues Jahrb.*, 1867, 283.

(2) *Zeit. d. d. g. G.*, XVIII, 663.

(3) *Revue de géologie*, IV, 155; V, 168.

(4) *Des gisements de charbon de terre en Russie.* — Saint-Petersbourg, 1866.

(5) *Paléontologie de l'Asie mineure*, Paris, 1866.

En outre, on trouve en Paphlagonie, sur le rivage de la mer Noire, des couches houillères avec empreintes végétales parmi lesquelles M. Brongniart a déterminé : *Lepidodendron caudatum*, *Sigillaria Candollei*, *Stigmaria ficoïdes*, *Calamites Suckovii*, *C. dubius*.

AUSTRALIE.—NOUVELLE-GALLES DU SUD.—D'après MM. Keene et Clarke (1), le terrain houiller de la Nouvelle-Galles du sud présente, du haut en bas, les assises suivantes :

	mètres.
1. Couches de Wianamatta. . . . .	250
2. — Hawkesbury. . . . .	300
3. Terrain houiller supérieur. . . . .	1.650
4. Couches marines supérieures. . . . .	1.000
5. Terrain houiller inférieur. . . . .	330
6. Couches marines inférieures avec <i>Lepidodendron</i> , <i>Sigillaria</i> , <i>Syringodendron</i> , etc. . . . .	1.150

Les couches 5 et 6 contiennent des *Glossopteris*, *Phyllothea*, etc., et les poissons paléozoïques s'élèvent jusque dans les couches de Wianamatta.

AMÉRIQUE DU NORD.—NEBRASKA.—MM. Marcou et Geinitz (2), ont signalé la présence du terrain carbonifère à Plattsmouth, près de Nebraska-City, où il est représenté par des calcaires contenant les espèces du calcaire à fusulines de la Russie et de l'Espagne et correspondant, par conséquent, à la partie supérieure du calcaire carbonifère. A Rock-Bluff, cette série est recouverte par une assise également calcaire, puissante de 20 mètres, et qui paraît devoir être considérée comme l'équivalent marin du terrain houiller; elle n'a fourni qu'un fossile; c'est une espèce nouvelle, la *Murchisonia Marcoviana*.

Un certain nombre des fossiles de Plattsmouth présenterait, en outre, une affinité marquée avec les espèces du dyas ou permien d'Europe.

Cependant M. Meek (3) ne partage pas la manière de voir de MM. Marcou et Geinitz. Suivant lui, les fossiles de Plattsmouth et de Rock-Bluff sont identiques avec les espèces marines qui peuplent le terrain houiller proprement dit du Nebraska, du Kansas, de l'Iowa, du Missouri, de l'Illinois. Il est vrai que ce terrain houil-

(1) *Geol. Society*, XXI, 435. — Voir aussi *Revue de géologie* t. II, p. 287, 288.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 1.

(3) *Americ. Journ.*, XLIV, 170, 327.

ler a été considéré par M. Marc ou comme contemporain du terrain subcarbonifère : mais M. Meek n'admet pas cette assimilation. Suivant lui, les fossiles des deux groupes sont tout à fait différents et, de plus, M. Lesquereux a trouvé dans les coal-mesures de ces contrées une flore qui concorde à merveille avec celle du terrain houiller d'Europe.

#### Faune houillère.

MM. Van Beneden et Eug. Cœmans (1) ont découvert dans le terrain houiller de Belgique à Sars-Longchamps, bassin de Mons, un gastéropode pulmoné et un insecte.

Depuis plusieurs années, des empreintes arrondies spiriformes mesurant 1 millimètre à 1 millimètre et demi, avaient été signalées dans des schistes houillers de diverses contrées d'Allemagne et de Belgique.

Ces empreintes avaient été décrites comme appartenant à un champignon fossile, le *Gyromices Ammonis*.

La position isolée de ces empreintes, la forme des prétendues cloisons, les traces laissées sur un schiste grenu et grossier ont conduit MM. Van Beneden et Cœmans à considérer ces empreintes comme appartenant à un mollusque pulmoné gastéropode, vivant collé sur les feuilles ou rachis des fougères des autres plantes houillères. Ce mollusque appartient au genre *Planorbis* et il est désigné sous le nom de *Palæorbis Ammonis*.

M. Eug. Cœmans, en étudiant des plantes fossiles de l'époque houillère, a trouvé, à côté d'une feuille de *Sigillaria*, une aile d'insecte parfaitement conservée, et dont les caractères ont pu être reconnus. L'insecte fossile auquel appartient cette aile s'éloignant de tous ceux connus jusqu'à présent, MM. Van Beneden et Cœmans en forment un genre nouveau dédié à M. d'Omalus d'Halloy et le désignent sous le nom d'*Omalia macroptera*. L'animal dont cet insecte se rapproche le plus serait le semblable de la boue (*Hemerobus Lutarius*, Lin.).

#### Flore houillère.

On sait que dans son étude des bassins houillers de la Saxe, M. B. Geinitz (2) a distingué cinq zones de végétation qui sont basées à la fois sur la prédominance de certaines espèces et sur

(1) *Journal l'Institut*, 1867. n° 1153, p. 253 à 256.

(2) *Geognostische Darstellung der Steinkohlen Formation in Sachsen*.

l'abondance des individus. En allant de haut en bas, ces cinq zones sont caractérisées par les plantes suivantes :

- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1 Fougères.          | 4 <i>Sigillaria</i> .                        |
| 2 <i>Annularia</i> . | 5 <i>Sagenaria</i> ou <i>Lycopodiacées</i> . |
| 3 <i>Calamites</i> . |  |

La dernière de ces zones correspond au carbonifère inférieur de M. Gœppert, tandis que les quatre autres représentent le terrain houiller proprement dit. Entre ces quatre zones il existe d'ailleurs un assez grand nombre d'espèces communes; car il y en a 52 pour 100 entre la quatrième et la troisième, et pas moins de 20 pour 100 entre la quatrième et la première.

Ces résultats de M. Geinitz s'appliquent spécialement aux bassins houillers de la Saxe; mais ils ont été étendus par l'auteur à d'autres bassins houillers (1) et M. Gruner (2) a entrepris une comparaison semblable pour le bassin houiller d'Ahun dans la Creuse.

Après avoir réuni une collection des plantes houillères d'Ahun avec le concours de M. F. Robert, M. Gruner l'a soumise à l'examen de M. Ad. Brongniart. Dix années ont été nécessaires pour faire cette collection qui indique la position et la fréquence des végétaux fossiles dans chaque couche.

En résumé, M. Gruner observe que dans le bassin d'Ahun les plantes sont toutes d'origine terrestre, comme dans la plupart des autres bassins houillers.

Il importe surtout de noter que les *Sigillaria* manquent à Ahun, tandis qu'ils abondent dans les principaux bassins houillers dont ils caractérisent surtout les couches moyennes ou inférieures. On trouve surtout à Ahun des troncs de fougères (*Caulopteris macrodiscus*, *peltigera*, *Cisti*) qui appartiennent à la cinquième zone de la Saxe. Il y a aussi l'*Equisetum infundibuliforme*, l'*Asterophyllites equisetiformis* qui caractérisent la même zone. Enfin on rencontre encore beaucoup de fougères, des *Annularia*, des *Asterophyllites*, plantes qui se montrent de préférence dans les zones supérieures de la Saxe. En outre, les *Caulopteris* et l'*Equisetum infundibuliforme* sont surtout abondants dans les couches inférieures et moyennes d'Ahun. On peut donc conclure avec M. Gruner que le terrain houiller d'Ahun correspond, dans son ensemble, à la partie supérieure du terrain houiller proprement dit.

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 165.

(2) Gruner : *Etude des bassins houillers de la Creuse*, 157.

## TERRAIN PERMIEN.

ESPAGNE. — M. Eug. Jacquot (1) considère le grand dépôt rouge arénacé qui, en Espagne, est intercalé entre le terrain houiller et le muschelkalk, comme devant être assimilé non pas au grès bigarré, mais au grès rouge et au grès des Vosges. Les assises inférieures reproduisent le type du rothliegendes des Allemands. Au-dessus viennent des conglomérats tout à fait semblables à ceux du grès des Vosges, avec lits de grès. Ce système, qui a 500 ou 600 mètres de puissance dans la Serrania de Cuenca, se montre, presque partout, indépendant des couches triasiques qui le recouvrent.

THURINGE. — D'après M. Richter (2), les ostracodes se rencontrent dans toute la hauteur du zechstein de la Thuringe, à l'exception de la zone des minerais de fer. Leur principal gisement est situé à la partie moyenne de l'étage; tous se rapportent aux genres *Cythere* et *Kirkbya*, représentés le premier par vingt-deux espèces dont sept nouvelles; le second par les *Kirkbya permiana* et *K. collaris*.

RUSSIE. — M. Barbot de Marny (3) a annoncé la découverte d'un riche gisement de fossiles permien à Soligalitch, gouvernement de Kostroma: ce gisement est le plus important qui ait encore été trouvé dans la Russie d'Europe. On y a recueilli, entre autres espèces: *Stenopora columnaris*, *Productus Cancrini*, *Strophalosia horrescens*, *Spirifer cristatus*, *Athyris Royssiana*, *Avicula speluncaria*, *Clidophorus Pallasi*, *Arca Kingeana*, *Schizodus truncatus*, *Nautilus Freieslebeni*, etc.

NEBRASKA. — M. Marcou (4) a signalé l'existence du dyas ou système permien dans l'état de Nebraska (Amérique du Nord): ce terrain, qui a 60 ou 70 mètres de puissance, repose sur le calcaire carbonifère, et se compose d'argiles bigarrées et de dolomies formant deux étages. Le premier, offrant un mélange de brachiopodes

(1) *Bull. soc. Géol.* (2), XXIV, 140.  
 (2) *Zeit. d. d. g. G.*, 1867, 216.  
 (3) *Neues Jahrb.*, 1867, 345.  
 (4) *Bull. soc. Géol.* XXIV, 280.

carbonifères et de fossiles du zechstein, serait l'équivalent marin du grès rouge allemand. Le second représenterait le zechstein ou *magnesian limestone*, dont il contient les principaux fossiles, tels que *Cythere cyclas*, *Schizodus truncatus*, *Clidophorus Pallasi*, *Avicula speluncaria*, *Productus Cancrini*, *Stenopora columnaris*, etc.

M. Geinitz (1), qui a examiné ces fossiles, s'associe aux conclusions de M. Marcou, tout en faisant observer que le facies marin domine de beaucoup dans le dyas du Nebraska; de sorte que, dans son opinion, là comme en Saxe, la mer carbonifère se serait très-progressivement changée en mer permienne: plusieurs fossiles carbonifères du genre *Productus* pourraient même être considérés comme susceptibles de se transformer par degrés en espèces du genre *Strophalosia*.

— Notons cependant que les conclusions de MM. Marcou et Geinitz ont trouvé dans M. Meek (2) un contradicteur. Après avoir discuté les assimilations faites par M. Geinitz entre les fossiles du Nebraska et les espèces permienues d'Europe, M. Meek réduit à cinq le nombre des fossiles réellement identiques: tous les autres se retrouvent, paraît-il, dans le terrain houiller proprement dit de l'Illinois, de l'Iowa, du Missouri et du Kansas; en sorte que les roches du Nebraska, non-seulement ne seraient pas permienues, mais ne devraient même pas être assimilées au calcaire carbonifère à fusulines; de plus, les espèces soi-disant permienues qu'elles contiennent descendraient, dans les contrées voisines du Nebraska, au niveau du subcarbonifère.

M. Meek ne reconnaît, et cela encore avec doute, comme pouvant être permienues, que les couches supérieures de la série, celles qui contiennent les *Avicula speluncaria*, *A. pinnæformis*, *Clidophorus Pallasi*, etc. Mais il est d'accord avec M. Geinitz pour admettre qu'il y a, dans le Nebraska, un passage insensible entre le terrain houiller et le terrain permien, de sorte qu'il conviendrait peut-être, selon lui, de créer, pour cette contrée, un type intermédiaire *permo-carbonifère*.

(1) *Neues Jahrb.*, 1867, 1.

(2) *Americ. Journa.*, XLIV, 170, 327.

## TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

## TERRAIN TRIASIQUE.

LORRAINE. — M. d'Alberti (1) avait désigné sous le nom d'*horizon de Beaumont*, une assise dolomitique faisant partie du groupe du Keuper, et qu'il considérait comme équivalente à la dolomie signalée en Lorraine par M. Élie de Beaumont pour servir d'horizon géognostique. Cette opinion, admise depuis sans contestation par les géologues allemands, est combattue par M. Levallois (2). Selon lui, cette interprétation repose sur une erreur: la dolomie de M. Élie de Beaumont appartient au groupe du Keuper moyen, tandis que celle de M. d'Alberti fait partie du groupe inférieur ou *Lettenkohle*: la première n'est pas fossilifère, la seconde abonde en *Gervillia socialis*, *Myophoria vulgaris*, *M. Goldfussii*; et la méprise viendrait de ce que, sur la foi d'anciens auteurs, on a confondu le *bone-bed* et les lits charbonneux des couches de jonction avec les lits à ossements et à combustibles du groupe du *Lettenkohle*.

Cette rectification est importante en ce qu'elle permet d'établir: 1° que le grès moyen de la Lorraine, immédiatement inférieur à la dolomie de Beaumont, correspond au grès de Stuttgart (*Schilfsandstein*); 2° que les gites de sel gemme du département de la Meurthe, au lieu d'appartenir au groupe du *Lettenkohle*, comme le croyait d'Alberti, font partie du Keuper moyen. Quant à la dolomie faussement désignée du nom d'horizon de Beaumont, elle correspondrait à la *dolomie flambée* (*Flammdolomit*) du Wurtemberg et à la partie supérieure des gypses et dolomies inférieurs de la Lorraine.

Le *Lettenkohle* n'est pas représenté dans la Lorraine par des couches charbonneuses, mais par des schistes, des grès et des dolomies contenant les fossiles du *Lettenkohle* de la Souabe (*Myophoria vulgaris*, *M. Goldfussii*, *Gervillia costata*, *G. Bronni*, *G. socialis*, *Lima striata*, *Lingula tenuissima*), et reposant sur le muschelkalk supérieur, dont l'identité avec le calcaire de Friedrichshall n'est pas contestée.

(1) *Uebersicht ueber die Trias*, Stuttgart, 1864.

(2) *Bull. Soc. Géol.* [2], XXIV, 741.

ESPAGNE. — D'après M. Eug. Jacquot (1), le muschelkalk et les marnes irisées de la Serrania de Cuenca possèdent une composition identique de tous points avec celle que ces mêmes terrains présentent en Lorraine. Ainsi la base du muschelkalk est formée par des argiles lie de vin bigarrées, avec marnes magnésiennes et calcaires cloisonnés, quelquefois accompagnées de gypse blanc. Au-dessus viennent des calcaires dolomitiques, puis des calcaires compactes ou grenus, semblables au muschelkalk de la Lorraine.

L'analogie est la même pour le Keuper, formé par des marnes très-bigarrées et magnésiennes, avec lits subordonnés de dolomie, de grès, de gypse, de sel gemme et de peroxyde de fer hydraté.

TYROL. — M. Pichler (2) a étudié la flore keupérienne du Tyrol septentrional: cette flore est contenue dans un grès identique avec le grès keupérien de la Franconie, et faisant partie des couches supérieures à *Cardita* (3). Ce grès est associé à des schistes argileux et à des marnes contenant de nombreux mollusques, tels que *Ostrea montis-caprilis*, etc.

Les végétaux les plus abondants sont: *Pecopteris Steinmülleri*, *Equisetites arenaceus*, *Calamites arenaceus*, *Pterophyllum Jaegeri*.

CARINTHIE. — Les poissons fossiles des schistes bitumineux de Raibl, en Carinthie, ont été étudiés par M. Kner (4): ces poissons proviennent des couches inférieures au *Lettenkohle*; ils se divisent en onze espèces et fournissent quatre genres nouveaux: *Graphiurus*, *Orthurus*, *Megalopterus*, *Peltopleurus*.

Le même auteur a étudié les poissons des schistes asphaltiques de Seefeld, en Tyrol, qui appartiennent à un horizon plus élevé que ceux de Raibl et n'ont avec eux aucune espèce commune.

SILÉSIE. — D'après M. Eck (5), le muschelkalk de Rüdersdorf, qui appartient au muschelkalk moyen ou groupe de l'anhydrite, est formé par des calcaires dolomitiques alternant avec des argiles grises ou jaunes. Outre les restes de sauriens et la *Lingula tenuissima*, ces couches contiennent le *Myophoria vulgaris*, *Monotis*

(1) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 133.

(2) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, février 1867.

(3) *Revue de géologie*, VI, 172.

(4) Académie des sciences de Vienne, LIII.

(5) *Zeit. d. d. g. G.*, 1866, 659.

Alberti, *Gervilla socialis*, ainsi que des écailles et des dents de poissons appartenant aux *Acrodus lateralis*, *Strophodus angustissimus*, *Gyrolepis tenuistriatus*, *Hybodus plicatilis*, tous si abondants au milieu des couches du muschelkalk supérieur. On voit par là combien le groupe de l'anhydrite se rapproche plus, à Rüdersdorf, de l'étage supérieur que de l'étage inférieur.

### Limite entre le trias et le lias.

ANGLETERRE. — M. Burton (1) a signalé la présence de l'étage rhétien à Lea, près de Gainsborough, où il est représenté par des grès très-micacés, plus ou moins durs, alternant avec des argiles noires schisteuses et contenant deux lits à ossements. Les fossiles, très-abondants, sont ceux qui caractérisent d'ordinaire la zone à *Avicula contorta* dans les autres régions de la Grande-Bretagne. Un fragment de mâchoire inférieure de *Pliosaurus* a été trouvé dans la couche inférieure reposant sur l'argile bleue du Keuper. Deux vertébrés nouveaux, le *Trematosaurus Alberti* et le *Lepidotus Giebeli*, sont le fruit des recherches exécutées dans les couches rhétiennes de Lea.

CORBIÈRES. — M. Magnan (2) annonce qu'il a reconnu la zone à *Avicula contorta* dans les Corbières; elle se rencontre dans des calcaires en petites couches et en plaquettes, au-dessus des marnes irisées, à l'ouest de Boutenac, dans les basses Corbières, et près du roc de Roucan, au nord-ouest de Cazouls-lès-Béziers. Cette découverte a permis à M. Magnan de faire rentrer dans le trias les puissantes dolomies avec marnes gypseuses et les grès inférieurs rougeâtres qu'on avait jusqu'ici rangés dans le lias.

PROVENCE. — M. Dieula fait (3) a reconnu l'existence, dans la Provence, de deux lumachelles entre le grès bigarré et le lias moyen. L'une est la lumachelle à *Avicula contorta*; l'autre est située vers le milieu de l'étage du muschelkalk; et comme le facies lithologique et minéralogique du muschelkalk est presque identique avec celui de l'infra-lias, il est impossible de distinguer les deux lumachelles sans le secours des fossiles. C'est à cette

(1) *Geol. Society*, XXIII, 315.

(2) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 723.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 616.

similitude que M. Dieula fait attribue le désaccord qui a souvent régné, à ce sujet, entre les géologues provençaux.

La lumachelle de l'infra-lias, caractérisée par les *Avicula contorta* et *Ostrea irregularis*, montre une puissance qui varie de 20 mètres à 40 mètres; elle est toujours calcaire, tantôt très-marneuse et tantôt formée d'une alternance de bancs calcaires compactes et d'assises marneuses.

Elle s'étend régulièrement sur les dépôts du keuper, dont elle reproduit les accidents, et cela même dans les lieux où les étages plus récents que l'infra-lias ont subi des modifications de premier ordre.

### TERRAIN JURASSIQUE.

#### Lias.

GRANDE-BRETAGNE. — M. Tate (1) a étudié le lias inférieur du nord-est de l'Irlande; il y a reconnu, au-dessus de la zone à *Avicula contorta*, les équivalents des zones à *Ammonites planorbis*, *A. angulatus* et *A. Bucklandi*, ainsi que la zone à *Belémnites acttus*, qui recouvre les strates à *A. Bucklandi*.

Le massif liasique, remarquable par son isolement et son métamorphisme, qu'on observe à Portrush, lui paraît appartenir à la zone à *Ammonites planorbis*.

La zone à *A. angulatus* se rencontre en divers points en Irlande: on l'observe dans les comtés de Lancastre, de Warwick et de Gloucester, à Brocastle, à Sutton et dans le comté de Dorset. Sa faune est remarquablement développée: elle comprend huit espèces de céphalopodes et cinquante espèces de gastéropodes, dont la plupart sont nouvelles pour la Grande-Bretagne. Les polypiers y sont abondants et caractéristiques.

Quant à la pierre de Sutton (2), M. Tate, et M. Duncan la regardent comme identique avec le calcaire de Valognes: sa faune représente incomplètement celle de la zone à *Ammonites angulatus*.

PAYS DE GALLES. — M. Martin Duncan (3) considère les cou-

(1) *Geol. Society*, XXIII, 297.

(2) *Revue de géologie*, VI, 173.

(3) *Geol. Society*, XXIII, 12.

ches fossilifères qu'on observe dans le pays de Galles méridional, à Sutton, Southerndown, Brocastle et Ewenny, comme des membres importants de la série qui sépare le trias des couches à Ammonites Bucklandi, série à laquelle l'auteur applique le nom d'infra-lias. Les mollusques et les madrépores de Brocastle sont analogues à ceux du calcaire de Valognes, de la zone à Ammonites Moreanus de la Côte-d'Or et du grès de Luxembourg. Enfin l'horizon de polypiers défini par ces couches dans le pays de Galles, correspond à la partie supérieure de l'infra-lias de la France et du Luxembourg.

Pour M. Bristow (1), la série de Sutton et de Southerndown doit être classée dans le lias et non dans l'étage rhétien, comme l'avait fait M. Tawney (2). Les roches de cette série deviennent généralement conglomérées là où elles reposent sur le calcaire carbonifère ou sur les conglomérats magnésiens; le remplacement, dans ces districts, de la matière calcaire ou argileuse, dont les sédiments rhétiens et liasiques sont ordinairement formés, par des grès ou des conglomérats, assigne à ces couches le caractère de dépôts de rivage ou d'eau peu profonde.

En concluant, M. Bristow déclare qu'il préfère le terme de *conglomérat liasique*, employé dans l'origine par sir H. de la Bèche, à celui d'infra-lias, qui peut occasionner des malentendus.

M. Bristow signale en outre, dans ce conglomérat, la présence de la galène: ce fait nous paraît remarquable, surtout si l'on se rappelle que cette même galène caractérise le lias inférieur des environs d'Avallon. L'apparition de ce minerai pourrait donc être considérée comme un fait normal pendant cette période.

DUCHÉ DE BADE. — D'après M. Léopold Württemberger (5), le lias du Klettgau, région comprise entre le Rhin et la Wutach, près de Schaffouse, débute par des calcaires argileux oolithiques, épais de 1<sup>m</sup>,20, avec Ammonites angulatus, Linia punctata, Ostrea irregularis, etc.

Au-dessus viennent 4 à 5 mètres de marnes schisteuses avec plaquettes de grès, correspondant aux marnes à pentacrinites angulatus du Jura argovien, et recouvertes par 2 ou 3 mètres de calcaire dur à gryphæa arcuata, Ammonites Bucklandi, A. sine-

(1) *Geol. Society*, XXIII, 199.

(2) *Revue de géologie*, VI, 173.

(3) *Neues Jahrb.*, 1867, 39.

muriensis, A. Scipionianus, Belemnites acutus, Cardinia gigantea, Spiriferina Walcotii, etc.

Ce calcaire supporte 0<sup>m</sup>,50 de schistes oléifères et de marnes avec Ammonites planicosta, Monotis olifex, Gryphæa obliqua, Terebratula vicinalis, passant à des marnes pauvres en fossiles, puissantes de 5 mètres, où l'on trouve de rares exemplaires des Ammonites planicosta et A. Valdani.

A Kadelburg, sur le Rhin et à Lauchringen, ces marnes servent de base à 0<sup>m</sup>,60 de calcaire à Rhynchonella ranina, avec Ammonites oxynotus, A. raricostatus, A. ziphus, Spirifer tumidus, Lima pectinoïdes.

Avec le calcaire à Rhynchonella ranina se termine le lias inférieur. Le lias moyen débute par 0<sup>m</sup>,50 de marnes à Pleurotomaria expansa, Lima acuticosta, Rhynchonella curviceps, etc., recouvertes par 4 mètres de calcaires et de marnes avec Ammonites capricornus, A. Davoai, Rhynchonella rimosa.

Puis viennent 0<sup>m</sup>,60 de marnes à Ammonites margaritatus, Belemnites paxillosus, Plicatula spinosa, recouvertes par 0<sup>m</sup>,75 de marnes à Amm. spinatus, Pecten tumidus, etc.

Enfin le lias supérieur est constitué par 5 mètres de schistes à possidonies, avec Posidonia Bronni, Inoceramus dubius, Ammonites communis, A. Lythensis, A. serpentinus, Belemnites acuaris, recouverts par 2 mètres de marnes à Amm. jurensis, A. radians et Belemnites brevirostris.

Il est remarquable que le lias du Klettgau, dans son ensemble, n'ait pas plus de 30 mètres de puissance, tandis que celui de la Souabe en a 90.

### Étage oolithique inférieur.

DUCHÉ DE BADE. — M. Léopold Württemberger (1) distingue, dans le Jura brun du Klettgau, les zones fossilifères suivantes, du haut en bas:

Zone des Ammonites curvicosta et Amm. Baugieri, avec A. coronatus, A. anceps, A. Jason, A. cordatus, etc. (0<sup>m</sup>,25).

Zone de l'Ammonites macrocephalus, avec A. funatus, Rhynchonella varians, etc. (2 à 3 mètres).

Zone de l'Ammonites ferrugineus, avec ostrea Knorri et Terebratula coarctata (0<sup>m</sup>,25).

(1) *Neues Jahrb.*, 1867, 54.

Zone de l'Ammonites Parkinsoni, avec *A. oolithicus*, *Terebratula carinata*, etc.

Zone de l'Ammonites Humphriesianus, avec *A. Blagdeni*, *Belemnites gigantes*, *Trigonia costata*, etc.

Zone des Ammonites Sowerbyi et *A. Sauzei*.

Zone de l'Ammonites Murchisonæ, avec *Pecten personatus* (1 mètre).

Zone des Ammonites torulosus et *A. opalinus*, avec *Belemnites subclavatus* (65 mètres).

POMÉRANIE. — M. Sadebeck (1) a retrouvé en Poméranie, à Nemitz près de Gülzow, l'équivalent du Jura brun de l'Allemagne occidentale. Les couches de Nemitz correspondent au Cornbrash et notamment à celui de l'Egg près d'Aarau; elles se placent au niveau de l'argile à dentales du Jura brun de Quenstedt et de la zone à *Ostrea Knorri* du nord de l'Allemagne.

#### Étage oolithique supérieur.

YONNE. — M. Cotteau (2) a reconnu qu'aux environs de Tonnerre, près de Sennevoy et de Gigny, les couches coralliennes dites de Tonnerre sont séparées des couches oxfordiennes à ammonites plicatilis de Lézennes et de Pacy par les assises suivantes : à la base, le calcaire à chailles avec ses oursins ; au-dessus, une assise de polypiers avec *Pecten subarticulatus* ; au sommet, 70 à 80 mètres de calcaires lithographiques. Les couches à chailles et à polypiers n'avaient pas encore été rencontrées dans la région de Tonnerre. Leur présence atteste, comme l'avait déjà établi M. Cotteau, l'existence de deux niveaux coralliens distincts, très-nets dans la vallée de l'Yonne, mais moins faciles à observer dans l'arrondissement de Tonnerre, à cause de l'amincissement des calcaires à chailles.

HAUTE-MARNE. — M. Tombeck (3) divise conformément au tableau suivant le terrain portlandien de la Haute-Marne.

(1) *Zeit. d. d. g. G.*, 1866, 292.

(2) *Bull. soc. des sciences hist. et nat. de l'Yonne*, 1868.

(3) *Bulletin de la Société géologique* [2], XXIV, 187.

Groupe supérieur... { Banes fissiles, sables à plaquettes, argiles feuilletées.  
Oolithe vacuolaire et bancs verts (40 mètres), avec  
*Trigonia gibbosa*, *Cyprina fossulata*, *Pheoladomya parvula*, *Ammonites gigantes*. Couches variées sans fossiles.

Groupe moyen... { 1° Calcaires tubuleux et calcaires gris verdâtres...  
(50 mètres) { 2° Calcaires compactes...  
{ 3° Calcaires cariés... { *Cyprina Brongniarti*, *Trigonia concentrica*, *Cerithium trinodula*, *C. septemlicatum*, *natica Marcousana*, *Pterocera*, *Mytilus Morrisii*, *Ostrea Bruntrutana*.

Groupe inférieur... { 1° Calcaires compactes...  
(150 mètres) { 2° Calcaires marneux...  
{ 3° Calcaires lithographiques. { *Ammonites gigas*, *Trigonia Pellati*, *Trigonia Michelioti*, *Ostrea virgula*.

Le groupe moyen et le groupe inférieur sont l'équivalent du portlandien inférieur du Boulonnais et la faune du portlandien moyen de Boulogne n'est pas représentée dans l'est de la France.

DAUPHINÉ. — On sait (1) que M. Benecke place les calcaires de la Porte de France dans l'étage jurassique supérieur ou tithonique d'Opel. En attendant que cette intéressante question reçoive une solution définitive, il nous paraît utile de reproduire le tableau suivant, qui indique de quelle manière M. Benecke (2) comprend la constitution définitive du terrain jurassique près de Grenoble :

Étage tithonique... { Couches à ciment.  
{ Brèches calcaires à nerinetes et à dicérates.  
{ Calcaires lithographiques... } Calcaire supérieur de la  
{ Couche à *Terebratula di-* } Porte de France.  
{ phya... }  
Étage kimméridien... { Zone de l'Ammonites tenuilobatus.  
{ Calcaire inférieur de la Porte de France et calcaires stratifiés à Ammonites tenuilobatus de la montagne de Crussol.  
Étage oxfordien... { Zone de l'Ammonites bimammatus à la montagne de Crussol.

ESPAGNE. — M. Coquand (3) a reconnu, dans la province de Castellon de la Plana, la présence des étages corallien, kimméri-

(1) *Revue de géologie* VI 231.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 76.

(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIV, 462.

dien et portlandien. Le premier est caractérisé par les *Cidaris florigemma*, *Hemicidaris crenularis*, *Millericrinus Munsterianus*; le second, par les *Ostrea virgula*, *O. Bruntrutana*, *Cardium dissimile*, *Nerinaea mosensis*.

Quant au troisième, il est constitué par un calcaire lithographique ou bréchiforme sans fossiles, recouvert par les calcaires aptiens.

ALLEMAGNE. — M. Waagen (1) a publié, en y joignant ses propres observations, un travail étendu de feu Opper sur la zone à *Ammonites transversarius*; cette zone, qui fait partie de l'Oxford-Clay, est facile à limiter vers le bas; car elle repose sur l'horizon bien défini des marnes oxfordiennes avec *Ammonites biarmatus* et *A. cordatus*. Il n'en est pas de même vers le haut, où elle a été souvent confondue avec la zone à *Terebratula impressa*. M. Waagen insiste sur le caractère variable de la zone à *Ammonites transversarius*, où l'on voit, suivant les régions, le facies spongiaire remplacer le facies à céphalopodes ou le facies à polypiers succéder à celui que caractérisent les acéphalés.

ALGÉRIE. — M. Coquand (2) a donné quelques détails sur le niveau de la *Terebratula diphyia* (3) dans l'Afrique française. Aux alentours de Batna, à Foug Islamen, les calcaires lithographiques qui la contiennent reposent sur des calcaires rouges oxfordiens à *Belemnites savanaus*, *Ammonites tortisulcatus*, *A. transversarius* et sont séparés des marnes néocomiennes à *Belemnites latus*, *B. dilatatus*, *B. bipartitus*, etc. par quarante mètres de grès. Donc, sans vouloir préjuger en rien les questions relatives à la *terebratula diphyia* des environs de Grenoble, M. Coquand est disposé à admettre, avec MM. Opper, Guembel et Zittel, que la *Terebratula diphyia* de Batna appartient à la partie supérieure du terrain jurassique et que la base des calcaires qui la contiennent, caractérisée par l'*ammonites planulatus siliceus*, représente le commencement du terrain Kimméridien.

ASIE MINEURE. — M. de Tchihatcheff (4) a recueilli, dans les calcaires gris de la Galatie, quatre ammonites qui, d'après M. d'Archiac, semblent indiquer l'extension, dans ces parages, de l'horizon

(1) *Geognostisch paläontol. Beiträge*, Munich, 1866.

(2) *Bulletin de la Société géologique* [2], XXIV, 380.

(3) *Revue de géologie*, IV, 231.

(4) *Paléontologie de l'Asie mineure*, Paris, 1866.

zon oxfordien, l'un des plus constants dans la formation jurassique. Ces espèces sont les *Ammonites tortisulcatus*, *A. arduennensis*, *A. plicatilis*, *A. taticus*.

#### TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

ANGLETERRE. — Les sables ferrugineux ont été étudiés par M. J. Morris (1); comme ces sables ont des caractères assez variables, il est intéressant de les suivre de proche en proche.

Aux environs d'Hartwell, dans le comté de Buckingham, ils recouvrent directement les couches de Portland, partiellement ravinées: ils sont grossiers, très-ferrugineux et contiennent des concrétions d'ocre, des cailloux quartzeux en grand nombre, et des blocs plus ou moins roulés de quartzite et d'autres roches anciennes. A leur base on trouve, mais par places, des blocs d'un grès brun avec moules d'*Unio*, *Cyrena*, *Paludina* et traces de végétaux. Les sables eux-mêmes contiennent des empreintes de *Lima undata*, *Pecten distriatus*, *Exogyra sinuata*, *Rhynchonella antidichotoma*, *Ostrea macroptera*, *Pholas cornueliana*, avec des foraminifères, des polypiers et de grands morceaux de conifères.

Ces sables occupent une surface étendue sur le sommet de la colline qui avoisine Stone, et leur grande perméabilité en fait un précieux réservoir d'eau pour l'asile de Bucks. Aux environs de Stone, on a également trouvé dans des fouilles, un grès ferrugineux avec *Unio* et *Paludines*.

Les sables ferrugineux passent au nord-ouest, par Aylesbury, dans les comtés de Bedford, de Cambridge et de Norfolk où, sous le nom de *cornstone*, ils supportent la craie rouge: on les retrouve dans le comté de Lincoln, puis à Speeton.

Si, partant d'Aylesbury, on les suit à l'ouest et au sud-ouest, on les trouve, mais discontinus, à Brill, où ils renferment des coquilles d'eau douce; à Shotow-Hill, où l'on a trouvé des *Unio* et des *Paludines* dans les sables recouvrant le portlandien; on les observe encore à Farringdon et à Leend, où ils reposent sur l'argile de Kimmeridge, trouée par des pholades; en cet endroit ils ont été exploités pour minerai de fer.

Dans l'île de Wight, les sables sont tantôt fins, tantôt grossiers,

(1) *Geol. Mag.*, IV, 456.

alternant avec des argiles plus ou moins feuilletées et de rares calcaires.

Il est à remarquer que les couches en question, dans le sud de l'Angleterre, recouvrent toujours les assises wealdiennes, tandis qu'en les suivant de Dorset dans le Yorkshire, on les voit reposer successivement sur le Purbeck, le Portland, le Kimmeridge, le Calcareous grit, le Coral-rag et l'Oxford-Clay.

On comprend l'intérêt que présentent ces études pour la géologie du Boulonnais, où des sables ferrugineux, évidemment contemporains de ceux qui viennent d'être décrits, recouvrent indifféremment les diverses formations de la contrée.

Ces sables ferrugineux sont associés, dans le comté de Lincoln, à diverses couches dont M. J.-W. Judd (1) a donné la description. Ainsi, au-dessous du calcaire rouge de Hunstanton, et séparée de lui par des sables ferrugineux, on observe une série de calcaires, de grès et d'argiles de couleur rougeâtre, contenant une longue et intéressante suite de fossiles qui ont un faciès néocomien incontestable, et présentent beaucoup plus d'affinité avec la faune de certains dépôts du continent qu'avec celle du grès vert inférieur de l'Angleterre. M. Judd propose pour ces dépôts le nom provisoire de *série de Tealby*. On y trouve des couches de minerai de fer, quelquefois oolithique, qui est de bonne qualité. Cette série devient tout à fait arénacée quand on la suit vers le sud.

La puissance de la série de Tealby est de 12 à 16 mètres : elle repose sur des sables et grès peu fossilifères ayant 10 ou 12 mètres d'épaisseur.

Quant au calcaire rouge de Hunstanton, son épaisseur atteint 10 mètres à Speeton ; il se coince un peu au sud de Hunstanton.

MEUSE ET HAUTE-MARNE. — M. Tombeck (2) a observé à Héville (Meuse) et à Villiers-le-Sec des ravinements profonds dans la masse des calcaires portlandiens à leur contact avec le minerai de fer géodique du terrain néocomien. Dans la dernière de ces deux localités, toute la masse portlandienne a été perforée de puits nombreux et profonds, et ces puits, par lesquels s'est probablement épanchée, à l'époque néocomienne, l'eau ferrugineuse qui a produit les dépôts de fer, n'existent que là où se rencontre le minerai, fournissant ainsi une preuve directe à l'appui de la théorie de M. de Chancourtois sur l'origine éruptive du fer néocomien.

(1) *Geol. Society*, XXIII, 243.

(2) *Bulletin de la Société géologique* [2], XXIV, 192.

PYRÉNÉES. — Les calcaires noirs à caprotines d'Orthez avaient été placés par MM. Leymerie (1) et Eug. Jacquot (2) à la hauteur du cénomanien, au-dessus des marnes grises à *Ostrea Aquila* et *Orthis Corrugata* de la montagne de Sainte-Suzanne. M. Hébert (3), à la suite de l'excursion de la société géologique de France dans les Pyrénées, a annoncé que ces couches doivent être rangées dans le néocomien moyen (urgonien), avec les calcaires à *Caprotina Lonsdalei*, qui leur sont toujours associés. A Orthez, les calcaires noirs contiennent, avec la *C. Lonsdalei*, les *Rhynchonella lata*, *Terebratula biplicata*, *Gidaris pyrenaica*, *Orbitolina conoidea*.

La même conclusion s'applique, d'après M. Hébert, à toutes les couches de la région pyrénéenne désignées sous les noms de calcaire à dicérates, calcaires à caprotines, couches à *Requienia* de Mont-Peyroux, de Foix, couches à orbitolines de Vinport, de Miramont, etc.

M. Hébert n'ayant constaté nulle part, dans les Pyrénées, le mélange de l'*Ostrea Aquila* aux Caprotines, repousse la classification proposée, pour le terrain néocomien, par M. Coquand (4) : et il propose d'établir ainsi qu'il suit les divisions de ce terrain dans diverses contrées.

		BASSIN DE PARIS.	CONTRÉES DIVERSES.	
Étage néocomien.	Supérieur (aptien).	Argiles à plicatules et à <i>O. aquila</i> .	Marnes aptiennes. Calcaire à <i>O. aquila</i> des Pyrénées.	
	Moyen (urgonien)	assise supérieure.	Couche rouge de Vassy.	Calcaires et marnes à orbitolines. Étage rhodanien. Lignites d'Utrillas (Espagne).
		assise inférieure.	Grès d'eau douce. Sables et argiles marbrées.	Calcaire à dicérates. Calcaire à <i>chama</i> (caprotina) ammonia. Étage urgonien de Renvier, Pictet, etc.
	Inférieur	supérieur.	Argiles ostréennes.	Calcaire à scaphites <i>Yvaznii</i> de Barrême.
		moyen.	Calcaire à spatangues.	Calcaire à spatangues. Calcaires et marnes à <i>Bellerophonites dilatatus</i> .
		inférieur.	Marnes et sables.	Calcaire à <i>Ammonites macilentus</i> . — Calcaire à <i>Terebratula diphyca</i> ; étage valanginien.

(1) *Éléments de Géologie*, 2<sup>e</sup> édit., 591.

(2) *Description géol. des falaises de Biarritz*. Paris, Sav y, 1864.

(3) *Bulletin de la Société géologique*, (2), XXIV, 323.

(4) *Revue de Géologie*, VI, 184.

## TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

ANGLETERRE. — M. Huxley (1) a décrit un nouveau reptile, l'*Acanthopholis horridus*, dont quelques débris ont été récemment découverts près de Folkestone, dans la craie inférieure. D'après les renseignements fournis par M. Etheridge, ce fossile provient de la partie inférieure du *chalk-marl* de Copt Point, où il a été trouvé à 2<sup>m</sup>.50 au-dessus du grès vert proprement dit. Il est associé aux *Ammonites rothomagensis*, *A. Mantelli*, *A. varians*, *Turrilites tuberculatus*, *Holaster subglobosus*, c'est-à-dire à tous les fossiles de la craie de Rouen.

Ce reptile appartient tout à fait au même groupe que le *scelidosaurus* du lias et l'*Hylæosaurus* du Weald. Il est intéressant de voir un même type persister ainsi durant une aussi longue période.

FRANCE, PAYS DE BRAY. — M. de Lapparent (2) a constaté que la *gaize* se retrouve dans le pays de Bray, avec des caractères tout à fait semblables à ceux qu'elle possède dans l'Argonne, entre le gault et la craie glauconieuse à *Pecten asper*. Elle forme une roche poreuse, légère, contenant beaucoup de silice gélatineuse et caractérisée par l'*Ammonites inflatus*. Sa base est argileuse et passe insensiblement au gault.

LANGUEDOC. — M. Leymerie (3) a signalé l'extension que prend, à travers les départements de la Haute-Garonne, de l'Aude, de l'Hérault et du Gard, son étage *garumien* ou *rubien* (4), partout caractérisé par des argiles rutilantes et correspondant à la partie supérieure du groupe d'Alet de M. d'Archiac. Ce terrain s'observe au Mont-Alaric, à Bize, à Saint-Chinian, à Valmagne, ainsi que l'a démontré M. Mathéron : ce n'est que dans la Haute-Garonne que les fossiles permettent de définir nettement la position de cet étage, que M. Leymerie place sur l'horizon de la craie de Faxoe ou étage danien.

M. Leymerie pense qu'il convient d'y rattacher le calcaire à Ly-

(1) *Geol. Mag.*, IV, 65, 67.

(2) *Bull. soc. géol.* [2], XXIV, 230.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 308.

(4) *Revue de Géologie*, V, 190; VI, 187.

chnus de l'Aragon et beaucoup des couches rutilantes que M. de Verneuil a signalées dans le nord de l'Espagne, au-dessous du terrain nummulitique.

VALAIS. — M. Renevier (1) a donné de nouveaux détails sur la faune crétacée de Cheville (2). Les couches mésocrétacées de cette localité lui paraissent offrir trois faunes successives, reliées entre elles par un certain nombre d'espèces transitives. La couche supérieure renferme la faune rotomagienne : la couche inférieure, la faune albienne; quant à la couche moyenne, très-riche en fossiles, elle est remarquable par le mélange des espèces. Elle contient une vingtaine de retardataires de la faune albienne, une vingtaine de précurseurs de la faune rotomagienne; et la grande majorité des espèces constitue une faune spéciale, la faune *vraconienne*, que l'auteur appelle ainsi à cause de la *Vraconne*, localité où cet horizon est le mieux développé. Les espèces qui caractérisent cette faune sont les *Ammonites varicosus*, *A. Hugardianus*, *A. inflatus*, *A. Bouchardianus*, *A. varians*, *A. Mantelli*, *A. auritus*, *A. splendens*, *A. Mayorianus*, etc., avec les *Hamites*, *Baculites*, *Turrilites*. M. Renevier place d'ailleurs la faune vraconienne sur l'horizon du gault supérieur (*gaize*) des Ardennes et l'assimile à la zone à *Pecten asper* et à l'*upper green sand* des Anglais.

WESTPHALIE. — M. de Saporta (3) a examiné une collection de plantes fossiles recueillie par M. Hébert dans la craie de Haldem en Westphalie, sur l'horizon du *Belemnites mucronatus*. Ces végétaux appartiennent aux genres *Abietites*, *Myrica*, *Dryophyllum*, *Eucalyptus*. Les empreintes végétales sont déposées sur un grès assez fin, appartenant au *Quadersandstein* supérieur et placé par M. Debey un peu au-dessus de l'étage des sables d'Aix-la-Chapelle.

HARTZ. — M. Hébert (4) regarde les grès du Platenberg, près de Blankenburg (*quadersandstein* supérieur) comme l'équivalent de la craie à *micraster coranguinum* du nord de la France : ces grès contiennent le *Marsupites ornatus* et la *Belemnitella vera*. Ce serait au-dessus seulement qu'on pourrait rencontrer l'horizon de la *Belemnitella mucronata*, qui ne se trouve qu'au sommet du Platenberg dans des blocs siliceux roulés.

(1) *Bull. soc. Vaudoise des sciences nat.*, IX, 389.

(2) *Revue de Géologie*, VI, 187.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 33.

(4) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 32.

ALLEMAGNE CENTRALE. — D'après M. Guembel (1), les formations crétacées de la Saxe, de la Bohême et de la Bavière présentent, du haut en bas, la série suivante :

I. — *Étage supérieur* (Quader supérieur) :

- a. Quadersandstein supérieur avec *Ostrea blanda*, *Asterias Schulzei*, *Inoceramus Brongniarti*, *H. Lamarcki*, *I. Chypsi*, *Rhynchonella octoplicata* — équivalent de la craie blanche à bélemnites.
- b. Couches à baculites (marnes supérieures du Quader et du Pläner, couches de Priesen, en Bohême), avec *Baculites anceps*, *Micraster coranguinum*, *Inoceramus Cuvieri*, *Ananchytes ovata*, *Lima Hoperi*.

II. — *Étage moyen* (Quader moyen) :

- a. Couches de Strehlen (calcaire du Pläner, pläner supérieur de Saxe, couches de Hundorf, en Bohême), avec *Scaphites Geinitzii*, *Micraster cortestudinarium*, *Ammonites perampus*, *Terebratula semiglobosa*, *Terebratulina rigida*, *Spondylus spinosus*, etc.
- b. Grès vert de Copitz (couches de Malfnitz), avec *Area glabra*, *Ammonites Woolgari*, *Magas Geinitzii*.
- c. Quadersandstein moyen avec *Inoceramus labiatus* (marnes moyennes du Pläner et grès moyen du Pläner), avec *Rhynchonella Cuvieri* et *Ostrea columba*.

III. — *Étage inférieur* (Quader inférieur) :

- a. Pläner inférieur et sable à serpules avec *Ostrea biarticulata*, *Pecten asper*, *P. aquicostatus*.
- b. Quadersandstein inférieur, couches à rudistes de Koritzan et grès vert avec *Cidaris Sorigneti*, *Ostrea carinata*, *O. vesiculosa*, *Trigonia sulcata*.
- c. Brèche coquilhère et couches à végétaux (*Cunninghamites oxycedrus*).

C'est à la hauteur des couches à baculites ou de Strehlen que se place, suivant M. Guembel, le groupe désigné par M. le professeur C. Naumann sous le nom de couches intermédiaires (*Zwischenschichten*), qu'on observe à Röttervernsdorf et Gross Cotta, en Saxe, où il sépare le quader inférieur du quader supérieur. C'est la première fois que la véritable position de ces couches est reconnue; il en résulte que le quader supérieur, qui repose sur elles, doit être remonté au niveau de la craie à bélemnites.

(1) *Neues Jahrb.*, 1867, 664, 795.

ASIE MINEURE. — La craie supérieure de l'occident est représentée, en Asie mineure, par les calcaires jaunes de la province de Pont, où les fossiles suivants, recueillis par M. de Tchihatcheff (1), ont été déterminés par M. d'Archiac : *Orbitoides*, *Pecten quadricostatus*, *Exogyra Pyrenaica*, *Ostrea vesicularis*, *O. larva*, *Otostoma*. L'identité de ces calcaires, au double point de vue de la faune et de la lithologie, avec ceux du pied des Pyrénées, est remarquable. Les calcaires blancs de la Bithynie à *Inoceramus Lamarckii*, *Ananchytes ovata* et *Terebratula semiglobosa*, représentent la craie blanche.

CALIFORNIE. — M. Gabb (2) a défendu contre M. Conrad l'attribution qu'il avait faite de certaines roches de la Californie à l'étage crétacé supérieur. Ces roches reposent en stratification concordante sur un système auquel tout le monde s'accorde à reconnaître un facies néocomien. On les observe à Fort-Tejon, à New-Idria, à Clayton et à Martinez. Tandis que M. Conrad les attribue à l'éocène inférieur, M. Gabb y voit une formation voisine des couches de Maestricht. Leur faune a huit espèces communes avec la précédente, parmi lesquelles le *Nautilus Texanus* et une ammonite : de plus, elle contient des genres strictement crétacés, tels que *Perissolax*, *Gynodes*, *Margaritella*, *Anchura*; et la présence des *Nassa*, *Mitra*, *Pseudoliva*, *Cypræa*, etc., prouverait seulement que les roches en question sont au sommet de la série crétacée et présagent déjà l'époque qui va venir.

Cependant M. Conrad (3) conteste plusieurs des déterminations de M. Gabb: il fait observer ensuite que les couches de Maestricht ne lui paraissent contenir aucun fossile tertiaire; et comme les roches californiennes en question renferment un groupe de fossiles nettement tertiaires, dont quelques espèces même sont identiques avec des formes éocènes, il persiste à les attribuer au terrain tertiaire inférieur.

(1) *Paléontologie de l'Asie mineure*, Paris, 1866.

(2) *American Journal*, XLIV, 226.

(3) *Americ. Journ.*, XLIV, 376.

## TERRAINS NÉOZOÏQUES.

## TERRAIN ÉOCÈNE.

ANGLETERRE. — M. Maw (1) a recherché l'origine des argiles blanches ou de couleur claire, appartenant au terrain tertiaire inférieur, qu'on trouve, au-dessous du Boulder-Clay, en poches dans le calcaire carbonifère. Des analyses exécutées par M. Voelcker ayant montré que ces argiles contiennent la même proportion de silice et d'alumine que le calcaire, M. Maw en conclut qu'elles ont été laissées dans les cavités après l'enlèvement de la matière calcaire par des dissolutions. L'analyse a montré une grande analogie entre la composition des argiles tertiaires de Dorset, Hants et Devon et celle de la craie blanche ou marneuse, après déduction du carbonate de chaux et des autres substances solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique. En outre, M. Maw a cherché à établir, par des raisons à la fois chimiques et géographiques, que ces argiles ne pouvaient provenir de la décomposition des roches feldspathiques de la contrée. Il paraît donc naturel de les considérer comme les résidus de la dissolution des craies sous-jacentes.

MARNE. — M. Goubert (2) a observé à Cramant, entre Épernay et Avize, au-dessus des lignites du Soissonnais, un calcaire lacustre crevassé contenant: *Planorbis Leymeriei*, *P. Chertieri*, *Limnea Michelini*, *Agatina Nodoti* et *Cyclostoma mumia*. Ce calcaire, recouvert par le travertin de Saint-Ouen, serait l'équivalent des calcaires de Saint-Parres et de Provins, c'est-à-dire l'équivalent lacustre du calcaire grossier, et ce même horizon pourrait être suivi en d'autres points encore sur la ceinture orientale du bassin tertiaire parisien.

AQUITAINE. — M. Matheron (3) établit ainsi qu'il suit la corrélation des dépôts éocènes de l'Aquitaine avec ceux du bassin de Paris.

(1) *Geol. Society*, XXIII, 387.

(2) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 154.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 205.

ENVIRONS DE BLAYE.	BASSIN DE PARIS.
5. Calcaires de Plassac et de Berson (calcaire de Pauillac et de Saint-Estèphe).	Niveau intermédiaire entre les gypses de Paris et les couches à <i>Cyrena semistriata</i> .
4. Marnes vertes et couches de calcaire lacustre de Blaye.	Gypses parisiens et calcaire de Saint-Ouen.
3. Couches d'argile à <i>ostrea cucullaris</i> . Lacune.	Sables moyens du bassin parisien.
2. Etage supérieur de Blaye.	Calcaire grossier supérieur et moyen.
1. Etage inférieur de Blaye.	Calcaire grossier inférieur. Manque.

D'après M. Matheron, les dépôts éocènes de l'Aquitaine se relient au bassin de Paris par l'intermédiaire des dépôts qu'on observe aux environs de Nantes, à Arthom, Machecoul et Campbon, où l'on trouve des couches contemporaines des calcaires de Pauillac et contenant, comme eux, les *Echinolampas similis* et *Sismondia occitana*.

Les marnes vertes et le calcaire de Brie seraient représentés, en Aquitaine, par les marnes blanchâtres de Fronsac, le calcaire blanc d'eau douce de Castillon et le calcaire à Bitlynies de Civrac.

Enfin le calcaire à Astéries, équivalent, d'une part, des sables de Fontainebleau, d'autre part, des couches à *Natica crassatina* de Gaas, recouvrirait toute la série précédente.

LANGUEDOC. — M. Thomas (1) a découvert une mâchoire inférieure de *Rhinoceros minutus* dans un poudingue éocène de Montans, près Gaillac; ce poudingue contient le *Paloplotherium minus* et un *Lophiodon*; et M. Noulet le place sur l'horizon du gypse parisien. Du reste, ce n'est pas la première fois qu'on trouve le genre *Rhinoceros* associé à la faune éocène: des faits semblables ont été signalés dans le Lot-et-Garonne ainsi que dans le Tarn-et-Garonne.

PRINCIPAUTÉS DANUBIENNES. — D'après M. Coquand (2), l'éocène supérieur est constitué dans les Principautés danubiennes, par les assises suivantes: à la base, du sel gemme, du gypse, des argiles salifères, des schistes bitumineux et des marnes à ménilites; à la partie supérieure, le flysch proprement dit, consistant en des alternances de grès micacés (*macignos*), de calcaires (*alberese*), et

(1) *Bull. soc. Géol.*, XXIV, 235.

(2) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 561.

de schistes argileux (galestri). Ce flysch est caractérisé par les Chondrites Targioni, *C. intricatus*, *C. funatus* et par des alvéolines.

L'ensemble correspond au flysch à fucoïdes de la Suisse, de l'Apennin, de l'Algérie, de la Sicile; aux gypses de Montmartre, aux gypses salifères et sulfurifères de la Sicile et au sel gemme des hauts plateaux de l'Algérie. Enfin il constitue le premier niveau pétrolière de la région des Carpathes.

ASIE MINEURE. — Le terrain éocène est représenté en Asie Mineure, où les calcaires blancs et gris de la Thrace, de la Paphlagonie et de la Cappadoce, explorés par M. de Tchihatcheff (1), ont fourni à M. d'Archiac 264 espèces de fossiles inventés dont la plupart caractérisent les dépôts tertiaires inférieurs de l'Europe occidentale. Deux grands *Cerithium* y ont été rencontrés; les principaux gastéropodes appartiennent aux genres *Terebellum*, *Ovula*, *Natica*, *Sigaretus*, *Hipponyx* et *Phasianella*. Enfin les espèces de nummulites sont au nombre de 25.

ILE DE JAVA. — D'après M. de Hochstetter (2), la formation éocène se divise, dans l'île de Java, en deux étages; l'étage inférieur, qui contient de la houille, a été reconnu par M. Junguhn dans le sud-ouest de l'île: il se compose de grès quartzeux et d'argilles schisteuses avec de nombreux lits de houille bitumineuse. Les troncs d'arbres silicifiés y sont fréquents, mais on n'y a pas trouvé de coquilles marines.

L'étage supérieur se compose de calcaires à orbitolites et à nummulites avec calcaires compactes et calcaires à polypiers, bien développés dans le voisinage du plateau de Bandung.

#### Limite entre le terrain éocène et le terrain miocène.

PYRÉNÉES. — M. Leymerie (3) est disposé à comprendre le grès de Fontainebleau dans la période éocène, comme le fait M. Deshayes (4). Il se fonde, pour cela, sur ce fait que les cou-

(1) *Paléontologie de l'Asie Mineure*, 1866, Paris.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 115.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 312.

(4) *Revue de Géologie*, VI, 191.

ches à *Natica crassatina* de Gaas et de Lesperon, près de Dax, reconnues par M. Tournouer comme l'équivalent du grès de Fontainebleau, ont été notablement affectées par le soulèvement des Pyrénées, qui fournit, d'après M. Leymerie, la meilleure donnée pour la séparation de l'éocène et du miocène.

HONGRIE. — Les couches oligocènes ont été rencontrées en Hongrie, à Sabisap, près de Gran, dans un forage qui les a traversées sur une épaisseur de 52 mètres (1). Les couches saumâtres consistent en argile plastique sableuse, caractérisée par les *Cerithium margaritaceum*, *Melanopsis ancillarioides*, *Cyrena semi-striata*, *Rosalina Viennensis* et des graines de *Chara*. Au-dessus de ces couches est un lit bien marqué d'argile, de 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, contenant en abondance des individus d'une *Lingula* très-voisine de la *L. sutura*. Enfin ce lit d'argile est couronné par un grès marin de 20 mètres de puissance, où l'on a trouvé des débris d'échinides.

#### TERRAIN MIOCÈNE.

ILE-DE-FRANCE. — M. Goubert (2) a reconnu que la base du calcaire de Beauchamp comprend, dans les environs de La-Ferté-Aleps, trois horizons distincts: le plus inférieur est caractérisé par de grandes lymnées (*L. Brongniarti*), des *Helix* et le *Cyclostoma antiquum*: ce serait l'équivalent du *Landschneckenkalk* du bassin de Mayence. Le second horizon est formé par une marne à *Cerithium Lamarckii* et *Bithynia Dubuissoni*. Enfin le troisième est une masse épaisse de calcaire compacte très-pau fossilifère.

ARMAGNAC. — D'après M. Tournouer (3), les formations d'eau douce de l'Armagnac, qui sont supérieures aux dépôts lacustres de l'Agenais, sont surmontées, entamées et profondément pénétrées par la mollasse marine de l'Armagnac et des Landes avec *Ostrea crassissima* et *Cardita Jouanneti*: et cette mollasse présente, à sa base, les faluns de Baudignan, qui renferment une faune très-analogue à celle des faluns de la Touraine.

Les calcaires lacustres supérieurs de l'Armagnac correspon-

(1) *Institut géologique de Vienne*, février 1867.

(2) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 315.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 484.

draient aux sables de l'Orléanais: et c'est au-dessus qu'il faudrait placer la grande ligne de démarcation entre la période oligocène et la période miocène, celle qui sépare la fin de la faune anthracothérienne de l'apparition du mastodonte et du dinotherium.

MANSFELD. — M. Heer (1) a étudié une collection de plantes fossiles provenant d'une couche d'argile bitumineuse inférieure aux lignites de Bornstaedt, près d'Eisleben: les espèces sont au nombre de 28, dont 10 nouvelles: elles appartiennent aux genres Sequoia, Pteris, Smilax, Myrica, Quercus, Cinnamum, Juglans, Cassia, etc., et leurs caractères sont ceux de la flore miocène inférieure.

AUTRICHE. — M. Suess (2) a décrit, sous le nom d'étage sarmatique, l'ensemble des couches à cérithes ou étage saumâtre et du tegel de Hernals dans le bassin de Vienne. Cet étage persiste avec une remarquable constance de caractères depuis Vienne jusqu'aux bords de l'Oxus: on le retrouve en Hongrie, en Transylvanie, dans la Dobrudscha, dans le gouvernement d'Ekaterinoslaw.

Ses fossiles caractéristiques sont: Buccinum duplicatum, B. Verneuilii, Cerithium disjunctum, Trochus podolicus, Mactra podolica, Donax lucida, Cardium plicatum, etc.

GALICIE. — Le célèbre gîte de sel gemme de Wieliczka, bien différent en cela des autres gisements salifères connus, a fourni jusqu'ici 274 espèces d'animaux fossiles, répandus soit dans le sel même, soit dans les argiles salifères qui l'accompagnent. Ces fossiles ont été étudiés par M. Reuss (3), qui a trouvé 204 espèces, soit 76 p. 100, déjà connues dans le bassin tertiaire de Vienne, et spécialement au niveau du calcaire de la Leitha et du Tegel supérieur. Parmi ces espèces, 114 sont des foraminifères et 51 des gastéropodes.

PROVINCES SLAVES. — M. Barbot de Marny (4) a décrit les formations tertiaires de la Galicie, de la Volhynie et de la Podolie, qui correspondent justement à l'étage sarmatique de M. Suess. Ces formations, puissantes de 150 mètres au plus, se classent en deux étages: l'étage inférieur équivaut au groupe marin du cal-

(1) *Neues Jahrb.* 1867, 82.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 245.

(3) Académie des sciences de Vienne. LV, 1.

(4) *Neues Jahrb.*, 1867, 630.

caire de la Leitha et l'étage supérieur répond au groupe saumâtre des couches à cérithes de Vienne.

L'étage inférieur, qui recouvre directement soit la craie, soit le terrain silurien, se compose de calcaires et de conglomérats avec sables, argiles, gypses et lignites; ses fossiles caractéristiques sont: *Ostrea digitalina*, *Pectunculus pilosus*, *Lucina borealis*, *Pecten elegans*, *Turritella bicarinata*, *Cerithium deforme*, avec des débris d'échinides, de foraminifères et de nullipores.

L'étage supérieur est formé principalement de calcaires oolithiques avec grains de quartz: ses fossiles sont ceux des couches à cérithes de Vienne, avec cette différence que les acéphalés y sont plus fréquents que les cérithes. Les espèces dominantes sont: *Mactra podolica*, *Cardium protractum*, *C. obsoletum*, *Cerithium rubiginosum*, *C. pictum*, *Trochus podolicus*, *Turbo Omalianus*.

On remarque dans les plaines de la Podolie, à Kamienietz, de petites chaînes de hauteurs connues sous le nom de « Toltry. » Ces collines sont d'anciens atolls miocènes, entièrement formés par des bryozoaires de l'espèce *Eschara lapidosa*, mélangés avec des débris de *Cardium protractum*.

PRINCIPAUTÉS DANUBIENNES. — L'étage miocène, dans les Principautés danubiennes, se divise, d'après M. Coquand (1), en deux étages: l'étage inférieur débute par des grès et des argiles salifères à *Cyrena convexa*; puis viennent des grès qui correspondent au grès de Fontainebleau; enfin des grès, des argiles et des calcaires représentant la mollasse de Syracuse, les gypses et sels gemmes de Volterra, les Tegel et sables marins de Vienne.

L'étage supérieur comprend des argiles et des grès à *Congeria* avec lignites, succin et asphalte, caractérisés par les *Paludina achatiformis*, *Congeria subcarinata*, *Cardium Sourieffi*, correspondant aux couches à *Congeria* de Vienne.

Le miocène des Principautés danubiennes constitue, d'après M. Coquand, le deuxième niveau pétrolifère des Carpathes.

RUSSIE. — M. Barbot de Marny (2) a étudié les dépôts miocènes des bords de la mer Noire et de la mer Caspienne. Près de la mer Noire, on observe un calcaire à *Mactra podolica* et *Cardium protractum*, surmonté par des argiles et des sables à *mactra podolica*. L'ensemble de ces assises correspond aux couches à cérithes de Vienne.

(1) *Bull. soc. Géol.* [2] XXIV, 561.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 252.

Au-dessus se trouve le calcaire des steppes d'Odessa et de Novo-Tscherkask, avec *Cardium littorale*, *Dreissena Brandl* et des cétaqués.

Près de la mer Caspienne, la base de la formation est constituée par un calcaire à *maetra podolica*, avec *Buccinum Verneuilii*; mais le calcaire des steppes, qui le recouvre, contient encore la *maetra podolica*, et se relie au système des couches à *perithes*.

Il y a donc deux calcaires des Steppes, tous deux miocènes, mais dont celui de la mer Noire, à *Cardium littorale*, est plus récent que celui du Caucase.

ANTILLES. — M. Lechmere Guppy (1) divise ainsi qu'il suit les formations miocènes des Antilles :

*Miocène supérieur :*

- a. Cumana.
- b. Barbade.
- c. Trinidad (1. Série de Mornga ; 2. Série de Caroni).
- d. Jamaïque (couches de Vere, de Bowden, et de Clarendon).
- e. Saint-Domingue (schiste de Nivaje).
- f. Antigua (formation des cherts ; lits conglomérés).
- g. Barbades (formation de Scotland).

*Miocène inférieur :*

- a. Trinidad (couches de Manzanilla).
- b. Trinidad (couches de San-Fernando).
- c. Barbades (roche à *Nucula*).

JAVA. — M. de Hochstetter (2) établit deux groupes dans la formation miocène de Java :

Le groupe inférieur comprend des argiles, des marnes et des grès avec brèches trachytiques et tufs; il est souvent très-riche en coquilles marines; les masses charbonneuses et la poix fossile y abondent, mais le lignite en couches est rare. A ce groupe appartiennent les plantes fossiles de Tangung, décrites par M. Goepfert (3).

Le groupe supérieur est formé par des tufs et des conglomérats trachytiques, avec des calcaires à coraux; peut-être devrait-il être rangé dans une période un peu plus récente que la période miocène.

C'est à l'époque miocène qu'ont eu lieu les grandes éruptions

(1) *Geol. Mag.*, IV, 496.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 117.

(3) *Neues Jahrb.*, 1864, 117.

volcaniques de l'archipel Indien; elles se distinguent des éruptions plus récentes par leur direction, qui est plus souvent nord-sud, tandis que ces dernières affectent une direction est-ouest.

TERRAIN PLIOCÈNE.

ANGLETERRE. — Une coquille du crag de Norwich, la *Nucula Cobboldia*, a été trouvée vivante, dans les mers du Japon, près de l'île Vancouver, par M. Gwyn Jeffreys (1). De même, la *Leda myalis*, connue en Angleterre, à l'état fossile, entre le Boulder-Clay et le Crag, a été rencontrée vivante à l'embouchure du Saint-Laurent. Il en résulte, d'après M. J. E. Taylor, que le Crag supérieur de Norwich ne contient plus qu'une seule espèce éteinte, la *Tellina obliqua*; en outre, le nombre des espèces arctiques ou subarctiques est plus grand dans le Crag supérieur que dans le Crag inférieur.

— M. J. Gunn (2) a cherché à établir la relation qu'il y a entre le *Forest-bed* au Crag de Norwich. Il commence par faire observer que l'abondance des mastodontes dans le Crag à mammifères empêche de croire que ce Crag soit postérieur au *forest-bed*, qui ne contient pas un seul mastodonte. D'un autre côté, le caractère arctique des coquilles du Crag supérieur empêche également de croire le Crag antérieur au *forest-bed*. Il semble donc que la seule solution admissible consiste à séparer du Crag supérieur le Crag à mastodontes, constitué par une couche à gros éléments reposant sur la craie, et à intercaler entre eux le *forest-bed*, en plaçant les couches coquillières supérieures du Crag à la base de la partie marine des argiles feuilletées (*laminated clay*).

PRINCIPAUTÉS DANUBIENNES. — D'après M. Coquand (3), le terrain pliocène de la Moldavie et de la Valachie comprend, à la base, des conglomérats et des poudingues; à la partie supérieure, des argiles sableuses forment le terrain des steppes. Il correspond au terrain subappennin supérieur marin, aux steppes de la Crimée et du Caucase, au désert du Sahara, au dépôt marin de Kertsch avec *Ostrea lamellosa*, *Chama gryphina*, *Calyptraea Sinensis*.

(1) *Geol. Mag.*, IV, 330.

(2) *Geol. Mag.*, IV, 371.

(3) *Bull. soc. Géol.* [2], XXIV, 662.

## DEUXIÈME PARTIE.

## LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est l'objet d'un assez grand nombre de travaux dont la connaissance offre de l'intérêt à toutes les personnes qui s'occupent de géologie. Comme les années précédentes nous allons en donner un résumé sommaire, nous attachant d'une manière spéciale à faire connaître les nouvelles analyses de roches.

Pour les comparer facilement avec celles qui ont été publiées antérieurement, il sera d'ailleurs utile de consulter l'ouvrage de M. J. Roth sur les roches, celui de M. Gustave Bischof (1), ainsi que les six volumes antérieurs de la *Revue de géologie*.

Les documents relatifs aux roches sont très-nombreux et épars dans divers recueils; toutefois les principaux sont déjà résumés dans le *Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie* qui est publié par MM. G. Leonhard et Bruno Geinitz.

Les substances minérales envoyées à Paris lors de l'exposition universelle de 1867 ont été spécialement étudiées par M. Daubrée (2), et ces substances appartenaient pour la plupart à celles qui se trouvent en masses assez considérables dans la nature pour qu'elles doivent être considérées comme roches. Dans le rapport de M. Daubrée l'on trouvera un grand nombre de documents sur les combustibles, les bitumes, les huiles minérales, les phosphates, les sels de potasse, sur les minéraux qui servent aux industries chimiques et en général sur les minéraux utiles. Les roches métallifères y sont surtout traitées avec de grands développements. Ces mêmes roches ont aussi été décrites dans un rapport de M. Caillaux (3).

(1) *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, 2<sup>e</sup> édition.

(2) *Rapport du jury international*, 1867, t. V.

(3) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1868.

Enfin, M. Ferdinand de Hochstetter (1) a également publié un travail sur les diverses substances minérales qui figuraient à l'exposition universelle.

## PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ROCHES.

## Etude microscopique des roches.

A la suite d'études microscopiques sur les roches, M. Zirkel (2) avait été conduit à admettre que leur pâte est formée, jusque dans les plus petites parties, d'un agrégat de cristaux qui apparaissent lorsqu'on examine sous un grossissement suffisant des plaques polies et très-minces. Mais de nouvelles recherches, faites au moyen du microscope polarisant, lui ont montré que le basalte présente quelquefois des parties amorphes. Un phonolithe du Cantal ne lui a donné de même qu'une réfraction simple et était par conséquent formé par une pâte amorphe (3).

Cette rectification devra certainement être étendue aux autres roches qui contiennent une pâte bien visible, particulièrement aux obsidiennes, aux perlites, aux rétinites, aux laves, aux porphyres. Car lorsqu'on les attaque par des acides ou par une dissolution d'alcali, l'on constate facilement qu'elles ne sont pas constituées simplement par un agrégat de minéraux cristallisés (4).

— De même que MM. H. Clifton Sorby et Zirkel (5), M. H. Vogelsang (6) s'est occupé de l'examen microscopique des roches. Dans ses recherches il désigne sous le nom de *mikrolite* les diverses aiguilles microscopiques, quelle que soit d'ailleurs leur composition. Il est un grand nombre de cas dans lesquels on reconnaît les minéraux auxquels elles appartiennent; mais très-souvent aussi cela n'est pas possible. Du reste, on peut distinguer dans les mikrolites celles qui sont claires de celles qui sont foncées; généralement les premières appartiennent aux feldspaths et aux paranthines; tandis que les deuxièmes sont au contraire des pyroxènes et des amphiboles.

(1) *Producte des Bergbaues und Huttenwesens*. Classe XL. Wien.

(2) *Revue de géologie*, t. V.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1867, 81.

(4) Delessé: *Action des alcalis sur les roches*: *Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. XI, p. 127. — *Recherches sur les roches globuleuses*.

(5) *Revue de géologie*, t. IV, 114; t. VI, 36.

(6) *Philosophie der Geologie*, 1867. Planches en chromo-lithographie.

M. Vogelsang observe de plus que le microscope, en montrant tous les détails de la structure, met bien en évidence l'état fluide par lequel ont passé certaines roches, telles que le rétinite, le porphyre quartzifère et d'autres porphyres.

Maintenant M. Vogelsang appelle d'une manière spéciale l'attention sur les enclaves vitreuses qui se rencontrent dans les roches et il en distingue trois espèces en ayant égard à leur gisement, à leur forme et à leur modes de formation.

1° Enclaves comprises entre les rayons d'une masse cristalline solidifiée. Elles représentent le résidu de cette masse. Si elles ne sont pas devenues cristallines, cela peut tenir à leur composition différente de celle de la masse ou bien à un refroidissement rapide.

2° Enclaves à l'intérieur de cristaux ou de groupes de cristaux. Le plus souvent elles forment le noyau de ces cristaux ou bien elles y sont distribuées suivant des zones.

3° Enclaves disséminées dans les grands et les petits cristaux, lesquelles présentent habituellement une ou plusieurs bulles de gaz; ces dernières sont ordinairement attribuées à la contraction résultant du refroidissement, mais M. Vogelsang est porté à les regarder comme préexistantes dans le magma vitreux. Il se fonde en particulier sur ce qu'il n'y a pas de rapport constant entre la grosseur de l'enclave et celle de la bulle; quelquefois même il y a des enclaves pour lesquelles la bulle est de beaucoup dominante, c'est en particulier ce qui a lieu dans l'amphigénite de Rieden. En outre la bulle de gaz explique beaucoup mieux l'existence de l'enclave que réciproquement; et l'expérience apprend qu'une bulle de gaz entrave la cristallisation du magma qui l'environne aussi bien dans les roches que dans les produits fondus artificiellement.

Bien que la distinction de ces trois sortes d'entraves vitreuses puisse paraître un peu subtile, M. Vogelsang observe qu'elle est justifiée par l'observation et qu'elle se fait d'ailleurs très-facilement sous le microscope.

#### Densité.

D'après des renseignements qui nous sont communiqués par M. Guillier (1), voici quelle est la densité des roches du département de la Sarthe, qui sont employées comme pierres de taille dans les constructions. Pour les roches calcaires, l'étage géologique est désigné par le fossile caractéristique, d'après la méthode

(1) Lettre de M. Guillier à M. Delesse.

suiuie par M. Triger dans l'étude si complète qu'il a faite du département de la Sarthe.

DÉSIGNATION des roches.	ÉTAGES GÉOLOGIQUES.	LIEUX D'EXTRACTION.	DENSITÉ
Roches feldspathiques.	Granite . . . . .	Alençon . . . . .	2650
	Porphyre . . . . .	Sillé-le-Guillaume . . . . .	2730
	Silix Meufière . . . . .	Villaines-la-Gonais . . . . .	2400
	Grès tertiaire à pavés . . . . .	La Fontaine Saint-Martin . . . . .	2600
Roches siliceuses.	Id. . . . .	Sargé . . . . .	2430
	Id. . . . .	Pouvray . . . . .	2600
	Id. . . . .	Bonnetable . . . . .	2690
	Sables à Scaphites æqualis . . . . .	Saint-Georges . . . . .	2200
	Id. . . . .	Saint-Remy de Sillé . . . . .	2600
	Id. . . . .	Dollon . . . . .	2700
	Calcaire carbonifère . . . . .	Sablé . . . . .	2470
	Calcaire dévonien . . . . .	Loué . . . . .	2800
	Id. . . . .	Joué-en-Charnie . . . . .	2750
	Id. . . . .	Chassillé . . . . .	2750
Calcaires.	Calcaire silicifère magnésien . . . . .	Torcé-en-Charnie . . . . .	2770
	Id. . . . .	Saint-Remy de Sillé . . . . .	2740
	Craie à Ostrea auricularis . . . . .	Semblancey . . . . .	2330
	Kimmeridge clay . . . . .	La Ferté-Bernard . . . . .	2500
	Coral rag . . . . .	Vouvray-sur-Huisne . . . . .	2300
	Forest-marble . . . . .	Crantes . . . . .	2400
	Id. . . . .	Domfront . . . . .	2400
	Oolite inférieure à Ammonites Parkinsoni . . . . .	Saint-Christophe . . . . .	2330
	Id. . . . .	Maigné . . . . .	2050
	Id. . . . .	Villaines-la-Carelle . . . . .	1760
Id. . . . .	Beauvoir . . . . .	2200	
Calcaires siliceux.	Oolite inférieure à Terebratulæ perovalis . . . . .	Loué . . . . .	2240
	Oxford-Clay . . . . .	Ecommoy . . . . .	2750
	Kelloway-rock inférieur . . . . .	Soulligne-sous-Vallon . . . . .	2600
	Craie à Ostrea auricularis . . . . .	Saint-Paterne . . . . .	1800
Tuffeaux ou calcaires tendres.	Craie à Inoceramus problematicus . . . . .	Nogent-sur-Loir . . . . .	2220
	Id. . . . .	Mayet . . . . .	1360
	Id. . . . .	Ecommoy . . . . .	1400
	Id. . . . .	Oizé . . . . .	1330
	Craie à Scaphites æqualis . . . . .	Théligny . . . . .	1900
Id. . . . .	Saint-Ulphace . . . . .	1800	

Remarquons au sujet de ce tableau que les calcaires du département de la Sarthe ont généralement une densité qui est d'autant plus grande qu'il sont plus anciens. Les tuffeaux ou calcaires tendres et poreux du crétacé sont moins denses que les calcaires jurassiques et ces derniers le sont moins que les calcaires paléozoïques. La densité du calcaire dévonien de Loué est même double de celle du tuffeau d'Ecommoy.

On conçoit d'ailleurs que, toutes choses égales, la densité de calcaires, se trouvant à l'origine dans les mêmes conditions, doit tendre à augmenter avec leur âge; car ces calcaires sont recouverts par une épaisseur plus grande de terrains, par suite ils deviennent plus compactes par la pression.

**Porosité.**

Des recherches sur la porosité et sur l'imbibition des roches ont été faites par M. S. HUNT (1). Il a suivi le procédé employé par sir Henry de la Bèche dans ses recherches sur les matériaux de constructions.

L'imbibition d'eau avait lieu sous le récipient d'une machine pneumatique, de manière à chasser complètement l'air engagé dans les pores de la roche. On l'essuyait ensuite avec du papier buvard et on la pesait dans l'air, puis dans l'eau.

Alors on pouvait déterminer :

I. La densité de la masse ou la densité apparente comparée à celle de l'eau prise pour unité.

II. La densité des particules ou densité réelle.

III. Le volume d'eau absorbé par 100 unités de volume de la roche.

IV. Le poids d'eau absorbé par 100 parties du poids de la roche.

Les expériences ont été faites spécialement sur les roches anciennes qui servent à bâtir au Canada; les deux dernières seulement sont relatives à des calcaires provenant de l'oolithe jurassique de Caen qui sont importés de France pour construire la nouvelle cathédrale de Montréal.

(1) *Exploration géologique du Canada, 1863-1866, 293.*

Tableau de la densité et de l'imbibition de diverses roches.

		I	II	III	IV
1	Grès. Potsdam, — dur et blanc. . . . .	2,607	2,644	1,39	0,50
2	— — — — —	2,560	2,685	2,72	1,06
3	— — — — —	2,563	2,633	2,26	0,88
4	— — — — —	2,557	2,618	2,47	0,96
5	Grès. Potsdam, — avec Scolithus. . . . .	2,433	2,636	6,94	2,83
6	— — — — —	2,432	2,611	7,90	3,25
7	Grès. Potsdam, — avec Lingula. . . . .	2,366	2,611	9,35	3,96
8	Grès. Sillery, — vert, argileux. . . . .	2,719	2,795	2,73	1,00
9	— — — — —	2,642	2,719	2,85	1,08
10	Grès. Medina, — rouge. . . . .	2,529	2,767	8,37	3,31
11	— — — — —	2,481	2,776	10,06	4,01
12	Grès. Dévonien, — fin, gris. . . . .	2,110	2,646	20,24	9,59
13	— — — — —	2,099	2,645	20,62	9,86
14	— — — — —	2,086	2,649	21,27	10,22
15	Schiste. Sillery, — rouge, argileux. . . . .	2,674	2,784	3,96	1,49
16	Schiste. Rivière Hudson, — noir. . . . .	2,529	2,747	7,94	3,14
17	Schiste. Utica, — pyroschiste. . . . .	2,317	2,334	0,75	0,32
18	— — — — —	2,373	2,396	0,93	0,39
19	— — — — —	2,370	2,424	2,10	0,88
20	Calcaire. Trenton, — noir compact. . . . .	2,706	2,714	0,30	0,11
21	Calcaire. Trenton, — gris compact. . . . .	2,707	2,745	0,32	0,11
22	Calcaire. Trenton, — gris cristallin. . . . .	2,643	2,673	1,16	0,44
23	— — — — —	2,671	2,708	1,34	0,50
24	— — — — —	2,638	2,681	1,70	0,65
25	Calcaire. Niagara, — gris cristallin. . . . .	2,537	2,679	5,27	2,08
26	Dolomie. Calcifère, — Beauharnois. . . . .	2,772	2,833	2,15	0,78
27	— — — — —	2,737	2,838	3,53	1,28
28	— — — — —	2,635	2,822	6,61	2,51
29	Dolomie. Calcifère, — Mingan. . . . .	2,601	2,832	7,22	2,77
30	Dolomie. Galt, — Guelph. . . . .	2,527	2,829	10,60	4,19
31	— — — — —	2,528	2,810	10,04	3,97
32	Dolomie. Onondaga, — Walkerton. . . . .	2,517	2,825	10,92	4,33
33	Dolomie. Chazy, argileux, — Ramsay. . . . .	2,442	2,824	13,55	5,55
34	Dolomie. Chazy, argileux, — Hull. . . . .	2,717	2,823	3,75	1,39
35	— — — — —	2,693	2,825	4,69	1,73
36	— — — — —	2,598	2,891	10,12	3,89
37	Calcaire. Jurassique, — Caen (France). . . . .	1,859	2,637	29,49	15,85
38	— — — — —	1,860	2,644	26,95	14,48
39	— — — — —	1,839	2,611	29,54	16,05

On voit que la plupart des roches anciennes du Canada absorbent une proportion d'eau qui est assez faible; pour les calcaires elle est inférieure à celle qu'absorbent l'oolithe jurassique et aussi le calcaire grossier du bassin de Paris.

Il importe maintenant de remarquer que la valeur d'une pierre à bâtir n'est pas en raison inverse de sa porosité et de son pouvoir d'absorption. Car certaines pierres très-poreuses comme la meulière, la ponce, le trachyte, le tuf calcaire fournissent d'excellents matériaux de construction.

D'un autre côté la proportion d'eau absorbée par une roche ne représente pas toujours sa porosité. Les argiles, les marnes sont, en effet, très-compactes; quand elles absorbent de l'eau, elles se gonflent, deviennent spongieuses et changent entière-

ment d'état physique. Il peut assurément être très-utile de déterminer la proportion d'eau absorbée par les roches argileuses, mais elle ne mesure pas leur porosité.

Observons encore que si l'emploi de la machine pneumatique permet le dégagement plus complet de l'air qui est retenu dans les pores de la roche soumise à l'expérience, l'imbibition directe a cependant l'avantage de donner les résultats qu'il importe réellement d'obtenir, puisqu'ils sont conformes à ceux de la nature; ainsi elle fait connaître la proportion d'eau qu'une pierre à bâtir absorbera lorsqu'elle sera dans un sol très-humide; elle fait connaître également la proportion d'eau qui peut imbibir les roches dans l'intérieur de la terre.

Cette proportion d'eau diminue d'ailleurs avec la pression à laquelle les roches sont soumises, et l'expérience apprend que pour les roches argileuses elle est bien inférieure à celle que l'on trouve directement, même sans l'emploi de la machine pneumatique (1).

#### Imbibition.

Le frère Ogérien (2) a fait connaître la proportion d'eau absorbée par différentes terres végétales du département du Jura. L'opération avait lieu en pesant 100 grammes de la terre humide et complètement imbibée, puis à l'état sec; la perte de poids donnait alors la quantité d'eau qui était retenue.

Dans ces mêmes terres la plasticité a été comparée et représentée par des nombres qui variaient de 0 à 10, ce dernier correspondant à l'argile blanche de la Bresse.

Les résultats obtenus sont les suivants :

(1) Delesse. *Bulletin de la Société géologique*. [2] t. XXX, p. 641. — *Revue de géologie*, t. 11, p. 62.

(2) *Histoire naturelle du Jura*, t. I<sup>er</sup>.

DÉSIGNATION DES TERRES VÉGÉTALES.	IMBIBITION.	PLASTICITÉ.
<i>1<sup>o</sup> Argileuses.</i>		
Argile inculte, blanche et très-compacte, à 82 p. 100 d'argile; de la Bresse.	0,216	10
Argile bitumineuse à 75 p. 100; de Montchauvrot (Bresse).	0,220	10
Argile siliceuse à 75 p. 100; de Baume.	0,135	4
Terre forte de Dole, à 66 p. 100 d'argile.	0,208	3
Terre forte rougeâtre de Chaussin, à 65 p. 100 d'argile.	0,185	3
Argile noire de Sainte-Agnès, à 70 p. 100 d'argile.	0,200	5
Argile blanchâtre de Chille, à 64 p. 100 d'argile.	0,250	4
Terre jaune de Petit-Noir, à 64 p. 100 d'argile.	0,166	6
Terre arable du Doubs, à 58 p. 100 d'argile.	0,360	3
Terre jaune de Alessia, à 55 p. 100 d'argile.	0,220	1
Terre tourbeuse de Aliéry, à 44 p. 100 d'argile.	0,270	4
Marnes irisées de Poligny, à 57 p. 100 d'argile.	0,192	1
Terre arable de Champdivers, à 57 p. 100 d'argile.	0,320	3
<i>2<sup>o</sup> Siliceuses.</i>		
Terre très-sèche, friable, à 87 p. 100 silice; de Comenailles.	0,350	2
Terre de Courtaux, à 79 p. 100 de silice.	0,330	3
Terre de Chapelle-Voland, à 71 p. 100 de silice.	0,290	4
Terre rouge de la forêt de Chaux, à 75 p. 100 de silice.	0,280	2
Terre rouge de Bletterans, à 58 p. 100 de silice.	0,380	2
Terre d'étangs de Saint-Amour, à 48 p. 100 de silice.	0,220	5
Terre jaune du plateau d'Alièze, à 49 p. 100 de silice.	0,390	3
Terre jaune de Ronay, à 49 p. de silice.	0,370	1
<i>3<sup>o</sup> Ferro-Siliceuses.</i>		
Terre rouge contenant 7 p. 100 d'oxyde de fer et 69 p. 100 de silice; du grand Essard.	0,227	1
Terre rouge contenant 8 p. 100 d'oxyde de fer et 35 p. 100 de silice; de Valempoulières.	0,212	1
Terre très-légère 9 p. 100 d'oxyde de fer et 51 p. 100; de silice; sans calcaire.	0,301	1
Terre assez légère 7 p. 100 d'oxyde de fer et 40 p. 100 de silice; de Pont d'Héry.	0,987	2
Terre rouge contenant 9 p. 100 d'oxyde de fer et 34 p. 100 de silice; sans calcaire de Chapelle-Voland.	0,363	2
Terre rouge contenant 4 p. 100 d'oxyde de fer et 45 p. 100 de silice; du plateau de Verges.	0,295	2
<i>3<sup>o</sup> Calcaires.</i>		
Terre d'alluvions de Ruffey, bonne pour les céréales, à 18 p. 100 de calcaire.	0,147	2
Terre d'alluvions de Molay, à 2; p. 100 de calcaire.	0,165	1
Terre d'alluvions de Rochefort, à 29 p. 100 de calcaire.	0,192	1
Terre d'alluvions de Clairvaux, à 75 p. 100 de calcaire.	0,091	1
Terre d'alluvions de Champagnole, à 69 p. 100 de calcaire.	0,192	1
Marne du lias de Vernantois, à 39 p. 100 de calcaire.	0,307	2
Marne du lias schisteux de Château-Chalon, à 44 p. 100 de calcaire.	0,390	2
Marne du lias des Arsures, à 47 p. 100 de calcaire.	0,259	3
Marne du lias de Ronay sur Baume, à 18 p. 100 de calcaire.	0,390	2
Marne du lias de Montfleur, à 40 p. 100 de calcaire.	0,100	2
Marne du lias de Crêt-Dessus, à 46 p. 100 de calcaire.	0,420	3
Terre marneuse de l'Étoile, à 18 p. 100 de calcaire.	0,360	1
Terre marneuse de Conliège, à 21 p. 100 de calcaire.	0,390	1

DÉSIGNATION DES TERRES VÉGÉTALES.	IMBIBITION.	PLASTICITÉ.
5° <i>Humifères.</i>		
Terre de jardin à 18 p. 100 de matières organiques; de Lons-le-Saulnier. . . . .	0,764	1
Terre à 65 p. 100 de matières organiques; de la forêt entre Champagnole et Sirod. . . . .	0,750	"
Terre à 37 p. 100 de matières organiques; de la forêt près la route de Saint-Laurent à Morez. . . . .	0,670	"
Terre à 42 p. 100 de matières organiques; de la forêt du François. . . . .	0,580	"
Terre à 25 p. 100 de matières organiques; du pré tourbeux des Houillères, près de Lons-le-Saulnier. . . . .	0,547	Nulle.
Terre à 33 p. 100 de matières organiques; du pré tourbeux au-dessous de Saint-Amour. . . . .	0,567	Nulle.

Conformément aux résultats obtenus précédemment dans des recherches analogues, on voit que les terres absorbant la plus grande proportion d'eau sont celles qui sont riches en argile ou bien en marne, et surtout en humus et en matières organiques (1).

Les terres sableuses et riches en humus sont d'ailleurs celles qui ont la moindre plasticité.

#### Résistance des roches à l'usure.

Les matériaux qui servent à l'empierrement des routes doivent être renouvelés d'autant plus souvent qu'ils s'écrasent plus rapidement; on conçoit donc qu'il soit très-utile de comparer leur résistance à l'usure. C'est en particulier ce qui a été fait par les Ingénieurs des ponts et chaussées du département de la Sarthe et du Haut-Rhin.

SARTHE. — On a constaté sur les routes du département de la Sarthe que si l'on représente par 10 la valeur du mètre cube de silex de la vallée de l'Huisne, celle de la meulière de Parigné-l'Évêque sera 25, parce que la durée ou la résistance à l'usure de cette dernière est 2 1/2 fois plus grande. En comparant de même la durée et le prix des autres matériaux, les Ingénieurs des ponts et chaussées de la Sarthe ont obtenu les nombres suivants qui donnent approximativement leur résistance à l'usure (2) :

(1) *Revue de géologie*, t. II, 62.

(2) Extrait d'une lettre de M. A. Guillier à M. Delesse.

NATURE DES MATÉRIAUX.	RÉSISTANCE à l'usure.
Calcaire dévonien de Loué. . . . .	8
Silex crétacé de l'argile superposée à la craie, à Saint-Calais. . . . .	10
Silex crétacé du terrain de transport de la vallée de l'Huisne qui en est exclusivement formé; à Connerre et à Saint-Mars la Bruyère. . . . .	10
Meulière friable d'Ardenay. . . . .	11
Gravier du terrain de transport de Guécclard, vallée de la Sarthe (silex de la craie et roches anciennes). . . . .	12
Gravier du terrain de transport de La Bazoge, vallée de la Sarthe (roches anciennes). . . . .	20
Grès blanc silurien, de Joué en Charnie. . . . .	22
Grès silurien à bilobites de Neuville et de Chemiré en Charnie. . . . .	25
Quartzites inférieurs de Sillé-le-Guillaume. . . . .	
Silex de l'argile à silex de l'oolithe inférieure de Chanillé, de Loué et d'Etival. . . . .	
Meulière de Parigné-l'Évêque. . . . .	

L'inspection de ce tableau montre qu'en ce qui concerne le département de la Sarthe, la meulière dure est la roche qui donne les meilleurs résultats pour l'empierrement des routes. Les grès et quartzites sont encore de bons matériaux, et il en est de même du silex. Toutefois on peut remarquer que le silex se montre assez inégal; jurassique, il résiste mieux que quand il est crétacé, surtout quand il a été extrait de l'argile à silex. Dans ce dernier cas, il ne se comporte pas mieux que le calcaire dévonien.

HAUT-RHIN. — Dans la description géologique du Haut-Rhin par MM. J. Delbos et Koechlin-Schlumberger, M. G. Müntz ingénieur en chef des ponts et chaussées, fait également connaître quelle est l'usure des matériaux qui sont employés à l'entretien des routes dans le département.

Ces matériaux peuvent être d'origine alpine ou vosgienne. Ils ont été comparés au moyen de l'usure produite en une année par kilomètre et par 100 colliers; chaque collier correspond d'ailleurs à un poids de 1.190 kilogrammes qui est celui trainé par une voiture de roulage; et pour les autres voitures dont le collier correspond à un poids moindre, une transformation a été faite de manière à n'avoir que des colliers de roulage.

(1) MM. J. Delbos et J. Koechlin-Schlumberger : *Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin*, t. II, p. 477.

NATURE DES MATÉRIAUX.	USURE par kilomètre et par 100 colliers
<i>a. Matériaux d'origine alpine.</i>	
Gravier et cailloux cassés du bassin du Rhin. . . . .	36
— de l'Ill. . . . .	39
— de la Largue. . . . .	45
Gravier et cailloux cassés quartzeux. . . . .	50
Calcaire jurassique. . . . .	74
<i>b. Matériaux d'origine vosgienne.</i>	
Gravier et cailloux cassés du bassin de la Savoureuse. . . . .	49
— de la Madeleine. . . . .	53
— de la Doller. . . . .	41
— de la Thur. . . . .	48
— de la Lauch. . . . .	38
— de la Fecht. . . . .	53
Eurites de Thann, Bergheim, Sainte-Marie. . . . .	37
Eurites de Rougemont, Urbès, Ribeauvillé, Liepvre. . . . .	46
Granite. . . . .	46

Ainsi, les routes du département du Haut-Rhin consomment annuellement par kilomètre, sous une pression diurne de 100 colliers de 1.190 kilogrammes, un cube de matériaux d'empierrement qui est en moyenne de 48 mètres cubes.

Parmi les matériaux diluviens, les cailloux du Rhin, essentiellement formés de quartzites des Alpes, sont ceux qui résistent le mieux. Les cailloux et graviers des Vosges sont moins bons; ceux de l'Ill, composés d'un mélange de cailloux des Alpes et des Vosges, ont du reste un coefficient intermédiaire. Les eurites grises, comme celle de Thann, ont presque la même résistance que les cailloux du Rhin, mais le granite, formé d'un agrégat de minéraux cristallisés, leur est notablement inférieur. Pour le calcaire jurassique roulé, la résistance à l'usure n'est que moitié de celle de l'eurite.

M. Müntz fait d'ailleurs observer que si le prix du cassage du mètre cube des matériaux a été convenablement réglé, il doit être en raison directe de leur durée et de leur résistance. Il constate, en effet, que le produit obtenu en multipliant le coefficient de consommation par le prix du cassage du mètre cube reste à peu près constant. Pour le département du Haut-Rhin, il est environ de 106; il variera naturellement avec le prix de la main-d'œuvre.

En admettant ce dernier nombre pour le Haut-Rhin, M. Müntz remarque qu'il serait possible de calculer la résistance à l'usure très-simplement et sans avoir besoin de déterminer, à grand-peine, la circulation des colliers; car il suffirait de diviser le produit 106 par le prix courant du cassage pour obtenir le coefficient de consommation.

#### Effets produits sur les roches par les actions mécaniques.

Des expériences ont été entreprises par M. Daubrée (1), dans le but d'étudier les effets d'usure et de décomposition produits sur les roches.

Les échantillons étaient placés avec une ou deux fois leur poids d'eau dans un cylindre, ayant à peu près la vitesse de rotation des eaux courantes. On variait les expériences en opérant dans un cylindre en grès ou bien en fer, et en prenant successivement de l'eau distillée, de l'eau contenant de l'acide carbonique, du sel marin ou de la chaux.

M. Daubrée a constaté que 3 kilogrammes de feldspath, par un parcours de 460 kilomètres, ont formé dans 5 litres d'eau pure 2<sup>g</sup>.720 de limon; que de plus l'eau contenait 12<sup>g</sup>.60 de potasse.

La quantité de potasse qui entre en dissolution est en rapport avec la quantité de poussière feldspathique produite par le frottement, et elle varie de 5 à 5 millièmes du limon.

Dans l'eau salée, la décomposition du feldspath est ralentie, mais elle est augmentée dans l'eau chargée d'acide carbonique ou dans l'eau de chaux.

Avec l'obsidienne, la décomposition est bien moindre qu'avec le feldspath; elle est beaucoup moindre encore avec l'amphigène, malgré sa richesse en potasse.

Évaluant le degré d'usure des roches soumises au frottement, par la quantité de limon qu'elles ont produite, M. Daubrée a trouvé les nombres suivants:

Feldspath	{ en fragments anguleux. . . . .	0,003
	{ en fragments arrondis. . . . .	0,004
Obsidienne et serpentine. . . . .		0,003
Silex. . . . .		0,0002

L'usure du silex est donc au moins dix fois moindre que celle du feldspath.

#### Roches tachetées par l'oxyde de fer.

Les roches ferrugineuses, particulièrement les grès, les argiles, les schistes, les argilophyres présentent souvent des veines ou des taches d'une couleur différente de celle du reste de leur masse. M. Maw (2) a dosé comparativement le fer contenu dans ces différentes parties des roches bigarrées, et il a constaté qu'à une couleur plus claire correspondait une moindre richesse en oxyde

(1) *Comptes rendus*, 1867.

(2) *Geological Society*, 23 janvier 1867.

de fer. On conçoit d'ailleurs que les parties plus claires aient perdu de l'oxyde de fer qui a été entraîné par dissolution, tandis qu'il a au contraire été concentré dans les parties plus foncées.

#### Action des alcalis sur les roches.

L'action des alcalis sur les minéraux et sur les roches a été étudiée par MM. Delesse et H. Sainte-Claire Deville (1) et plus récemment par M. Ch. Rammelsberg (2).

En examinant comment le feldspath orthose se comporte quand on le fait bouillir avec une lessive de potasse, M. Ch. Rammelsberg a reconnu qu'il n'est pas décomposé; toutefois il est attaqué et la proportion qui se laisse dissoudre dépend de la concentration de la lessive ainsi que de la durée de l'action. Dans le résidu les rapports de la silice et de l'alumine sont d'ailleurs les mêmes que dans l'orthose.

Le verre provenant de la fusion de l'orthose étant réduit en poudre peut se dissoudre complètement dans une lessive de potasse.

M. Ch. Rammelsberg a encore fait bouillir le rétinite vert de Meissen avec une lessive de potasse, et la quantité dissoute s'est élevée à 72,77 p. 100; de plus il a constaté que le rapport de la silice à l'alumine soit dans la dissolution alcaline, soit dans le résidu, ne diffère pas de ce qu'il est dans le rétinite lui-même. Du reste, le verre résultant de la fusion du rétinite se comporte absolument comme la roche.

#### Roches silicatées ayant même composition chimique et constituant des espèces différentes.

Des roches ayant la même composition minéralogique et chimique peuvent avec raison recevoir des noms différents; c'est ce que M. Tschermak (3), a bien mis en évidence en rapprochant les analyses des roches suivantes, formées toutes trois de quartz, d'anorthose, de mica (biotite), ou d'amphibole :

- I. Tonalite (4) à structure granitique, du lac d'Ovis, massif des monts Adavuello (G. vom Rath).

(1) *Bull. Société géologique* [2], t. XI, p. 105. — *Ann. ch. et ph.* [3], t. LXI, p. 326.

(2) *Zeitschrift d. d. g. Gesellschaft*, t. XX, p. 539.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1867. — *L'Institut*, 1867, 264.

(4) *Revue de géologie*, V, 84.

- II. Porphyrite quartzifère de la vallée de Pellegrin, dans le Tyrol méridional (Konia dans le laboratoire de Redtenbacher).  
 III. Dacite (x) ou andésite quartzifère de la vallée d'Illova, en Transylvanie (F. W. Slechta dans le laboratoire de Redtenbacher).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
I. . . . .	66,91	15,20	6,45	3,73	2,35	0,66	3,33	0,16	98,99
II. . . . .	66,76	16,53	4,60	4,71	2,04	1,82	2,86	2,11	102,03
III. . . . .	66,41	17,41	4,12	3,96	1,82	1,65	3,83	0,81	100,01

Ces roches, bien qu'ayant même composition, diffèrent par leur texture ainsi que par leur âge.

#### CLASSIFICATION DES ROCHES.

M. Charles d'Orbigny (2), ancien aide naturaliste à la chaire de géologie du Muséum d'histoire naturelle de Paris, a réuni dans un volume les principales recherches de M. Cordier sur les roches. Cet ouvrage a été rédigé d'après les manuscrits inédits, les catalogues et les leçons publiques de M. Cordier. Les terrains cristallins qui constituent le sol primitif y sont surtout l'objet d'une étude spéciale.

Nous donnerons seulement ici le tableau général qui résume la classification spécifique des roches, renvoyant le lecteur à l'ouvrage lui-même pour la description des espèces :

(1) *Revue de géologie*, VI.

(2) MM. Cordier et Charles d'Orbigny : *Description des roches composant l'écorce terrestre*, etc., 1868.

## TABLEAU GÉNÉRAL DES FAMILLES OU GROUPES NATURELS.

## A. — Roches normales.

(A contexture régulière et constante. Elles forment les couches, les enclaves transversaux et les dykes ou filons remplis d'un seul jet.)

I<sup>re</sup> CLASSE.

Roches à base de silicates.

## Lithoïdes.

1 Roches feldspathiques.	10 Roches quartzenses.
2 — pyroxéniques.	— **Vitriformes.
3 — amphiboliques.	11 — vitreuses.
4 — épidotiques.	— ***argiliformes.
5 — grenatiques.	12 — argileuses. { a. Argiloïdes. b. Argileuses proprement dites.
6 — hypersthéniques.	
7 — diallagiques.	
8 — talqueuses.	
9 — micacées.	

II<sup>e</sup> CLASSE.

Roches à base acidi fère.

13 Roches calcaires.	16 Roches aluniques.
14 — à base de chlorure de so- dium.	17 — à base de carbonate de soude.
15 — gypseuses.	

III<sup>e</sup> CLASSE.

Roches à base métallique.

18 Roches à base de carbonate de fer.	21 Roches à base de peroxyde de fer.
19 — — de silicate de fer hydraté.	22 — — de fer oxydulé.
20 — — d'hydrate de fer.	23 — manganésiennes.
	24 — à base de sulfure de fer.

IV<sup>e</sup> CLASSE.

Roches à base combustible.

25 Roches à base de soufre.	29 Roches anthraciteuses.
26 — dusodyliques.	30 — à base de houille.
27 — piasphaltiques.	31 — lignitiques.
28 — graphiteuses.	

## B. — Roches anormales.

(A contexture irrégulière et variable.)

32<sup>e</sup> Roches anor- { a. Remplissage irrégulier des filons proprement dits.  
males. . . . . { b. Dépôts irréguliers des grottes et cavernes.

## C. — Roches météoriques.

33<sup>e</sup> Roches météo- { a. Météorites à base de silicate.  
riques. . . . . { b. Fers météoriques.

— M. Daubrée (1) a publié la classification qui est adoptée pour les roches dans la collection du Muséum d'histoire naturelle.

Dans un travail de ce genre, dit M. Daubrée, l'on rencontre surtout trois difficultés. La première résulte de ce que les roches composées ont souvent une cristallisation confuse, en sorte que la nature des espèces minérales constituantes ne peut pas être déterminée. On n'y parvient même pas toujours avec le secours de l'analyse chimique, qui nous paraît cependant le moyen le plus parfait d'arriver à leur connaissance.

La deuxième difficulté tient à ce que des roches ayant même composition minéralogique portent des noms différents qui sont alors basés sur leur structure. C'est ce qui a lieu pour le granite, le porphyre, l'éurite qui présentent d'ailleurs des passages graduels.

Maintenant une troisième difficulté vient de ce que l'on est obligé d'avoir égard à l'importance dans l'écorce terrestre des masses minérales qui sont admises au rang des roches. Car telle substance métallique ou saline considérée comme roche par un géologue, n'en sera pas jugée digne par un autre, et à cet égard la limite à tracer reste assez arbitraire.

La classification donnée par M. Daubrée est basée, avant tout, sur la composition; mais dans chaque famille la structure intervient comme caractère distinctif.

Les silicates placés en tête sont partagés en huit familles, puis viennent les roches siliceuses et les autres roches rangées d'après la nature de leurs bases.

Les combustibles sont réunis dans une dernière famille.

(1) Classification adoptée pour la collection des roches du Muséum d'histoire naturelle de Paris.

## ROCHES.

	Granite.		Phyllade.
	Pegmatite.		Ampélite.
	Protogine.		Novaculite.
	Leptynite.		Schiste.
	Gneiss.	VIII. Phylladiennes	Kaolin.
	Porphyre quartzifère.	et argileuses.	Argile.
	Porphyre non quartzifère.		Limon.
	Porphyre congloméré.		Marne.
I. Feldspathiques.	Argilophyre.		Argilite.
	Eurite.		Pséphite.
	Rétinite.		Quartz.
	Trachyte.		Quartzite.
	Andésite.	IX. Siliceuses. . . .	Grès.
	Sanidophyre.		Sable.
	Phonolite.		Quartz bréchi- forme.
	Perlite.		Poudingue.
	Obsidienne.		Silex.
	Ponce.		Jaspe.
	Trass.		Opale.
	Labradorite.	X. Alcalines. . . . .	Diatomépélite.
			Gaise.
			Sel gemme.
	Dolerite.		
	Néphéline.		Carnalite.
	Basalte.		Barytine.
	Amphigénite.		
	Haliynophyre.		Célestine.
	Eukrite.		
II. Pyroxéniques et hypersthéniques.	Pépérine.	XI. Alcalino-terreuses. . . . .	Calcaire.
	Mélaphyre.		Gypse.
	Spilite.		Anhydrite.
	Wacke.		Fluorine.
	Euphotide.		Phosphorite.
	Granitone.		Dolomie.
	Variolite.		Magnésite.
	Hypérite.		
	Syérite.	XII. Terreuses (c'est-à-dire ayant pour bases l'une des terres des anciens chimistes).	Alunite.
	Diorite.		Cryolithe.
III. Amphiboliques.	Tonalite.		
	Amphibolite.		Pyrite.
	Aphanite.		Magnétite.
			Fer titané.
IV. Epidotiques et grenatiques. . . .	Epidote.	XIII. Métalliques. . . .	Oligiste.
	Grenatite.		Itabirite.
	Eclogite.		Limonite.
			Sidérose.
	Greisen.		Soufre.
V. Micacées. . . . .	Micaschiste.		
	Minette.		Graphite.
	Kersanton.		Anthracite.
	Lherzolite.		Houille.
VI. Silicatées magnésiennes. . . .	Dunite.	XIV. Combustibles.	Lignite.
	Sépiolite.		Tourbe.
	Talcschiste.		Terreau.
			Naphtoschiste.
VII. Chloritiques. . .	Chloritoschiste.		Bitumes.
	Glaucosite.		
	Chamoisite.		

## Classification des roches stratifiées.

Enfin nous donnerons encore un tableau résumant la classification que M. Samuel Haughton (1) a adoptée pour les roches stratifiées :

## I. Grès.

## A. Simple. — Quartz seulement.

- A. Sableux.
- B. Compacte.
- C. Argileux.

## B. Composé.

- A. Quartz et feldspath (mélange mécanique).
- B. Quartz, feldspath, mica (mélange mécanique).
- C. Quartz et argile (gris ou rouge).

## C. Conglomérats et brèches.

- A. Cailloux de quartz et argile rouge.
- B. Cailloux de quartz, schiste, jaspe, gneiss, granite, etc., cimentés par de l'argile rouge ou par une matière siliceuse.

## II. Schistes.

## A. Simple. — Argile schisteuse simplement endurcie.

- A. Parfaitement fissile.
- B. Imparfaitement fissile. — Ardoise massive.
- C. Schiste coticule, à cassure esquilleuse.

## B. Composé.

- A. Argile et mica.
- B. Argile et talc.
- C. Argile et chlorite.
- D. Argile et hornblende.

## III. Calcaires.

## A. Simple.

- A. Cristallin.
- B. Compacte.
- C. Oolitique et pisolitique.
- D. Dolomie.

## B. Composé.

- A. Calcaire et mica.
- B. Calcaire et schiste argileux.
- C. Calcaire et serpentine.

## C. Conglomérats et brèches.

- A. Galets et ciments de calcaire.
- B. Galets mélangés (calcaire, quartz, schiste, etc.) et pâte de calcaire.

(1) *Manual of Geology*, 2<sup>e</sup> édit., p. 46.

Indiquant les principaux minéraux contenus dans ces trois classes de roches, M. S. Haughton observe qu'il n'y en a que très-peu dans le grès; soit parce qu'il s'est déposé dans des eaux agitées; soit parce qu'il est simplement formé de silice. Les trois minéraux les plus remarquables du grès sont le grenat, qui s'observe dans des roches très-variées, la topaze qui se montre aussi dans le granite, et, dans quelques cas très-rares, le diamant qu'on ne connaît, jusqu'à présent, que dans du grès ou, du moins, dans des roches siliceuses.

### ROCHES.

Nous allons décrire maintenant les différentes espèces de roches en appelant plus particulièrement l'attention sur celles dont la composition chimique a été déterminée.

#### Roches carbonées.

##### Pétrole.

Dans son rapport sur l'Exposition universelle de 1867, M. Daubrée passe en revue les pétroles qui avaient été envoyés et fait connaître leur gisement ainsi que celui des pétroles actuellement exploités sur les principaux points du globe (1).

VALACHIE. — Ayant étudié les gisements de pétrole de la Valachie, M. Capellini (2) est arrivé aux conclusions suivantes:

Le pétrole se trouve disséminé à plusieurs niveaux se rapportant à l'éocène et au miocène. En général la richesse des gisements diminue en raison de leur plus ou moins grande antiquité géologique.

Les divers bitumes qui accompagnent le pétrole sont les résultats de la condensation ou de l'altération du pétrole lui-même, ainsi que les émanations de gaz hydrogène carboné, qui parfois produit des phénomènes ayant quelque analogie avec ceux des véritables volcans.

Le pétrole se trouve associé au sel gemme, au gypse et quelque-

(1) *Rapports du Jury international*, t. V, p. 68. — Voir aussi les volumes antérieurs de la *Revue de géologie*.

(2) *Giòvanni Capellini: Giacimenti petroliferi di Valachia*. Bologne, 1868, in-4. (Extrait par M. de Mortillet.)

fois au soufre, sans que cette association implique dépendance ou dérivation.

Dans la Valachie, le pétrole et le sel gemme sont contemporains des couches dans lesquelles ils se trouvent et, suivant M. Capellini, n'ont pas été introduits postérieurement comme bien des personnes l'ont prétendu.

CARPATHES. — L'étude des gisements pétrolifères du terrain tertiaire des Carpathes a fait reconnaître de même à M. Coquand (1) que le pétrole de cette contrée est contemporain des couches qui le contiennent et que son arrivée date du moment même où ces argiles et ces grès se déposaient au fond des eaux éocènes et miocènes.

Il paraît probable que des sources souterraines, éclatant de distance en distance au moment du travail de la sédimentation, ont apporté un produit liquide que les roches qui se déposaient dans leur voisinage auront emprisonné dans leur masse, pour le restituer plus tard à l'état de naphte, de pétrole ou d'asphalte: emmagasiné dans des argiles sans communication avec l'air extérieur, ce produit se sera conservé à l'état de naphte ou de pétrole.

Quand il a rencontré des grès et des calcaires poreux, il a vraisemblablement laissé échapper tout ou partie de ses éléments volatils, en se convertissant en asphalte, en bitume glutineux ou en bitume de Judée.

M. Coquand pense qu'il faut attribuer la même origine au pétrole de l'Amérique et, en général, à tous les gisements pétrolifères connus. Quant à la réaction qui a donné naissance à l'huile minérale, elle doit, suivant M. Coquand, être recherchée dans les profondeurs du foyer incandescent de la terre, les travaux de M. Berthelot ayant démontré que le pétrole peut résulter de la combinaison directe du carbone et de l'hydrogène (2).

AMÉRIQUE DU NORD. — De même que MM. Capellini et Coquand, M. Sterry-Hunt (3) admet que le pétrole est indigène dans les divers horizons où on le rencontre en Amérique du nord: mais, au lieu de devoir son origine au noyau terrestre, il résulterait, suivant M. Hunt, d'une transformation particulière des matières organiques végétales, qui se serait opérée au fond des eaux où se dépo-

(1) *Bulletin de la Société géologique* (2), t. XXIV, p. 562.

(2) *Revue de géologie*, t. VI, p. 32.

(3) *Bulletin de la Société géologique* (2), t. XXIV, p. 570.

saient les sédiments et surtout les sédiments calcaires : cette transformation aurait été de même nature que celle qui a produit les houilles grasses ; car les analyses chimiques montrent une série de produits variant, par degrés insensibles, de l'antracite au pétrole.

Quant aux conditions qui peuvent donner lieu à des sources abondantes de pétrole, elles doivent être en rapport avec les soulèvements, qui déterminent la formation de fissures et de réservoirs où la matière minérale liquide s'est accumulée de préférence.

— On doit encore à M. C. H. Hitchcock (1) un travail d'ensemble sur les gisements de pétrole de l'Amérique du Nord. L'auteur reconnaît quatre manières d'être du pétrole. Il peut se présenter : 1° dans des bassins de forme synclinale, comme les nappes d'eau qui alimentent les puits artésiens ; 2° dans les cavités et les fissures des roches ; 3° le long des lignes de failles (Virginie occidentale, comtés de Cumberland et de Barren, Kentucky) ; 4° emmagasiné dans des relèvements de forme anticlinale (Canada occidental).

Le pétrole a été obtenu jusqu'ici dans quatorze formations différentes qui sont :

- 1° Le pliocène californien ;
- 2° Les lignites crétacés du Colorado et de l'Utah ;
- 3° Le trias de la Caroline du Nord et du Connecticut ;
- 4° La partie supérieure du terrain carbonifère de la Virginie occidentale. La plupart des puits productifs de la Virginie appartiennent à cet horizon.
- 5° La houille de Pitsburg (puits superficiels de Wheeling et d'Athènes).
- 6° Les couches houillères de Pomeroy.
- 7° La base du terrain houiller, dans les conglomérats et le millstone-grit.
- 8° Le calcaire d'Archimède (sub-carbonifère) du Kentucky.
- 9° Les groupes de Chemung et de Portage (Pensylvanie occidentale et Ohio septentrional).
- 10° Le schiste noir de l'Ohio, du Kentucky et du Tennessee (dévonien moyen).
- 11° Le calcaire cornifère et le groupe d'Hamilton (très-productif dans le Canada et le Michigan).
- 12° Le calcaire inférieur d'Helderberg (silurien inférieur) à Gaspé.
- 13° Le calcaire de Niagara, près de Chicago.

(1) *British. assoc.*, 1866. — *Geol. mag.*, t. IV, p. 34.

14° Le silurien inférieur du Kentucky et du Tennessee (schistes de Lorraine et d'Utica, calcaire de Trenton).

Quant à l'origine du pétrole, M. Hitchcock la considère comme essentiellement organique : la plus grande partie proviendrait, suivant lui, des végétaux ; mais les animaux pourraient en avoir fourni quelque peu sous forme d'huile de poisson.

M. Hitchcock ne pense pas que le pétrole soit le produit de la distillation de la houille, car il a existé avant cette formation : il se demande si l'eau salée des lagunes primitives n'aurait pas été capable d'empêcher le dégagement de gaz hydrocarbonés fournis par les végétaux situés au-dessous, de manière à forcer ces gaz à se condenser sous forme liquide ?

AUSTRALIE. — De nouveaux gisements de pétrole ont été annoncés au nord-est de Jéricho dans la Tasmanie, dans le sud de l'Australie ainsi que dans la province de Nelson (Nouvelle-Zélande) (1).

#### Bitume.

SUÈDE. — M. Igelstroem (2) a découvert en Suède occidentale, dans la province de Wermland, des roches de gneiss et de mica-schiste tellement imprégnées de matière bitumineuse que les plus petits fragments en sont pénétrés et que leur couleur ressemble tout à fait à celle de la poudre à canon. Ces roches, traitées par la chaleur, dégagent 9 p. 100 de gaz hydrocarbonés avec une huile incolore. C'est la première fois que le bitume est signalé, en pareille quantité, dans des roches aussi anciennes.

#### Pyropissite.

Le nom de *Pyropissite* (3) a été donné par M. Kenngott à un combustible terreux et amorphe qu'on trouve à Weissenfels et à Zeitz dans la province prussienne de Saxe. A l'état humide il devient jaune, brun, doux et très-gras au toucher ; à l'état sec il est blanc jaunâtre et se laisse facilement écraser entre les doigts ; sa cassure est molle, terreuse, inégale ; il prend feu à la flamme d'une bougie et donne une flamme fuligineuse en répandant une odeur aromatique. Lorsqu'il est pur, il fond comme la cire à cacheter et conserve très-bien les empreintes. Sur la feuille de platine il fond

(1) *L'Institut*, 1866, p. 336.

(2) *Geol. mag.*, t. IV, p. 160.

(3) E. Stöhr : *Neues Jahrbuch*, 1867, 403. — Zinken : *Die Braunkohle und ihre Verwendung*.

en une masse noire ayant l'aspect de la poix. L'éther en extrait une substance ressemblant à de la cire.

Une pyropissite de Gerstewitz contenant 15,5 de cendres et ayant une densité de 0,92 a été analysée par Karsten, qui a trouvé pour sa composition élémentaire:

C	H	O
68,92	10,30	20,78

A la distillation sèche la pyropissite donne par tonne 20 à 25 kil. de bitume que l'on traite pour en extraire la paraffine et les huiles minérales. Mais cette qualité pure est assez exceptionnelle, et le plus ordinairement l'on a un charbon coulant (Schwelkohle) qui ne donne que 12 kilogrammes de bitume. Jusque dans ces derniers temps on regardait ce charbon comme non susceptible d'emploi; tout au plus s'en servait-on dans la fabrication des agglomérés; Mais maintenant il est exploité sur une grande échelle pour la fabrication de la paraffine et des huiles minérales.

— M. E. Stöhr a fait une étude spéciale du gisement de la pyropissite qui est associée aux lignites de Zeitz et de Weissenfels. Voici les principaux résultats de ses observations.

La pyropissite se montre seulement dans les endroits où le lignite est recouvert par une faible épaisseur de toit. Ainsi, on n'en trouve guère à plus de 15 mètres de profondeur.

Son gisement est assez varié: tantôt elle est partie intégrante des couches de lignite dont elle forme la partie supérieure, particulièrement dans les endroits où leur puissance est la plus petite. Tantôt elle imprègne plus ou moins les lignites terreux, dans lesquels elle présente plusieurs couches claires d'un combustible coulant. Du reste ces couches se trouvent toujours vers la partie supérieure des lignites; elles alternent et se montrent quelquefois sur 8<sup>m</sup> de puissance; de plus, la teneur en bitume d'une même couche, est assez variable pour qu'elle fournisse soit du charbon coulant, soit du lignite ordinaire.

Dans certains cas, la pyropissite forme encore des nids dans le lignite dans lequel elle se foud peu à peu ou bien duquel elle est nettement séparée.

La nature du toit exerce une grande influence sur la pyropissite. Quand c'est du sable ou du gravier sa qualité s'améliore. Au con-

traire de l'argile ou des conglomérats argileux tendent généralement à la rendre mauvaise.

La pyropissite est toujours accompagnée de la variété de mauvais charbon qui est nommée russ kohle; cette dernière se montre au toit et son épaisseur varie de quelques centimètres jusqu'à 5 décimètres.

En outre, la pyropissite ne contient pas de pyrite de fer, ni du gypse, ni des troncs d'arbres.

Quant à l'origine de cette substance minérale, M. E. Stöhr l'attribue à un métamorphisme du lignite. Les caractères du lignite terreux en couches indiquent, en effet, qu'il doit résulter d'une macération complète des végétaux. De plus le lignite pur se transforme en hydrogènes carbonés et en bitume; tandis que d'un autre côté, en comparant la composition du lignite avec celle de la pyropissite, on constate qu'on passe de l'un à l'autre en admettant un départ d'acide carbonique et d'eau.

Observons maintenant que le pétrole contient les mêmes substances que la pyropissite et en particulier de la paraffine qui se trouve dans celui de Modène et de Gallicie (Ozokérite). D'où M. Stöhr conclut qu'il a dû se former comme la pyropissite et non par une combinaison directe de carbone et d'hydrogène qui se serait produite dans l'intérieur de la terre d'une manière analogue à celle réalisée par M. Berthelot avec le secours de fortes batteries galvaniques.

#### Tourbe.

ARIÈGE. — Dans les hautes montagnes du département de l'Ariège, qui sont formées par les roches primitives, M. Mussy (1) a observé assez fréquemment, près des sources et petits cours d'eaux, des amas tourbeux plus ou moins irréguliers. Ces gisements sont généralement petits, peu profonds et leur situation élevée, loin des routes et chemins praticables, rend leur exploitation à peu près impossible; quelques-uns sont assez développés, atteignent plusieurs centaines de mètres et une profondeur irrégulière de plus d'un mètre; la tourbe est toujours très-ligneuse et chargée de terres.

Les principales sont comprises dans le canton de Vièdessos aux quartiers de Bernadouze, Pied du Port de Massat, Rive belle (Suc), Lagréou (Sentenac), Cabanatus et Sauvegarde (Illher et Lapège),

(1) Communication de M. Mussy.

Montagne de Bassiés (Auzat); on en trouve également quelques indices aux montagnes granitiques de Saurat et Querigut.

#### Lignite.

**ARIÈGE.** — Le combustible minéral à l'état de lignite est fréquent en veinules pauvres dans l'Ariège; d'après M. Mussy, il se rencontre dans deux formations: les marnes supraliasiques et les grès nummulitiques.

1° Dans les marnes supraliasiques, le lignite, en petites veines dépassant rarement quelques centimètres, est associé à des schistes noirs plus ou moins charbonneux et à des amas irréguliers de minerais de fer pisolithiques, il a été constaté à Pereille, le Baqué, près de la Bastide de Serou, etc.

2° Le grès sableux nummulitique présente à sa base une assise de 1 à 2 mètres et parfois plus de schistes charbonneux et pyriteux avec veinules de lignites dépassant rarement quelques centimètres, il a été constaté à Villac d'Aiguillannes, Lesparrou, Labastide sur-l'Hers, les Imprions, Lherm, Labarre près Foix.

Voici, d'après M. Mussy, les caractères et la composition de ces deux variétés de lignite de l'Ariège :

Le lignite (I) des marnes supraliasiques est noir, brillant, fragile, écailleux; sa densité est 1,35; il peut servir au travail du forgeron; chauffé à l'abri de l'air, il perd son bitume, se moule dans le vase qui le contient, présente des masses poreuses d'un gris perlé, ayant les apparences du coke. Il est pyriteux.

Le lignite (II) du grès nummulitique est parfois à l'état de jayet susceptible d'être travaillé pour ornement. Toujours il est noir, brillant et fragile; sa cassure est dure, conchoïde et éclatante; il brûle bien avec flamme en donnant une odeur bitumineuse, il se ramollit, gonfle et fournit peu de cendre; il peut servir au travail du forgeron. Chauffé en vase clos, il donne un produit sans cohésion qui se désagrège facilement et n'est pas du coke.

	Charbon.	Matières volatiles.	Cendres.	Sommes.
I. ....	49	22	29	100
II. ....	45	50	5	100

**HONGRIE.** — Près de Funfkirchen en Hongrie on trouve un lignite dont la composition élémentaire a été déterminée par M. G. Neudtwich (1)

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 740.

C	H	O	Somme.
85,29	5,06	9,65	100,00

Ce lignite est remarquable par sa grande richesse en carbone.

**NARA.** — Dans la partie sud du gouvernement de Moscou, sur le cours inférieur de la Nara, M. H. Trautschold (1) indique des gisements très-accidentés de combustibles. Une de ces couches présente 2<sup>m</sup>.60 d'épaisseur; elle est dans un sable intercalé lui-même entre le calcaire carbonifère à spirifer mosquensis et l'argile jurassique à gryphées qui affleure dans le centre de la Russie; par conséquent l'âge de ce combustible est certainement compris entre le carbonifère et le jurassique. Un essai fait sous la direction de M. Schöne a donné :

Coke	Matières volatiles.	Eau.	Matières minérales.
28,3	37,5	8,2	26,0

C'est donc un combustible très-impur et qui par sa composition se rapproche du lignite, particularité qui s'étend d'ailleurs aux combustibles carbonifères du centre de la Russie.

**TERRES ARCTIQUES.** — Divers lignites ou combustibles provenant des terres arctiques ont été analysés par M. Wartha (2). Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant qui fait connaître la composition élémentaire, après avoir défalqué les cendres :

- A. Scansden (Groenland).
- B. Disco (Groenland).
- C. Scene Bay à l'île Melville.
- D. Côte de Disco (Groenland).

(1) *Der südöstliche Theil des Gouvernements Moskau*. Saint-Petersbourg, 1867, p. 71.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 740. — *Zuricher Viertel Jahreschrift*, t. XI, p. 281.

	C.	H.	O.	Sommes.
A. . . . .	65,8	5,5	28,7	100,00
B. . . . .	69,2	4,2	26,6	100,00
C. . . . .	75,8	6,6	17,6	100,00
D. . . . .	84,3	7,1	8,6	100,00

Parmi ces lignites, celui de la côte de Disco est exceptionnellement riche en carbone et se rapproche sous ce rapport de celui de la Hongrie dont l'analyse vient d'être donnée.

#### Houille.

D'après les recherches du docteur Hoffman (1) voici quels sont les divers produits qu'on obtient avec la houille :

Oxyde de carbone. . . . .	C <sup>2</sup> O <sup>2</sup>	Bisulfure de carbone. . . . .	C <sup>2</sup> S <sup>4</sup>
Acide carbonique. . . . .	C <sup>2</sup> O <sup>4</sup>	Acide cyanhydrique. . . . .	HC <sup>2</sup> N
Acide sulfureux. . . . .	S <sup>2</sup> O <sup>4</sup>	Acide sulfooyanhydrique. . . . .	HC <sup>2</sup> NS <sup>2</sup>
Acide sulhydrique. . . . .	H <sup>2</sup> S <sup>2</sup>		

#### Hydrocarbures.

Gaz des marais. . . . .	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup>	Pyren. . . . .	C <sup>30</sup> H <sup>12</sup>
Acétylène. . . . .	C <sup>2</sup> H <sup>2</sup>	Caproylène. . . . .	C <sup>12</sup> H <sup>16</sup>
Gaz oléifiant. . . . .	C <sup>3</sup> H <sup>4</sup>	Ananthylène. . . . .	C <sup>14</sup> H <sup>14</sup>
Propylène. . . . .	C <sup>3</sup> H <sup>6</sup>	Paraffine. . . . .	C <sup>21</sup> H <sup>24</sup>
Propyl. . . . .	C <sup>3</sup> H <sup>8</sup>	Amyl. . . . .	C <sup>5</sup> H <sup>12</sup>
Butyl. . . . .	C <sup>4</sup> H <sup>10</sup>	Cuproyl. . . . .	C <sup>24</sup> H <sup>32</sup>
Benzol. . . . .	C <sup>6</sup> H <sup>6</sup>	Xylol. . . . .	C <sup>10</sup> H <sup>10</sup>
Parabenzol. . . . .	C <sup>8</sup> H <sup>10</sup>	Cumol. . . . .	C <sup>8</sup> H <sup>12</sup>
Soluol. . . . .	C <sup>16</sup> H <sup>18</sup>	Cymol. . . . .	C <sup>20</sup> H <sup>14</sup>
Naphtaline. . . . .	C <sup>20</sup> H <sup>16</sup>	Paranaphtaline. . . . .	C <sup>30</sup> H <sup>12</sup>
Chrysendl. . . . .	C <sup>12</sup> H <sup>8</sup>	Eupion. . . . .	?

#### Composés acides.

Acide acétique. . . . .	C <sup>4</sup> H <sup>4</sup> O <sup>4</sup>	Acide ou alcool crésylique. . . . .	C <sup>14</sup> H <sup>3</sup> O <sup>2</sup>
Acide ou alcool phénylique. . . . .	C <sup>12</sup> H <sup>10</sup> O <sup>2</sup>	Acide ou alcool phlorylrique. . . . .	C <sup>16</sup> H <sup>15</sup> O <sup>2</sup>
Acide rosalique. . . . .	C <sup>16</sup> H <sup>22</sup> O <sup>8</sup>	Acide brunolique. . . . .	?

DECIZE. — Nous donnons ici la composition des principales couches de houille qui sont exploitées actuellement dans l'importante mine de Decize (1) :

(1) *Revue universelle des Mines*, t. XXII, p. 235 (1867).

#### Groupe supérieur.

- A. Couche dite Petite-Meule; épaisseur 1<sup>m</sup>,2; bitumineuse.  
B. Couche dite Grande-Meule; épaisseur 2 mètres; bitumineuse.

#### Groupe inférieur.

- C. Couche dite 1<sup>re</sup> Blard. Puits Marguerite; épaisseur 2 mètres; plus collante que celle de la Meule.  
C'. d. . . . . Puits Glénons.  
C''. Id. . . . . Puits Zagots.  
D. Couche dite 2<sup>e</sup> Blard. Puits Zagots; épaisseur 2 mètres; elle est quelquefois mélangée de gypse.  
D'. Id. . . . . Puits Glénons.  
E. Couche dite Crêt-Ecnoit. Puits Zagots; épaisseur 2<sup>m</sup>,30; houille maréchale dont la qualité et la puissance vont en augmentant vers le Nord.  
E'. Id. . . . . Puits Glénons.

	Matières volatiles.	Carbone.	Gendres.	Coke pour 100.
A. . . . .	39,86	55,12	5,02	60,14
B. . . . .	40,00	52,65	4,00	60,00
C. . . . .	37,93	56,61	5,45	62,07
C'. . . . .	40,50	54,78	4,72	59,60
C''. . . . .	39,40	55,78	4,82	60,60
D. . . . .	37,00	54,28	8,75	63,00
D'. . . . .	38,45	53,32	8,23	61,55
E. . . . .	51,70	60,68	7,62	68,50
E'. . . . .	32,00	62,20	5,81	68,00

AHUN. — M. Robert (1) a fait les essais de divers charbons provenant des bassins houillers d'Ahun :

- A. Couche n° 3, à 53 mètres au puits Sainte-Barbe (district central). Elle donne un coke gris, bien fondu, même boursoufflé.  
B. Couche n° 4, à 78 mètres au puits Sainte-Barbe. Menu bien lavé qui a donné un coke compact et gonflé.  
C. Couche n° 4, à 16 mètres de profondeur au puits Saint-Jacques (district nord). Le coke est gris et bien fondu.  
D. Couche n° 1, à 27 mètres au puits Sainte-Marie (district central). Anthracite peu dure et schisteuse qui décrépite un peu et ne change pas de forme par la calcination.  
E. Couche n° 5, à 9 mètres de profondeur au puits Saint-Augustin (district

(1) Gruner: *Etude des bassins houillers de la Creuse*; p. 53.

- sud). On l'utilise comme charbon à gaz et elle donne un coke bien fondu.
- F. Couche n° 6, à 29 mètres de profondeur au puits Saint-Augustin (district sud). Coke un peu boursoufflé.
- G. Couche n° 7, à 50 mètres dans le puits Saint-Augustin. L'essai a eu lieu sur du menu lavé qui ne gonfle pas.
- H. Couche n° 7, du puits Saint-Charles (district sud). Coke bien fondu.
- I. Couche n° 7, du puits Pontévrot (district central). Coke gris bien fondu. Au puits Émile, la couche contient 20 p. 100 de matières volatiles, donne un coke bien fondu et un peu boursoufflé, mais qui ne gonfle pas.

	COMPOSITION DES HOUILLES.			CENDRES dans 100 parties de coke.	MATIÈRES volatiles dans 100 parties de houille pure.
	Matières volatiles.	Coke.			
		Charbon.	Cendres.		
A. ....	20	71,8	8,20	10,20	21,8
B. ....	18	72	10	12,2	20
C. ....	25	68,9	6,10	8,20	26,6
D. ....	11	79	10	11,2	12
E. ....	27,2	60,4	12,4	17	30,8
F. ....	26,2	63,2	10,6	14,4	29,3
G. ....	25	68	7	9,3	27
H. ....	27,5	68,2	4,3	6	28,7
I. ....	16,5	74,2	9,3	11,1	18,2

M. Gruner observe que tel charbon, par exemple celui du puits Morny, qui a la faculté de coller par l'action de la chaleur, perd totalement cette faculté lorsqu'il reste exposé à l'air pendant quelques semaines.

En outre le charbon du puits de Fourneaux, qui est riche en matières volatiles dont il contient environ 30 p. 100, ne se gonfle pas par la cuisson, mais éprouve plutôt une sorte de retrait.

LIÈGE. — Des essais chimiques faits sur différents types de houille du bassin de Liège ont été publiés par la Revue Universelle des Mines (1).

Les principaux échantillons examinés ont été fournis par les mines de :

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| I. Val Benoit.          | VII. Espérance (Seraing). |
| II. Horloz.             | VIII. Six Bonniers.       |
| III. Ongrée.            | IX. Bois d'Avroy.         |
| IV. Gosson.             | X. Bois d'Avroy.          |
| V. Espérance (Seraing). | XI. Espérance (Seraing).  |
| VI. La Haye.            | XII. Cockerill.           |

(1) Revue universelle des mines, t. XXII, p. 192 (1867).

	CARBONE.	MATIÈRES		PYRITE.	QUANTITÉ de coke pour 100 de houille.
		volatiles.	terreuses.		
I. ....	82,437	15,450	1,816	0,297	84,470
II. ....	80,414	16,594	2,860	0,132	83,370
III. ....	79,500	17,830	2,560	0,110	82,140
IV. ....	78,988	18,858	0,930	1,224	80,810
V. ....	77,940	19,240	2,660	0,166	80,720
VI. ....	76,906	19,812	2,257	1,025	79,910
VII. ....	75,670	19,670	4,340	0,320	80,240
VIII. ....	74,990	21,700	3,230	0,080	78,280
IX. ....	73,873	20,166	5,392	0,569	81,667
X. ....	72,957	20,231	1,384	0,475	79,100
XI. ....	71,780	19,780	8,300	0,130	80,180
XII. ....	70,310	23,540	6,020	0,181	76,420

Ce tableau montre bien que le rendement en coke d'une houille quelconque est en raison inverse de la teneur en matières volatiles de celle-ci ; cette relation s'explique d'ailleurs d'elle-même, car le coke se composant des parties fixes du carbone soumis à la distillation et des cendres, on conçoit que plus le charbon contient de matières aisément réductibles en gaz, moins il laisse de résidu.

#### Anthracite.

M. Dumas (1) a récemment appelé l'attention de l'Académie des sciences sur quelques nodules d'une anthracite remarquable par son extrême dureté. Ces nodules ont une structure en apparence concrétionnée ; ils rayent aisément le verre et même des corps plus durs. Leur composition, abstraction faite des cendres, est la suivante :

Carbone. ....	97,6
Hydrogène. ....	0,7
Oxygène. ....	1,7

La densité est 1.66. Ainsi, avec l'opacité, la densité et la composition de l'anthracite, ces nodules ont presque la dureté du diamant.

Un fait du même genre a été constaté, il y a quelques années, par M. Mène : en portant sous le moufle, à une haute température, de l'anthracite du Creusot, il remarqua qu'elle se convertissait en une masse friable, grise, assez dure pour rayer le verre et l'acier, en faisant entendre le même bruit que le diamant. M. Mène a pu reproduire ce phénomène en opérant sur des anthracites de

(1) Comptes rendus, 1867.

Valbonnais, en Savoie, et d'Abercraf, dans le pays de Galles. On sait d'ailleurs que M. Despretz a depuis longtemps obtenu des résultats analogues, en soumettant le charbon à la chaleur d'une pile très-puissante, et l'on comprend l'intérêt que des recherches de ce genre peuvent offrir pour résoudre le problème de la production artificielle du diamant.

#### Schiste bitumineux.

ÉCOSSE. — M. Jules Joffre (1) a fait l'analyse de combustibles minéraux assez impurs, exploités depuis peu en Écosse, qui sont désignés sous les noms de Lanarkshire coal et de Rigsid coal; il a analysé également le bog head et un schiste bitumineux du département de l'Allier.

Abstraction faite des cendres qui, pour le Lanarkshire coal (I), sont de 16,5 p. 100; pour le Rigsid coal (II) de 15 p. 100; pour le bog head (III) de 25 p. 100, et pour le schiste bitumineux (IV) de 59 p. 100, M. J. Joffre a obtenu les résultats suivants:

	I	II	III	IV
C. ....	72,79	70,04	75,30	70,34
H. ....	8,40	7,09	8,90	9,24
Az et O. ....	18,81	22,87	15,80	20,42
Somme. ....	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces combustibles se distinguent par une teneur en hydrogène supérieure à celle de la houille qui reste inférieure à 5 p. 100.

#### Terres végétales.

M. Mazure (2) a donné une classification naturelle des terres végétales, qui est basée sur l'étude de leurs propriétés physiques, chimiques et agricoles.

On sait que les éléments des terres arables sont l'argile, le sable,

(1) *Bull. Soc. chimique*, juillet 1868, p. 8.

(2) *Cours d'agriculture*, par Mazure, t. 2, p. 314.

le calcaire, le terreau. Observant que l'argile est le plus important, M. Mazure divise les terres en deux embranchements.

Le premier comprend les terres argileuses dans lesquelles l'argile domine, en sorte qu'elles font pâte avec l'eau et durcissent en se desséchant.

Le deuxième comprend les terres non argileuses qui se délaient dans l'eau sans faire pâte avec elle et qui ne forment pas de mottes dures par la dessiccation.

Le sable, le calcaire et le terreau servent ensuite à diviser chacun de ces embranchements en classes.

Il est d'ailleurs nécessaire de tenir compte, non-seulement de la nature des éléments qui entrent dans les terres végétales, mais encore de leurs proportions; or, l'expérience paraît indiquer que les propriétés de l'argile dominant dans une terre végétale dès qu'elle en renferme plus de 50 pour 100; les terres argileuses, ou du premier embranchement seront donc celles qui contiendront plus de 50 p. 100 d'argile.

Au contraire, les terres non argileuses seront celles qui ont moins de 20 p. 100 d'argile; elles forment le deuxième embranchement, dans lequel les propriétés de l'argile sont dominées par celles des autres éléments.

En outre, M. Mazure pense qu'on doit appeler :

Sableuses les terres qui ont plus de 70 p. 100 de sable;

Calcaires, celles qui ont plus de 70 p. 100 de calcaire pulvérulent;

Humifères celles qui ont plus de 10 p. 100 de terreau.

Le tableau suivant donne, du reste, les différentes classes de terres végétales et en tête sont placées celles que l'on peut considérer comme parfaites, parce que les éléments s'y font équilibre et que, dans nos climats du moins, elles sont par cela même dans les conditions les plus favorables pour la culture.

(1) *Cours d'agriculture*, t. II, p. 314.

CLASSES.	COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE. Limites des proportions centésimales des éléments.				TERMES VULGAIRES. Synonymie.
	Argile.	Sablo.	Calcaire pulvérent.	Torraeu.	
I. Terres parfaites. . . . .	20 à 30 p. 100	50 à 70 p. 100	5 à 10 p. 100	5 à 10 p. 100	Terres franches. Limons. Loams (des Anglais).
II. Terres argileuses. . . . .	Plus de 40 p. 100	Moins de 50 p. 100	Moins de 5 p. 100	5 à 10 p. 100	Terres glaises. Terres à potier.
III. Terres argilo-sableuses. . . . .	Plus de 30 p. 100	50 à 70 p. 100	Moins de 5 p. 100	5 à 10 p. 100	Glaises maigres. Glaises sableuses. Terres fortes. Terres à blé.
IV. Terres argilo-calcaires. . . . .	Plus de 30 p. 100	Moins de 50 p. 100	5 à 10 p. 100	5 à 10 p. 100	Marnes glaiseuses. Glaises blanches. Terres à trèfle et à luzerne.
V. Terres argilo-humifères. . . . .	Plus de 30 p. 100	Moins de 50 p. 100	Moins de 5 p. 100	Plus de 10 p. 100	Glaises noires Terres de matécages.
VI. Terres sableuses. . . . .	Moins de 10 p. 100	Plus de 80 p. 100	Moins de 5 p. 100	5 à 10 p. 100	Sables friables. Sables meubles. Terres de pinnières.
VII. Terres sablo-argileuses. . . . .	10 à 20 p. 100	Plus de 70 p. 100	Moins de 5 p. 100	5 à 10 p. 100	Sables consistants. Terres légères. Terres à seigle.
VIII. Terres sablo-calcaires. . . . .	Moins de 10 p. 100	Plus de 70 p. 100	5 à 10 p. 100	5 à 10 p. 100	Sables crayeux. Terres blanches. Terres à sainfoin et à luzerne.
IX. Terres sablo-humifères. . . . .	Moins de 10 p. 100	Plus de 70 p. 100	Moins de 5 p. 100	Plus de 10 p. 100	Sables noirs. Terres de bruyère. Terres de jardinier.
X. Terres calcaires. . . . .	Moins de 10 p. 100	50 à 70 p. 100 sable calcaire surmont.	Plus de 10 p. 100	5 à 10 p. 100	Terres marneuses. Marnes exploitables.

1<sup>er</sup> embranchement.2<sup>e</sup> embranchement.

On conçoit maintenant que les chiffres fixant les limites des classes marquent seulement d'une manière approximative les proportions qui assurent la prédominance des éléments de la terre végétale et qu'ils n'ont pas une valeur absolue.

## Roches diverses.

## Eaux.

Les limites de cette *Revue* ne permettant pas de résumer complètement les nombreuses recherches faites sur les eaux, nous mentionnerons seulement celles qui offrent un intérêt spécial, renvoyant pour les autres au compte rendu annuel de chimie de MM. Heinrich Will et Engelbach.

## Eau de pluie.

M. Peligot (1) a déterminé les gaz contenus dans l'eau de pluie tombée à Paris pendant le mois de mai : 1 litre de cette eau a fourni 23 centimètres cubes de gaz dont 100 volumes renfermaient seulement 2.4 d'acide carbonique; le reste était un mélange de 32 oxygène pour 68 d'azote, c'est-à-dire dans les proportions habituelles. L'eau de pluie contient du reste l'acide carbonique qu'elle doit avoir d'après la loi de Dalton et Henri, en raison du coefficient de solubilité et des 4 dix-millièmes de ce gaz qui se trouvent dans l'air atmosphérique.

Comme l'observe M. Peligot, il y a beaucoup moins d'acide carbonique dans l'eau de pluie que dans les eaux ordinaires.

## Eau des houillères.

M. Stoelet (2) a constaté que les eaux sortant des houillères contiennent un corps gras, soluble dans l'éther, qui paraît provenir de la houille elle-même. Sa présence, aussi bien que celle de la houille en suspension, peut occasionner quelques accidents dans les chaudières à vapeur.

## Eaux artésiennes.

GRENELLE. — Des recherches nouvelles sur l'eau du puits artésien de Grenelle ont été faites par M. Peligot (3).

(1) *Mémoires de la Société impériale d'agriculture*, 1865, 317.(2) *Annales des travaux publics de Belgique*, XXIII, et *Revue universelle des Mines*, XIX, 432.(3) *Mémoires de la Société impériale d'agriculture*, année 1865, 321.

Contrairement aux résultats obtenus précédemment, M. Peligot a d'abord constaté qu'elle ne contient pas traces d'oxygène. A litre soumis à l'ébullition laisse seulement dégager 14 centimètres cubes d'azote à 10°. Le résidu salin laissé par cette eau est de 0<sup>s</sup>,142 par litre et présente la composition suivante :

Carbonate de chaux . . . . .	40,8
Carbonate de magnésie . . . . .	11,5
Carbonate de potasse . . . . .	14,4
Carbonate de protoxyde de fer . . . . .	2,2
Sulfate de soude . . . . .	11,3
Hyposulfite de soude . . . . .	16,4
Chlorure de sodium . . . . .	6,4
Silice . . . . .	7,0
	100,0

L'eau du puits de Grenelle contient du carbonate de protoxyde de fer qui, au contact de l'air, donne immédiatement lieu à un dépôt de limonite. On utilise même cette propriété pour colorer en jaune opalin des objets de verre qu'on laisse séjourner pendant quelques heures dans l'eau du puits.

L'hydrogène sulfuré se révèle par son odeur, mais il y en a trop peu pour qu'on le puisse doser exactement. M. Peligot a déterminé d'ailleurs l'hyposulfite de soude de l'eau de Grenelle et il le considère comme le produit de l'oxydation par l'air du sulfure alcalin que renferment les eaux sulfureuses lorsqu'elles sont à l'état naturel.

Par l'absence d'oxygène, l'eau du puits de Grenelle diffère entièrement de toutes les eaux courantes. Bien qu'elle ne donne qu'un poids très-faible par l'évaporation, c'est en réalité une eau minérale.

Dans le bassin qui la reçoit, elle laisse d'ailleurs un dépôt d'hydroxyde de fer gélatineux, dans lequel M. Peligot a constaté la présence du manganèse, et qui contient en outre de la silice et des conferves. De pareils dépôts s'observent souvent dans les eaux minérales; c'est donc une raison de plus pour la considérer comme telle. Du reste, bien que l'eau du puits de Grenelle ait seulement une température de 28 degrés, et qu'elle soit très-peu chargée de substances minérales, elle est à la fois siliceuse, ferrugineuse et sulfureuse.

### Eaux de la mer.

Des recherches ont été faites par M. R. Lenz (1) sur la relation qui existe entre la densité et la nature de l'eau de mer.

Il conclut de son travail que l'accroissement de densité de l'eau de mer est proportionnel à sa salure. En désignant par  $d$  la densité de l'eau de mer à 0°, comparée à celle de l'eau distillée à la même température, et par  $p$  la salure exprimée en centièmes, on peut admettre qu'il existe entre  $d$  et  $p$  les deux relations suivantes :

$$p = 123,1571 (d - 1) \quad d = 1 + 0,00811971 \cdot p$$

### Eaux minérales.

FRANCE. SALLES-D'AUDE. — L'analyse de l'eau minérale de Salles-d'Aude (arrondissement de Narbonne) a été faite par MM. J. Le fort et Robinet.

En opérant sur un litre de liquide, ils ont obtenu les résultats suivants :

	gram.		gram.
Acide chlorhydrique . . . . .	4,997	<i>Report.</i> . . . . .	10,162
Acide sulfurique . . . . .	1,299	Ammoniaque . . . . .	Indices
Acide carbonique . . . . .	0,329	Chaux . . . . .	1,025
Acide silicique . . . . .	0,021	Magnésie . . . . .	0,403
Acide bromhydrique . . . . .	} traces	Oxyde de fer dissous (FeO) . . . . .	0,121
Acide iodhydrique . . . . .		Oxyde de fer précipité (Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ) . . . . .	0,179
Soude . . . . .	3,492	Matière organique . . . . .	Indices
Potasse . . . . .	0,324		12,190
<i>A reporter.</i> . . . .	10,462		

Les substances trouvées dans l'eau de Salles-d'Aude peuvent être combinées ainsi :

	gram.		gram.
Chlorure de sodium . . . . .	6,536	<i>Report.</i> . . . . .	10,133
Chlorure de potassium . . . . .	0,512	Bicarbonate de chaux . . . . .	0,298
Chlorure de magnésium . . . . .	0,877	Bicarbonate de protoxyde de fer . . . . .	0,268
Chlorhydrate d'ammoniaque . . . . .	Indices	Silice . . . . .	0,021
Bromure et iodure de sodium . . . . .	Indices	Oxyde de fer insoluble . . . . .	0,179
Sulfate de chaux . . . . .	2,208	Matière organique . . . . .	Indices
<i>A reporter.</i> . . . .	10,133		10,359

Cette eau, dont la densité est 1,008, provient d'une source froide qui émerge au centre d'une vaste plaine d'alluvion, à 2 mètres au-dessus du niveau de la mer, et sur la rive gauche de l'Aude.

(1) Mémoires de l'Académie de Saint-Petersbourg, 1868, t. XI, n° 15.

(2) Journal de Pharmacie et de chimie, t. VII, p. 189 (1868).

**ARIÈGE.** — Le département de l'Ariège compte beaucoup d'eaux minérales qui ont été étudiées récemment par M. l'ingénieur des mines Mussy. Il est avantageux de classer ces eaux d'après les terrains dans lesquels elles émergent, et voici comment M. Mussy a résumé ses recherches.

1° *Granite.* — La formation granitique qu'on rencontre vers la frontière d'Espagne présente à son extrémité orientale un assez grand nombre de sources minérales chaudes sulfureuses, à base de sulfure de sodium; à leur émergence ces sources paraissent en relation avec des pegmatites ou des granites porphyroïdes se montrant au voisinage des terrains de transition.

**CARCANIÈRES.** — Les sources de Carcanières, au nombre de 15, sont chaudes, sulfureuses, à base de sodium, émergent directement d'un granite porphyroïde très-fendillé, en deux points principaux séparés par une distance de 500 mètres; à peu de distance au nord, repose sur le granite aréniforme une puissante formation silurienne. La température des eaux varie entre 51 et 59 degrés et la teneur en sulfure de sodium par litre est de 0<sup>g</sup>,124 à 0<sup>g</sup>,275. Les sources sont très-abondantes.

**SALIENS.** — Entre Mérens et l'Hospitalet à Saliens, émerge d'un banc de pegmatite enclavé dans des granites porphyroïdes, une petite source sulfureuse froide de 13,6 à assez forte odeur d'hydrogène sulfuré.

**AX.** — Les sources d'Ax (1) au nombre de plus de 53 sont chaudes, sulfureuses à base de sodium et contiennent en outre du chlorure de sodium, silicate et carbonate de soude et une matière végétominérale désignée sous le nom de barégine qui se dépose à presque tous les griffons; les eaux très-chaudes produisent en même temps du soufre.

Le sol d'Ax est formé par une pegmatite à mica palmé, présentant au voisinage des schistes et calcaires anciens une assez large zone allongée du Sud vers le Nord, criblée de fentes étroites et disposées dans le même sens suivant la direction N 25° à 28° O; du milieu de ces fentes émergent les eaux minérales par groupes plus ou moins indépendants.

A la limite Sud de cette zone sont les sources du Teich; en avançant au Nord on trouve vers l'Est les sources Sicre et vers l'Ouest

(1) *Revue de géologie*, t. III, p. 91.

celles de la rue du Coustou; plus loin on rencontre successivement les eaux de la place du Breilh, celles de l'établissement Modèle et en dernier lieu le Couloubret.

Les sources sourdent directement de la pegmatite, pénètrent par des canaux plus ou moins verticaux à la base du diluvium qu'elles ont fréquemment métamorphosé par leurs dépôts siliceux et transformé en un poudingue dur et bleuâtre connu dans le pays sous le nom de *Tap* et émergent au jour dans le diluvium ordinaire de la surface du vallon.

Suivant le parcours plus ou moins long effectué dans le terrain meuble, les sources sont plus ou moins dégénérées, perdent leur soufre et se transforment en eaux purement alcalines.

Du reste, les sources présentent au point de vue de la sulfuration toutes les gradations successives depuis l'état purement alcalin sans soufre jusqu'au maximum de sulfuration donné par la source Vignerie qui est par litre de 0<sup>g</sup>,200, l'alcalinité étant de 0<sup>g</sup>,0621.

La Revue de Géologie a déjà publié les analyses de deux eaux minérales d'Ax qui ont été faites par M. F. Garrigou (*voir* tome III, page 91), et le tableau suivant donne, d'après M. Mussy, les diverses conditions des principales sources de cette importante station thermale.

NOMS DES SOURCES.	Température.	Sulfuration par litre.	Alcalinité par litre.	Débit par minute.	Débit par 24 heures.
<b>1° Couloubret.</b>					
	Degrés.	grammes.		litres.	hectol.
Pithes . . . . . réunies . . . . .	40,8	0,0074	0,0698	17,391	250,43
Gaston-Phœbus . . . . .	"	0,0024	0,0385	13,636	196,36
Canalette . . . . .	"	"	"	63,159	900,49
Basse . . . . . réunies . . . . .	23,5	0,0000	0,0417	100,000	1,440,00
Rougeron . . . . .	41,2	0,0037	"	"	"
Pompe . . . . .	68,7	0,0207	0,0928	"	"
Etuve . . . . .	77,1	0,0218	"	40,678	585,76
Rossignol supérieur . . . . .	26,2	0,0000	0,0448	15,000	216,00
Montmorency . . . . .	26,2	0,0173	"	0,685	9,86
Majeure . . . . .	44,9	0,0148	0,0873	21,428	308,56
Bain fort (ancien) . . . . .	43,8	0,0173	"	8,759	126,13
Bain fort (nouveau) . . . . .	"	"	"	"	"
Bovette Rivière . . . . .	46,2	0,0185	0,1195	"	"
Mystère . . . . .	47,2	0,0124	0,0111	"	"
Laffont-Bougy . . . . .	38,0	0,0170	"	15,000	216,00
Jeanne-d'Albret . . . . .	"	"	"	"	"
<b>2° Breilh.</b>					
La-huvette du Breilh . . . . .	"	"	"	17,143	246,861
La Petite sulfureuse . . . . .	45,0	0,0173	0,0988	0,333	4,80
La source n° 1 . . . . .	45,0	0,0010	"	6,000	86,40
La source n° 4 . . . . .	40,8	0,0025	"	4,666	67,19
La source n° 5 . . . . .	38,0	0,0015	0,0680	3,200	46,08
La source n° 7 Longchamps . . . . .	"	"	"	11,538	166,03
La source n° 9 . . . . .	29,0	0,0013	0,0910	1,800	25,92
La source n° 11 Anglade . . . . .	43,0	0,0010	0,0800	6,750	97,20
Fontan . . . . .	51,3	0,0148	0,0677	6,000	86,40
Etuve du Breilh . . . . .	62,2	0,0093	0,0913	37,500	540,00
Pyramide du Breilh . . . . .	"	0,0031	"	2,927	42,15
Source Marie . . . . .	56,4	0,0188	0,0841	0,857	13,20
<b>3° Teich.</b>					
La Pompe . . . . .	28,2	0,0025	0,0034	2,286	32,92
La source n° 4 . . . . .	60,2	0,0173	0,0795	6,521	93,90
La source n° 5 ou Pâtissier . . . . .	"	0,0012	0,0911	0,353	5,03
La source n° 6 . . . . .	38,8	"	"	3,750	54,00
La Bleue . . . . .	48,8	0,0037	0,0659	3,125	45,00
La Pyramide . . . . .	68,0	0,0148	0,0646	48,000	691,20
Les sources mélangées de la grotte . . . . .	"	"	"	12,000	172,80
La source Astrié chaude . . . . .	49,6	0,0018	0,0619	3,973	57,21
La source Astrié froide . . . . .	35,5	0,0000	0,0472	3,750	54,00
La source Astrié . . . . .	46,8	0,0148	0,0110	"	"
La fontaine de Saint-Roch . . . . .	65,6	0,0230	"	15,000	216,00
La fontaine Quod . . . . .	37,0	0,0012	0,0531	1,739	25,04
La huvette Isabelle . . . . .	67,0	0,0240	"	3,726	53,65
Source Joly . . . . .	59,0	"	"	"	"
Source Orlu . . . . .	"	"	"	"	"
<b>Etablissement modèle.</b>					
Grande sulfureuse . . . . .	57,0	0,0182	0,0630	200,00	2,880,00
Source du Foulon . . . . .	47,0	"	"	41,00	590,40
Eau alcaline . . . . .	41,0	0,0129	0,0504	45,00	648,00
<b>Sources publiques.</b>					
Fontaine des Canons . . . . .	75,2	0,0210	0,0925	41,06	591,26
Rossignol inférieur . . . . .	76,7	0,0245	0,0925	24,00	345,60
Rossignol supérieur . . . . .	77,1	0,0218	"	40,07	586,80
Roger-Bernard (bassin) . . . . .	64,0	"	"	5,13	73,86
Source aux Yeux (bassin) . . . . .	"	0,0024	0,0710	"	"

ASTON. — En amont du barrage d'Aston, près les Cabannes, M. Mussy signale dans le granite porphyroïde deux sources minérales dont l'une assez considérable, est sulfureuse et froide avec barégine, tandis que l'autre est ferrugineuse.

Le sable granitique de la Barguillière renferme aussi quelques naissants ferrugineux notamment aux usines de Planissoles.

2° *Silurien inférieur.* — A Mérens en amont d'Ax une bande mince de schistes anciens, enclavée de part et d'autre dans des granites et greiss porphyroïdes, présente trois sources minérales voisines sulfureuses à base de sodium, dont les températures varient entre 56 et 58 degrés.

Les schistes anciens, imprégnés de pyrites, donnent des sources séléniteuses ferrugineuses et parfois légèrement sulfureuses par décomposition des sulfates dans presque toutes les vallées des montagnes de l'Ariège. On en a constaté à Verdun près des Cabannes, Suc et Saleix près Vicdessos, Rivernert et surtout aux environs de Sentein et Massat.

5° *Silurien supérieur.* — Les calcschistes murchisoniens donnent à Usson, canton de Quérigut, en relation avec des schistes pyriteux et charbonneux, trois sources sulfureuses et sulfatées presque froides de 20 à 27 degrés.

A Aulus ils présentent dans les mêmes conditions plusieurs naissants dont une source principale de 18 à 19 degrés qui jouit dans le pays d'une grande réputation au point de vue médical. L'eau est surtout riche en sulfate de chaux et de magnésium; elle a une saveur légèrement sulfureuse et ferrugineuse et dépose en abondance des matières rougeâtres formées principalement de fer et matières organiques où on a pu constater en quantité notable l'arsenic, le cuivre et le manganèse.

4° *Marnes irisées.* — Les marnes irisées et terres ophitiques connexes présentent aux environs de Labastide de Serou une petite source salée aux Andreaux et des eaux séléniteuses avec matières organiques à Ruffat près Labastide et à Castelnau Durban.

5° *Schistes supraliasiques.* — Les schistes du lias comme les schistes anciens sont fréquemment pyriteux et charbonneux et produisent comme eux des eaux minérales à température peu élevée, séléniteuses et ferrugineuses et chargées de matières organiques. Des sources situées dans ces conditions ont été constatées à Lugeat près Ussat, Massat, Aleu, le Rocher de Foix et Audinac. En ce dernier lieu sont deux belles sources dont une donne 125 à 150 litres par minute; elle a une légère odeur d'hydrogène sulfuré,

dégage de l'azote et est principalement chargée de sulfates calcaires et magnésiens.

6° *Lias et calcaire à dicérates.* — USSAT. — Le vallon d'Ussat, au voisinage de la station thermale, est, suivant M. Mussy, le résultat d'une profonde fracture dirigée O 50° N qui a amené au même niveau le lias sur la rive gauche et le calcaire à dicérates sur la rive droite; l'intérieur de la faille a été rempli par un terrain meuble de cailloux roulés, sable et débris de roches, opposant peu de résistance au passage des eaux. Les sources naissent verticalement, du centre de la fente; avant d'émerger au jour elles ont à traverser d'assez fortes couches de diluvium peu résistantes où elles se divisent en ramifications nombreuses qui ont toutefois une tendance à suivre les points de moindre résistance, c'est-à-dire les bords extrêmes du vallon. Près de la surface, les sources chaudes viennent former une nappe étendue de près de 400 mètres de large et 600 mètres de long à un niveau peu inférieur à celui des eaux froides de l'Ariège. En creusant à une faible profondeur on pourrait dans la plus grande partie de cette étendue trouver des eaux tièdes annonçant une grande dispersion de la nappe minérale, mais les principaux naissants paraissent concentrés aux bords extrêmes de la fracture où divers établissements ont été créés. Les sources d'Ussat sont surtout riches en sulfates et carbonates calcaires et magnésiens, ainsi qu'en matières organiques. La température des eaux varie entre 32 et 56 degrés.

7° *Crétacé supérieur.* — Quelques argiles charbonneuses et pyriteuses de cette formation marneuse donnent des naissants minéraux, séléniteux, froids, à Clermont, au col del Bonich et la Vignevise près Conzazy.

8° *Terrains nummulitiques.* — Les schistes et quartzites de la base du terrain nummulitique renferment une source salée abondante qui est en relation avec des gypses à Camarade.

Les assises inférieures du calcaire à miliolites présentent à Foucirgues près Labastide du Peyrat trois sources minérales de 15 à 20 degrés, très-chargées de matières organiques avec sels calcaires et magnésiens; au voisinage sont des grès pyriteux avec jayet.

VILLA SALICE. — M. Tissandier (1) a fait l'analyse d'une eau minérale de Villa Salice près Voghera (Piémont).

(1) *Journal de Pharmacie et de chimie*, t. VII, p. 440 (1868).

Évaporée à siccité, elle laisse un résidu pesant 65,532 qui est composé de :

Chlorure de sodium. . . . .	61,544
Chlorure de calcium. . . . .	1,031
Iodure de magnésium. . . . .	1,338
Sulfate de chaux. . . . .	0,144
Carbonate de chaux. . . . .	0,811
Carbonate de magnésie. . . . .	0,165
Silice, oxyde de fer, alumine, matières organiques, etc. . . . .	0,499
	65,532

Cette eau est remarquable par la quantité d'iode qu'elle renferme.

NEUMARK. — L'eau minérale de Neumark (Bavière) a été analysée par M. Buchner (1) :

Résultant du mélange de plusieurs sources, elle est à la fois sulfurée et ferrugineuse; suivant M. Buchner, le fer y serait contenu à l'état de carbonate, et non à l'état de sulfate.

L'analyse a donné les résultats suivants:

HS	CO <sup>2</sup>	NaCl	NaOSO <sup>3</sup>	KOSO <sup>3</sup>	AmOSO <sup>3</sup>	CaOSO <sup>3</sup>	MgOSO <sup>3</sup>
0,005	0,182	0,01261	0,01896	0,03439	0,00444	0,88744	0,84348
FeOCO <sup>2</sup>	CaOCO <sup>2</sup>	MgOCO <sup>2</sup>	As <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	SiO <sup>2</sup>	Substance organique (ulmine).		
0,01535	0,31875	0,04355	0,00104	0,00118	0,00118		

M. Buchner y a encore reconnu des traces de lithine, de manganèse, d'acide azotique et d'acide phosphorique.

MODLING. — L'eau de Modling près Vienne, a été analysée par M. le docteur Ed. Schwartz (2) :

10.000 parties de cette eau renferment :

(1) *Journal de Pharmacie et de chimie*, t. VI (1867), p. 397.

(2) *Journal l'Institut*, n° 1740, p. 150.

Sulfate de potasse . . . . .	0,233	Carbonate de chaux . . . . .	2,812
Sulfate de soude . . . . .	0,900	Carbonate de magnésie . . . . .	0,975
Sulfate de lithine . . . . .	} traces	Phosphate d'alumine . . . . .	0,007
Sulfate de strontiane . . . . .		Silice . . . . .	0,358
Sulfate de chaux . . . . .	0,954	Substances organiques . . . . .	0,090
Sulfate de magnésie . . . . .	2,256	Acide carbonique . . . . .	1,875
Chlorure de magnésium . . . . .	0,092	Acide carbonique libre . . . . .	0,007
Carbonate de fer . . . . .	0,019		

Somme des substances en dissolution . . . . . 40,578

L'eau minérale de Modling serait donc peu acide et assez pauvre en matières minérales; le sulfate de magnésie et le carbonate de chaux y existeraient seuls en quantités notables.

BADE. — L'eau de la source dite Ursprung à Bade près Vienne a été analysée par M. Redtenbacher (1).

10.000 parties contiennent :

Sulfure de calcium . . . . .	0,019	Carbonate de chaux . . . . .	1,539
Sulfate de potasse . . . . .	0,276	Carbonate de magnésie . . . . .	0,023
Sulfate de soude . . . . .	5,536	Oxyde de fer . . . . .	0,007
Sulfate de lithine . . . . .	0,007	Silice . . . . .	0,284
Sulfate de chaux . . . . .	5,595	Substances organiques . . . . .	0,529
Phosphate de chaux . . . . .	0,004	Acide carbonique . . . . .	0,021
Chlorure de calcium . . . . .	1,639	Acide carbonique libre . . . . .	0,402
Chlorure de magnésium . . . . .	3,031	Hydrogène sulfuré . . . . .	0,154

Somme des substances fixes . . . . . 18,739

Cent volumes de gaz dégagés spontanément de l'eau de la source renfermaient :

Hydrogène sulfuré . . . . .	0,20 volumes.
Acide carbonique . . . . .	3,91 —
Azote . . . . .	95,86 —

Cette eau est sulfureuse, assez riche en sulfates et chlorures, mais pauvre en carbonates.

CARINTHIE. — M. Redtenbacher (2) a donné l'analyse d'une eau minérale acidulée provenant d'Ebriach en Carinthie.

10.000 parties contiennent :

(1) Journal l'Institut, n° 1770, p. 391.

(2) L'Institut, n° 1770, p. 391.

Sulfate de potasse . . . . .	0,478	Carbonate d'oxyde de fer . . . . .	0,260
Sulfate de soude . . . . .	10,879	Alumine . . . . .	0,034
Chlorure de sodium . . . . .	10,404	Phosphate d'alumine . . . . .	0,075
Carbonate de soude . . . . .	32,992	Silice . . . . .	0,781
Carbonate de lithine . . . . .	0,087	Substances organiques . . . . .	1,521
Carbonate de magnésie . . . . .	6,439	Acide carbonique . . . . .	21,376
Carbonate de chaux . . . . .	9,523	Acide carbonique libre . . . . .	17,187

Somme des substances fixes . . . . . 53,729

Cette eau est donc alcalino-terreuse, riche en acide carbonique, en carbonate terreux, pauvre en chlorures et en sulfates.

TRANSYLVANIE. — L'eau acidulée de Stojka (Transylvanie), a encore été analysée dans le laboratoire de M. Redtenbacher (1).

10.000 parties de cette eau renferment :

Chlorure de potassium . . . . .	2,753	Oxyde de fer . . . . .	0,036
Chlorure de sodium . . . . .	30,818	Alumine et acide phosphorique . . . . .	0,0064
Iodure de sodium . . . . .	0,00054	Substances organiques . . . . .	0,079
Bromure de sodium . . . . .	0,0399	Oxyde de manganèse . . . . .	} traces
Carbonate de soude . . . . .	16,827	Oxyde de césium . . . . .	
Carbonate de lithine . . . . .	0,091	Oxyde de rubidium . . . . .	
Carbonate de chaux . . . . .	9,705	Acide carbonique demi-libre . . . . .	14,315
Carbonate de magnésie . . . . .	5,728	Acide carbonique libre . . . . .	19,982
Silice . . . . .	0,174		

Somme des substances fixes . . . . . 66,2878

Les bulles de gaz qui se dégagent de l'eau sont formées par de l'acide carbonique pur. L'eau de Stojka est donc une eau acidulée, riche en sel marin et en carbonate de soude.

FORMOSE. — M. Cuthberg Collingwood (2) a signalé, au N.-E. de l'île de Formose, des sources sulfureuses, indiquant l'existence d'actions volcaniques près de la surface du sol. L'une de ces sources forme un véritable torrent; sa température est de 45° C.

Des nuages de vapeur sortent d'ailleurs des crevasses, qu'on rencontre dans l'endroit où il y a le plus de sources, et tout autour il se dépose du soufre jaune sublimé.

CANADA. — M. St. Hunt (3) a fait l'analyse de quelques eaux minérales salées du Canada.

(1) L'Institut, n° 1770, p. 391.

(2) L'Institut, 1867, p. 311.

(3) Exploration géologique du Canada, 1866, p. 286.

	Sainte-Catherine.	Ancaster.	Hallowell.	Goderich.
Densité. . . . .	1,0360	1,0291	1,0351	1,2050
Chlorure de sodium. . . . .	29,8034	17,8280	38,7315	259,000
Chlorure de calcium. . . . .	14,8544	12,8027	15,9230	0,432
Chlorure de magnésium. . . . .	3,3977	5,0737	12,9060	0,254
Sulfate de chaux. . . . .	2,1923	0,7769	.....	1,882
Dans 1.000 parties. . . . .	50,2478	36,4813	67,5605	261,568

**BOTHWELL.** — A Bothwell, un puits creusé en 1865 pour rechercher le pétrole a rencontré une source minérale sulfureuse très-abondante qui s'est élevée jusqu'au sol.

M. St. Hunt (1) a trouvé pour sa composition :

Chlorure de sodium. . . . .	14,446
Chlorure de potassium. . . . .	0,335
Chlorure de calcium. . . . .	3,183
Chlorure de magnésium. . . . .	5,795
Sulfate de chaux. . . . .	3,058
Sulfure de sodium. . . . .	0,879
Hydrogène sulfuré. . . . .	0,077
	27,774

Cette eau minérale est très-fortement sulfureuse; elle a été rencontrée aussi dans d'autres puits, notamment aux environs de Petrolia et d'Enniskillen; elle paraît se trouver au-dessous de la formation cornifère et à la partie supérieure de l'étage d'Onondaga.

#### Borax.

Dans son rapport sur l'Exposition universelle de 1867, M. Daubrée (2) donne des renseignements sur diverses exploitations de borax qui étaient peu connues jusqu'à présent, particulièrement sur celles de l'Amérique, qui ne tarderont pas à prendre une grande importance.

**OURMIAH.** — Dans la Perse, au lac Ourmiah, l'eau minérale, de laquelle on extrait le borax, en contient 1/2 p. 100, et, d'après M. Abich, elle se trouve à proximité d'éruptions de serpentine et d'euphotide.

**CALIFORNIE.** — Au lac Clear, 120 hectares sont recouverts par une boue qui sur 3 mètres d'épaisseur ne renferme pas moins de

(1) *Exploration géologique du Canada*, 1866, p. 286.

(2) *Rapports du Jury international*, t. V, p. 226.

15 p. 100 de borax accompagné de carbonate de soude et de chlorure de sodium. Dans cette région l'acide borique est amené par des sources minérales ainsi que l'ont constaté MM. Veatch et Trask. Certaines de ces sources sont jaillissantes, atteignent 75° et dégagent de l'hydrogène sulfuré.

Il paraît que le borax est surtout très-abondant dans le lac Owen, situé à l'est de la Sierra-Nevada, à 160 milles de Los-Angeles (1).

Il se rencontre aussi dans les mêmes conditions dans l'état de Nevada.

Dans tous ses gisements, l'acide borique est du reste amené de l'intérieur de la terre par des sources minérales ou bien par de la vapeur d'eau.

#### Baryte sulfatée.

**ARIÈGE.** — M. Mussy s'est occupé de l'étude des gîtes de baryte sulfatée qui se trouvent dans le département de l'Ariège et de leur répartition dans la série des terrains.

**Devonien.** — Les calcaires devoniens présentent aux environs de Castelnau des amas et filons irréguliers de baryte sulfatée, plus ou moins tachée de matières minérales, telles que ocre, galène, pyrite de fer, cuivre gris et cuivre carbonaté vert ou bleu. Les localités où ces amas ont été reconnus sont Matalis et la Cazace près Castelnau, Durban, Douache et le Sarrat de Milles près Rimont.

**Grès bigarré.** — Les grès bigarrés, depuis le col del Bonich jusques vers Rinont, sur près de 20 kilomètres, présentent de grands filons de baryte sulfatée en masses atteignant parfois 3 et 4 mètres d'épaisseur et recouvrant aux environs de Castelnau sur près de 2 kilomètres, en croûte superficielle, les coteaux de grès bigarrés; cette baryte est souvent salie par des ocres, cuivre gris et cuivre carbonaté vert ou bleu avec quartz. Parfois même ces minéraux sont assez abondants pour qu'on ait pu les exploiter à une époque très-ancienne comme minerais de cuivre; c'est ce qui a eu lieu au Maté, au Gayet, à Montou, au Coffre, à Guinou et aux Atiels. La baryte est depuis longtemps extraite en carrières à ciel ouvert à Camel près Castelnau et réduite en poudre blanche pour le commerce.

**Lias.** — Des indices de baryte sulfatée ont récemment été reconnus dans les calcschistes du lias à Gaujac près Caumont sur les bords du Sallat, en aval de Saint-Girons.

(1) M. Marenhout, vice-consul de France à Los-Angeles. (Extrait d'une dépêche adressée le 1<sup>er</sup> mars 1868 au Ministre des affaires étrangères.)

**Phosphorite.**

Dans son rapport sur l'Exposition universelle de 1867, M. Daubrée (1) donne un résumé des recherches qui ont été faites sur la phosphorite, soit en France, soit à l'étranger. Ses gisements dans les roches stratifiées, dans les roches éruptives et dans les filons sont décrits successivement. M. Daubrée en conclut que les réservoirs principaux du phosphore se trouvent dans les profondeurs du globe; il observe d'ailleurs que l'origine inorganique du phosphore est confirmée par sa présence dans les météorites.

LANGFYLLIN.—MM. Voelcker et Davies (2) ont décrit un gisement intéressant de phosphorite qu'on observe à Langfyllin, dans le nord du Pays de Galles. Ce gisement forme une couche noire de 0<sup>m</sup>.45 de puissance, régulièrement intercalée dans la série du calcaire de Bala, et contenant divers fossiles, tels que des moules de Modiola, Aviculopecten, Orthoceras, Orthis, Lingula et des fragments de trilobites; la couche de phosphorite est recouverte par un calcaire phosphaté avec Orthis flabellum et Illænus Davisii; elle repose sur un lit de kaolin passant au feldspath en roche et imprégné de pyrite cuivreuse.

BEDFORD.— Dans un conglomérat du grès vert des environs de Sandy, M. J. F. Walker (3) a signalé des nodules de phosphates. Ils sont associés à de l'oxyde de fer et à divers fossiles qui sont caractéristiques du grès vert inférieur; toutefois on en trouve aussi d'autres qui paraissent avoir été roulés et sont antérieurs à cet étage; tels sont en particulier des débris d'ichthyosaurus et de plesiosaurus.

SARTHE.— M. Guillier (4) a observé des nodules de phosphates dans la craie à ostrea vesiculosa de la Ferté-Bernard et de Saint-Cosme, dans la Sarthe.

NASSAU.— La phosphorite du pays de Nassau (5) a été analysée de nouveau par M. Petersen (6). On sait qu'elle forme le long du cours de la Lahn des gîtes importants qui sont exploités activement pour l'agriculture.

(1) *Rapports du Jury international*, t. V, p. 206.

(2) *Geol. mag.*, t. IV, p. 251.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1867, 622.

(4) Lettre à M. Delesse.

(5) *Revue de géologie*, t. V, p. 162.

(6) *Neues Jahrbuch*, 1867, 101.

D'après M. Sandberger, la phosphorite de Diez se trouve dans le calcaire à Stringocéphales et vers sa limite avec le porphyre. Sa densité est 2.95. Voici le résultat donné par son analyse :

CaO	MgO	KO	NaO	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	PO <sup>5</sup>	Fl	Cl, I	CO <sup>2</sup>	HO	Résidu insoluble.	Somme.
53,30	0,19	0,14	0,31	0,61	35,78	2,46	0,03	4,25	1,65	1,05	100,77

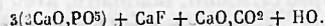
\* Avec un peu d'alumine.

La présence d'une petite quantité d'iode dans cette phosphorite est intéressante à constater. Toujours aussi elle renferme de l'eau et du carbonate de chaux; en sorte qu'elle paraît former une espèce minérale distincte que M. Stein a proposé de nommer *Staffélite*.

Suivant M. Petersen, la Staffélite de Diez aurait la composition suivante :

Phosphate de chaux . . . . .	80,45
Carbonate de chaux . . . . .	20,18
Carbonate de magnésie . . . . .	0,40
Fluorure de calcium . . . . .	6,34
Fluorure de potassium . . . . .	0,17
Fluorure de sodium . . . . .	0,40
Chlorures et iodures alcalins . . . . .	10,05
Oxyde de fer, alumine, silice et résidu . . . . .	11,86
Eau . . . . .	1,65
	100,00

D'où, laissant de côté l'oxyde de fer, l'alumine et le résidu comme provenant de mélanges, on obtient la formule :



GROSS-BULTEN.— M. W. Wicke (1) a examiné des nodules de phosphates qui se trouvent dans le minerai de fer de Gross-Bulten et d'Adenstedt. Ils sont de la grosseur d'une noix à celle d'un œuf de poule et ils prennent aussi une forme allongée. Leur couleur est jaunâtre; les plus foncés sont blancs à l'intérieur et entourés au contraire par une écorce noirâtre.

PO <sup>5</sup>	SO <sup>3</sup>	CO <sup>2</sup>	MgO	CaO	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	CaFL <sup>2</sup>	Résidu insoluble.	HO	Perte au feu.	Somme.
33,33	0,52	2,45	0,22	42,06	3,56	6,98	2,50	3,34	1,67	3,34	99,97

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1867, p. 211.

L'acide phosphorique est combiné non-seulement avec la chaux, mais encore avec l'alumine et avec l'oxyde de fer. Dans différents essais, sa teneur est restée comprise entre 26 et 31 p. 100. Ces nodules appartiennent à la craie supérieure, comme le minerai de fer auquel ils sont associés; mais ils y sont répartis d'une manière irrégulière. On sait, du reste, que plusieurs observateurs, notamment M. Meugy, ont déjà signalé des phosphates dans la craie supérieure du nord de la France.

#### Gypse.

ARIÈGE. — M. Mussy s'est occupé de l'étude du gypse dans le département de l'Ariège et il a cherché à bien préciser les différents terrains dans lesquels il est intercalé.

Si l'on excepte quelques amas en couches régulières dans les marnes irisées, le gypse se présente en masses indistinctes à stratification confuse et en relation avec les ophites; alors sa texture est cristalline, grenue ou laminaire, parsemée de paillettes de mica et de cristaux de pyrites de fer; l'anhydrite n'y est pas rare; l'ensemble a un aspect éminemment métamorphique.

Comme les roches ophitiques, le gypse se rencontre dans plusieurs terrains.

1° *Terrain de transition.* — A Lacour, sur la rive gauche du Sallat, au milieu d'une belle diorite cristalline, on trouve un bassin gypseux circulaire d'une centaine de mètres de diamètre où deux carrières assez vastes sont exploitées souterrainement; le gypse y est cristallin laminaire, à strates indistinctes et imprégné de pyrites. A Rouze, canton de Quérigut, dans les calcschistes anciens est un amas de gypse cristallin, laminaire, avec pyrites, sans affleurement ophitique, exploité pour les besoins de la localité.

*Marnes irisées.* — De petits amas en couches régulières de gypse largement fibreux et translucide, se rencontrent dans les marnes irisées sur plusieurs points aux environs de Labastide de Serou, aux Andreaux-les-Côtes, le Pont et Caychenat près Saint-Girons. Des marnes gypseuses, rouges et vertes avec traces de gypse cristallin ont été également constatées à la lisière d'amas ophitiques cristallins ou terreux compris dans les marnes irisées, à Vic, Riomont et Hounta près Baliar.

*Lias.* — Les calcaires liasiques, si souvent traversés par des roches ophitiques cristallines, ne présentent des traces gypseuses qu'à Prat, sur les bords du Sallat.

*Marnes supraliasiques.* — Les ophites de cette formation sont riches en beaux amas de gypse cristallin, qui contient des micas et

des pyrites. A Arnave, le gypse alterne avec des couches de calcaire blanc, lamelleux, micacé et chloriteux; il est mélangé d'anhydrite à larges cristaux rectangulaires, bleuâtres; il est blanc saccharoïde, visible sur plus de 20 mètres de long et 10 à 40 mètres d'épaisseur et se trouve en relation avec de belles diorites; il donne des carrières importantes exploitées à ciel ouvert.

Sur la rive gauche de l'Ariège et le long du vallon de Saurat, s'étend entre Arignac et Bèdeillac, sur près de deux kilomètres, un grand amas gypseux en couches puissantes de 50 à 100 mètres; cet amas, orienté O. 30° à 35° N., traverse en biais la rivière de Saurat qui y a creusé un lit profond et, sur les deux bords, sont réparties les nombreuses carrières à ciel ouvert d'Arignac et Bèdeillac qui donnent annuellement plus de 200 000 hectolitres de plâtre. Le gypse est très-blanc, saccharoïde et criblé de paillettes de mica ainsi que de pyrite de fer; connexe de schistes noirs, terreux, supraliasiques, cet amas appartient aux formations ophitiques, sans que pourtant à son voisinage on ait pu constater d'affleurements considérables de ces roches.

A Surba, sont quelques gypses de même nature.

Plus à l'ouest, dans les bassins de Saurat et Massat les schistes supraliasiques noirs, plus ou moins ardoisiers, offrent également des amas gypseux, cristallins, saccharoïdes ou laminaires, généralement en relation avec des ophites terreux ou cristallins; les principaux sont ceux de Col-de-Port, la Rouquille et le Touron de Massat, Matalas ou Pont-de-Massat, Biech près le col de Boulogne; ces gypses ne sont exploités que pour les besoins des localités.

*Crétacé supérieur.* — Les couches marneuses à rudistes du crétacé supérieur présentent près Bènaix, à Rousseau, un petit amas de gypse cristallin, laminaire, sans ophites; entre Mercenac et Bourepeaux sur les bords du Sallat un grand banc de diorite grossière et schisteuse, lié aux marnes du terrain crétacé, renferme à sa lisière de grands amas de gypse cristallin exploité à Bourepeaux et au Barbut.

*Nummulitique.* — L'étage des schistes et quartzites qui forme la série du terrain nummulitique contient des gypses avec ophites et ocre rouge à Gausseraing et Sarrados près le Mas-d'Azil.

Des gypses sont exploités à l'extrémité orientale du vallon de Bélesta à Carme, dans les marnes rouges inférieures au calcaire à millolites; au voisinage aucun ophite n'est visible.

A l'extrémité N.-O. du département de l'Ariège, vers Betchat, les marnes supérieures du terrain nummulitique, contiennent un grand amas ophitique disposé en triangle équilatéral dont chacun

des côtés a plus de deux kilomètres; tous les bords sont formés par un bourrelet de diorite très-cristalline et le centre par un gypse gris, cristallin, laminaire, avec paillettes de mica et pyrites; ce gypse est disposé en masses irrégulières de qualité variable et passe aux diorites par des masses gypseuses colorées en rouge et vert; il est exploité de temps immémorial par de vastes carrières souterraines et donne annuellement près de 500 000 hectolitres de plâtre.

#### Giobertite.

La giobertite ou magnésite, ou carbonate de magnésie se trouve en masses exploitables au Canada, à Grochau en Silésie (1) ainsi qu'à Kraubath et à Oberdorf, en Styrie. Mais on la trouve surtout en Grèce, où elle est très-pure, particulièrement dans la province Chalcis et au nord de l'Eubée dans les serpentines de Mantoudi, d'Achmetaga et d'Afrati.

Comme l'observe M. de Hochstetter (2), il est utile d'appeler l'attention sur la giobertite qui a reçu dans ces derniers temps des applications variées. Ainsi, elle sert à préparer du sulfate de magnésie et à obtenir de l'acide carbonique pur et sans odeur. Elle sert à fabriquer des briques et des matériaux réfractaires et pourrait de plus être utilisée pour des mortiers hydrauliques résistant à l'eau de mer. Enfin, mise dans les chaudières à vapeur qui sont alimentées par les eaux sulfatées acides provenant des mines, elle neutralise leur acide sulfurique sans donner, comme la chaux, un dépôt pierreux sur les parois.

#### Roches calcaires.

##### Solubilité du carbonate de chaux dans l'eau bouillante.

L'eau froide, pure et complètement privée d'acide carbonique ne dissout que très-peu de carbonate de chaux. M. Péligot (3) a constaté, en effet, qu'à la température ordinaire, le marbre pulvérisé ou de carbonate préparé artificiellement exige pour se dissoudre 50 000 parties d'eau, ce qui correspond à 0<sup>e</sup>,020 pour 1 litre. A la température de 100°, il suffit au contraire, d'après Fresenius, de 8 834 parties d'eau, en sorte que 1 litre d'eau bouillante ne dissout pas moins de 0<sup>e</sup>,113 de carbonate de chaux.

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 64.

(2) Exposition universelle de 1867: *Produits des Bergbaues und Hüttenwesens*.

(3) *Mémoires de la Société impériale d'agriculture*, 1866, p. 307.

#### Calcaire.

MANCHE. — Le terrain du trias dans le Cotentin présente quelques bancs de calcaire intercalés dans les marnes irisées. L'un d'eux, qui mesure environ 2 mètres de puissance, affleure dans la tranchée du chemin de fer entre les stations de Molay et de Lison (Manche). Un échantillon recueilli par M. Dellesse était gris rougeâtre et rude au toucher; il a été essayé par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées:

CaO	MgO	Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub> , Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	CO <sup>2</sup> HO	Résidu insoluble.	Somme.
42,70	0,90	4,40	36,40	15,60	100,00

Bien que ce calcaire triasique soit rugueux et qu'il ressemble beaucoup à de la dolomie, il contient donc moins de 1 p. 100 de magnésie; c'est d'autant plus remarquable que les calcaires associés aux marnes irisées de la Lorraine et de l'Allemagne sont dolomitiques ou fortement magnésiens.

BOUGIVAL. — Parmi les échantillons de calcaire analysés au laboratoire de l'École des Mines, mentionnons:

- I. Craie prise à 68<sup>m</sup>,60 du sol et à 17<sup>m</sup>,30 au-dessus du sommet de la masse; dans la carrière Pointelet, à Bougival.
- II. Craie prise à 78 mètres du sol et à 24<sup>m</sup>,70 au-dessous de la masse; même carrière.
- III. Calcaire grossier coquillier, provenant de 10<sup>m</sup>,30 au-dessous du banc de roche; même carrière.

	CaO	MgO	Argile.	Acide sulfurique	Perte au feu.	Somme.
I	54,66	traces sensibl.	1,00	0,33	43,33	99,32
II	54,00	traces sensibl.	1,33	0,33	43,00	99,32
III	47,00	traces.	9,33	3,33	40,00	99,66

Constatons que cette craie de Bougival est très-pure, ce qui explique son exploitation sur une grande échelle pour la fabrication du blanc. Les analyses précédentes ayant été faites au point de vue de la fabrication du ciment, il était utile de rechercher dans ces calcaires le soufre provenant des pyrites et on l'a dosé à l'état d'acide sulfurique.

Moscou. — Le calcaire carbonifère blanc et tendre comme de la craie qui caractérise la formation carbonifère de la Russie et en particulier celle du gouvernement de Moscou, a été analysé par M. Laskowsky (1).

- A Calcaire de Mjatschkowa sur la Moskwa.  
B Calcaire de Protopopowa sur l'Oka.

	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	Résidu insoluble dans l'acide.	Silice attaquée.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alcalis.	PO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Eau, matières organiques, perte.	Somme.
A	53,90	traces	41,98	1,32	0,09	traces	0,21	0,035	0,066	2,499	100,000
B	53,44	0,45	42,85	1,59	non dosée	traces	non dosée	non dosée	0,075	1,595	100,000

Ce calcaire carbonifère crayeux de la Russie est donc du carbonate de chaux pulvérulent qui contient seulement des traces de magnésie.

#### Calcaire glauconieux.

WURZBOURG. — Un calcaire glauconieux de Wurzburg appartenant à l'étage dit Bairdienkalk a été analysé par M. K. Haushofer (2). Il avait une couleur gris brunâtre et une structure grenue un peu poreuse. Sa glauconie contient 48,3 de silice et 5,5 de potasse.

CaO	MgO	FeO	PO <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Quartz.	Glauconie.	SO <sub>3</sub>	Eau, acide carbonique et substances organiques.	Somme.
46,12	1,41	0,65	0,41	0,20	1,16	0,92	0,81	5,58	1,11	0,20	41,30	99,87

#### Calcaire marneux (Marlekor).

L'argile d'origine glaciaire de la Suède et de la Norvège contient des concrétions calcaires qui depuis longtemps sont connues des minéralogistes sous leur nom suédois *marlekor*, au singulier *marleka*. Leur forme et leur structure ont été étudiées par M. Erdmann (3), et elles sont analogues aux pierres d'Imatra. Plus ré-

(1) *Der südöstliche Theil des Gouvernements Moskau*, 1867, p. 74.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 735. — *Erdmann und Werther: Journ. f. prak. Chemie*, t. 99, p. 237.

(3) *Bulletin de l'Académie des sciences de Stockholm*, 149.

cemment, M. Erdmann (1) a fait leur analyse, et il a constaté qu'elles ont de 40 à 66 p. 100 de carbonate de chaux, tandis qu'il y en a moins de 5 p. 100 dans l'argile glaciaire qui les enveloppe. Leurs proportions de sable et d'argile varient d'ailleurs de 50 à 60 p. 100.

En Norvège le marlekor enveloppe quelquefois des débris de poissons et de coquilles arctiques, et d'après des analyses de M. Th. Kjerulf (2), il renferme de 10 à 20 p. 100 de carbonate de fer. On sait que des fossiles se rencontrent aussi très-fréquemment dans les rognons de fer carbonaté du terrain houiller.

Le marlekor résulte d'une concentration de carbonate de chaux et de fer qui s'est opérée dans l'argile glaciaire.

#### Vase.

MARSEILLE. — La vase du port de Marseille a été analysée au laboratoire de M. Hervé-Mangon à l'École des Ponts et chaussées (3). Après l'avoir desséchée à 104°, on l'a soumise à la lévigation; on a recherché aussi les matières solubles dans l'eau qu'elle retenait et l'on a déterminé sa composition chimique.

- A Du milieu du port de Marseille.  
B Du bassin de carénage.

	A	B
<i>Lévigation.</i>		
Pierre et débris. . . . .	"	1,4
Coquilles. . . . .	"	0,9
Gravier. . . . .	0,1	2,9
Sable gros. . . . .	"	4,5
Sable fin. . . . .	0,3	10,3
Parties ténues entraînées par l'eau. . . . .	99,4	69,2
Débris organiques non décomposés. . . . .	0,2	11,1
	100,0	100,0
<i>Matières solubles dans l'eau.</i>		
Substances organiques. . . . .	0,20	0,57
Sel terreux insoluble dans l'eau après calcination. . . . .	0,19	1,30
Sel alcalin soluble dans l'eau après calcination. . . . .	2,58	4,33
	2,97	6,20
<i>Composition chimique.</i>		
Silice et argile insolubles dans les acides. . . . .	46,28	29,52
Alumine, peroxyde de fer et traces de phosphates. . . . .	4,36	4,74
Chaux. . . . .	21,00	20,06
Magnésie. . . . .	1,34	1,20
Acide sulfurique. . . . .	0,30	1,12
Chlore. . . . .	1,42	1,83
Acide carbonique, eau combinée, matières organiques. . . . .	25,30	41,53
	100,00	100,00

(1) *Exposé des formations quaternaires de la Suède*, p. 85.

(2) *Om den postpliocene eller glaciale formation, etc.*, Christiania, 1860.

(3) Communication de M. Pascal, ingénieur en chef des travaux maritimes.

Ces vases sont des marnes contenant moins de moitié de leur poids de carbonate de chaux ; elles sont très-ténues et se délayent dans la lévigation en ne laissant presque pas de résidu ; celle du bassin de carénage est d'ailleurs très-riche en débris organiques.

**DURANCE.** — Les eaux de la Durance qui sont amenées dans la ville de Marseille laissent déposer en grande abondance un limon blanc extrêmement fin qu'elles tiennent en suspension. L'analyse de ce limon a été faite par M. Hervé-Mangon :

Carbonate de chaux.	Argile. (Difference.)	Carbone.	Azote.	Somme.
39,600	59,765	0,548	0,087	100,000

D'après M. Pisani, l'argile de ce limon renferme 4,40 d'eau.

Le limon de la Durance nuit beaucoup à l'emploi de ses eaux pour la boisson ; mais d'un autre côté il est riche en carbonate de chaux, et contient de l'azote ainsi que des matières organiques ; on conçoit donc qu'il soit très-fertilisant dans les arrosages et les irrigations.

#### Marne.

**ENVIRONS DE PARIS.** — Le grand développement des constructions dans Paris a considérablement multiplié la fabrication de la chaux hydraulique et des ciments.

On sait que les couches de marnes de l'étage du gypse, particulièrement celles qui sont comprises entre le gypse et les glaises vertes, s'emploient beaucoup pour cette fabrication ; en sorte qu'il est très-utile de faire connaître leur composition. Déjà nous l'avons donnée pour la butte Chaumont ainsi que pour Montreuil (1) et nous allons résumer encore les essais obtenus pour des marnes provenant de Sannois, de Soisy, de Neuilly-sur-Marne, de Bougival.

Ces essais ont été faits au laboratoire de l'École impériale des Mines sur des échantillons pris par M. Thouvenin et par M. Pointelet, fabricant de ciments à Bougival. On s'est spécialement attaché à doser les substances qui sont les plus utiles à connaître au point de vue de la fabrication des matériaux hydrauliques, c'est-à-dire la chaux, la magnésie, l'acide sulfurique, l'argile ou le résidu insoluble dans l'acide.

(1) *Revue de géologie*, t. V, p. 68 ; t. VI, p. 73, 74.

Les coupes qui accompagnent les essais montrent bien la position ainsi que l'épaisseur des diverses couches analysées ; ces dernières appartiennent pour la plupart à l'étage du gypse et elles sont classiques pour la géologie des environs de Paris.

Lorsque, dans les tableaux suivants, deux ou trois lettres se trouvent en regard d'une même couche, elles indiquent que deux ou trois échantillons analysés ont été pris en haut et en bas ou bien au milieu de cette couche.

*Carrière Gillet, à Sannois.*

COUCHES analysées.	Nature des couches.	Épaisseur.	Profondeur au-dessous du sol.
		mètres.	mètres.
	Terre végétale. ....	0,40	0,00
	Glaises vertes. ....	2,00	0,40
	Marnes glaiseuses jaunes feuilletées. ....	1,50	2,40
	Gypse impur dit chiens jaunes. ....	1,20	3,90
A	Marnes à chaux. ....	1,00	5,10
B	Marne glaiseuse verdâtre. ....	0,25	5,35
	Marne granulée. ....	0,08	5,43
C	Marnes à chaux. ....	1,50	6,93
D, E, F	Marnes grasses. ....	1,00	7,93
G	Marnes bleues. ....	3,00	10,93
	Gypse. ....	0,50	11,43
	Marnes bleues. ....	2,80	14,23
	Gypse impur dit chien gris. ....	0,30	14,53
H	Marnes à faïence. ....	0,80	15,33
	Gypse. ....	19,00	34,33
	Marnes. ....	6,00	40,33
I	Marnes à chaux (souchevage). ....	0,60	40,93
	Gypse. ....	3,00	43,93
	Marne à chaux. ....	0,75	44,08
	Gypse. ....	3,00	47,08
J	Marnes à ciment. ....	0,75	47,83

COUCHES analysées.	CaO	MgO	Argile.	SO <sub>3</sub>	Perte au feu.	Somme.
A	40,66	tr. tr. sens.	17,00	3,66	38,00	99,32
B	39,66	—	27,66	2,66	32,00	98,98
C	40,66	—	19,00	3,66	36,33	99,65
D	11,00	4,63	58,33	0,50	25,00	99,46
E	37,33	traces	27,66	1,80	33,66	98,65
F	36,33	traces	27,66	2,00	33,66	99,65
G	29,00	2,68	35,00	3,33	29,33	99,34
H	33,33	1,00	31,00	1,66	32,66	99,65
I	48,00	—	11,00	0,50	39,33	98,83
J	31,00	traces	26,33	4,66	34,66	99,98

## Carrière de SOISY SOUS MONTMORENCY.

COUCHES analysées.	Nature des couches.	Épaisseur.	Profondeur.
		mètres.	mètres.
	Terre végétale. . . . .	0,50	0,00
	Glaise verte. . . . .	2,00	0,50
	Marnes glaiseuses jaunes feuilletées. . . . .	1,50	2,50
	Gypse. . . . .	1,00	4,00
	Marnes blanches friables. . . . .	0,75	5,00
K	Marnes blanches en blocs. . . . .	0,75	5,75
L	Marne verte. . . . .	0,30	6,50
M	Marnes grasses. . . . .	1,50	6,80
N			

COUCHES analysées.	CaO	MgO	Argile.	SO <sub>3</sub>	Perte au feu.	Somme.
K	32,00	—	34,00	2,33	31,00	99,33
L	47,33	traces	14,66	2,33	38,66	99,98
M	42,83	traces sens.	17,83	2,00	37,00	99,66
N	38,66	traces sens.	22,33	3,66	35,33	99,98

## Carrière de NEULLY-SUR-MARNE.

COUCHES analysées.	Nature des couches.	Épaisseur.	Profondeur.
		mètres.	mètres.
	Terre végétale. . . . .	0,30	0,00
	Glaises vertes. . . . .	3,00	0,30
	Marnes blanchâtres granuleuses. . . . .	1,50	3,30
	Marnes à chaux : deux bancs. . . . .	3,00	4,80
O P	Marne grise impropre à fabriquer de la chaux. . . . .	0,30	7,80
Q	Marne à chaux de couleur grise. . . . .	1,00	8,10
	Glaise jaunâtre. . . . .	1,00	9,10
R	Marne à ciment. . . . .	1,00	10,10
	Glaise jaune. . . . .	0,5	11,10
S	Marne à ciment (gros banc). . . . .	1,00	11,85
	Marnes jaunes et gypse impur dit les chiens. . . . .	2,00	12,85
	Marnes dites à faïence. . . . .	1,50	14,85
T	Marne sableuse à faïence et à chaux. . . . .	0,50	16,35
	Gypse (haute masse). . . . .	17,50	16,85
	Marnes. . . . .	6,50	34,35
	Gypse (deuxième masse). . . . .	6,50	40,35

COUCHES analysées.	CaO	MgO	Argile.	SO <sub>3</sub>	Perte au feu.	Somme.
O	42,00	traces	16,33	3,33	38,00	99,66
P	36,66	traces sens.	27,66	1,66	33,66	99,04
Q	8,33	—	72,00	1,66	18,00	99,99
R	32,33	—	32,00	4,33	31,00	99,66
S	42,00	tr.-tr.-sens.	20,00	4,33	32,33	98,66
T	35,66	—	29,00	2,50	32,66	99,82

## Carrière Pointelet à BOUGIVAL.

COUCHES analysées.	Nature des couches.	Épaisseur.	Profondeur.
	<i>Sables de Fontainebleau.</i>		
		mètres.	mètres.
	Sables veinés. . . . .	3,00	0,00
	Sables gras noirâtres, fins. . . . .	1,50	3,00
	Sables. . . . .	2,00	4,50
	Sables jaunâtres. . . . .	0,20	6,50
A	Marne grise coquillière. . . . .	0,30	6,70
B	Marne blanchâtre avec huitres. . . . .	0,30	7,00
C	Argile verdâtre. . . . .	0,30	7,30
D	Calcaire marno-sableux. . . . .	0,90	7,60
E	Calcaire avec taches rouges jaunâtres. . . . .	0,30	8,50
F	Calcaire pierreux dans lequel circule une nappe d'eau. . . . .	0,40	8,80
	<i>Glaises vertes et étage du gypse.</i>		
G	Glaise verte feuilletée jaunâtre. . . . .	0,75	9,20
H	Calcaire très-blanc irrégulier. . . . .	0,25	9,95
I	Glaise verte avec veines marneuses. . . . .	0,40	10,20
J	Glaise verte avec veines marneuses montrant du gypse. . . . .	0,30	10,60
K	Glaise marneuse. . . . .	0,20	10,90
L	Marne blanche. . . . .	0,60	11,10
M	Glaise verte avec oxyde de fer. . . . .	0,40	11,70
N	Marne blanche. . . . .	0,50	12,10
O	Marne grasse verdâtre. . . . .	0,70	12,60
P	Marne de couleurs variées. . . . .	0,85	13,30
Q	Marne blanche. . . . .	0,65	14,15
R	Marne jaunâtre feuilletée de veines gypseuses. . . . .	0,50	14,80
S	Marne blanchâtre, poches de cristaux de gypse. . . . .	0,40	15,30
T	Marne blanche. . . . .	0,60	15,70
U	Marne jaunâtre feuilletée. . . . .	0,30	16,30
	Marne blanche crayeuse. . . . .	0,35	16,60

Au-dessous l'on trouve le calcaire lacustre de Saint-Ouen, puis les sables moyens.

COUCHES analysées.	CaO	MgO	Argile.	SO <sup>3</sup>	Perte au feu.	Somme:
A	21,00	traces	45,00	4,66	28,00	98,99
B	39,00	tr.-tr.-sens	25,33	4,66	31,00	99,99
C	10,00	"	71,33	3,33	15,00	99,66
D	29,66	"	44,60	2,33	23,33	99,98
E	41,66	"	20,33	4,00	33,33	99,32
F	49,33	traces	5,00	2,33	42,00	98,66
G	7,00	traces sens.	74,66	0,50	17,00	99,16
H	50,33	"	6,00	2,66	40,33	99,32
I	12,00	1,00	59,33	3,33	24,33	99,99
J	14,33	"	61,33	3,66	20,66	99,98
K	29,00	traces sens.	40,00	2,00	28,33	99,99
L	33,33	traces	31,33	3,00	31,66	99,32
M	17,33	traces sens.	56,33	9,00	16,66	99,32
N	35,00	traces	25,00	7,00	32,33	99,33
O	31,00	traces sens.	31,66	3,33	31,00	99,99
P	25,66	—	38,33	4,00	31,66	99,65
Q	34,00	—	29,66	5,00	31,33	99,99
R	35,00	—	27,66	5,66	31,66	99,98
S	36,00	—	30,00	1,33	32,60	99,93
T	40,00	—	24,33	0,66	35,00	99,99
U	27,33	traces	40,33	2,33	30,00	99,99

LUCY. — Une marne rouge, recueillie par M. Levallois (1) à la partie supérieure de l'étage des marnes irisées dans la plâtrière de Lucy près Châteausalins, a été analysée au laboratoire de l'École des Mines (1) :

Argile et sable quartzeux.	Oxyde de fer.	Eau.	CaO, Co <sup>2</sup>	MgO, Co <sup>2</sup>	Somme.
56,2	11,0	11,1	18,9	2,5	100,0

SUÈDE. — M. Erdmann (2) a fait un grand nombre d'analyses des marnes qui se sont déposées sur la Suède, à l'époque quaternaire, lorsque le sol de ce pays était en partie recouvert par une mer glaciaire. Ces marnes contiennent une proportion de carbonates variant depuis quelques millièmes jusqu'à 40 p. 100. D'après M. Erdmann, elles renferment aussi de la magnésie et de l'acide phosphorique. On conçoit par suite qu'elles doivent donner un sol fertile.

(1) Bull. Soc. géol., 2<sup>e</sup> série, t. XXI, p. 399.

(2) Exposé des formations quaternaires de la Suède.

## Calcaire magnésien.

ANGLETERRE. — MM. E. J. J. Browell et J. W. Kirkby (1) ont fait un grand nombre d'essais sur la proportion de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie se trouvant dans les différents étages du Zechstein.

1° Dans le Zechstein inférieur (Lower magnesian limestone) le carbonate de chaux a varié de 94,88 à 59,60 et celui de magnésie de 2,48 à 46,45.

2° Dans le Zechstein moyen (Middle magnesian limestone) l'on a eu de 95,29 à 42,48 pour le carbonate de chaux et de 29,91 à 49,86 pour le carbonate de magnésie.

3° Enfin dans le Zechstein supérieur (upper magnesian limestone) l'on a eu de 96,94 à 42,48 pour le carbonate de chaux et de 1,68 à 49,86 pour le carbonate de magnésie.

Généralement les calcaires compactes et de couleur plus foncée, brune ou grise, sont les plus riches en chaux ; tandis qu'on trouve le plus de magnésie dans ceux qui sont friables. Les deux carbonates constituent plus de 90 p. 100 de ces calcaires. Du reste leur teneur variable en magnésie paraît bien montrer qu'ils résultent d'une dolomitisation postérieure ; c'est au moins ce qui est bien visible pour les calcaires concrétionnés et en forme de grappes qu'on connaît dans le Zechstein moyen de l'Angleterre.

BOUGIVAL. — Un échantillon du calcaire contenant les caillasses et recouvrant le calcaire grossier du bassin parisien a été analysé au laboratoire de l'École des Mines. Il est blanc, friable, pulvérulent, tachant les doigts ; il a été pris à Bougival un peu au-dessus du banc de roche ou calcaire à cérîtes.

CaO	MgO	Argile.	SO <sup>3</sup>	Perte au feu	Somme.
34,00	11,88	3,00	1,33	46,00	99,21

A Bougival, de même qu'à Montesson et à Ivry, ce calcaire pulvérulent, lacustre ou d'eau saumâtre qui recouvre le calcaire grossier, contient à peine de l'argile et par suite ne doit pas être désigné sous le nom de marne blanche supérieure au calcaire grossier ; il se distingue surtout en ce qu'il est fortement magnésien. L'analyse chimique est donc d'accord avec l'étude géologique pour montrer qu'il constitue un étage bien distinct du calcaire grossier (2).

(1) Neues Jahrbuch, 1867. 494.

(2) Revue de géologie, t. IV, p. 55, et t. V. p. 66.

RUSSIE. — Le calcaire magnésien jaune qui appartient à l'étage du calcaire carbonifère de la Russie a été analysé par M. Laszkowsky (1).

A Calcaire dolomitique de Mjatschkowa sur la Moskwa, dans le gouvernement de Moskou.

B Calcaire dolomitique de Protopopowa sur l'Oka.

	CaO	MgO	CO <sup>2</sup>	Residu insoluble.	Silice attaquée.	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Alcalis.	PO <sup>5</sup>	SO <sup>3</sup>	Eau, matières organiques, perte.	Somme.
A	30,95	16,37	38,28	4,06	1,05	1,02	0,10	0,038	0,51	7,122	100,000
B	41,35	8,41	37,48	2,58	0,20	0,69	non dosée	non dosée	0,19	9,76	

On voit que cette roche contient toujours moins de magnésium qu'il n'en faut pour constituer de la dolomie. De même que la plupart des calcaires, elle renferme d'ailleurs un peu d'acide phosphorique.

Suivant M. Trautschold, le calcaire magnésien et carbonifère de la Russie appartient à la partie supérieure de l'étage du calcaire carbonifère; mais quand il le couronne, cela doit être attribué à l'enlèvement des couches de calcaire carbonifère blanc et crayeux.

#### Dolomie cristalline.

BINNENTHAL. — M. Petersen (2) a trouvé que la dolomie blanche et saccharoïde du Binnenthal, célèbre par les minéraux qu'on y rencontre, présente la composition suivante :

CaO,CO <sup>2</sup>	MgO,CO <sup>2</sup>	FeO,CO <sup>2</sup>	SiO <sup>2</sup>	BaO,SO <sup>3</sup>
56,64	42,30	0,40	1,55	traces

Les carbonates de chaux et de magnésium sont à peu près, l'un par rapport à l'autre, dans les proportions qui conviennent à la formule :



(1) Trautschold: *Der südostliche Theil des Gouvernements Moskau*, 1867, p. 73.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, p. 371.

#### Marbre.

ARIÈGE. — Si les marbres ordinaires sont assez communs dans toutes les formations calcaires, les beaux marbres sont très-rare. Dans le département de l'Ariège voici ceux que M. Mussy mentionne particulièrement :

1° *Silurien supérieur*. — Les calcschistes murichisoniens présentent quelques assises de griottes amygdalines, susceptibles de recevoir le poli et de donner des marbres verts ou rouges et blancs; les amygdales sont blanches, formées de calcaire pur qui se polit très-bien, mais la pâte entrelacée est toujours un peu schisteuse et terreuse, reste matte et se polit médiocrement. Des carrières de griotte commune se rencontrent en abondance dans les montagnes de Saint-Barthélemy, entre Montferrier et Montségur et sur les bords du Sallat aux environs de Conflens, au Pont de la Taule, Escalatorre, Mimort, Estours; les griottes rouges et vertes dominent et fournissent quelquefois de pâles imitations du marbre Campan.

2° *Dévonien*. — Les assises dévoniennes donnent d'assez beaux marbres rouges et blancs veinés et des griottes amygdalines vertes ou rouges et blanches, dont les amygdales sont des nautilus ayant encore leurs cloisons; des carrières assez considérables sont irrégulièrement exploitées sur les bords du Sallat, entre Saint-Girons et Lacour, à Eycheil, à Rivèrenet et dans la vallée de Tournay, au quartier de l'Espiougué.

3° *Lias*. — Le lias supérieur est essentiellement calcaire; il forme de grandes montagnes, tantôt à l'état dolomitique, tantôt à l'état grenu et cristallin. Dans le premier cas, il ne donne pas de marbre; dans le second, il se polit facilement et produit parfois de très-beaux marbres dont quelques-uns ont été l'objet de travaux d'exploitation assez importants dans l'Ariège.

Sur les bords du Sallat entre Seix et Conflens de Bernajou sont des marbres compacts gris et noirs et des brèches à taches sanguines; dans le vallon des Bintz près Seix on trouve de beaux marbres blancs et des brèches noires et blanches; de belles brèches nankin se voient également à Font-Sainte, vallée d'Ustou, Moulis et Alos, près Saint-Girons, Suc près Vicdessos, Niaux, et surtout aux environs de Bélesta, dans la vallée de la Frau où sont de très-belles brèches de toute couleur et même du marbre blanc statuaire de médiocre qualité.

4° *Calcaire à dicérates*. — L'étage crétacé inférieur ou calcaire à dicérates de Dufrénoy présente une pâte fine et susceptible de prendre le poil presque partout où il affleure. Dans le

vallon du Lez près Saint-Girons, il donne de très-beaux marbres noirs, grand et petit antique, noir funéraire, lumachelle, particulièrement à Aubert, Lédar, Montégut; il en donne également à Audinac et Saint-Lizier, en aval de Saint-Girons, à Bèdeillac et Ussat, près Tarascon et surtout aux environs de Bélesta, sur la route qui conduit à la forêt. Près le Mas d'Azil, à Clermont, il offre une brèche très-variée et multicolore à couleurs chaudes. Aux environs de Foix au Pech, il renferme quelques assises de pierres lithographiques à pâte fine, recoupées par des fils entre-croisés qui empêchent d'en trouver des blocs d'une certaine dimension.

5° *Terrain nummulitique.* — Les marbres inférieures au calcaire à miliolites donnent des albâtres veinés à Bélesta. Le calcaire à miliolites de Loubières près de Foix, présente une assise de calcaire jaunâtre, avec belles arborescences et à ton chaud, donnant par le poli un très-beau marbre.

#### Marbre onyx.

Le marbre onyx qui, en 1867, figurait au Champ de Mars à l'exposition de la Russie provient de Perse. Il n'est pas moins beau que celui de l'Algérie (1); certaines variétés sont même plus transparentes et présentent une structure craquelée qui produit un très-bel effet. Son gisement se trouve près du village Adsheb-Schir, à un jour de marche de Maragha sur le lac Ourmiah. Il paraît que ce marbre onyx se forme encore actuellement, près d'une source calcaire analogue à celle de Saint-Allyre; on peut même le faire déposer dans des moules et l'obtenir en dalles qui prennent la forme et les dimensions voulues (2).

#### Calcaire cristallin.

PARGAS. — D'après M. A. Kuhlberg (3), les minéraux qui se sont développés dans le calcaire cristallin de Pargas en Finlande sont : le graphite, la chondrodite, l'hornblende, l'augite, la pyralolithe, la wollastonite, le mica, la skapolithe, l'idocrase, la vesuviane, l'apatite, la serpentine, le sphène, le quartz, le spath fluor, l'amphodelite, la pyrite magnétique, le fer titané.

Il nous est d'ailleurs impossible de nous associer aux idées de l'auteur qui voit uniquement des produits d'infiltration dans tous ces minéraux si caractéristiques du calcaire métamorphique.

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 69. — De lesse : *Rapport sur les matériaux de construction de l'Exposition universelle de 1855*.

(2) F. von Hochstetter : *Exposition universelle de 1867 : Producte des Bergbaues und Hüttenwesens*.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 734.

AMÉRIQUE DU NORD. — M. St. Hunt (1) a donné un tableau des différents minéraux qui s'observent dans les calcaires cristallins associés au gneiss et appartenant au système laurentien de l'Amérique du Nord. Il y résume les faits relatifs aux calcaires laurentiens du Canada, de l'état de New-York, des Highlands de Hudson et de leur prolongement dans le comté d'Orange (New-York), ainsi que dans le comté de Sussex (New-Jersey). Il observe en outre que la franklinite, et les minerais de zinc qui lui sont associés sont tout à fait spéciaux à un petit district du New-Jersey.

#### Minéraux des calcaires Laurentiens de l'Amérique du Nord.

Chaux carbonatée.	Giesekite.	Corindon.
Dolomie.	Loganite.	Quartz.
Spath fluor.	Scapolite.	Sphène.
Spath pesant.	Orthose.	Imérite.
Apatite.	Oligoclase.	Rutile.
Serpentine.	Pblogopite.	Magnétite.
Chrysolite.	Margarite.	Hématite.
Chondrodite.	Clintonite.	Franklinite.
Tephroite.	Tourmaline.	Zincite.
Willemine.	Grenat.	Pyrite cubique.
Wollastonite.	Idocrase.	Pyrite magnétique.
Hornblende.	Epidote.	Pyrite cuivreuse.
Pyroxène.	Allaite.	Mispickel.
Babingtonite.	Zircon.	Antimorglanz.
Pyralolite.	Spinelle.	Molybdénite.
Talc.	Volknerite.	Graphite.

Toutes les personnes qui se sont occupées de l'étude des calcaires cristallins ont remarqué qu'ils contiennent des minéraux qui sont en couches et des minéraux qui sont en filons; mais ces derniers se retrouvent généralement dans les couches calcaires, et M. St. Hunt conclut avec raison qu'ils en proviennent. On conçoit cependant qu'un calcaire cristallin pourrait aussi être traversé par des filons amenant des minéraux métalliques ou autres, complètement différents de ceux qui existent dans sa masse. D'un autre côté, lorsque le calcaire laurentien a cristallisé, il était nécessairement plastique et il a éprouvé des retraits qui ont donné lieu à des fissures remplies bientôt par d'autres minéraux qui présentent maintenant les caractères de filons. La grande porosité d'une masse de calcaire cristallin explique aussi comment les minéraux qu'elle contient peuvent y former des filons ou des veines.

(1) *Exploration géologique du Canada, 1863-1866, Rapport de sir William Logan*, p. 206.

## Roches siliceuses.

## Grès.

M. Wallace Young (1) a examiné des échantillons de grès de diverses provenances, il a reconnu : 1° que dans le plus grand nombre de ces grès, le ciment était formé par des carbonates; 2° que le carbonate de chaux était souvent accompagné de quantités considérables de carbonate de fer et de magnésie; 3° que les grès étaient d'autant mieux cimentés qu'ils contenaient plus de carbonate; 4° que parmi les variétés sur lesquelles ont porté les recherches, presque toutes contenaient du mica; 5° qu'il n'y avait de silicates solubles en quantité appréciable que dans trois échantillons provenant du vieux grès rouge; 6° que les différences de coloration des grès paraissaient dues seulement à l'oxyde de fer.

— La composition du ciment de quelques grès a été déterminée par M. G. Bischof (2) et par ses élèves. Ce ciment était d'abord séparé par la lévigation, puis analysé :

- A. Ciment du grès bigarré d'Oppenheim. (G. Bischof.)  
 B. Ciment du quadersandstein de Tillendorf près Bunzlau. (Schmidt.)  
 C. Ciment du quadersandstein de Saxe, dans lequel il est à la proportion de 2,35 p. 100. (Reichel.)  
 D. Ciment du quadersandstein de Saxe, dans lequel il est à la proportion de 2,50 p. 100. (Reichel.)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	CH	Matières organiques.	HO	Somme.
A	76,86	14,95	4,99FeO	"	3,20	"	"	"	"	"	"	100,00
B	49,32	38,54	"	"	0,58	"	"	"	"	"	12,03	100,47
C	38,98	3,23	18,51	1,11	0,68	"	0,21	0,34	0,04	1,53	35,37	100,00
D	38,20	6,00	11,95	0,64	0,40	0,08	0,75	0,95	0,12	3,91	34,00	100,00

Le ciment de ces grès est quelquefois très-riche en silice, comme dans le grès bigarré d'Oppenheim; dans ce dernier il est sans doute

(1) *Geol. mag.*, t. IV, p. 221.

(2) G. Bischof: *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, 2<sup>e</sup> édition, t. III, p. 138.

formé d'un peu d'argile qui est mélangée avec de la silice ou avec du quartz réduit en parcelles microscopiques.

Dans le quadersandstein de la Saxe, le ciment est de l'argilite et il y a aussi beaucoup d'oxyde de fer.

Dans les grès qui suivent, le ciment consiste en carbonates mélangés avec de l'argile.

E. Ciment du grès vert de Buderich près Werl. Il est à la proportion de 25,2 p. 100. (Von der Marck.)

F. Ciment du grès vert de Lohns, près Werl. Il est à la proportion de 61,14 p. 100. (Von der Marck.)

	CaO,CO <sub>2</sub>	MgO,CO <sub>2</sub>	FeO,CO <sub>2</sub>	3CaO,PO <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KO	Somme.
E	78,17	1,60	"	10,32	6,34	3,57	"	100,00
F	64,61	11,82	12,33	6,38	3,47	1,34	0,05	100,00

Constatons d'ailleurs que si les carbonates dominent dans le ciment de ces grès verts du terrain crétacé, l'on y trouve aussi une proportion de phosphate de chaux assez grande pour augmenter beaucoup la fertilité des terres qui résultent de leur décomposition. En outre on voit que le phosphate de chaux a été répandu avec profusion non-seulement dans le gault, mais jusque dans certains grès du crétacé inférieur.

## Grès marneux.

HILDBURGHUSEN. — M. G. Bischof (1) donne l'analyse du grès bien connu d'Hildburghausen qui appartient au trias et présente des empreintes de pas attribués à des batraciens.

Ce grès se délayant dans l'eau, on a pu le soumettre à la lévigation et le séparer en un résidu sableux (I) et une marne rouge (II).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CoO,CO <sub>2</sub>	Somme.
I	68,2	6,73	10,67	"	"	85,60
II	8,12	1,21	0,40	0,06	3,35	13,44
						99,04

Le ciment de ce grès d'Hildburghausen est un hydrosilicate

(1) G. Bischof: *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, 2<sup>e</sup> édition, t. III, p. 145.

d'alumine, de fer et de magnésie qui est accompagné de calcaire. Comme l'observe M. G. Bischof, sa grande proportion de silice doit tenir à ce que de la silice, en parcelles microscopiques, aura sans doute accompagné l'argile dans la lévigation.

#### Grès glauconieux.

Des glauconies provenant des terrains crétacés et siluriens de l'Amérique ont été analysées par M. St. Hunt (1).

- A Green-sand, silurien inférieur; Red Bird, Minnesota;  
 B Green-sand, silurien inférieur; Ile d'Orléans.  
 C Green-sand, crétacé; New-Jersey.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	46,58	11,45	20,61	2,49	1,27	6,96	0,98	9,66	100,00
B	50,70	8,03	22,50	1,11	2,18	5,80	0,75	8,95	100,00
C	50,7	19,8	8,6	...	3,7	8,2	0,5	8,5	100,00

Qu'elle appartienne aux terrains paléozoïques, mésozoïques, néozoïques ou même aux terrains modernes, la glauconie présente à peu près la même composition; c'est un hydrosilicate de fer et d'alumine qui contient de la potasse et de la magnésie. Les analyses qui n'indiquent pas de potasse ont été faites anciennement et ne méritent pas confiance.

### Roches argileuses.

#### Argile.

MISSOURI SUPÉRIEUR. — Un gisement de terre de pipe a été exploré par M. Hayden (2). Cette argile se trouve à Pipestone Creek, un petit tributaire de la rivière Big Sioux. Son épaisseur est environ de 32 centimètres, mais la partie utilisée comme terre de pipe est au plus de 6 centimètres. C'est dans des quartzites gris qu'elle est intercalée et toutes ces roches sont métamorphiques; suivant M. le professeur Hall, elles appartiennent aux couches azoïques du lac Huron.

(1) *Exploration géologique du Canada*, 1863 à 1866, p. 240.  
 (2) *Proceedings of the American philosophical Society*, Philadelphia, t. X, p. 274.

SERAING. — En analysant des cendres fournies par une houille, on connaît la composition des substances minérales qui lui sont mélangées.

Pour de la houille grasse provenant des couches dites Bettebon, à la petite Russette, dans le bassin de Seraing (Belgique), on a obtenu les résultats suivants (1) :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	SO <sub>3</sub>	Sels potassique et sodique et perte.	Somme.
48,25	23,00	4,50	1,50	18,00	0,75	3,25	0,75	100,00

On voit que cette argile mélangée à la houille de Seraing ne contient presque pas d'alcalis, résultat conforme à ceux obtenus déjà dans des analyses analogues.

#### Kaolin.

ARIÈGE. — Des kaolins du département de l'Ariège ont été étudiés par M. Mussy.

Entre Foix et Tarascon, la formation primitive de gneiss et mica-schistes présente de grands bancs de pegmatite; cette dernière se décompose superficiellement et donne parfois des kaolins grossiers, mais assez blancs à Mercus, Seignaux et Montoulieu; M. Mussy leur a trouvé la composition suivante :

Silice libre. . . . .	6,9
Silice combinée. . . . .	30,7
Alumine. . . . .	28,9
Chaux et alcalis. . . . .	3,6
Oxyde de fer. . . . .	traces
Eau. . . . .	7,8
Résidu non argileux. . . . .	21,7
Somme. . . . .	99,6

Des indices de terre à porcelaine ont également été constatés au quartier de l'Esplagnaux, montagne de Montbèa, vallon d'Ercé.

#### Argile marneuse.

CHATEAU-SALINS. — M. Levallois (2) a fait analyser au laboratoire de l'école des Mines une argile rouge qui dans la Lorraine se

(1) *Revue universelle des Mines*, t. XXII, p. 203 (1867).  
 (2) *Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. XXI, p. 384.

trouve intercalée entre le grès infraliasique et le calcaire à gryphées arquées. L'échantillon analysé provenait de la côte de Château-Salins.

Argile.	Oxyde de fer.	Eau.	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Somme.
70,7	8,3	16,0	4,0	1,0	100,0

Cette argile est légèrement marneuse, de même que certaines couches des marnes irisées auxquelles elle ressemble beaucoup; comme dans ces couches son carbonate de chaux est d'ailleurs accompagné de carbonate de magnésie.

Elle ne contient pas de fossiles, et son épaisseur ne dépasse pas 5 mètres; mais, comme l'observe M. Levallois, elle n'en a pas moins une grande importance, car elle permet d'établir une démarcation nette entre le grès infraliasique ou la zone à avicula contorta et le calcaire à gryphées arquées.

#### Boues volcaniques.

Il existe à l'île d'Ischia des sources qui laissent déposer des boues volcaniques dans lesquelles les malades prennent des bains. L'examen de ces boues fait par M. Phipson (1) a montré qu'elles contiennent des débris de lave, de feldspath, d'augite, de quartz, de mica, d'oxyde magnétique et même de chaux carbonatée. Leur analyse lui a donné :

- I. Boue gris-verdâtre, inodore, insipide, sableuse; déposant du soufre sur une plaque d'argent; du Gurgitello.
- II. Boue noire, exhalant l'odeur d'algues putréfiées et d'hydrogène sulfuré; de l'Arita.

	I	II
Eau. . . . .	30,0	42,85
Matière organique. . . . .	4,0	4,05
Oxyde de fer. . . . .	1,4	2,00
Sulfure de fer noir. . . . .	»	1,36
Carbonate de chaux. . . . .	1,2	2,60
Soufre. . . . .	traces	Quantité notable
Sable volcanique. . . . .	63,4	49,14
Somme. . . . .	100,0	102,00

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1866, t. LXVI, p. 59.

L'eau qui accompagne ces boues renferme d'ailleurs de la chaux, des sulfates, des chlorures, et une faible proportion d'hydrogène sulfuré.

#### Ardoise.

PAYS DE GALLES. — Une ardoise bien caractérisée, qui avait une densité de 2,824 et provenait des gîtes célèbres du pays de Galles, a été analysée par M. S. Haughton (1) :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
60,50	19,70	7,83	1,12	2,20	3,18	2,20	3,30	100,03

Elle est riche en alcalis, et, par suite, lorsqu'elle a subi la pression qui a déterminé son clivage, elle a dû prendre une structure plus compacte et plus homogène. Sa grande proportion d'alcalis contribue, sans doute, à lui donner aussi la supériorité qu'elle présente dans les constructions.

M. S. Haughton observe que cette ardoise du pays de Galles peut être considérée comme le produit de la trituration d'un granite par les vagues; elle contient seulement un peu moins de silice et d'alcalis qui auraient été dissous dans cette opération.

ARIÈGE. — D'après les observations de M. Mussy, dans le département de l'Ariège, les schistes de toutes les formations deviennent par place fissiles et ardoisiers, et donnent des ardoises qu'il y a avantage à exploiter pour les besoins des villages qui sont dans la montagne.

Les schistes siluriens sont surtout fréquemment utilisés comme ardoises dans les montagnes d'Orlu, Montmija col de Paillères, la Maure ou Tarbézan, Ascou entre Ax et Quérigut, Unac et Garanon, vallée d'Ax, Lercoul près Vicdessos, Bouatés, vallée de Massat et dans plusieurs vallons du Biros près Sentein.

Les schistes supraliasiques, le plus souvent terreux, deviennent résistants dans la Bellongue, se lèvent en dalles minces et fournissent de belles ardoises à Arrout et à Saint-Lary.

(1) *Manual of Geology*, p. 50.

## Roches silicatées non feldspathiques.

## Péridotite.

NORVÈGE. — M. Th. Kjerulf (1) a observé de la péridotite sur plusieurs points de la Norvège (2). Il y en a dans les vallées Vandaly et Muru, ainsi qu'à l'ouest de Gudbrandsdal; elle devient plus abondante vers le nord, notamment aux fles Kalohelmen et elle se continte jusque par 66° 3/4 de latitude.

La roche est grenue ou compacte, d'un vert bouteille et ressemble assez au péridot de l'Eifel. Elle contient des lamelles de talc ainsi que des grains de fer chromé.

La péridotite de Norvège paraît associée à l'euphotide et à la serpentine.

## Serpentine.

M. Hoefër (3) a analysé une serpentine de la Haute-Styrie et les minéraux qui l'accompagnent.

Cette serpentine (I) est interstratifiée dans un gneiss et contient du mica, de l'amphibole et de la bronzite (II), avec des filons de magnésite blanche (III).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	HO	CO <sub>2</sub>	Somme,
I	40,81	1,09	37,09	1,32	5,02	1,98	0,64	0,32	10,26	0	98,58
II	57,27	0,23	30,08	•	7,42	0,31	1,21	•	3,03	•	99,55
III	•	•	48,41	•	•	•	•	•	•	50,37	99,28

## Talc.

ARIÈGE. — M. Mussy a étudié les gisements du talc dans le département de l'Ariège.

Du talc assez pur pour qu'il y ait avantage à l'exploiter se rencontre parfois dans les micaschistes et dans les schistes micacés, au voisinage des roches primitives.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 480.

(2) *Revue de géologie*, t. V, p. 77.

(3) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, t. XVI, p. 443.

Ainsi, au fond des montagnes de Lordat, sur la crête de Saint-Banthelemy près Font-Albe, dans des micaschistes reposant sur le granite de Tabes et supportant les couches cristallines du calcaire liasique, il existe au voisinage du granite un gîte de talc qui est formé de deux couches parallèles dirigées O 70° S avec plongement E. de 55° à 60°. La couche inférieure a 5 mètres; elle est divisée en deux bancs par un nerf schisteux de 0<sup>m</sup>.50 et elle fournit un talc pur et très-blanc. La couche supérieure séparée de la première par 10 mètres de schiste peut avoir 2 mètres.

Des couches de talc moins pur, un peu verdâtre de 0<sup>m</sup>.80 à 1<sup>m</sup>.20 de puissance ont également été constatés dans des schistes micacés siluriens aux montagnes de Manzone entre Montferrier et Montségur et à Rabat, quartier de Blancou.

LÉOBEN. — M. Hoefër (1) a encore donné la composition d'un talc qui s'exploite à Léoben, au milieu d'un schiste micacé :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Somme.
62,01	0,40	30,46	1,91	4,71	99,49

## Pyroxénite. — (Lherzolite).

AUVERGNE. — La lherzolite se rencontre sur plusieurs points de l'Auvergne ou elle a été indiquée par M. Bertrand de Lom. Dans celle de la Haute-Loire on trouve un beau spinelle noir en cristaux de plusieurs millimètres. D'après M. Pisanii (2), qui l'a examiné, sa forme est un octaèdre pyramidé et sa composition se laisse représenter par (MgO, FeO) (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); c'est donc un spinelle pléonaste.

## Épidote.

HOCHLAND. — M. J. Lemberg (3) a donné l'analyse d'une épidote qui est associée au porphyre de l'île Hochland, située dans le golfe de Finlande.

L'échantillon examiné est gris-verdâtre et contient des cristaux d'épidote ainsi que des grains de quartz :

(1) *Jahrb. d. K. K. g. Reichsanstalt*, t. XVI, p. 443.

(2) *Comptes rendus*, 1866, t. LXIII, p. 49.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 730.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Perte au feu.	Somme.
A	71,40	12,15	9,73	0,68	0,26	0,46	3,40	0,64	0,64	99,02

**Éclogite.**

La présence du zircon a été constatée par M. Fr. Sandberger (1) dans l'éclogite de Saualpe en Carinthie. Il s'observe également dans d'autres éclogites du Fichtelgebirge. Ainsi on le trouve en grains de la grosseur d'une lentille dans l'éclogite composée d'omphazite verte et de grenat rouge à Silberbach, Lousenhof, Faltigau, Eppenreuth.

D'après des échantillons qui lui ont été remis par M. Wirth, M. Sandberger a signalé encore le zircon dans une roche qui est intercalée dans le gneiss et accompagne l'éclogite de Schaumberg près Eppenreuth.

Elle est à gros cristaux et formée de carinthine (variété d'amphibole alumineuse et ferrugineuse), de grenat, d'oligoclase; quelquefois elle contient en outre de l'apatite.

**Roches feldspathiques plutoniques.****Gneiss.**

PARGAS. — Quelques gneiss de l'île d'Ahlön, la principale de celles qui forment le groupe de Pargas, ont été examinés par M. Kuhlberg (2).

I. Gneiss gris, avec feldspath blanc, quartz mica noir et grenat rouge; de Gammelgard.

II. Gneiss noirâtre avec oligoclase blanc et mica noir; de Parsby.

III. Gneiss bleuâtre; de Tara.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
I	68,66	15,03	1,92	3,09	2,03	1,97	2,47	2,64	0,64	98,45
II	75,03	10,84	1,59	1,61	0,42	5,05	2,19	0,33	1,85	98,91
III	82,27	7,32	1,47	4,20	0,36	2,07	—	2,27	0,21	100,17

(1) *Neues Jahrbuch* 1867, p. 467.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 733.

**Granite.**

A l'occasion des discussions qui se sont élevées, dans les réunions de l'Association Britannique, sur l'origine du granite, M. Stacpoolle Westropp (1) a présenté quelques observations qu'il nous paraît utile de résumer ici.

D'après l'étude qu'il a faite des granites en Irlande, M. Stacpoolle Westropp y reconnaît deux types bien tranchés: les granites de Leinster et ceux de Donegal.

Les premiers sont incontestablement éruptifs; ils pénètrent à travers les schistes siluriens inférieurs qui, dans leur voisinage, sont transformés en micaschistes et remplis de filons granitiques.

Les seconds sont stratifiés: des calcaires y sont intercalés et ils font partie d'une série de gneiss, de schistes calcaires et de quartzites.

On retrouve donc en Irlande deux sortes de granites présentant des caractères identiques avec ceux qui ont été signalés dans d'autres régions, particulièrement dans les Vosges et dans le Riesengebirge.

Mais il est évident, ajoute l'auteur, que l'origine de ces deux granites est totalement différente: et tandis qu'un observateur qui aurait borné ses études au district de Leinster, conclurait en faveur de la théorie éruptive, un autre, n'ayant étudié que Donegal, se prononcerait pour la théorie métamorphique.

Il en résulte, dit M. Stacpoolle Westropp, que la question de l'origine du granite ne peut être séparée de l'étude des conditions particulières de son gisement. C'est, du reste, la manière de voir de M. Houghton (2) qui, dans son manuel de géologie, admet deux sortes de granites auxquels il attribue de plus une origine différente: M. Houghton appelle: l'un, *hydrométamorphique*, l'autre, *pyrométamorphique*.

Remarquons toutefois qu'il est difficile d'admettre que des roches présentant à peu près les mêmes caractères minéralogiques aient une origine aussi différente. Quoique le granite éruptif ou à un mica paraisse avoir joui d'une plasticité plus grande, il ne porte pas plus que l'autre granite des traces d'une origine ignée.

CARLSBAD. — L'orthose maclé du granite de Carlsbad qui est si connu des minéralogistes a été analysé par M. le professeur C. Rammelsberg (3).

(1) *Geol. mag.*, t. IV, p. 522.

(2) Houghton's: *Manual of Geology*, p. 45.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 716.

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	BaO	NaO	KO	Somme.
A	2,573	63,02	18,28	—	0,14	—	0,48	2,41	15,07	100,00
B	2,550	65,23	18,26	0,27	—	traces	—	1,45	14,66	99,87

De même que les feldspaths d'un grand nombre de roches, on voit que cet orthose contient de la baryte.

**BAVENS.** — Le granite classique de Baveno est formé, d'après M. Strüver (1), d'orthose, d'anorthose (oligoclase), de quartz et de deux micas. Ses minéraux accessoires sont l'albite, l'amphibole hornblende, l'épidote, le kaolin, la laumontite, deux variétés de stilbite, la chabasie, la chlorite, la babingtonite, la tourmaline, l'hyalite, la chaux fluatée, la chaux carbonatée, l'hématite, la limonite, la scheelite, et peut-être la gadolinite.

**ROTHENBURG.** — M. A. Streng (2) a analysé le granite du Rothenburg qui forme des filons dans une diorite gneissique. Sa structure est grenue et l'on y observe beaucoup d'orthose blanc ou rougeâtre, un peu d'anorthose en petits cristaux blancs ou grisâtres, du quartz et du mica noir.

Densité.	CO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	PO <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	LiO	HO	Somme.
2,61	traces	0	traces	76,37	12,55	3,39	1,25	0,16	3,58	3,05	traces	0,87	101,22

Le rapport entre les quantités d'oxygène de la base et de la silice est de 0,215; ce granite se classe donc par sa composition, parmi les plus riches en silice et parmi les roches trachytiques normales de M. Bunsen.

**PARGAS.** — M. A. Kuhlberg (3) a analysé divers granites de l'île d'Ahlön, la plus grande de celles qui forment le groupe de Pargas sur la côte de Finlande.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 107.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 527.

(3) *Neues Jahrb.*, 1867, 730.

- A. Granite à grain très-fin, avec orthose rouge pâle, peu de quartz, beaucoup de mica noir; de Kauppo.
- B. Granite à gros grain, avec orthose blanc et rouge, oligoclase jaunâtre, quartz, mica noir; de Nulto.
- C. Granite à gros grain, avec orthose rouge pâle, oligoclase blanc, quartz, mica noir; de Mustfenn.
- D. Granite grenu, avec orthose rouge, quartz et mica noir; de Nannäs.
- E. Granite avec orthose, oligoclase, mica noir, quartz bleuâtre; de Sandvik.
- F. Granite à gros grain, avec orthose rouge clair, quartz, peu de mica noir et grenat rouge; de Sälvis.
- G. Granite à grain moyen, avec orthose rouge, quartz, mica noir de Hag-gais.
- H. Granite à grain très-fin avec grenat rouge; de Storgard.
- I. Granite à grain fin, avec orthose rouge de brique, quartz et mica noir; d'Ontala.
- J. Granite avec orthose rouge pâle, peu de quartz et mica; de Strandby.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	65,85	17,77	2,36	1,54	3,34	1,57	2,57	3,26	0,76	98,72
B	67,73	16,60	2,01	—	2,00	0,81	5,77	3,96	1,05	100,02
C	68,30	15,41	2,97	0,81	0,46	1,27	5,22	4,03	0,81	99,28
D	69,01	17,13	0,41	1,65	0,75	1,17	5,24	3,59	0,62	99,77
E	71,73	15,41	1,34	1,38	3,81	1,08	1,47	3,22	0,89	100,33
F	73,44	14,52	0,31	—	1,17	0,12	6,85	2,49	0,95	99,50
G	74,01	14,22	0,49	0,46	0,40	0,49	6,03	3,14	0,85	100,09
H	74,46	12,59	2,36	2,01	0,94	0,85	3,43	2,78	0,65	100,07
I	74,64	12,81	0,42	1,51	—	0,85	5,31	2,32	1,18	98,77
J	75,15	10,49	—	1,13	1,35	0,71	5,08	3,34	0,80	98,05

**HOCHLAND.** — La diorite de l'île Hochland, située dans le golfe de Finlande, est traversée par des filons de granite qui ont été analysés par M. I. Lemberg (1).

- A. Granite gris à grain fin de la pointe sud du Hochland.
- B. Granite à grain fin avec de l'oligoclase vert clair; Hochland.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	70,74	16,35	2,61	1,03	2,29	5,29	2,59	—	0,55	101,15
B	74,07	14,47	2,53	0,66	1,38	4,23	2,26	—	0,70	100,30

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 730.

**Leptynite.**

PARGAS.—M. Kuhlberg (1) a analysé quelques leptynites ou granulites de l'île d'Ahlön (archipel de Pargas). Tous contiennent du grenat, mais on n'y distingue pas de mica, en sorte qu'ils ont une couleur très-claire :

- A. Leptynite avec orthose blanc, un peu d'oligoclase et du quartz.  
 B. Leptynite avec orthose rougeâtre et quartz.  
 C. Leptynite avec orthose rouge ou jaunâtre et quartz blanc.  
 D. Leptynite avec oligoclase blanc, quartz bleuâtre et beaucoup de petits grenats.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	72,70	14,40	0,51	—	0,33	0,12	5,79	3,47	0,86	97,98
B	74,15	14,52	0,55	—	0,64	0,39	6,55	3,23	0,61	100,94
C	76,30	13,10	1,09	—	0,65	—	3,95	3,20	0,24	98,53
D	77,75	12,93	0,88	0,48	1,41	0,25	0,95	4,36	0,91	99,92

**Syénite.**

KYFFHAUS. — La diorite de Kyffhaus, dont nous parlerons plus loin, contient souvent de l'orthose, même lorsqu'elle est pauvre en silice ; dans les variétés riches en silice, l'orthose devient même le minéral dominant, en sorte que, dans ce cas, elle passe à la roche que nous désignons en France sous le nom de syénite. M. A. Streng (2) a fait l'analyse de l'orthose (I) provenant de cette syénite de Kyffhaus ainsi que de son anorthose (II).

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CuO	MgO	SiO	BaO	LiO	KO	NaO	HO CO <sub>2</sub>	Somme.
I	2,56	62,75	17,71	2,87	1,50	traces	» fortes	»	»	12,24	2,03	1,64	100,74
II	2,63	60,01	21,66	1,54	5,15	0,68	traces	traces	traces	1,37	7,08	2,59	100,08

**Miascite.**

DITRO. — Cette roche qui ressemble d'une manière remarquable à la syénite zirconiennne de Norvège se trouve près de Ditro, dans l'est de la Transylvanie. Elle a été étudiée par M. A. Fellner (3)

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 733.

(2) *Neues Jahrb.*, 1867, 450.

(3) *Neues Jahrb.*, 1867, 614. — *Geologisches Reichsanstalt*, 1867, n° 3, page 169.

qui y indique de l'élcolithe gris verdâtre (I), du feldspath blanc (II), une pâte feldspathique légèrement grisâtre (III), de l'hornblende d'un vert tirant sur le noir (IV), du mica noir foncé (V).

Ses minéraux accessoires sont de petits cristaux de zircon, du fer oxydulé et le mica noir foncé qui pénètre l'hornblende ; du reste on n'y observe pas de quartz.

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,58	56,22	25,48	»	»	1,78	0,23	4,58	10,01	1,54	99,84
II	2,55	60,28	22,40	»	»	1,17	0,09	6,37	8,44	1,61	100,36
III	»	52,71	27,64	»	»	1,79	0,06	4,85	11,22	0,94	99,39
IV	2,39	37,19	13,38	»	29,36	10,98	3,03	2,65	2,25	1,08	99,92
V	»	34,66	12,56	15,47	21,37	1,39	1,62	8,56	2,24	2,62	100,39

M. Fellner admet que dans la miascite de Ditro la pâte est formée de 75 d'oligoclase et de 25 d'élcolithe.

**Porphyre.**

ARMAGH. — M. Samuel Haughton (1) a étudié le porphyre de Forkhill dans le comté d'Armagh. C'est un porphyre feldspathique et quartzifère ayant une densité de 2,588 ; sa pâte est grisâtre ou jaune de miel ; elle contient des cristaux de quartz pyramidés. On y voit des taches noirâtres paraissant être de l'hornblende.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Somme.
76,00	8,72	5,33	0,15	0,20	0,79	0,11	0,88	7,82	0,40	100,40

M. S. Haughton observe que ce porphyre pourrait être considéré comme un schiste métamorphique.

**Porphyre labradorique.**

HOCHLAND. — L'île Hochland qui se trouve dans le golfe de Finlande est en partie formée par un porphyre qui a été analysé par M. J. Lemberg (2). Ce porphyre présente une anomalie assez remarquable, car il contient du labrador en cristaux verdâtres qui sont associés à du quartz et aussi à de l'orthose.

(1) *Manual of Geology*, p. 43.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, 730.

A. Porphyre à pâte noire, renfermant du quartz et du Labrador de Lauenakörkia.

B. Porphyre à pâte noire avec cristaux d'orthose rouge; de Pochjakörkia.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FéO	Perte au feu.	Somme.
A	62,75	17,10	4,57	0,77	4,11	2,57	2,20	5,61	0,50	100,49
B	68,94	14,31	2,25	0,47	7,38	1,13	2,29	2,75	0,48	99,98

La composition chimique élémentaire du porphyre labradorique de Hochland est intermédiaire entre celle du porphyre quartzifère et du porphyre rhombique de la Scandinavie (1).

#### Diorite.

KYFFHAUS. — Les roches dioritiques des montagnes Kyffhaus ou Pfingsberg ont été étudiées par M. le professeur A. Streng (2).

Ces roches passent souvent de la diorite bien caractérisée à la diorite gneissique. Leurs principaux minéraux sont : l'anorthose, l'hornblende, le mica magnésien, le fer oxydulé, qui contient un peu de chrome, quelquefois l'orthose et le quartz; parmi les minéraux accessoires on peut mentionner le sphène, la chlorite, le grenat, qui s'observe seulement dans la variété gneissique, la pyrite de fer, l'épidote (pistazite).

Plusieurs de leurs minéraux constituants, l'hornblende et le feldspath ont d'abord été analysés par M. Streng. Après les avoir extraits de la roche, il les a purifiés avec tout le soin possible, et en particulier il les a débarrassés du fer oxydulé au moyen de l'aimant.

- I. Hornblende de la diorite à gros grain.
- II. Hornblende un peu mélangée de fer oxydulé et de mica.
- III. Anorthose de la diorite à gros grain renfermant l'hornblende I.
- IV et V. Anorthoses de deux variétés de la diorite de Kyffhaus.

(1) *Annales des mines.*

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 529, 530, 536, 537.

Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FéO	CaO	MgO	SiO	BaO	LiO	KO	NaO	HO	Somme.
I	3,03	43,07	13,42	9,00*	8,17	14,46	9,84	traces	traces	0,34	1,03	1,83	101,16
II	3,03	49,23	7,59	4,92	5,63	12,75	14,04	traces	"	0,53	1,63	2,51**	98,83
III	2,77	44,67	34,22	"	0,88	11,92	0,29	"	"	2,33	1,57	4,13	100,01
IV	2,69	59,16	25,97	"	1,04	9,23	0,03	fortes traces	trac. tr.-faib.	0,47	3,91	0,68	100,49
V	2,64	60,94	24,22	"	1,66	3,94	traces	"	"	0,95	7,65	0,79	100,15

\* Traces d'oxyde de titane.

\*\* Avec un peu d'acide carbonique.

On peut observer que l'amphibole hornblende de la diorite de Kyffhaus contient des alcalis et que la composition de son feldspath anorthose varie dans des limites très-étendues, depuis l'oligoclase jusqu'à l'anorthite. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par M. Delesse dans l'examen de différentes diorites des Vosges et de la diorite orbiculaire de Corse.

— L'analyse des roches dioritiques des montagnes de Kyffhaus a également été faite par M. le professeur A. Streng (1).

- A. Diorite du flanc nord du Rothenburg. — Elle contient de gros cristaux d'hornblende souvent entremêlée de mica, de l'anorthose et du fer oxydulé dans la proportion de 3,39 p. 100.
- B. Diorite légèrement gneissique des carrières derrière le Rothenburg. L'anorthose y est dominant, l'hornblende a une couleur noire et elle est toujours imprégnée de mica.
- C. Diorite gneissique prise sur le sentier qui mène à Kelbra; elle est à grain fin et formée presque entièrement d'hornblende vert foncé et d'anorthose blanc.
- D. Diorite gneissique à gros grain, passant à la syénite, des carrières du Steinthal. Mélange à gros grain d'hornblende, d'orthose, d'anorthose, de quartz et accidentellement de sphène.
- E. Diorite gneissique bien caractérisée, en blocs isolés sur le flanc nord-est du Rothenburg. Accidentellement elle contient des grains de quartz, de la pyrite de fer et du grenat.
- F. Veine riche en feldspath du gneiss dioritique provenant des carrières derrière le Rothenburg. Le feldspath dominant est l'orthose qui est blanc ou rougeâtre; l'anorthose est blanc ou verdâtre; l'hornblende présente une couleur noire et est accompagnée de fer oxydulé. Le mica est très-clair-semé.
- G. Diorite gneissique passant à la syénite, des carrières du Bernthal. Agrégat à grain moyen d'orthose rougeâtre avec de l'hornblende. L'anorthose est rare. Il y a aussi du fer oxydulé et très-peu de quartz.
- H. Diorite gneissique passant à la syénite, des carrières derrière le Rothenburg. Elle est à grain moyen, contient de l'anorthose et de l'orthose, de l'hornblende, ainsi que du quartz, du mica, du fer oxydulé et du sphène.

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1867, p. 641.

Densité.	PO <sup>5</sup>	TiO <sup>2</sup>	SiO <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	FeO	MnO	CuO	CaO	MgO	KO	NaO	SiO	BaO	Lithine.	CO <sup>2</sup>	H <sub>2</sub> O	Somme.
A	2,92	traces	41,81	23,89	4,20	5,54	traces	13,79	6,15	1,13	1,11	traces	traces	traces	"	"	2,96	101,37
B	2,81	0,31	53,63	21,54	3,53	3,87	traces	9,23	2,38	0,45	3,68	traces	"	"	"	"	1,18	100,07
C	2,84	0,14	54,80	18,16	2,34	5,47	traces	8,05	4,95	1,48	3,59	"	"	"	"	traces	1,24	101,06
D	2,84	traces	55,99	10,02	1,39	4,30	traces	10,49	8,66	1,14	1,29	traces	faibles traces	"	"	3,84	1,63	99,87
E	2,80	"	56,83	19,58	2,88	5,76	fortes traces	1,89	3,28	2,34	3,14	traces	"	"	"	"	2,69	99,05
F	2,66	"	60,93	18,54	2,57	2,24	traces	1,59	0,49	6,35	4,47	traces	traces	"	"	"	1,26	98,44
G	2,65	"	65,54	17,70	2,45	1,01	traces	2,33	0,36	4,44	4,77	"	"	"	"	"	0,69	99,29
H	2,66	traces	50,95	14,77	2,82	"	"	2,10	0,40	2,84	4,63	traces	traces	traces	"	"	1,04	99,45

Ces analyses de M. Streng viennent confirmer les grandes variations que peut présenter la composition chimique des diorites, bien qu'elles proviennent d'un même gisement.

La première diorite (A) donnée par le tableau précédent est remarquable par sa faible teneur en silice et se rapproche sous ce rapport de la diorite orbiculaire de Corse.

M. Streng observe que de la strontiane se trouve dans presque toutes ces roches dioritiques et il en conclut que cette substance est beaucoup plus répandue qu'on ne le pense généralement.

La baryte s'y rencontre également, mais moins souvent que la strontiane. La lithine ne s'y montrait qu'en traces et de plus très-rarement; cela tient sans doute à ce que, de même que dans les Vosges, elle est combinée dans le mica, lequel est très-peu abondant dans la diorite. La présence de l'acide phosphorique a aussi été constatée et l'on sait depuis longtemps qu'il existe dans la plupart des roches sédimentaires ou éruptives; du reste il se trouvait rarement en quantité assez notable dans les diorites de Kyffhaus pour qu'il fût possible de le doser. Enfin il y avait encore des traces de cuivre.

D'après les analyses de diorites qui ont été faites par M. Streng, l'on voit que lorsque la silice et la potasse augmentent, l'alumine, le fer, la chaux, ainsi que la magnésie tendent au contraire à diminuer. Quant à la proportion de soude, bien qu'elle ne soit pas constante, elle reste comprise entre des limites peu étendues.

Dans le cours de son travail, M. Streng revient d'ailleurs à différentes reprises sur l'idée que les diorites ont été soumises à une décomposition ou à un pseudomorphisme; qu'alors leur feldspath s'est hydraté; qu'en outre il s'est produit dans ces roches du mica, du fer oxydulé ainsi que de la chaux carbonatée. Il nous est impossible d'admettre cette manière de voir; et, bien que certaines substances minérales puissent se développer dans les roches en décomposition, le mica ferro-magnésien et le fer oxydulé portent tous les caractères de minéraux qui se sont formés au moment de la cristallisation des diorites (1).

Hochland. — M. J. Lemberg (2) a analysé la diorite de l'île Hochland dans laquelle s'observent les filons de granite dont la composition a été donnée précédemment :

A. Diorite du Weddeljärwihügel.

B. Diorite du village Launakulla.

(1) De lesse. Recherches sur l'origine des roches.

(2) Neues Jahrbuch, 1867, p. 730.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	48,83	18,13	13,31	8,50	—	1,39	—	7,34	0,44	97,94
B	49,30	16,35	12,35	8,58	0,42	1,20	0,65	7,65	1,27	98,27

**PARGAS.** — Diverses roches dioritiques d'Ahlon (Pargas) ont donné à M. Kuhlberg (1).

A. Verte, grenue, contenant du hornblende et du feldspath blanc; de Ténais.

B. A grain fin, avec hornblende noire et oligoclase; de Storgard.

C. A grain moyen, avec hornblende noire et oligoclase; de Skrabböla.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	51,25	19,41	5,44	7,06	5,63	5,61	2,35	1,01	2,45	98,91
B	48,46	18,78	2,82	8,49	12,09	2,13	0,73	3,89	0,94	98,38
C	46,79	19,23	5,72	9,15	10,91	3,97	0,82	2,55	0,35	99,49

#### Euphotide.

**NEURODE.** — L'euphotide ou gabbro de Neurode en Silésie qui avait d'abord été examiné par M. Vom Rath (2) l'a été de nouveau par M. G. Rose (3).

Deux de ses variétés sont décrites par M. G. Rose, le gabbro vert et le gabbro noir.

Le premier est un mélange grenu de labrador et de diallage dans lequel le feldspath qui a une couleur bleuâtre ou blanc grisâtre domine de beaucoup. Ses minéraux accessoires sont la pyrite de fer et le fer titané. On l'observe d'ailleurs dans le voisinage de la serpentine de Volpersdorf.

C'est surtout le gabbro noir qui est très-remarquable, car il est formé d'un mélange à gros grain de labrador et de diallage avec un minéral paraissant se rapporter au périclote (4). Le labrador varie du blanc grisâtre au noir grisâtre et dans les clivages il présente un éclat nacré assez vif. Le diallage (1) est en lamelles de forme hexagonale qui se clivent très-facilement parallèlement à la face la plus large. Sa couleur est brun-noirâtre ou noir-brûlé-

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 734.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1856, p. 699.

(3) *Zeitschrift d. d. geol. Gesellschaft*, 1867, p. 270.

(4) *Revue de géologie*, t. V, p. 83.

à, quelquefois avec une nuance tirant sur le vert. Son éclat est nacré suivant le clivage facile et gras dans la cassure transversale. L'analyse de ce diallage (1) a été faite par M. G. Vom Rath; elle montre que ce minéral qu'on regardait d'abord comme de l'hypersthène est bien en réalité un diallage; il diffère du diallage vert, seulement par une teneur un peu plus grande en protoxyde de fer ainsi que par une proportion moindre de chaux et de magnésie. Du reste sa manière de se comporter au chalumeau montre déjà que ce n'est pas de l'hypersthène; car il fond plus facilement en un verre gris-verdâtre et non magnétique.

Dans le gabbro noir de Neurode, on observe aussi, dans les parties qui sont à grain fin, une substance ayant une couleur vert noirâtre. Elle dépasse quelquefois 2 centimètres, présente un éclat légèrement gras et n'est que très-faiblement transparente. Son analyse (II) a été faite par M. le professeur C. Rammeisberg. M. G. Rose pense que c'est un périclote décomposé. En effet, si l'on admet que l'oxyde de fer trouvé provienne de fer oxydulé magnétique et qu'on calcule le protoxyde de fer correspondant, on le trouve égal à 0,99 ce qui donne 3,21 de fer oxydulé. D'un autre côté, si l'on défalque ce fer oxydulé et de plus la quantité d'eau, l'analyse précédente donne la composition habituelle du périclote.

Parmi les minéraux accessoires du gabbro noir de Neurode, M. G. Rose mentionne encore le fer oxydulé magnétique et le fer titané.

La composition d'un gabbro noir, finement grenu, des environs de Buchau (III), a d'ailleurs été déterminée par M. G. Vom Rath.

	Densité	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Perte au feu.	Somme.
I	3,33	52,90	0,63	—	12,07	19,78	14,90	—	—	—	0,47	100,70
II	3,44	34,97	0,75	2,22	19,54	0,44	36,00	—	—	6,00	—	99,92
III	—	50,08	15,36	—	6,72	14,90	9,99	0,29	1,80	—	1,27	100,41

Le gabbro noir présente d'assez nombreuses variétés produites par l'inégalité de son grain et les proportions de ses éléments; M. G. Rose indique qu'il se trouve sur le flanc ouest de la formation du gabbro entre Buchau et Volpersdorf, et en outre au nord de Muhlberg.

#### Ophite.

**ARIÈGE.** — Le gisement de l'ophite qui a fait le sujet des re-

cherches de nombreux géologues (1) vient d'être étudié dans le département de l'Ariège par M. l'ingénieur des mines Mussy. Voici, d'après une communication manuscrite qu'il a bien voulu nous adresser, les principaux résultats auxquels il est parvenu.

Les géologues qui se sont occupés des Pyrénées ont senti le besoin de réunir, sous le nom d'ophite, des roches qui diffèrent beaucoup par leur âge et par leur composition minéralogique; mais M. Mussy donne à ce mot une acception beaucoup plus large que les géologues qui l'ont précédé. Il désigne, en effet, sous le nom générique d'ophites toutes les roches granitoïdes à éléments basiques plus ou moins magnésiens qui forment des amas irréguliers, toujours peu étendus au milieu des formations sédimentaires, appartenant à presque tous les étages géologiques, depuis l'âge le plus reculé jusqu'aux assises nummulitiques.

Ces roches présentent les aspects les plus variés; souvent formées d'éléments éminemment cristallins; elles ont une apparence granitoïde, une couleur verdâtre foncée, sont dures et résistantes au marteau et constituées de minéraux basiques riches en magnésie tels que le péridot et le pyroxène; elles sont alors connues sous le nom de Lherzolite, du nom de l'étang de Lherz où pour la première fois elles ont été étudiées; d'autre fois elles sont de véritables diorites verdâtres, également cristallines, dont les parties constitutives sont le feldspath anorthose grenu et compacte, associé à de l'amphibole cristalline en lamelles ou en aiguilles; fréquemment altérées à la surface et jusqu'à une certaine profondeur, elles passent insensiblement et par degrés à des terres ocreuses, argileuses ou magnésiennes dans lesquelles toutes traces de cristallisation ont disparu; elles se distinguent alors à peine d'avec les masses plus ou moins argileuses encaissantes avec lesquelles elles paraissent stratifiées en parfaite concordance; le plus souvent cette stratification est confuse, complètement indistincte et la roche transformée en arènes ocreuses et terreuses paraît traversée de fissures irrégulières qui s'entre-croisent en tous sens.

Généralement basique, l'ophite, sur certains points assez rares, passe lentement à des roches plus acides et même parfois à de véritables quartz spongieux (2).

Le plus souvent compacte, plus ou moins fissurée, la roche a un aspect uniforme; d'autres fois elle prend une apparence globuleuse ou fragmentaire et paraît constituée de deux éléments différents qui ne sont autres que de l'ophite à deux degrés de décomposition.

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 108.

(2) Delesse: *Études sur le métamorphisme*. In-8°, 1858, page 115.

1° *Terrains primitifs*. — Les minéraux à base de magnésie, tels que l'amphibole, le talc, la chlorite, sont fréquemment disséminés dans toute la masse des roches primitives qu'ils transforment parfois au pourtour des formations en syénites, protogynes et talcschistes; des couches épaisses de talc pur s'isolent aussi dans les micaschistes. Mais les amas ophitiques d'une certaine étendue sont très-rares dans les terrains primitifs; deux petits affleurements de diorite ordinaire, un peu terreuse, ont seulement été constatés près de Quérigut dans un granite porphyroïde aréniforme.

2° *Silurien*. — Les schistes siluriens de l'Ariège sont fréquemment imprégnés de talc dans toute leur masse et transformés en schistes talqueux, soyeux et satinés; plus rarement ils deviennent amphiboliques. Ils présentent quelques gisements d'ophites dont les principaux sont :

A Boutadiol, une amphibole lamelleuse avec hémitrène (calcaire dolomitique criblé de cristaux d'amphibole verte, en fines aiguilles), minerai de fer magnétique et grenat almandin.

A Lordat, un long amas de diorite gris verdâtre un peu altérée, souvent terreuse et cellulaire, à cavités bulleuses remplies d'oxyde de fer, argile et sable.

A Antras, vallon de Saint-Paul, un petit amas dioritique au contact des gneiss.

Dans la montagne du Montconstant, près Cadarcet, un très-long affleurement s'étendant de l'est à l'ouest, sur près de 2 kilomètres au voisinage des grès bigarrés; vers l'ouest l'amas est formé de feldspath cristallin avec quartz grenu, sans minéral basique, passant à des éponges quartzieuses cellulaires; au midi sont des schistes feldspathiques, pauvres en cristaux d'amphibole et au nord des schistes amphiboliques avec des cornéennes.

A Martussol et Les Ramés près Montels, deux petits magmas ophitiques sont analogues au précédent.

A Carbourat près Rimont, un tout petit affleurement de diorite grossière schisteuse, en bancs orientés.

A Lacour, sur les bords du Salat, au point de jonction de sept formations différentes, une belle diorite verte largement cristalline avec gypse et fissures remplies de belles cristallisations d'épidote.

Dans les calcschistes anciens, les roches ophitiques sont très-rares; toutefois du gypse cristallin a été constaté à Rouze, Quérigut.

3° *Dévonien*. — Dans le calcaire dévonien ont été reconnus au plateau d'Alzein deux très-petits amas de diorite grenue, accompagnée de fer magnétique et pyrite.

4° *Trias*. — Le grès bigarré est pauvre en ophites; il n'en présente qu'un seul amas dans la vallée de Saint-Larry, grenu et un peu terreux à Courderouech.

Dans les marnes irisées qui s'étendent sur la route de Foix à Saint-Girons, se développent de grands amas de roches ophitiques presque toujours plus ou moins décomposées, orientées de l'est à l'ouest comme les assises des marnes encaissantes. Du côté de l'est, les ophites paraissent se rapprocher des calcaires supérieurs dolomitiques du lias. Au centre, ils occupent indistinctement toute la formation des marnes irisées parfois réduite à quelques bancs peu épais. Vers l'ouest, ils se concentrent dans les couches inférieures au voisinage du grès bigarré. Ils sont constitués par des diorites souvent décomposées, parfois transformées en terres jaunâtres, ocreuses et magnésiennes, et accompagnés d'argiles bariolées vertes et rouges avec gypse fibreux. Dans les fentes des masses souvent fissurées, il y a du spath calcaire et de la stilbite rayonnée; le fer oxydulé magnétique, l'hématite, plus ou moins manganésifère, ne sont pas rares en nids et en amas irréguliers; la roche est souvent globuleuse avec blocs calcaires intercalés, roulés et stratifiés.

Les principaux amas sont :

A Mazères près Labastide de Sézon, une masse de terres ophitiques, magnésiennes, onctueuses au toucher, avec hématites et manganèse terreux. Les ruisseaux qui y prennent naissance sont aurifères.

De Vic à Ségalas, un long amas de près de 4 kilomètres de long sur 200 de large, bifurqué en deux branches de diorite grossière tantôt cristalline, tantôt décomposée et transformée en terres magnésiennes.

De Castelnaud à Baliar par Rimont, une longue série de roches ophitiques, continue sur 11 kilomètres et 300 à 800 mètres de puissance. La diorite est dure cristalline dans sa région occidentale, terreuse vers l'est; presque toujours accompagnée d'argiles bariolées avec gypse, elle présente sur plusieurs points des amas de fer magnétique.

A Lozt, Paletés et Eycheil, près Saint-Girons, on rencontre des diorites grossières analogues, en amas peu considérables.

5° *Lias*. — Les calcaires liasiques, plus ou moins cristallins et saccharoïdes du centre du département de l'Ariège renferment, en pointements irréguliers, de beaux ophites cristallins de la variété dite lherzolite, constituée par un mélange de péridot vert clair compacte avec du pyroxène cristallin vert foncé, appartenant aux

deux variétés diopside et enstatite. La roche généralement dure se décompose souvent en donnant des terres ocreuses; elle s'associe parfois des cristaux d'amphibole, du talc, de la stéatite, de l'asbeste et passe à la serpentine; elle est presque toujours accompagnée de belles brèches jaune nankin très-cristallines, imprégnées de cristaux de couzeranite. Les lherzolites pointent au milieu des calcaires saccharoïdes du lias, au voisinage des roches granitiques et souvent même à leur contact immédiat. Les principaux amas se rencontrent aux environs de Prades où ils forment les petits pitons de Lasserre, de l'Ourza, Géralde, des Boudigous et du Basquy.

A Appy, près des Cabannes.

Dans le canton de Vicdessos, à Saint-Tanoque de Lercoul, Sem, crête de Berquié, Saleix, Fontanabouche, Porteteny, Sentenac, Bernadouze et l'Escourgeat, la Taupe de l'Ours (Suc), mont Ceint et enfin à l'étang de l'Herz ou la lherzolite forme une véritable montagne de plus de 2 kilomètres de long et près d'un kilomètre de large au midi de l'étang.

Quand l'ophite est en relation avec le calcaire saccharoïde du lias, elle se présente toujours à l'état de lherzolite; on la rencontre parfois liée à de petites couches schisteuses subordonnées au lias; dans ce cas, elle devient une diorite grossière plus ou moins schisteuse, comme au col de Rancié près Vicdessos, au col de Saleix et à Prat près Saint-Girons; la nature minéralogique de l'ophite dépend essentiellement de celle de la roche encaissante. La lherzolite ne contient pas de gypse.

6° *Schistes supraliasiques*. — De toutes les formations géologiques, celle des schistes supraliasiques est la plus riche en roches ophitiques constituées par des diorites. Ces dernières sont tantôt cristallines, tantôt plus ou moins décomposées; elles sont accompagnées de grands amas de gypse cristallin blanc saccharoïde et laminaire avec anhydrite, imprégné de paillettes de mica et cristaux de pyrite de fer. Certains amas ont plus d'un kilomètre d'étendue.

Les principaux sont :

A Saint-Antoine, bord de l'Ariège, une diorite grossière et terreuse avec trace de blende et pyrite.

Aux environs de Tarascon, dans les vallons d'Arnavé, Arignac et Bédéillac, des diorites très-cristallines en grandes masses comprises au voisinage des roches granitiques, accompagnées de calcaires micacés et amphiboliques, stéatites, talc et amphibole. Les minéraux magnésieux imprègnent les granites du voisinage, et, en re-

lation avec ces diorites sont de grands amas de gypse qui, entre Arignac et Bédéillac, courent sur plus de 2 kilomètres avec une puissance de 50 à 100 mètres entre les roches primitives au nord et les schistes supraliasiques au sud.

Dans le même bassin de Tarascon, on constate à Quié, sur le chemin de Génat, une petite diorite cristalline; au-dessus de Rabat une diorite grossière, terreuse, en bancs stratifiés, avec du minéral de fer magnétique et du fer oligiste; à Surba quelques gypses cristallins.

Dans le bassin de Massat, au contact des roches anciennes et secondaires, les schistes du lias présentent une série continue de roches que M. Mussy considère encore comme ophitiques; elles sont constituées soit par le gypse seul, le gypse et des diorites grossières alvéolaires ou des diorites grossières seules, à Col-de-Port, la Rouquille et le Touron de Boussenac, Matalas et Pont-de-Massat, la Bourdasse et Biech d'Aleu, le village d'Aleu.

Sur plusieurs autres points sont des ophites sans gypse; à Ser-raing de Sentenac (Seix), une diorite très-cristalline se trouve aux environs de Castillon.

A Cesceau, Castillon, Salsein et Argein des diorites grossières alvéolaires avec calcaire cellulaire cristallin et éponges quartzes.

Dans les schistes du lias, compris en avant du plateau central, liées à des minerais de fer en grains, sont quelques diorites grossières, le plus souvent terreuses; à Carrère de Clermont, près le Mas d'Azil, Roquelaura, près Taurignan, rive droite du Salat et Montgauch.

7° *Crétacé*. — Le calcaire à chama ammonia (calcaire à dicrètes de Dufrénoy) forme la base du terrain crétacé et présente à la Grausse, près Clermont, deux affleurements voisins de diorite grossière avec argile rouge colorée par le fer.

Les assises marneuses du crétacé supérieur renferment à Rousceou-Benaix, près Lavelanet, un gypse cristallin laminaire, entre Mercenac et Bonrepaux, sur les bords du Sallat, des diorites alvéolaires et schisteuses avec gypse laminaire et fer magnétique.

8° *Terrains nummulitiques*. — Les assises marneuses du terrain nummulitique contiennent des amas ophitiques variés; les schistes et quartzites de sa base offrent aux environs du Mas d'Azil, à Capens et Saint-Alby, des diorites globuleuses grossières avec ocre rouge; à Gausseraing des ocres avec gypses; à Sarradas et Camarade des gypses avec sel gemme et source salée.

Les marnes rouges infra-mioliolitiques présentent à Carme, à l'est de Bélesta, quelques amas gypseux avec albâtre.

Enfin les marnes nummulitiques supérieures contiennent à Betchat, extrémité nord-ouest du département de l'Ariège, un grand massif ophitique affectant la forme d'un triangle équilatéral dont tous les côtés sont formés par des bourrelets de belle diorite largement cristalline et le centre par un amas de gypse cristallin, laminaire, imprégné de mica et pyrite et fissuré en tout sens.

Le tableau suivant résume, d'après M. Mussy, la manière d'être des ophites dans les divers étages géologiques du département de l'Ariège.

TERRAINS.	NATURE DES ROCHES OPHITIQUES.
I. II. Granite et gneiss. . . . .	Diorite cristalline. Diorite cristalline.
III. Silurien inférieur. . . . .	Diorite grossière. Amphibolite. Magma ophitique.
IV. Silurien supérieur. . . . .	Gypse.
V. Dévonien. . . . .	Diorite cristalline.
VI. Grès bigarré. . . . .	Diorite cristalline.
VII. Marnes irisées. . . . .	Diorites grossières et terres ophitiques. Iherzolite.
VIII. Lias supérieur. . . . .	Diorite cristalline. Diorite grossière ou schisteuse. Cornéenne schisteuse.
IX. Marnes et gypses supraliasiques. . . . .	Diorite cristalline sans gypse.
	Diorite grossière sans gypse.
	Diorite cristalline avec gypse.
	Diorite grossière avec gypse.
X. Calcaires à chama ammonia. . . . .	Gypse sans diorite.
XI. Crétacé supérieur. . . . .	Diorite grossière.
	Diorite grossière.
XII. Schistes et quartzites. . . . .	Gypse.
	Gypse et sel gemme.
XIII. Marnes rouges. . . . .	Gypse.
XIV. Etage nummulitique marneux. . . . .	Diorite cristalline.
	Gypse.

#### Diabase.

BOHÈME, HONGRIE. — M. Fellner (1) a fait l'analyse de plusieurs diabases ou plutôt de trapps provenant surtout du bassin silurien de la Bohême.

- A. Diabase aphanitique de Krusnabor; couches de Komarow dans la grauwake silurienne. Étage D d. Barrande.  
B. Diabase du Brodei-Graben au nord de Dobris.

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc.*, 1867, p. 484. — *Verhandlungen d. K. K. geologischen Reichsanstalt*, 1867, p. 31.

- C. Diabase de Szarvasko, dans les montagnes moyennes de la Hongrie.  
 D. Diabase aphonitique de Rostock. Étage B. Barrandes.  
 E. Diabase de Birkenberg; des schistes de Prizibram; Ét. B. Barr. Sa densité plus élevée que les autres tient sans doute à ce qu'elle est mélangée de pyrite de fer.

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme
A	2,88	45,53	15,07	19,26	»	10,11	1,05	traces	3,55	5,30	99,87
B	2,84	49,61	11,25	20,31	»	5,77	2,46	6,35		4,25	100,00
C	2,82	50,04	10,28	18,90	»	10,62	3,24	1,70	3,60	Eau. 2,24	100,62
D	2,72	50,74	17,42	12,65	»	8,50	0,40	1,74	4,09	4,56	100,10
E	2,96	51,58	14,97	18,84	traces	7,94	0,47	traces	3,21	3,22	100,23

Ces roches éruptives de la Bohême provenant d'un gisement classique et de niveaux bien déterminés dans la série silurienne, leur analyse offre par cela même un grand intérêt.

### Roches feldspathiques volcaniques.

#### Dacite.

M. C. de Hauer (1) a analysé les feldspaths de diverses roches éruptives de la Hongrie et de la Transylvanie. L'une d'elles, la Dacite (2) d'Illowa, contient, mélangé avec beaucoup de quartz et de mica biotite, un feldspath strié que sa composition (I) rapproche du labrador, ce qui est remarquable, car les roches labradoriques ne renferment ordinairement pas de quartz.

La dacite de Nagy-Sebes contient un feldspath (II) dont la composition est intermédiaire entre celle du labrador et de l'oligoclase.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	54,53	27,37	9,62	traces	1,81	5,98	1,21	100,52
II	55,63	26,74	9,78	traces	1,61	5,08	1,07	99,91

(1) *Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt*, 1867, p. 106.  
 (2) *Revue de géologie*, t. VI, page 90.

#### Rétinite.

DONÉGAL. — Le rétinite porphyrique du Lough-Eske dans le comté Donégal a été analysé par M. Samuel Haughton (1).

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
64,04	10,40	9,36	4,24	3,63	2,91	5,13	99,71

Le rétinite du Lough-Eske est très-basique et contient moins de silice et plus d'oxyde de fer qu'on n'en trouve habituellement dans cette roche. Il passe, d'ailleurs, à un porphyre amygdalaire dont les cavités ont été remplies par de la stilbite blanche, d'où l'on a conclu qu'il est décomposé; mais nous ne saurions partager cette manière de voir. La présence de la stilbite dans les cavités d'un rétinite ne démontre pas non plus qu'elle soit un élément constituant de sa pâte; l'eau que renferme cette dernière paraît plutôt se trouver en combinaison dans un verre hydraté (2).

MEISSEN. — Une analyse du rétinite classique de Meissen a été faite par M. le Dr Freese dans le laboratoire de M. le professeur Ch. Rammelsberg (3). Sa couleur était verte; sa densité égalait 2,504 et par la fusion de la roche elle s'est élevée à 2,340.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	H <sub>2</sub> O	Somme.
73,83	12,00	1,11	1,07	0,28	2,32	1,60	8,49	100,75

M. Rammelsberg observe que le rapport de l'alumine à la silice dans ce rétinite est à peu près de 1 à 6.

#### Phonolite.

En examinant le phonolite sous le microscope, M. Zirkel (4) a reconnu que sa pâte renferme de la néphéline.

En outre il a observé du noséan non-seulement dans le phonolite du Hegau, mais encore dans presque tous les échantillons. Ses

(1) *Manual of Geology*, 2<sup>e</sup> édition, p. 374. — *Phil. magaz.* (4) LXXXI, p. 116.  
 — Roth: *Die Gestein-analysen*, p. 10.  
 (2) Delesse: *Rétinites de la Sardaigne*.  
 (3) *Zeitschrift d. d. g. Gesellschaft*, t. XX, p. 539.  
 (4) *Poggendorff annalen*, t. CXXXI, p. 298.

cristaux présentent des zones de diverses couleurs et, de même que la néphéline, ils sont en voie de décomposition.

M. le professeur Ch. Ram melsberg (1), auquel on devait des analyses très-complètes de divers phonolites (2), a recherché d'après cela quelle était leur teneur en acide sulfurique. Il en a trouvé seulement des traces dans ceux de Kostenblatt, de Milleschauer, de Steinwand, de Pferdekopf; 0,10 dans celui de Borezin (Bilin); 0,14 dans celui de Milseburg; 0,16 dans celui de Teplitz.

#### Téphrine.

PARIOU. — Une nouvelle analyse de la téphrine (5) d'Alexandre Brongniart a été faite par M. le professeur Ch. Rammelsberg (4).

L'échantillon qu'il a examiné provenait du fond même du cratère du Puy de Pariou. Sa ressemblance avec la lave (tephrine) de Volvic et du Puy de Côme était évidente. Il était gris, cristallisé, poreux, contenait de rares cristaux de feldspath, un peu d'augite, du fer oxydulé et peut-être aussi un peu de fer oligiste qui tapisse quelquefois les cellules des laves. Traité par l'acide chlorhydrique, il a pris une couleur plus pâle; en attaquant sa poudre par ce même acide bouillant, on a d'ailleurs obtenu le résultat (1). Quant à l'analyse complète de l'échantillon, elle est donnée par (11):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	NaO	KO	Résidu de l'attaque.	Somme.
I	5,00	1,53	7,42	2,00	0,55	"	"	84,19	100,69
II	56,80	15,22	10,90	6,43	2,67	3,75	3,68	"	99,45

Suivant M. Ch. Rammelsberg, cette lave appartient à la variété de trachyte que M. Roth a nommée andésite pyroxénique. De plus la proportion de ses deux alcalis, qui est de 2 atomes de potasse pour 3 de soude, paraît indiquer qu'elle contient de l'orthose indépendamment de l'oligoclase.

(1) *Zeitschrift, d. d. g. Gesellschaft*, t. XX, p. 542.

(2) *Zeitschrift d. d. g. Gesellschaft*, t. XIV, p. 750. — *Revue de géologie*, t. 11, p. 127.

(3) *Revue de géologie*, t. IV, p. 70.

(4) *Zeitsch. d. d. g.*, t. XX, p. 593.

#### Bombes volcaniques.

LAG DE LAACH. — M. Th. Wolf (1) a étudié les diverses roches qui s'observent dans les bombes volcaniques du lac de Laach.

Ces dernières se trouvent surtout dans un sable ponceux, blanc et très-épais qui s'étend jusqu'à une demi-lieue du centre du lac.

Ayant égard à l'origine des roches enveloppées dans les bombes volcaniques, M. Th. Wolf les partage en trois classes:

1° Celles qui sont originaires et ne proviennent pas de l'activité volcanique, mais ont seulement été brisées par elle;

2° Celles qui ne résultent pas d'une action volcanique, mais portent des traces de l'action postérieure du feu;

3° Celles qui se sont produites dans l'éruption même.

En étudiant les roches de la première classe, M. Wolf y a distingué du granite, de la syénite, de l'amphibolite, de la diorite, de la péridotite, du gneiss, du micaschiste, du schiste chloritique, du schiste amphibolique, du schiste avec dichroïte, des schistes anciens, des schistes dévoniens ainsi que de la grauwake.

La péridotite du lac de Laach, en particulier, est surtout formée de péridot grenu ayant une couleur verdâtre, avec des lamelles de mica magnésien brun ou noirâtre. Le diopside chromifère, la picotite et le fer oxydulé y sont très-accidentels.

La présence de nombreux fragments de péridotite dans le trachyte et dans le basalte de cette région montre d'ailleurs que cette roche doit être abondante dans la profondeur.

Comme conclusion de cette première partie de ses recherches, M. Wolf donne un aperçu de la constitution du sous-sol aux environs du lac de Laach. Il lui paraît probable que le gneiss et le micaschiste forment l'étage inférieur des montagnes du Rhin et qu'ils recouvrent de plus le foyer volcanique. Des granites et de la diorite y poussent sans doute des filons; peut-être en est-il de même pour l'amphibolite et pour la péridotite? Le schiste à dichroïte se trouve vraisemblablement à la limite du micaschiste et du schiste plus ancien. Le tout est recouvert par la masse puissante des schistes dévoniens qui se montrent à la surface.

De même que les sondages, les études de ce genre peuvent donc conduire à la connaissance de la géologie souterraine.

#### Basalte.

En examinant sous le microscope du basalte en lames polies très-

(1) *Zeitschrift d. d. geol. Gesellschaft*, 1867, p. 451. — *Neues Jahrbuch*, 1867. 864.

minces, M. E. Zirkel (1) n'y a pas reconnu d'autres minéraux que l'anorthose, l'augite, le périclote, le fer oxydulé.

Dans les basaltes les mieux caractérisés du Rhin, de l'Eifel, de la Saxe, de la Bohême, il n'a d'ailleurs pas distingué de népheline, ni de zéolithes.

En ce qui concerne les zéolithes, il importe d'observer qu'ils remplissent bien les cavités et les amygdaloïdes, mais qu'ils ne se montrent pas à l'état cristallin dans la roche elle-même. L'eau que contient toujours le basalte doit donc être considérée comme combinée avec le feldspath et surtout avec le silicate qui forme la pâte. Du reste, cette pâte renfermant une notable proportion de fer et de magnésie, il est assez difficile de la considérer comme une zéolithe amorphe. Et quand bien même les résultats de l'analyse élémentaire de la pâte se laissent grouper de manière à donner la composition chimique d'une zéolithe, il nous paraît que son existence n'est pas démontrée d'une manière suffisante (2).

NOUVELLE-ZÉLANDE. — Un basalte de la Nouvelle-Zélande, contenant des cristaux d'augite et de périclote, a été analysé par M. S. Houghton (3); voici qu'elle est sa composition :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	Fe <sup>2+</sup> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	TiO <sub>2</sub>
46,40	16,80	9,65	6,89	2,08	6,78	7,28	5,76	0,72	traces

#### Trapp.

LES HÉBRIDES. — Les massifs volcaniques bien connus des îles de Mull, d'Eigg et de Staffa ont été considérés par les géologues anglais comme appartenant à l'époque jurassique, jusqu'au jour où le duc d'Argyll découvrit des végétaux tertiaires sous le basalte à Ardtun-Head, dans l'île de Mull.

M. Archibald Geikie (4) reconnaît aujourd'hui que, pour cette île et pour celles qui l'entourent, les énormes massifs volcaniques observés appartiennent à la période miocène; et la même conclusion lui semble applicable à toute la chaîne basaltique qui s'étend

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 81.

(2) Delesse: *Recherches sur l'origine des roches. — Observations sur la présence d'eau de combinaison dans les roches.*

(3) *Phil. mag.*, t. XXXIII, p. 221.

(4) *Geol. mag.*, t. IV, p. 316.

depuis le nord de l'Irlande jusqu'aux îles Faroe. A Ardtun, les couches à végétaux sont voisines de la base de la série et l'on observe par-dessus 1 000 à 1 200 mètres de trapps, avec des couches de cendres intercalées, remplies de silex de la craie.

Les roches volcaniques sont associées, à Ben-More, à des massifs d'une syénite semblable à celle de Skye. Déjà Mac Culloch avait émis l'opinion que la syénite de Skye était postérieure aux roches secondaires de la contrée: il serait très-intéressant de constater d'une manière positive que l'altération des sédiments secondaires dans les Hébrides est liée à l'apparition des roches volcaniques miocènes.

De son côté, le duc d'Argyll (1) a observé, dans l'île de Mull, à Ben-More, le passage d'un trapp très-bien caractérisé au granite à éléments réguliers; malheureusement l'auteur n'a joint à sa communication, ni analyses, ni indications minéralogiques qui permettent de juger si l'attribution de la roche au granite est complètement fondée.

MALVERN-HILLS. — M. Timins (2) a étudié avec de grands détails les roches trappéennes de la chaîne des Malvern-Hills et il est arrivé, à leur égard, aux conclusions suivantes:

1° Dans les roches trappéennes d'épanchement, le rapport de l'oxygène de la silice à celui des bases varie par degrés de 5 : 4 à 2 : 1.

2° Les proportions relatives des diverses bases sont très-variables et caractérisent souvent des localités particulières.

3° La composition chimique des roches éruptives n'a pas de rapport avec leur âge.

4° Les proportions atomiques de la silice par rapport aux bases sont généralement plus élevées dans les grandes masses de trapp que dans les petites.

5° Dans un même massif trappéen, il y a une augmentation notable de la silice vers le centre. La source primitive de toutes les roches trappéennes des Malvern-Hills paraît avoir été un bisilicate qui, dans les réactions dont son éruption a été accompagnée, s'est combiné avec d'autres substances, oxydes métalliques, chaux, magnésie, alcalis, suivant qu'elles prédominaient dans chaque localité; absolument comme, de nos jours, la lave du Vésuve se charge de soude tandis que celle de l'Etna prend de la chaux.

(1) *Geol. mag.*, t. IV, p. 353.

(2) *Geol. Society*, 19 juin 1867.

6° Dans toutes les roches éruptives, les proportions atomiques de la silice par rapport aux bases suivent une loi commune.

PARGAS. — Le calcaire cristallin d'Ersby (Pargas) est traversé par des filons d'une roche trappéenne dans laquelle on ne distingue ni péridot, ni fer oxydulé. L'analyse de ces filons a été faite par M. Kuhlberg (1).

A. Filon de 0<sup>m</sup>.65 d'épaisseur.

B. Filon de 0<sup>m</sup>.03 d'épaisseur.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	47,51	18,74	5,41	6,98	7,21	7,91	0,22	2,09	3,18	99,25
B	41,52	18,18	3,16	9,00	5,79	10,47	—	2,05	8,60	95,77

On peut observer que le plus petit de ces filons est celui qui contient le plus d'eau et en même temps le plus de magnésie. Le même résultat a été obtenu par M. Delesse dans l'analyse des trapps de la Fassa et de l'Irlande qui étaient également encaissés dans des calcaires.

#### Trapp chlorité.

LAC DU PORTAGE. — M. Th. Macfarlane (2) a fait des recherches sur les trapps du lac du Portage, Michigan, qui se trouvent à l'O. du grand gîte cuprifère sur lequel s'exploitent les mines Quincy, Pewabic et Franklin.

On y observe des grains ou des amandes d'un minéral très-facile à rayer et à écraser qui présente à peu près la composition de la chlorite ferrugineuse ou de la delessite de M. le professeur C. Naumann. En effet, leur analyse a donné pour deux variétés des environs de Quincy :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	HO	Somme.
a	31,78	15,47	28,87	9,64	4,37	9,87	100,00
b	30,59	26,07	22,01	1,92	12,36	7,23	100,18

Ces trapps renferment, outre la delessite, de l'anorthose (labra-

(1) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 734.

(2) *Exploration géologique du Canada de 1863 à 1866*, p. 155. Commission présidée par sir William Logan.

dor), du fer oxydulé ainsi que des parties gris verdâtre clair pouvant être soit du pyroxène, soit de l'amphibole. Quelquefois encore, comme à la mine d'Albany, il contiennent en outre du mica.

Voici d'ailleurs, les caractères et la composition moyenne de ces roches :

A. Trapp vert grisâtre sombre pris à une centaine de mètres à l'O du gîte cuprifère sur le chemin conduisant de la mine de Quincy à Pewabic. La delessite (a) y est en grains irréguliers, légèrement arrondis, variant depuis les plus petites dimensions jusqu'à un quart de pouce de diamètre. Traité par l'acide nitrique, ce trapp éprouve une perte de 46,36 p. 100; traité ensuite par l'acide chlorhydrique, il éprouve une nouvelle perte de 10,6 p. 100.

B. Trapp amygdaloïde constituant le mur de la mine de cuivre de Quincy. Sa couleur est le gris rougeâtre sombre. Ses amandes, qui ont seulement quelques millimètres, sont remplies par la delessite (b) qui paraît entrer aussi dans la constitution de la roche. L'acide nitrique en dissout 25,67 p. 100 et l'acide chlorhydrique 34,12 p. 100 de son poids.

D'après les analyses qu'il a faites de ces trapps chlorités, M. Macfarlane pense que leur composition peut être représentée de la manière suivante :

	Densité.	Labrador.	Delessite.	Fer oxydulé.	Pyroxène ou amphibole.	Somme.
A	2,83	47,43	46,36	0,95	5,26	100,00
B	2,78	62,00	38,00	"	"	100,00

#### MÉTÉORITES.

##### Classification des météorites.

De même que M. G. Rose (1) l'avait fait à Berlin, M. Daubrée (2) a proposé une classification générale des météorites d'après l'étude de celles qui se trouvent à Paris dans la collection du Muséum d'histoire naturelle.

C'est la présence ou l'état du fer métallique qui sert de base à sa classification et quatre groupes y sont distingués :

1° Les *holosidères*, privées de toute matière pierreuse;

(1) *Revue de géologie*, III, 135.

(2) *Météorites du Muséum d'histoire naturelle*. — *Comptes rendus* du 18 juillet 1867.

2° Les *syssidères*, formées d'une pâte métallique faisant continuité et renfermant des parties pierreuses disséminées ;

5° Les *sporadosidères*, formées d'une pâte pierreuse dans laquelle le fer, au lieu d'être continu, se trouve disséminé en grenailles ;

4° Les *asidères*, dans lesquelles on n'a pu reconnaître le fer à l'état métallique.

Chacun de ces groupes pourra d'ailleurs comprendre plusieurs divisions ou subdivisions. Quant à présent, M. Daubrée établit seulement trois sous-groupes dans les sporadosidères qui sont très-nombreuses et présentent des caractères variés : il les sépare en polysidères, oligosidères, suivant que le fer y est contenu en forte proportion, en quantité plus faible ou enfin à un état de dissémination qui le rend indiscernable à la vue.

Dans la collection du Muséum qui présente environ deux cents météorites tombées sur tous les points du globe, les sporadosidères de M. Daubrée dominent de beaucoup et s'élèvent à 63 p. 100 de l'ensemble ; ensuite viennent les holosidères qui atteignent encore à 51 p. 100. Les syssidères ne figurent d'ailleurs que pour 4 p. 100 et les asidères seulement pour 2 p. 100.

— M. le professeur Shepard (1) a également publié la classification qu'il a adoptée pour les météorites de sa riche collection, qui ne comprend pas moins de 211 échantillons.

Voici d'abord, d'après M. Shepard, la liste des dix-huit minéraux dont l'existence a été constatée dans les météorites :

- |  |  |
|--|--|
| 1. Chamasite (Reichenbach) Fe ou différents alliages de Fe et de Ni contenant jusqu'à 23 p. 100 de ce dernier métal. | 10. Kabaite (Shepard) $\text{C}^2 \text{H}^2 \text{O}^2$ (Huile de pétrole météorique).                            |
| 2. Taenite (Reichb.), $\text{Fe}^2 \text{Ni}^2$ ( $\text{Fe}^2 \text{Ni}^2$ ?)                                       | 11. Chromite $\text{FeO}$ , $\text{Cr}^2 \text{O}^3$ (avec traces de magnésie).                                    |
| 3. Oktibrehite. Shepard, Fe Ni.  | 12. Quartz $\text{SiO}^2$ .  |
| 4. Schreibersite (Haidinger) $\text{Fe}^2 \text{Ni}^2 \text{P}^2$ ( $\text{Fe}^2 \text{Ni}^2 \text{P}^2$ ?)          | 13. Réridot.   |
| 5. Rhabdite (Reichb) $\text{Fe}^2 \text{Ni}^2 \text{P}^2$ .  | 14. Augite ou Enstatite.   |
| 6. Chalybite (Shepard) $\text{Fe}^2 \text{C}^2$ .  | 15. Piddingtonite (Haidinger).   |
| 7. Ferrosilicite (Shepard) $\text{Fe}^6 \text{Si}$ (Si = 22).  | 16. Shepardite (G. Rose) $2(\text{MgO})$ , $3\text{SiO}^2$ .   |
| 8. Troïllite (Haidinger) $\text{Fe}^7 \text{S}^8$ (oxyde magnétique).  | 17. Anorthite, $\text{RO}$ , $\text{Al}^2 \text{O}^3$ , $3\text{SiO}^2$ . (RO = CaO avec un peu de MgO ou de NaO). |
| 9. Graphitoïde (Shepard) $\text{Fe}^2 \text{C}^2$ (C presque pur).   | 18. Labradorite $\text{RO}$ , $\text{Al}^2 \text{O}^3$ , $3\text{SiO}^2$ .   |

(1) *American Journal*, 1867, XLIII, p. 22.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1867, p. 717.

On pourrait encore ajouter à cette liste quelques sels et d'autres composés mal définis.

M. Shepard répartit d'ailleurs les météorites en trois classes qui sont encore basées sur la proportion relative des parties pierreuses et du fer métallique.

Quant aux espèces, elles sont très-nombreuses et distinguées d'après leur composition minéralogique, d'après leur structure ou bien d'après d'autres propriétés secondaires et conformément au tableau suivant :

CLASSE I<sup>re</sup>.

## Lithoïtes. — Météorites pierreuses.

SOUS-CLASSES.	GENRES.	
1 <sup>re</sup>		
Météorites enkritiques, cristallines à minéraux nettement séparés.	1	Feldspathiques : contenant un ou plusieurs feldspaths.
	2	
2 <sup>e</sup>	1	Psammitiques : ayant la structure du grès.
Dyskritiques à parties terreuses et indéterminées.	2	Howardiennes : compactes.
	3	Oolitiques : avec des grains oolitiques.
	4	Porphyriques : avec une structure presque porphyrique.
	5	Basaltiques.
3 <sup>e</sup>	1	Ataléniques ou friables.
Anthraciteuses.	2	Anataléniques ou résistantes.

## CLASSE II.

## Lithosidérîtes. — Mélanges de pierre et de fer.

1 <sup>re</sup>		
Pleiolitiques. La partie pierreuse en forme plus de la moitié.	1	Stigmatisées : le fer s'y montre en taches arrondies.
	2 <sup>e</sup>	
Meiolitiques. La partie pierreuse en forme moins que la moitié.	1	Mignimiques : la pierre et le fer sont très-mélangés.

## CLASSE III.

## Sidérites. — Fers météoriques.

1 <sup>re</sup>	}	1	Chalyptiques, rayonnés.		
Psathariques; cassantes.				1	Agrammiques : ne laissant pas voir de lignes après l'attaque par l'acide.
				2	Sporagrammiques : laissant voir des lignes irrégulières.
2 <sup>e</sup>	}	3	Mikrogrammiques : laissant voir des lignes très-petites.		
			4	Engrammiques : laissant voir des lignes bien caractérisées.	
			5	Megagrammiques : laissant voir des lignes épaisses.	
			6	Toeniastiques : laissant voir des lignes veinées.	
Apsathariques; résistantes.	}	7	Néphéliques; laissant voir des lignes nuageuses.		

Appendice à la 2<sup>e</sup> sous-classe. } Météorites ne rentrant pas dans les divisions précédentes.

Par le résumé que nous venons de donner de la classification de M. Shepard, on peut voir qu'elle a l'inconvénient de proposer un assez grand nombre de noms pour la plupart entièrement nouveaux et dont la signification demande à être expliquée par une périphrase.

## Fer météorique.

CARTHAGE. — Un fer météorique tombé à Carthage, Amérique du Nord, a été analysé par M. E. Borický (1). Il est métallique, malléable, cristallisé, et sur sa face polie l'on distingue les figures de Widmanstættén; sa densité varie de 7,47 à 7,5. On a obtenu pour sa composition :

Fe	Ni	Co	P	S	Si	Cl	Résidu.	Somme.
89,465	7,721	0,245	0,093	0,401	0,602	traces	1,192	99,719

Le résidu indiqué dans cette analyse est celui laissé par l'acide

(1) *Jahresbericht der chemie*, von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 1008. — *Jahrb. min.*, 1866, 808.

nitrique étendu; il est formé de lamelles à éclat métallique appartenant à la schreibersite, de graphite et de traces de silice.

COLORADO. — Un fer météorique pesant environ 15 kilogrammes est tombé à Russel Gulch, comté Gilpin, dans le Colorado. Son poids spécifique est de 7,72. Attaqué par l'acide nitrique, il montre les figures de Widmanstættén. Son analyse (1) a été faite par M. J. L. Smith (2).

Le même savant a analysé un autre fer météorique (II) qui provient également du Colorado; son poids s'élevait à 250 kilogrammes et l'on y observe beaucoup de sulfure de fer (3).

	Fe	Ni	Co	Cu	P	Somme.
I	90,61	7,84	0,78	traces	0,02	99,26
II	83,90	15,00	0,83	traces	0,21	99,94

Ces deux fers météoriques du Colorado sont complètement exempts de silice et contiennent des traces de cuivre.

MEXIQUE. — M. J. Lawrence Smith a encore donné l'analyse d'un fer météorique du Mexique, qu'il pense être un fragment de celui exposé maintenant au Muséum de Paris et rapporté en France par M. le maréchal Bazaine; son poids spécifique est 7,72.

Fe	Ni	Co	Ph	S	Cu	Somme.
91,10	7,50	0,76	0,02	traces	traces	99,44

## Pierre météorique.

DUNDRUM. — M. Samuel Haughton (4) a examiné une météorite tombée le 12 août 1865, près de Dundrum, dans le comté de

(1) *Jahresbericht der chemie*, von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 1010. — *Sill. Am. J.* (2), XLII, 218.

(2) *Bulletin de la Soc. chimique*, 1868, 56.

(3) *Sillim. Journ.*, 1868, n° 133, p. 77. — *Bull. Soc. chimique*, nov. 1868, p. 393.

(4) *Jahresbericht der chemie*, von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 1009, 1010. — *Phil. Mag.* (4), XXXII, 260.

Tipperary, en Irlande. Son poids total était environ de 2<sup>1</sup>/<sub>5</sub> et son poids spécifique a varié de 5,066 à 5,57; sa forme était celle d'une pyramide grossière à surface noire et en partie vitrifiée. Elle présentait d'ailleurs une pâte grise, un peu poreuse, dans laquelle se distinguait du fer métallique et de la pyrite magnétique. Son analyse a donné les résultats suivants :

- I. Pour la météorite elle-même.
- II. Pour la partie de la météorite qui est soluble dans les acides et appartient probablement à une espèce de péridot.
- III. Pour la partie insoluble dans l'acide chlorhydrique.

	Fer nikelé.	FeS	Fer chromé.	Péridot.	Partie insoluble.	Somme.
I	20,60	405	1,50	33,08	40,77	100,00

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.
II	38,86	—	19,74	—	0,72	36,85	0,22	0,47	96,88
III	61,33	1,72	6,06	0,78	3,99	22,02	0,83	1,38	98,11

Le fer nikelé indiqué dans cette météorite de Dundrum est composé de 19,57 de fer pour 1,05 de nickel.

SAINT-MESMIN. — Cette pierre météorique est tombée le 30 mai 1866 à Saint-Mesmin (Aube). M. Daubrée s'est occupé de son examen; elle est grise et renferme des grains de fer et de pyrite. Le barreau aimanté l'attire et sa densité est de 5,426. Elle est partiellement attaquant par l'acide chlorhydrique avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

M. Pisanj (1) qui en a fait l'analyse a trouvé :

- I. Partie attaquant. . . . . 59,4 p. 100
- II. — inattaquant. . . . . 40,6
- III. — attirable à l'aimant (fer nikelé). . . 5,6
- IV. Pierre météorique totale.

(1) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 1326 (1866). — *Bulletin de la Société chimique de Paris*, décembre 1866, p. 457.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	MnO	Potasse et soude.	CaO	Fe	Ni	FeS	Fer chromé.	Somme.
I	17,00	—	19,54	11,84	—	1,92	—	4,94	0,72	2,99	—	58,98
II	21,10	3,00	6,10	5,37	—	1,21	1,09	—	—	—	2,18	40,05
IV	38,10	3,00	25,64	17,21	traces	3,13	1,09	4,94	0,72	2,99	2,18	99,00

DHURMSALLA. — Une météorite tombée le 14 juillet 1860 à Dhurmsalla dans le Punjab, ayant une densité de 3,399 et une structure grossière et grenue, a été analysée par M. Samuel Haughton :

Fer.	Nickel.	Sulfure de fer (FeS).	Silicate soluble dans HCl.	Silicate insoluble.	Fer chromé.	Somme.
6,88	1,54	5,61	34,14	47,67	4,16	100,00

Le silicate soluble présente la composition du péridot.

Dacca. — Une météorite tombée le 11 août 1863 près de Dacca au Bengale présentait une densité de 5,155. Son analyse a été faite par M. Th. Heintz (1) qui a obtenu les résultats suivants :

- I. Pour l'ensemble de la météorite.
- II. Pour la partie magnétique, qui est de 10,75 p. 100.
- III. Pour la partie non magnétique, qui forme 89,25 p. 100 de la météorite et paraît consister en péridot riche en fer. On en a d'ailleurs retranché 0,93 p. 100 de sulfure de fer et 1,50 de fer nikelé.

(1) *Philos. Magaz.*, 4<sup>e</sup> série, t. XXXII, p. 260 (1867).

(2) *Journal für praktische chemie*, t. CI, p. 498 (1862) n° 16.

(3) *Idem*, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, janvier 1868, p. 55.

(4) *Jahresbericht der chemie*, von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 1010. — *Wien. Acad. Ber.*, LIV (2 abth.), 558.

	Fe	Ni	Cu	P	S	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NO	CaO	MgO	KO	NaO	SiO <sub>2</sub>	Somme.	
I	10,38	1,63	0,11	0,05	0,78	23,88	2,54	0,86	1,12	22,90	0,67	1,50	32,05	98,47	
	Fer sulfuré.				Fer nikelé.				Somme.						
	FeS				Fe		Ni (*)		Cu		P				
II	10,15				75,21		12,87		0,84		0,42		99,79		
	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.							
III	37,90	26,69	3,03	1,34	27,41	1,16	2,47	100,00							

(\*) Avec traces de cobalt.

#### Répartition des chutes de météorites pendant le jour et pendant la nuit.

M. de Haidinger (1) a communiqué un tableau synoptique de 178 chutes météoriques qui ont été observées de 1492 à 1866 inclusivement, et dont les localités et l'heure ont pu être parfaitement constatées. Dans ce tableau, les chutes sont disposées selon les heures relatives aux méridiens de chacune des localités et se répartissent ainsi :

Heures.												Somme.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Nombre des chutes avant midi.												
1	3	2	2	4	5	4	13	5	7	5	23	74
Nombre des chutes après midi.												
9	11	11	19	18	9	6	10	5	1	0	5	104

Le nombre des chutes d'avant midi est de 74 et celui d'après midi de 104; le rapport du premier nombre au second est donc comme 3 à 4. Ce rapport est bien différent de celui de 1 à 4,5 déduit du tableau présenté par M. Grey à l'Association britannique lors de sa réunion de 1860.

(1) *L'Insitut*, 1867, 326.

Si l'on compare les chutes qui ont eu lieu de jour à celles qui ont été constatées de nuit (6 heures du soir à 6 heures du matin) le rapport est de 133 à 45, presque exactement de 3 à 1. En moyenne il y a seulement 2 chutes pour chaque heure comprise entre 9 heures du soir et 3 heures du matin.

Peut-être ces rapports trouveront-ils un jour leur explication dans la situation et le mouvement de notre globe dans l'espace; d'un autre côté, il faut observer que les heures de jour sont plus propres que les heures de nuit à constater les chutes de météorites.

## BULLETIN.

## Les houillères du Hainaut en 1867.

Voici, d'après un travail de M. l'ingénieur en chef des mines, la situation en 1867, des différentes branches de service public qui sont sous sa direction.

D'après le dépouillement des états de la redevance proportionnelle sur les mines, la production des charbonnages de la province non-seulement s'est arrêtée dans la marche progressive, mais elle a fait un pas rétrograde et elle est descendue en 1867 à 9.595.280 tonneaux, donnant ainsi 256.144 tonneaux de moins qu'en 1866. Ce sont les charbonnages du couchant de Mons et de Charleroi qui ont exclusivement subi cette diminution qui accuse un malaise extraordinaire dans les industries qui consomment de grandes quantités de charbon, attendu que, depuis 1865, la production houillère du Hainaut pouvait à peine suffire aux demandes, bien qu'elle se fût accrue, chaque année, de plus d'un demi-million de tonnes.

Le rapport de M. le directeur en chef des mines fait observer qu'en 1867 la production des bassins carbonifères des provinces de Namur et de Liège a fait, au contraire, un pas en avant. Namur a augmenté son extraction de 50.899 tonneaux et Liège de 206.405 tonneaux. M. le directeur attribue ce résultat aux nouveaux débouchés que les exploitants liégeois se sont créés dans l'est de la France, par l'ouverture des voies ferrées de l'Ourthe et de l'Emblève.

Voici, du reste, le contingent pour lequel chacune des trois provinces minières de la Belgique est intervenue dans la production houillère des trois dernières années :

	1865	1866	1867
Hainaut . . . . .	9.206.058	9.851.424	9.595.280
Namur . . . . .	305.734	358.687	389.586
Liege . . . . .	2.328.911	2.564.551	2.770.956
Total . . . . .	11.840.703	12.774.662	12.755.822

La production des bassins belges sera donc de quelque peu inférieure, 17.840 tonneaux en 1867, à celle de l'année 1866, mais elle restera toujours supérieure de 915.119 tonneaux aux extractions de 1865.

Continuant son rapport, l'ingénieur-directeur constate que la quantité de charbon extraite des mines françaises en 1867, a dû être de 12.360.000 tonnes; d'où l'on peut conclure que les extractions des bouillères françaises ne dépassent pas encore celles des charbonnages belges.

La production totale du Hainaut, soit 9.595.280 tonneaux de houille, a été opérée en 1867 par 208 puits d'extraction ou par 53 de moins qu'en 1866, mais par 4 de plus qu'en 1865. Pendant les deux dernières années, il a été extrait en moyenne par un puits 46.150 et 48.290 tonneaux de houille, contre 25.800 tonneaux en 1865. Cette augmentation de 20.524 tonneaux en 1867 et même de 22.485 en 1866, ou respectivement de 80 et 90 p. 100, témoigne des améliorations qui ont été apportées dans cette branche de l'industrie.

L'état ci-après indique le contingent pour lequel les 3 arrondissements usiniers de la province, concourent dans la production des trois dernières années :

CIRCONSCRIPTIONS.	ANNÉES.		
	1865	1866	1867
	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
1 <sup>er</sup> arrondissement . . . . .	3.522.208	3.763.632	3.523.270
2 <sup>e</sup> arrondissement . . . . .	3.167.300	3.670.190	3.664.900
3 <sup>e</sup> arrondissement . . . . .	2.216.550	2.417.602	2.426.610
La province . . . . .	9.206.058	9.851.424	9.595.280

Les chiffres de ce tableau démontrent qu'en 1867, l'affaiblissement de la production porte exclusivement sur les charbonnages du 1<sup>er</sup> et du 3<sup>e</sup> arrondissement. Ainsi tandis que Mons diminue son ex-

traction de 240.362 tonneaux ou de 5 p. 100, pour revenir à son contingent de 1865, Charleroi ne la réduit que de 24.290 tonneaux, ou à peine de 1 p. 100 en la laissant toutefois supérieure à celle de 1865. Le Centre, au contraire, augmente sa production de 8.508 tonneaux ou de 2 p. 100 par rapport à 1866 et même de 209.560 tonneaux ou de 9 1/2 p. 100 relativement à 1865.

En 1866, Mons intervenait dans la production totale pour 58 p. 100, Charleroi pour 57 p. 100 et le centre pour 25 p. 100. Aujourd'hui, Charleroi prend le premier rang, Mons le second et le Centre conserve le sien. La quote-part de chacun de ces bassins étant respectivement de 38, 37 et 25 p. 100, la production des charbonnages du 2<sup>e</sup> arrondissement dépasse, en 1867, celle des charbonnages du 1<sup>er</sup> arrondissement, ce qui n'avait plus eu lieu depuis 1862, année pendant laquelle les extractions de Charleroi excédaient celles de Mons de 53.649 tonneaux ou de près de 2 p. 100; cet excédant est, en 1867, de 122.630 tonneaux ou de 5 1/2 p. 100.

Ces extractions ont été opérées en 1867, par 69.507 ouvriers dont 53.571 employés au fond et 15.736 au jour; en 1866, par 64.973 dont 50.601 au fond et 14.372 au jour et en 1865 par 62.461 dont 47.119 au fond et 15.342 au jour.

M. l'ingénieur-directeur constate ensuite que la population de nos mines s'est encore accrue, en 1867, de 4.554 ouvriers ou de près de 7 p. 100.

Quant aux salaires, il a été payé, pendant les trois dernières années, aux ouvriers charbonniers de la province, 49.172.550, — 54.410.725, — 62.827.350 fr. En divisant ces nombres par le nombre d'ouvriers indiqué plus haut, on trouve que chacun d'eux a gagné en moyenne par an, 787 francs en 1865, 884 francs en 1866 et jusqu'à 907 francs en 1867, ou par jour, en supposant 300 jours de travail, 2<sup>fr</sup>,62, 2<sup>fr</sup>,94 et 3<sup>fr</sup>,02, c'est-à-dire que le salaire moyen annuel et le salaire journalier ont été respectivement supérieurs, les premiers de 25 francs et de 120 francs et les seconds de 0<sup>fr</sup>,08 et de 0<sup>fr</sup>,40 à ceux qu'a touchés l'ouvrier mineur en 1866 et 1865.

M. l'ingénieur continue ainsi son rapport :

« Tous ces chiffres, dans leur ensemble, confirment les conclusions prises ci-dessus, à savoir : que l'année 1867 a été favorable à la classe charbonnière et que, même à aucune époque, le gain annuel de l'ouvrier n'a été aussi élevé dans la province, ainsi que le prouve le tableau ci-joint qui indique, depuis 1865 jusqu'à ce jour, la dépense en travaux extraordinaires, la quantité de houille extraite, le prix de revient, le prix de vente et le béné-

« fice au tonneau, la somme des salaires et le gain annuel moyen  
« d'un ouvrier.

« Ce tableau est plein d'enseignement, mais nous nous bornerons  
« ici à faire remarquer la corrélation qui existe entre les salaires,  
« le prix du combustible minéral et le bénéfice réalisé.

« En effet, il y a vingt-deux ans, le gain annuel de l'ouvrier mi-  
« neur n'était que de 555 francs et le bénéfice du patron que de  
« 1<sup>f</sup>,47 au tonneau; tandis que l'année dernière, ce gain s'élevait  
« à 907 fr. et dépassait, par conséquent, le premier de 572 francs  
« ou de près de 70 p. 100, mais le bénéfice obtenu par l'exploitant  
« n'atteignait, de son côté, que de 1<sup>f</sup>,74, c'est-à-dire qu'il n'excé-  
« dait que de 0<sup>f</sup>,27 ou de 18 p. 100 celui de 1845.

« Pendant la période de prospérité également trop courte de  
« 1854 à 1856, époque à laquelle les charbons ont atteint les plus  
« hauts prix (10<sup>f</sup>,84, 12<sup>f</sup>,78 et 13<sup>f</sup>,46) les ouvriers charbonniers  
« gagnaient annuellement, en moyenne, 649, 785 et 747 francs, et  
« les patrons 1<sup>f</sup>,87, 2<sup>f</sup>,59 et 2<sup>f</sup>,30; alors que pendant les trois der-  
« nières années, les premiers ont touché 787, 884 et 907 francs,  
« et les seconds n'ont réalisé au tonneau qu'un boni de 1<sup>f</sup>,28,  
« 1<sup>f</sup>,97 et 1<sup>f</sup>,74 avec des prix de vente de 10<sup>f</sup>,69, 12<sup>f</sup>,23 et 12<sup>f</sup>,88,  
« c'est-à-dire de 0<sup>f</sup>,13, de 0<sup>f</sup>,55 et même de 0<sup>f</sup>,58 inférieurs aux  
« prix afférents aux années 1854, 1855 et 1856. »

Vient ensuite un tableau duquel il résulte que c'est la situation  
des charbonnages du Centre qui, en général, a été la meilleure en  
1867. Ces charbonnages ont réalisé un bénéfice net au tonneau  
de 2<sup>f</sup>,54 alors que Charleroi n'a obtenu que 1<sup>f</sup>,54 et Mons 1<sup>f</sup>,52.  
Le bénéfice des charbonnages dans chacun des arrondissements  
miniers de la province, leurs opérations envisagées en masse, est  
diminué à Mons de 1.965.700 francs; à Charleroi de 852.690 francs  
seulement, tandis qu'au Centre, il est augmenté de 1.019.662 francs.  
Mais ce bénéfice reste toujours supérieur à celui de l'année 1865  
de 1.891.800 francs pour Mons, de 794.120 francs pour Charleroi  
et même de 2.146.720 pour le Centre.

En somme, on peut à présent dire que l'année 1867 a été égale-  
ment bonne pour les exploitants, puisqu'elle tient le milieu entre  
les années 1865 et 1866 qui ont été reconnues favorables à l'indus-  
trie houillère.

On doit reconnaître cependant que la position est changée cette  
année, par suite de l'allanguissement qui s'accroît de plus en plus  
dans les demandes de sorte que les exploitants sont bien forcés  
de diminuer leurs exactions et le prix de vente et comme consé-  
quence les salaires. C'est, du reste, ce qui est arrivé à la fin de

« chaque période de prospérité; malheureusement celle-ci coïncide  
« avec le renchérissement des denrées alimentaires, par suite de la  
« mauvaise récolte de 1867.

M. l'ingénieur-directeur des mines continue ainsi son rapport :  
« Dans son compte rendu de la liquidation des houillères fran-  
« çaises en 1866, M. Burat a donné le budget d'un ménage d'ou-  
« vriers des plus chargés. La famille, dans l'exemple qu'il présente,  
« comprend : le père, ouvrier mineur, d'une capacité ordinaire;  
« la mère qui ne travaille plus et s'occupe exclusivement des soins  
« du ménage; un fils de quatorze ans qui commence à prendre  
« part aux travaux à sa portée; une fille qui travaille de temps en  
« temps au triage du charbon; 2 jeunes enfants qui suivent les  
« écoles.

« Dans ces conditions, les recettes annuelles de la famille s'é-  
« lèveront en temps ordinaire, à 1.755 francs, et les dépenses à  
« 1.378 francs, d'où les premières excéderont les secondes de  
« 577 francs.

« Avec les salaires payés en 1867 dans la province de Hainaut,  
« ce boni réalisé eût été beaucoup plus considérable par famille  
« charbonnière, en admettant même une augmentation de 25 p. 100  
« dans les prix des principales denrées alimentaires. En effet, nous  
« venons de voir que le gain annuel de l'ouvrier de nos mines,  
« quel que soit son sexe, quel que soit son âge et quel que soit son  
« travail, avait été en moyenne de 907 francs. A raison de 3 tra-  
« vailleurs, la recette de la famille se fût élevée à 2.721 francs et  
« par suite l'épargne aurait pu être de près de 1.000 francs (2.721,  
« 1.723 fr.), à l'aide de laquelle on aurait pu aisément passer  
« les mauvais jours, conséquence de la crise industrielle et fi-  
« nancière qui frappe tous les pays et qui est rendue, il est vrai,  
« d'autant plus intense pour la classe des travailleurs qu'elle coïn-  
« cide avec une mauvaise récolte.

« Les budgets en recettes et en dépenses que je tiens de l'obli-  
« geance de plusieurs exploitants de la province et qui se rap-  
« portent à la situation actuelle, accusent l'un un déficit et l'autre  
« un boni. Je pense donc qu'en prenant la moyenne, on serait  
« très-près de la vérité. Par conséquent, on peut admettre que la  
« famille charbonnière dont nous avons donné la composition  
« touche encore mensuellement 169 francs et en dépense 173,  
« d'où un déficit de 4 francs par mois seulement, lequel peut être  
« facilement comblé par celles de nos familles charbonnières qui  
« ont administré leurs finances avec quelque peu d'ordre pendant  
« les années 1865 et 1866, et quant aux autres, nous ferons obser-

« ver que la moyenne de la dépense portée aux 3 budgets que je  
« consulte, est de 226,94 pour vêtements et linge sur laquelle on  
« peut facilement retrouver le déficit accusé ci-dessus.

« Comme on le voit, la position est encore tolérable tant qu'elle  
« sera dans ces conditions; mais en examinant attentivement l'un  
« de ces budgets et qui se rapporte à une famille de la cité ou-  
« vrière de Bois-du-Luc, on restera convaincu que cette position  
« peut être améliorée, si les exploitants achetaient en gros les  
« principaux objets d'alimentation pour les reyendre, en détail, à  
« leurs ouvriers.

« L'ordre et l'économie qu'il serait si désirable d'introduire  
« parmi les ménages charbonniers, nous amènent naturellement à  
« dire quelques mots de la question du travail des femmes dans les  
« mines. A l'occasion de cette question, un recensement général  
« a été fait dans tous les charbonnages de la province, au com-  
« mencement de novembre 1867. Il en résulte qu'à cette époque la  
« population de nos houillères s'élevait à 68.967 ouvriers mineurs  
« et n'était, par conséquent, inférieur que de 340 travailleurs à la  
« population moyenne de 1867.

« Cette population se partage entre le fond et le jour comme il  
« suit : 52.724 pour l'intérieur et 16.243 pour l'extérieur. Sous le  
« rapport des sexes, le chiffre de 68.967 se décompose en 57.929 ou-  
« vriers et 11.038 ouvrières, dont 236 mariées seulement. Ainsi,  
« plus du sixième de notre population minière appartient au sexe  
« féminin, ou en d'autres termes, à 100 travailleurs du sexe mas-  
« culin il est adjoint 19 travailleurs du sexe féminin.

« Parmi les 52.724 ouvriers du fond, on compte 44.884 garçons  
« et hommes et 7.840 filles et femmes. Ces dernières forment donc  
« le septième de la population totale de l'intérieur de nos char-  
« bonnages, ou bien, où il y a 100 ouvriers occupés au fond, ils sont  
« accompagnés de 17 ouvrières.

« Au jour, la population féminine forme le cinquième du per-  
« sonnel occupé sur les carreaux des fossés, etc., qui est ici de  
« 16.245 travailleurs, dont 13.245 du sexe masculin et 3.198 du sexe  
« féminin. Par conséquent, sur 125 travailleurs de cette catégorie,  
« 100 appartiennent au premier sexe et 25 au second.

« Cette promiscuité des sexes entraîne-t-elle à des désordres  
« graves, comme on le prétend parfois? Je ne le crois pas, et cela  
« parce que le travail des mines présente trop d'activité, de fatigue  
« et de surveillance, pour que les personnes des deux sexes puissent  
« se livrer à leur passion. D'ailleurs j'ai réuni des renseignements  
« qui prouvent à l'évidence, la vérité de ce que je viens d'avancer.

« D'abord, j'ai dressé pour la période décennale de 1856 à 1865,  
« un tableau qui indique les rapports entre le nombre total des  
« naissances illégitimes des provinces du Hainaut et du Brabant,  
« dont les populations se rapprochent sensiblement. De ce tableau,  
« il résulte que, dans la province de Brabant, il y a une naissance  
« illégitime sur 8, 4 naissances, tandis que, dans le Hainaut, on  
« n'en compte qu'une sur 11, 8.

« De plus, j'ai recueilli pour la dernière période quinquennale  
« mêmes renseignements dans les 12 communes les plus po-  
« puleuses du Borinage et comptant ensemble, en moyenne,  
« 82.916 habitants. Eh bien, il ressort des données qui m'ont été  
« fournies directement par les administrations communales, qu'il  
« n'y a parmi cette population exclusivement minière, qu'une  
« seule naissance illégitime sur 16, 7 naissances, alors que dans le  
« royaume, la moyenne, pour la période décennale de 1856 à 1865,  
« est d'une naissance illégitime sur 13, 4 naissances.

« De ce qui précède, il résulte donc à l'évidence, que sous le  
« rapport des mœurs, il n'y a rien à reprocher à la population fé-  
« minine de nos houillères, c'est-à-dire que la conduite des femmes  
« employées, tant au fond qu'à la surface des mines n'est pas plus  
« reprochable et je dirai l'est peut-être moins que celle des autres  
« classes ouvrières.

« D'où je dois conclure que ce n'est pas à l'aide de cet argument  
« que l'on peut légitimer leur exclusion des travaux intérieurs, ce  
« qui, si elle était admise d'une manière absolue, priverait injus-  
« tement un grand nombre de familles de leur moyen d'existence  
« et causerait un préjudice considérable aux exploitants (\*). »

Voici, d'après le recensement dont parle M. l'ingénieur-directeur,  
comment la population des mines de la province se répartit entre  
les 3 arrondissements miniers qui la composent :

1 <sup>er</sup> arrondissement. . . . .	27.176 ouvriers dont 5.897 au jour.
2 <sup>e</sup> arrondissement. . . . .	25.406 ouvriers dont 6.366 au jour.
3 <sup>e</sup> arrondissement. . . . .	16.385 ouvriers dont 4.070 au jour.
Total. . . . .	68.967 ouvriers.

Comme dans tous les recensements antérieurs, c'est toujours le  
Borinage qui occupe à ses charbonnages le plus grand nombre  
d'ouvriers; vient ensuite Charleroi; puis le Centre. C'est également

(\*) Les conclusions de l'auteur peuvent être combattues, en remarquant que  
les grandes villes, telles que Bruxelles, Gand, Liège, donnent sans doute un  
contingent plus élevé de naissances illégitimes. (Note de la rédaction.)

le Borinage qui occupe tant à l'intérieur qu'à l'extérieur le plus grand nombre de travailleurs du sexe féminin, vient ensuite Charleroi et en dernier lieu le Centre.

Comparativement à la population masculine du fond, Mons emploie pour 100 de ce sexe 420 femmes et filles, Charleroi 184 et 119 dans le Centre.

En résumé, les ouvriers du fond et du jour réunis sont pour les 3 arrondissements miniers de la province dans la proportion de 22, 19 et 15 du sexe féminin pour 100 ouvriers du sexe masculin.

Le rapport que l'analyse continue par l'examen des tonnes de houilles livrées à l'exportation. De même que la production de la houille, l'exportation de cet élément indispensable à toutes les industries n'a pas continué sa marche ascendante des années précédentes et elle est restée en 1867 de 574.406 tonneaux, inférieure à celle de 1866, qui s'était élevée, il est vrai, à l'énorme quantité de 3.958.768 tonneaux pour retomber à peu près aux chiffres de l'exportation de l'année 1865, fixées à 5.568.406 tonneaux.

C'est toujours à la France qu'est livrée la majeure partie de nos houilles, soit à l'état cru, soit à l'état carbonisé.

Voici les résultats du commerce de houille et de coke en Belgique, quant à l'importation pour ces trois dernières années. L'importation totale de la houille crue, qui n'était encore que de 75.931 tonneaux en 1865, atteint l'année suivante, caractérisée par une activité qu'on n'avait jamais vue dans nos bassins houillers, le chiffre de 179.427 tonneaux, pour monter tout à coup à l'énorme quantité de 425.025 tonneaux en 1867, année de crise industrielle et financière des plus intenses; c'est-à-dire que cette importation est à peu près doublée de 1865 à 1866, pour être sextuplée en 1867.

Les importations de coke suivent la même marche, elles sont quadruplées de 1865 à 1866 et quintuplées de 1866 à 1867, mais sans cependant acquérir une grande importance, puisqu'en définitive les quantités importées n'étaient encore que de 22.879 tonneaux à la fin de l'année dernière.

La consommation des houilles crues de la Belgique avait été, en 1865, de 7.090.000 tonneaux et même de 8.100.000 tonneaux en 1866; celle relative à l'année dernière aurait atteint l'énorme chiffre de 8.816.594 tonneaux.

Comme toujours, dit l'ingénieur-directeur, l'exploitation de la houille fait, d'une manière absolue, plus de victimes dans le 1<sup>er</sup> arrondissement que dans les deux autres, mais, sous le rapport du nombre d'ouvriers tués, ce sont les charbonnages du 2<sup>e</sup> arrondissement qui, en 1867, occupent le premier rang.

Il découle des chiffres inscrits au rapport les conséquences suivantes :

1<sup>o</sup> Sur 10.000 ouvriers occupés dans les mines, l'industrie houillère avait fait périr en 1866 :

20 travailleurs dans le premier arrondissement,  
22 travailleurs dans le deuxième arrondissement,  
12 travailleurs dans le troisième arrondissement,

contre 21, 25 et 20 en 1867; en d'autres termes, dans chacun des 3 arrondissements, il y a eu un plus grand nombre de morts en 1867, comparativement à 1866, savoir :

Un pour le 1<sup>er</sup> arrondissement et 3 pour chacun des 2 autres.

(Extrait de l'analyse du rapport de la députation de la province de Hainaut pour la session de 1868.— Cette analyse a été adressée à M. le ministre des affaires étrangères, par M. LE VICE-CONSUL DE FRANCE à MOÏS.)

#### SUR LE DRAINAGE DES MINES DE LA TYNE.

Le bassin houiller de Newcastle a une étendue de 685 kilomètres carrés (455.000 acres); il est coupé en deux parties inégales par la Tyne; la plus grande est située au nord du fleuve; au sud les couches paraissent se prolonger à 1 demi-mille de la rive droite.

Voici dans l'ordre descendant les noms des couches de houille exploitables :

High main  
Coal metal  
Bensham  
Low main  
Beaumont.

La couche principale, *High main*, atteint à Wallsend un maximum de profondeur de 206 mètres (113 toises); au même point la couche *Beaumont* est à 555 mètres (195 toises) de la surface.

Une partie des couches inférieures n'a pas encore été attaquée; il est devenu nécessaire, pour pouvoir procéder à leur exploitation, de se mettre à l'abri des eaux des travaux supérieurs.

A la mine de Walker en présence de l'impossibilité économique d'épuiser les eaux, on s'est décidé à les parquer dans les veines supérieures après enlèvement complet de la houille et à poursuivre

sous cette sorte de lac souterrain l'exploitation des veines inférieures.

Toutefois on a senti depuis plusieurs années la nécessité d'établir un système d'épuisement général, dont la dépense serait partagée par les mines intéressées.

En 1857, M. Thomas John Taylor, ingénieur, membre de l'Institut du Nord-est, suggéra un plan dont voici les éléments principaux :

M. Taylor se proposait de drainer une surface de 67 kilomètres carrés (26 milles carrés), jusqu'à une profondeur de 247 mètres (155 toises),

Il estimait à 30 mètres cubes (6.600 gallons) la quantité d'eau à élever par minute, et fractionnait ainsi ce total probable :

A pomper :	gallons.	gallons.
Eaux d'infiltration. . . . .	4.000	{ 1.400 à la tyne Main Colliery. 2.600 sur quelque autre point du bassin.
Eaux de profondeur. . . . .	2.600	{ 1.300 à Wallsend de 100 toises de profondeur. 1.300 à Howdon Percy Main Colliery, de 135 toises

La dépense était estimée à une somme de 52.000 £, évidemment insuffisante. Après le décès de M. Taylor son projet reçut un commencement d'exécution. On se borna d'abord à extraire l'eau de deux puits, à la mine de Wallsend et à celle de Hebburn qui est située sur la rive droite de la Tyne. On n'obtint ainsi qu'un abaissement insignifiant de 3 mètres au dessous de l'ancien niveau des eaux

En 1867, à l'aide de quatre pompes placées à Wallsend et d'une machine à godets installée à Hebburn, on abaissa en six mois le niveau de l'eau de 90 mètres.

Aujourd'hui l'eau est à 98<sup>m</sup>75 (54 toises) de la surface. La quantité d'eau épuisée par minute atteint déjà 20 mètres cubes et demi (4.500 gallons); de nouvelles pompes construites dans le Cornwall vont être mises en action, et sous peu on abordera le point du problème le plus difficile en raison du voisinage de la Tyne et des infiltrations qui déjà se manifestent dans le nouveau puits de Wallsend.

(Extrait d'un rapport adressé le 12 novembre 1868 à M. le Ministre des Affaires étrangères par M. DESNOYERS, consul de France à Newcastle.)

### Statistique de la production des minerais de cuivre au lac supérieur, en 1867.

Les mines de cuivre du lac Supérieur livrent aux fonderies des minerais amenés à une teneur moyenne de 70 à 75 p. 100 de cuivre. La production de 1867 a été de 11.735 tonnes de minerais. Les tableaux suivants donnent le rendement des mines de chacun des trois districts du lac Portage, de Keweenaw et d'Ontonagon.

#### District du lac Portage.

MINES.	Tonnes.	Livres.	MINES.	Tonnes.	Livres.
Pewabic. . . . .	1.173	1.482	D'Albany et de Boston	65	1.724
Quincy. . . . .	1.119	1.124	Concord. . . . .	47	800
Franklin. . . . .	962	1.408	Douglas. . . . .	46	468
Calumet. . . . .	500	1.484	Pewabic (sud). . . . .	38	1.025
Huron. . . . .	562	1.067	Total. . . . .	6.424	565
L'Île-Royale. . . . .	508	2	Produit en 1866. . . . .	5.650	1.747
Hancock. . . . .	350	439	Augmentation en 1867.	773	818
Hecla. . . . .	332	1.138			
Sheldon-Columbia. . . . .	315	1.375			
Grand-Portage. . . . .	810	1.269			

#### District de Keweenaw.

MINES.	Tonnes.	Livres.	MINES.	Tonnes.	Livres.
Copper Falls. . . . .	1.086	1.077	Eagle River. . . . .	5	1.501
Pittsburg et Boston. . . . .	908	1.479	Clark. . . . .	5	1.303
Centrale. . . . .	783	1.714	Mendota. . . . .	2	"
Pennsylvanie. . . . .	311	877	Total. . . . .	3.801	777
Phoenix. . . . .	225	517	Produit en 1866. . . . .	3.023	691
Bay-State. . . . .	174	11	Augmentation en 1867.	778	086
Saint-Clair. . . . .	116	1.055			
Aurygdaloid. . . . .	107	1.620			
Oélna. . . . .	58	1.623			
Madison. . . . .	15	"			

#### District d'Ontonagon.

MINES.	Tonnes.	Livres.	MINES.	Tonnes.	Livres.
Evergreen. . . . .	329	832	Superior. . . . .	42	169
Nationale. . . . .	324	364	Flint Ned River. . . . .	14	114
Minesota. . . . .	287	807	Total. . . . .	1.509	1.210
Kuowiton. . . . .	189	1.267	Produit en 1866. . . . .	1.701	1.250
Ridge. . . . .	128	1.669	Diminution en 1867.	192	040
Rockland. . . . .	84	1.613			
Ogimia. . . . .	59	678			
Caledonia. . . . .	49	1.697			

La production a, depuis 1858, augmenté d'environ 93 p. 100, c'est ce qui ressort des chiffres ci-dessous.

ANNÉES.	DISTRICT de Keweenaw.	DISTRICT des Portages Lac.	DISTRICT de Ojibwegans.	TOTAL.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1858	2.232,9	1.184,1	2.058,6	5.475,6
1859	1.937,1	1.605,6	2.621,0	6.164,4
1860	1.940,9	2.797,6	3.688,4	8.426,9
1861	1.203,6	3.819,6	3.507,9	9.523,1
1862	2.460,3	2.942,5	2.730,6	9.123,4
1863	2.547,1	4.121,1	2.029,6	8.697,8
1864	2.539,8	4.292,9	1.731,7	8.567,4
1865	2.642,7	5.384,6	1.771,3	9.798,6
1866	3.023,3	5.650,9	1.701,6	10.375,8
1867	3.801,4	6.424,3	1.509,6	11.735,3
Total . . .	25.319,7	39.215,3	23.953,3	88.488,3

Le progrès a été constant, sauf en 1862, 1865 et 1864. C'était à l'époque de la guerre civile. Beaucoup de mineurs ont alors quitté le lac Supérieur, et se sont enrôlés dans les armées de l'Union. Aujourd'hui le lac Supérieur défraye la moitié de la consommation des États-Unis. L'autre moitié est fournie par les états du Vermont, du Maryland, de la Caroline du nord, du Tennessee, de la Virginie et de la Californie. Les importations du Canada, du Chili et de l'île de Cuba sont balancées par les exportations de cuivre produit aux États-Unis. La consommation de ce pays varie, suivant les circonstances, entre 25 et 50 millions de livres.

La valeur du cuivre provenant du lac Supérieur a été estimée par Whitney, dans son ouvrage sur la richesse métallique des États-Unis, à 52.894.000 dollars.

*Cuivre métallique du lac Supérieur.*

ANNÉES.	TONNES.	VALEUR par tonne.	VALEUR TOTALE.
		dollars.	dollars.
De 1845 à 1857	18.254	500	9.177.000
1858	3.500	460	1.610.000
1859	4.200	460	1.932.000
1860	6.000	420	2.520.000
1861	7.400	420	3.180.000
1862	8.000	525	4.200.000
1863	8.000	800	6.400.000
1864	8.000	825	7.225.000
1865	8.500	850	7.225.000
1866	8.750	600	6.400.000
1867	9.000	500	4.500.000
	90.054		52.894.000

(Extrait d'un rapport adressé le 20 août 1868, à M. le ministre des affaires étrangères, par M. GAULDRÉE BOILEAU, consul général de France aux États-Unis.)

**Statistique de la production des charbons de terre aux États-Unis.**

L'exploitation des charbons de terre aux États-Unis n'a commencé que vers l'année 1820.

Le combustible extrait à cette époque était l'anthracite, qui encore aujourd'hui constitue la majeure partie de la production houillère de cette contrée.

Vers 1842 seulement on commença à exploiter des houilles grasses et demi-grasses.

Les chiffres suivants donnent les résultats approximatifs de l'année 1867 :

	Anthracite tonnes.	Houilles. tonnes.
Charbons expédiés vers les ports américains de l'Atlantique.	12.650.571	2.255.738
Charbons consommés sur les lieux de production, environ.	2.000.000	8.393.691
Total partiel.	14.650.571	12.149.429
Total général, environ.		23.800.000

Ce sont les comtés du centre de la Pennsylvanie qui produisent la plus grande quantité d'anthracite, ce sont eux qui approvisionnent les ports américains.

Voici comment se répartissent les expéditions de 1867 :

Comtés.	Anthracite expédié. tonnes.
Wyoming . . . . .	5.328.000
Schuylkill . . . . .	4.334.820
Lehigh . . . . .	2.502.054
Schamokin et Lackawana . . . . .	485.697
Total . . . . .	12.650.571

Dans le tableau suivant on a réuni par périodes décennales, les quantités de charbon produites et expédiées depuis 1820 par les principaux centres; et pour les trois districts de Schuylkill, Wyoming et Lehigh on a distingué les transports par canaux et ceux par chemin de fer.

Tableau de la production, du transport et de la consommation de l'anhracile et autres charbons de terre aux États-Unis, par périodes décennales depuis l'année 1820.

ANTHRACITE.											
PÉRIODES décennales.	SCHUYLKILL.			WYOMING.			LEHIGH.			SCHAMOKIN	TOTAL général pro- duit et transporté.
	Production totale.	Transport par		Production totale.	Transport par		Production totale.	Transport par		Production totale et transport.	
		Canal.	Chemin de fer.		Canal.	Chemin de fer.		Canal.	Chemin de fer.		
	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
De 1820. . . A 1829. . .	186.059	186.059	"	7.000	"	7.000	166.131	166.131	"	"	359.190
De 1830. . . A 1839. . .	3.031.960	3.031.960	"	846.832	"	846.832	1.319.963	1.319.963	"	11.930	5.210.685
De 1840. . . A 1849. . .	10.259.058	3.790.360	6.468.708	4.216.253	1.371.905	2.844.348	4.317.749	4.317.749	"	146.537	18.939.617
De 1850. . . A 1859. . .	27.192.388	9.709.803	17.482.585	12.961.725	4.016.353	8.945.372	11.951.284	10.309.564	1.641.720	875.641	52.981.038
De 1860. . . A 1867. . .	30.786.122	8.758.351	22.027.771	30.134.447	3.983.519	26.200.928	16.829.898	6.901.300	9.928.598	2.801.635	80.602.102
Totaux. . .	71.455.597	25.476.533	45.979.064	48.216.257	9.371.777	38.844.480	34.585.025	23.014.707	11.570.318	3.835.743	158.092.622

Suite du tableau précédent.

CHARBONS BITUMINEUX ET DEMI-BITUMINEUX.							
LYKENS valley.	SHORT mountain.	BROAD top.	CUMBERLAND.	PROVENANCES diverses.	TOTAL général, produit et transport.	PRODUCTION générale, anthracite et charbons réunis.	IMPORTATION étrangère.
Production et transport.	Production et transport.	Production et transport.	Production et transport.	Production et transport.			
tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
"	"	"	"	"	"	359.190	273.568
"	"	"	"	"	"	5.210.685	954.166
25.325	"	"	356.008	"	381.333	19.320.940	1.373.049
611.398	325.372	356.886	5.309.584	561.438	7.164.678	60.145.716	2.302.349
561.300	690.411	2.311.585	5.896.901	40.147.964	49.608.161	130.210.263	4.339.690
1.198.023	1.015.783	2.608.471	11.562.493	40.709.402	57.154.172	215.246.794	9.242.822

(Extrait d'un rapport adressé le 24 septembre 1868 à M. le ministre des affaires étrangères, par M. GAULDRÉE BOILEAU, consul général de France aux États-Unis.)

Résumé de la production minérale du royaume-uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, pendant les années 1866 et 1867

Combustibles, minerais, sels, terres et pierres à bâtir.

	ANNÉE 1866.		ANNÉE 1867.	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Charbons de terre. . . . .	101.630.544	635.190.875	104.500.480	653.128.625
Minerais de fer. . . . .	9.665.012	73.977.450	10.021.058	80.252.050
Minerais d'étain. . . . .	15.080	18.298.650	13.649	17.368.850
Minerais de cuivre. . . . .	180.378	18.977.950	158.544	17.492.325
Minerais de plomb. . . . .	91.047	29.030.700	93.432	28.971.650
Minerais de zinc. . . . .	12.770	1.066.375	13.489	1.033.500
Pyrite de fer. . . . .	135.402	1.248.300	116.889	1.686.325
Quartz aurifère. . . . .	2.927	"	3.241	133.000
Acide arsénieux. . . . .	"	"	2.255	102.800
Ogres et oxydes de fer. . . . .	"	"	5.482	145.200
Baryte sulfatée. . . . .	"	"	11.107	195.175
Sel gemme. . . . .	"	20.625.000	1.394.989	20.924.075
Kaolins et argiles réfractaires. . . . .	"	"	1.179.300	14.741.250
Minerais de nickel. . . . .	"	"	2	250
Wolfram. . . . .	"	"	10	1.500
Manganèse. . . . .	"	"	808	80.800
Coprolites. . . . .	"	"	37.000	1257.500
Minerais divers. . . . .	"	1.250.000	"	"
Terres-pierres à bâtir. . . . .	"	66.250.000	"	16.250.000
Valeurs totales. . . . .	en 1866. . .	820.615.300	en 1867. . .	854.244.925

Métaux extraits des minerais portés au tableau précédent.

	ANNÉE 1866.		ANNÉE 1867.	
	Quantité.	Valeurs.	Quantité.	Valeurs.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Fer. . . . .	4.530.051	283.153.175	4.761.023	297.563.925
Etain. . . . .	9.990	22.134.200	8.700	19.980.075
Cuivre. . . . .	11.158	25.479.200	10.233	20.794.025
Plomb. . . . .	67.390	31.537.725	68.440	33.437.725
Zinc. . . . .	3.192	1.747.900	3.750	1.992.325
Argent. . . . .	kilogram.	4.373.775	kilogram.	5.385.000
Or. . . . .	"	66.400	"	147.250
Autres métaux. . . . .	"	2.378.000	"	375.000
Valeurs totales. . . . .	En 1866. . .	373.867.375	En 1867. . .	379.675.325

Valeurs totales des métaux, du charbon et des matières minérales non élaborées.

	1866.	1867.
	francs.	francs.
Métaux extraits des minerais anglais. . . . .	373.867.375	379.675.325
Charbons de terre. . . . .	635.190.875	653.128.625
Substances minérales, non élaborées, sel, argile. . . . .	33.750.000	54.198.350
Totaux généraux. . . . .	1.042.808.250	1.087.002.300

(Extrait des Mineral Statistics publiées par M. ROBERT HUNT, pour 1866 et 1867.)

## TABLE DES MATIÈRES

## DU TOME QUATORZIÈME.

## MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Description de la constitution géologique et des ressources minérales du canton de Vicdessos et spécialement de la mine de Rancié; par <i>M. Mussy</i> .	
Première partie. . . . .	57
Deuxième partie. . . . .	193
Extraits de minéralogie; par <i>M. Cornu</i> . . . . .	300
Extraits de géologie; par <i>MM. Delesse et de Lapparent</i> . . .	483

## MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Note sur l'invention du procédé Bessemer pour la fabrication de l'acier; par <i>M. E. de Billy</i> . . . . .	17
--	----

## MÉCANIQUE.

Note sur un système de roues employées pour une locomotive routière; par <i>M. Worms de Romilly</i> . . . . .	1
Note sur la courbure des surfaces; par <i>M. E. Roger</i> . . . . .	47
Étude sur la condensation dans les machines à vapeur; par <i>M. E. Cousté</i> . . . . .	123

## OBJETS DIVERS.

Recherches sur le dépôt littoral de la France; par <i>M. Delesse</i> . . .	115
Programmes des cours de l'École impériale des mines. . . . .	315

## BULLETIN.

	Pages.
Les houillères du Hainaut en 1867. . . . .	641
Sur le drainage des mines de la Tyne. . . . .	649
Statistique de la production des minerais de cuivre au lac Supérieur, en 1867. . . . .	651
Statistique de la production des charbons de terre aux États-Unis. . .	653
Résumé de la production minérale du royaume-uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, pendant les années 1866 et 1867. . . . .	656

## ERRATUM DU TOME XIV.

Note sur la courbure des surfaces :

Page 49, ligne 8; au lieu de : *nuls*, lisez *infinis*.

## EXPLICATION DES PLANCHES

## DU TOME QUATORZIÈME.

## Pl. I.

	Pages.
Fig 1, 2 et 3. Roue de locomotive routière. . . . .	1
Fig. 4. Appareil Bessemer. (Voir la légende détaillée p. 46.). . . . .	17
Fig. 5. Carte géologique du canton de Vicdessos. . . . .	57

## Pl. II.

Fig. 1. Carte géologique des environs de Rancié.	
Fig. 2 à 16 Condensation dans les machines à vapeur. . . . .	123
Pl. III, IV et V. Topographie souterraine de la mine de Rancié. .	193

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

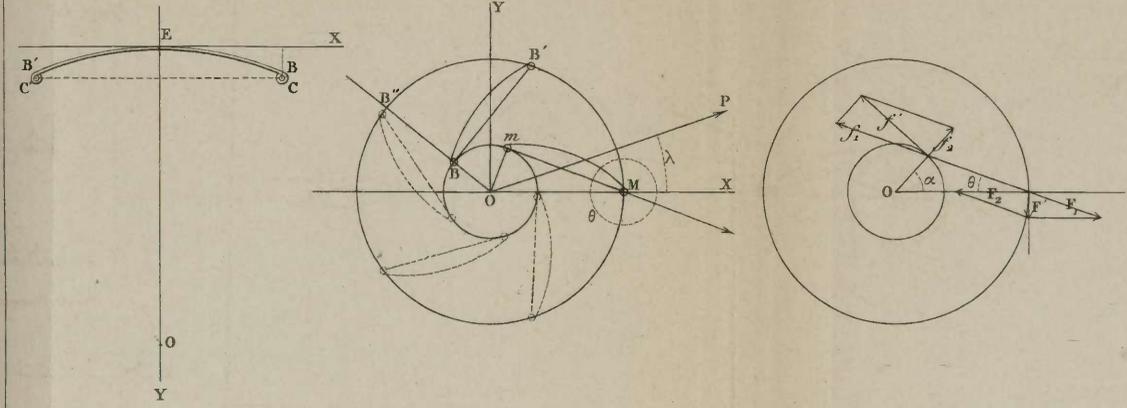


Fig. 4.

Appareil Bessemer.

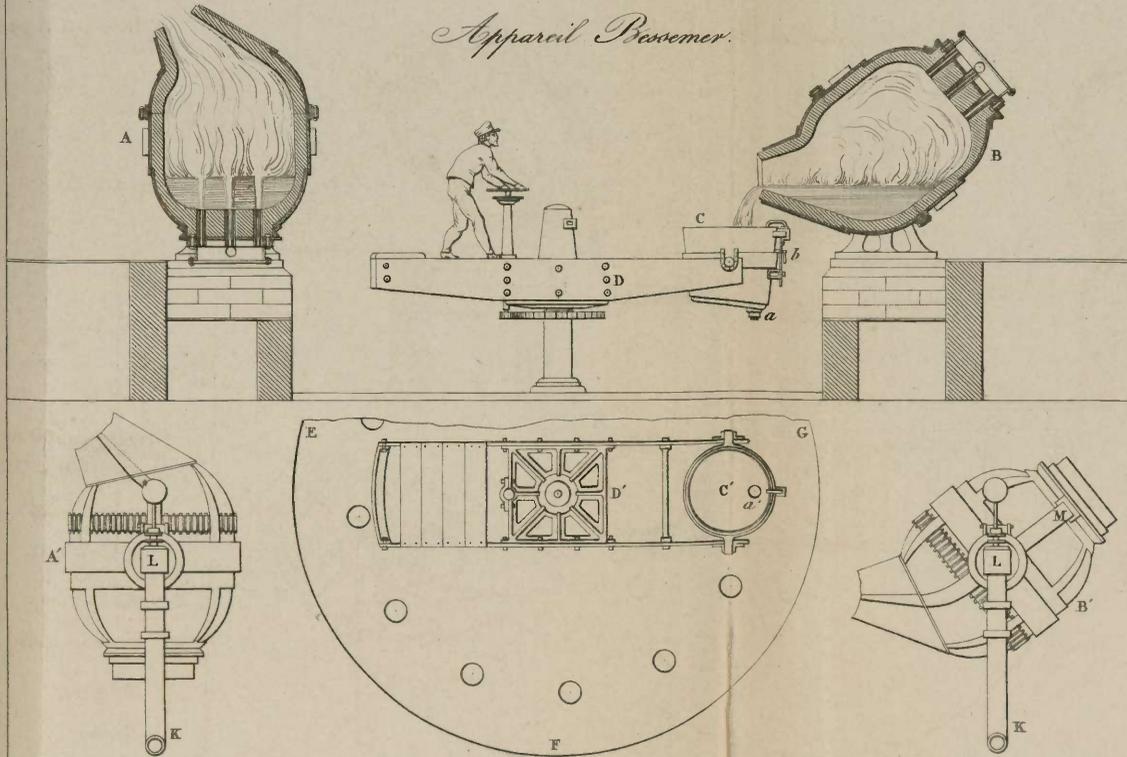


Fig. 5.

Carte géologique du canton de Vicdessos.

