

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^{re} cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines, *président*.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général de 1^{re} 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^{re} cl., secrétaire général du ministère des travaux publics.

DE BILLY, inspecteur général de 1^{re} cl.

PIÉRARD, inspecteur général de 1^{re} cl.

DE HENNEZEL, inspecteur général de 1^{re} classe.

BAUDIN, inspecteur général de 2^e cl.

GRUNER, inspecteur général de 2^e cl., professeur de métallurgie.

FRANÇOIS, inspecteur général de 2^e cl.

DUSOUCII, inspecteur général de 2^e cl.

MM.

DAUBRÉE, inspecteur général de 2^e cl., membre de l'Académie des Sciences, professeur de minéralogie.

COUCHE, inspecteur général de 2^e cl., professeur de construction et de chemins de fer.

HARLÉ, inspecteur général de 2^e cl.

CALLON, ingénieur en chef de 1^{re} cl., professeur d'exploitation.

DUFONT, ingénieur en chef de 1^{re} cl., professeur de droit des Mines.

BAYLE, ingénieur en chef de 2^e cl., professeur de paléontologie.

DELESSE, ingénieur en chef de 2^e cl., professeur de drainage.

LAMÉ-FLEURY, ingénieur en chef de 2^e cl., secrétaire du conseil général des mines.

MOISSENET, ingén. ordinaire de 1^{re} cl., professeur de docimasie, *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 des Travaux Publics*, à M. l'ingénieur, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES, boulevard Saint-Michel, n° 60, 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.

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 XVI.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUGGESSEUR DE V^o DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

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

Quai des Augustins, n° 49

1869



BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER ET DEUXIÈME SEMESTRES DE 1869.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques.*

- BRIOT. Théorie mécanique de la chaleur; par Charles Briot, professeur suppléant à la Faculté des sciences. In-8° XII-352 p. (6058)
- DUPRÉ. Théorie mécanique; par M. Anasthase Dupré, doyen de la Faculté des sciences de Rennes. In-8.
- FAA DE BRUNO. Traité élémentaire du calcul des erreurs, avec des tables stéréotypées, ouvrage utile à ceux qui cultivent les sciences d'observation; par le chevalier Fr. Faa de Bruno, professeur de mathématiques à Turin. In-8, LII-72 p. (4518)
- LACAILLE. Tables synoptiques de calculs d'intérêts composés, d'annuités et d'amortissements; par Lacaille, conducteur des ponts et chaussées, à Beaune (Côte-d'Or). In-4, XXXVII-573 p. (510)
- SERRET. Géométrie de direction. Application des coordonnées polyédriques, propriété de dix points de l'ellipsoïde, de neuf points d'une courbe gauche du quatrième ordre, de huit points d'une cubique gauche; par Paul Serret, docteur ès sciences. In-8, XX-523 p. (5789)
- SERRET. Cours de calcul différentiel et intégral; par J. A. Serret, membre de l'Institut, t. 2. Calcul intégral. In-8, XII-751 p. (4709)
- VALLÈS. Des formes imaginaires en algèbre, leur interprétation en abstrait et en concret; par M. F. Vallès, inspecteur général honoraire des ponts et chaussées. In-8, XIV-307 p. (3335)

2° *Physique et Chimie.*

- ALLIOT. La Vie dans la nature et dans l'homme rôle de l'électricité, dans la vie universelle; par E. Alliot. 2° partie. De la vie humaine. (6262)
- BELLOC. Photographie. Procédé sur verre et sur papier. Verre opale, mat et brillant, coloris instantané, coloris brésilien. Retouche du cliché; par Gaston Belloc fils, fabricant de produits chimiques. In-12, III-75 p. (8584)
- BOILLOT. De la combustion; par A. Boillot. Phénomènes généraux. Modifications apportées à la théorie de Lavoisier. In-12, 47 p. Paris. (5584)
- BOBIERRE. Simples notions sur l'achat et l'emploi des engrais commerciaux, exposé élémentaire des faits qu'il importe aux cultivateurs de ne pas ignorer; utilité des laboratoires de chimie agricole; par Adolphe Bobierre, directeur de l'École supérieure des sciences de Nantes. Avec planches coloriées et figures intercalées dans le texte, In-16, III-154. p. (8590)
- BOURGOIN. Chimie organique. Des alcalis organiques; par M. Edme Bourgoin, pharmacien. In-8, 115 p. (2260)
- CLAUSIUS. Théorie mécanique de la chaleur; par R. Clausius, professeur à l'Université de Wurzburg. Traduite de l'allemand par F. Folie, professeur à l'École industrielle de Liège, 2° partie. Mémoires sur l'application de la théorie mécanique de la chaleur aux phénomènes électriques, etc. In-18 Jésus. (5032)
- COMBES. Deuxième mémoire sur l'application de la théorie mécanique de la chaleur aux machines locomotives dans la marche à contre vapeur; par M. Ch. Combes, membre de l'Institut. In-8, 48 p.
- COUSTÉ. Étude sur la condensation dans les machines à vapeur; par M. E. Cousté, directeur des manufactures de l'État. In-8, 51 p. Avec une planche. Paris, imp. Rouge frères, Dunon et Fresné; lib. E. Lacroix. (4216)
- DEVILLE, SCHUTZENBERGER et LE ROUX. Société chimique de Paris. Leçons de chimie professées en 1866 et 1867; par MM. Sainte-Claire Deville, Schutzenberger, Le Roux. In-8°, 195 p. (8376)
- DU MONCEL. Notice sur le câble transatlantique; par le comte Th. du Moncel, ingénieur électricien de l'administration des lignes télégraphiques, illustrée de 25 gravures dans le texte. In-8, 46 pages. (4508)
- GARRIGOU. La Sulphhydrométrie et ses diverses applications (réponse

- à M. le professeur E. Filhol); par le docteur F. Garrigou. Mémoire présenté à l'Académie de médecine le 12 octobre 1868. In-8, III-43 p. (4533)
- GRANDEAU. Stations agronomiques et laboratoires agricoles. But, organisation, installation, personnel, budget, travaux de ces établissements; par L. Grandeau, directeur de la station agronomique de l'Est. Avec 12 figures intercalées dans le texte. In-18 Jésus, VIII-156 p. (8664)
- GAVARRET. Physique biologique. Les phénomènes physiques de la vie; par J. Gavarret, professeur de physique à la Faculté de médecine de Paris. (7470)
- GILBERT DHERCOURT. Recherches sur la présence du sel marin dans l'atmosphère maritime. 15 p. (18817)
- HUGUEL. Les eaux silicatées de Sail-lès-Château-Morand (Loire). Du rôle de la silice et des silicates dans les eaux minérales; par le docteur F. Hugues. In-8, 59 p. (497)
- HÉBERT. De l'action de la chaleur sur les composés organiques. In-8°. (8418)
- KOLB. Recherches sur le blanchiment des tissus; par M. J. Kolb, ingénieur civil. In-8°. (10319)
- LE CHATELIER. Chemins de fer. Supplément au mémoire sur la manège à contre-vapeur des machines locomotives; par M. le Chatelier, ingénieur en chef des mines. In-8, 144 p. Paris.
- MÉHU. Étude sur les divers procédés employés pour doser l'albumine. Nouveau procédé de dosage; par le docteur C. Méhu. In-8, 20 p. (3866)
- MEUREIN. Observations météorologiques faites à Lille pendant l'année 1866-1867, et récapitulation des observations faites pendant une période de quinze années, 1852-1866; par Victor Meurein. In-8, LXVIII pages et tableau. (4083)
- MOIGNO. Actualités scientifiques. Saccharimétrie optique, chimique et mélassimétrie; par M. l'abbé Moigne. In-18 Jésus, 260 p. (2392)
- MORIN. Mémoire sur l'insalubrité des poêles en fonte ou en fer exposés à atteindre la température rouge; par le général Morin, membre de l'Institut. Institut impérial de France.
- MOUCHOT. La chaleur solaire et ses applications industrielles; par A. Mouchot. 35 gravures intercalées dans le texte. In-8°, VII-238 p. (6429)
- PIERRE et PUCHOT. Recherches sur les produits alcooliques de la distillation des betteraves; par MM. Isidore Pierre, professeur de chimie, et Ed. Puchot, préparateur de sciences physiques. In-8, 50 pages. (5507)

- REBOLD. L'Électricité moteur de tous les rouages de la vie. Sa physiologie, les propriétés de ses divers types; par E. Rebold. Avec 6 pl. In-8°, 376 p. (7150)
- RICOUR. Notice sur le tube d'inversion, ou la machine locomotive transformée en générateur de chaleur pour produire l'arrêt des trains; par M. Ricour, ingénieur des ponts et chaussées, avec une introduction et un appendice en réponse au mémoire de M. le Chatelier, ingénieur en chef des mines. In-8°, xv-84 p. et 1 pl.
- ROBINET. Note sur un procédé d'analyse simplifié pour les eaux douces ou potables; par M. Robinet. In-8, 18 p. (4120)
- VERDET. OEuvres d'E. Verdet, t. 3. Cours de physique professé à l'École polytechnique; par E. Verdet. Publié par M. Émile Fernet, répétiteur à l'École polytechnique, t. 2. In-8, 516 p. (5557)
- VILLE. L'École des engrais chimiques. Premières notions de l'emploi des agents de fertilité; par M. Georges Ville. 2^e édition. In-12, 108 p. (3344)
- WURTZ. Dictionnaire de chimie pure et appliquée, comprenant la chimie organique et inorganique, la chimie appliquée à l'industrie, à l'agriculture et aux arts, la chimie analytique, la chimie physique et la minéralogie; par Ad. Wurtz, membre de l'Institut. 5^e fascicule (feuilles 41 à 50). In-8. à 2 col., 641-800 p. (3714)
- ZEUNER. Théorie mécanique de la chaleur, avec ses applications aux machines; par le docteur G. Zeuner, professeur de mécanique à l'École polytechnique de Zurich, 2^e édition, entièrement refondue, avec 57 figures dans le texte et de nombreux tableaux. Ouvrage traduit de l'allemand, par Maurice Arnthal, ancien élève de l'École impériale des ponts et chaussées, et Achille Cazin, professeur de physique au lycée Bonaparte. In-8, xi-585 p. (5814)

5^e Géologie. — Minéralogie. — Métallurgie.

- BEAUMONT (Élie de). Rapport sur les progrès de la stratigraphie; par M. L. Élie de Beaumont, sénateur. Gr. in-8, III-576 p. et 2 pl. Paris, imp. impériale. (2247)
- BÉRARD. Considérations sur le rôle de la combustion intermoléculaire des corps renfermés dans la fonte, et sur l'influence de l'hydrogène dans la fabrication de l'acier fondu; par Aristide Bérard. In-8, 22 p. (11252)
- BURAT. Géologie appliquée. Traité du gisement et de la recherche des minéraux utiles; par M. Amédée Burat, ingénieur, professeur

- à l'École centrale des arts et manufactures. 5^e, édition 1^{re} partie. Géologie pratique. In-8. (11271)
- BUQUET. Note sur la fabrication et la réception des chaînes en fer forgé; par A. Buquet. In-8. (10719)
- Carte lithologique des mers de l'Europe. Gravée par Avril frères. Dessinée par Al. Babinski, d'après M. Delesse.
- CHABAUD. Des produits souterrains à l'Exposition universelle de 1867; par M. Léopold Chabaud, ingénieur des mines. Petit in-8. 72 p. (1487)
- COTTEAU. Rapport sur les progrès de la géologie et de la paléontologie en France pendant l'année 1867, fait au congrès des Sociétés savantes; par M. G. Cotteau. In-8, 51 p. (3993)
- DOLPHUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers; par Dolphus-Ausset. T. 8. 2^e partie. Observations météorologiques et glaciaires. In-8. (7225)
- DORMOY. Topographie souterraine du bassin houiller de Valenciennes; par M. Émile Darmoy, ingénieur au corps impérial des mines. In-4, 500 p. et atlas de 24 pl. Paris, imp. impériale. (2079)
- DUMORTIER. Études paléontologiques sur les dépôts jurassiques du Bassin du Rhône; par Eug. Dumortier. 5^e partie: Lias moyen. Avec 46 pl. In-8, 355 p. et 45. pl. (10477)
- GAUDRY. Faculté des sciences. Cours annexe de paléontologie; par M. Albert Gaudry, docteur ès sciences, chargé du cours. Leçon d'ouverture. In-8, 20 p. (4555)
- GAUDRY. Géologie de l'île de Chypre; par M. Albert Gaudry, docteur ès sciences. In-4, 366 p., carte et 2 pl. (3814)
- GOSSELET. Études paléontologiques sur le département du Nord et observations sur les couches de la craie traversées par le puits Saint-René, à Guesnain, près Douai; par M. J. Gosselet. In-8, 21 p. Lille, imp. Danel. (5431)
- GRUNER. Études sur l'acier. Examen du procédé Heaton; par M. Gruner, inspecteur général des mines, professeur de métallurgie. In-8, 104 p. 3 pl.
- JULIEN. Des phénomènes glaciaires dans le plateau central de la France, en particulier dans le Puy-de-Dôme et le Cantal; par Alphonse Julien, membre de la Société géologique de France. In-8, 104 p. (5446)
- LEMONNIER. Coup d'œil sur la métallurgie du fer dans l'est et le sud-est de la France; par D. Lemonnier, In-8, 235 p. et 5 pl. (11448)
- LINDER. Étude sur les terrains de transport du département de la Gironde, suivie de considérations sur la formation du terrain

- quaternaire en général; par M. Linder, ingénieur des mines. Septembre 1868. In-8, 137 p. (299)
- MAGNAN. Note sur une deuxième coupe des petites Pyrénées de l'Ariège, sur l'Ophite (diorite), roche essentiellement passive, et aperçu sur les érosions et les failles; par M. Henri Magnan. In-8, 16 p., tableau et pl. (3863)
- MATHERON. Notice sur les reptiles fossiles des dépôts fluviolacustres crétacés du bassin à lignite de Fuveau; par M. Philippe Matheron. In-8, 39 p. et 5 planches. (10894)
- MATHERON. Note sur l'âge des calcaires lacustres à Strophostoma lapicida des environs d'Aix et de Montpellier, et sur la position de l'étage de Rognac, par rapport à la série des dépôts crétacés fluviolacustres du bassin de Fuveau; par M. Philippe Matheron. In-8. (3865)
- MINARY. De la combustion dans les foyers industriels, principes généraux et évaluations numériques, fumivorté, foyer à double combustion; par M. E. Minary, ingénieur. In-8, 46 p. (107)
- OLLIER DE MARICHARD. Recherches sur l'ancienneté de l'homme dans les grottes et monuments mégalithiques du Vivarais, avec carte et nombreuses planches; par Jules Ollier de Marichard. (9634)
- PAGNOREL. Étude sur les calcaires du Pas-de-Calais; par M. Pagnorel, professeur de chimie. In-8, 54 p. (5563)
- RAULIN. Éléments de géologie; par V. Raulin, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux. Ouvrage rédigé conformément aux programmes officiels de 1866 pour l'enseignement secondaire spécial (année préparatoire), et contenant 196 figures intercalées dans le texte. In-8 Jésus, IV-291 p. (4667)
- REYNAUD. Histoire élémentaire des minéraux usuels; par Jean Reynaud. 4^e édition, illustrée de 2 pl. en couleur et d'une pl. en noir. (8265)
- SIEMENS. De l'application du four à gaz et à chaleur régénérée au puddlage du fer et à la production de l'acier fondu; par C. W. Siemens, membre de la Société royale de Londres et de l'Institut des ingénieurs civils. In-8, 48 p. (1418)
- TOURNAL. Notice géologique sur le département de l'Aude; par M. Tournal. In-8, 29 p. Carcassonne. (7614)
- VILLE. Notice sur les gîtes minéraux et les matériaux de construction de l'Algérie; par M. Ville, ingénieur en chef des mines. In-8, 70 p.
- VILLE. Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara; par M. Ville, ingénieur en chef des mines. In-4, VII-790 p., 3 cartes et 2 pl. (1867)

4^e Mécanique. — Exploitation des mines.

- ARMENGAUD. Traité théorique et pratique des moteurs à vapeur; par Armengaud aîné, ingénieur, t. 1. In-4, VII-560 p. (4172)
- BURAT. Les houillères en 1868. Avec atlas contenant la suite des documents produits à l'Exposition universelle; par Amédée Burat, ingénieur-professeur à l'École centrale. Comité des houillères françaises. In-8, 190 p. et 25 pl. (3132)
- COLLIGNON. Cours de mécanique appliquée aux constructions. 1^{re} partie. Résistance des matériaux; par M. Collignon, ingénieur des ponts et chaussées. In-8, VII-67 p. et 5 pl.
- COMBES. Études sur la machine à vapeur; par M. Ch. Combes, membre de l'Institut, inspecteur général des mines. Distribution de la vapeur au moyen d'un tiroir unique. Marche à contre-vapeur. Application de la théorie mécanique de la chaleur. In-8, 158 p. et 2 pl., et supplément. (3766)
- 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. 66. In-4 à 2 col., 464 p. et 56 pl. Paris, imp. impériale.
- DUPRÉ. Théorie mécanique; par M. Athanase Dupré, doyen de la Faculté des sciences de Rennes. (Partie expérimentale en commun avec M. Paul Dupré.) In-8, XI-484 p. (5076)
- LABOULAYE. Complément de la troisième édition du Dictionnaire des arts et manufactures; par Ch. Laboulaye, censeur de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale; avec le concours de plusieurs savants et ingénieurs. 6^e livraison (36^e du Dictionnaire). In-8. à 2 col., 96 p. (3641)
- ORTOLAN. Guide pratique de l'ouvrier mécanicien.
- REECH ET LECLERT. Théorie des machines motrices et des effets mécaniques de la chaleur, leçons faites à la Sorbonne; par M. Reech, recueillis et rédigés par M. Émile Leclert, In-8, 189 p.
- RICHE. Tables des moments de rupture des poutres en fer en forme de double T; par N. Riche, ingénieur de la Société de la Sambre française canalisée. In-8, IX-59 p. Paris.
- ZEUNER. Traité des distributions par tiroirs dans les machines à vapeur fixes et les locomotives; par G. Zeuner, professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich. Avec 54 fig. dans le texte et 6 pl. gravées. Traduit sur la 5^e édition allemande par A. Debize et E. Mérijot, ingénieurs des manufactures de l'État. In-8, 260 p.

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

- BOUCHARD-HUZARD. Traité des constructions rurales et de leur disposition; (suite et fin de la première partie). In-8.
- CANEL. La voie ferrée de Glos-Monfort à Pont-Audemer; par Canel. In-8, 196 p.
- CHATIGNIER. Commentaire des clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs des travaux des ponts et chaussées (cahier du 16 novembre 1866); par M. Chatignier, avocat. 6^e édition, revue et augmentée. In-18, vi-230 p. (2509)
- CASTARÈDE LABARTHE. Du chauffage et de la ventilation des habitations privées; 8 pl. In-8, 255 p.
- Chemins de fer de l'Est et chemins de fer allemands, belges et suisses. Conventions passées avec les chemins de fer étrangers, du 25 octobre 1852 au 1^{er} janvier 1869. In-4, 419 p.
- Chemins de fer de l'Europe. Résultats généraux de l'exploitation. Années 1862, 1863 et 1865. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Direction générale des ponts et chaussées et des chemins de fer. Statistique. Grand in-4, xvi-115 p. Paris imp. impériale.
- COULON. Menuiserie descriptive. Nouveau vignole des menuisiers, ouvrage théorique et pratique, utile aux ouvriers, maîtres et entrepreneurs; composé des éléments de la géométrie descriptive, des règles des cinq ordres d'architectures, et l'ordre de Péstum, de la menuiserie de clôture, de revêtement et de distribution, etc., contenant 84 pl. dessinées et gravées par l'auteur; par A. G. Coulon, ancien menuisier, professeur de dessin linéaire. Nouvelle édition, revue et corrigée par l'auteur. In-4, 291 p. (2288)
- DOULIOT. Traité spécial de coupe des pierres; par J. P. Douliot, ancien professeur d'architecture et de construction à l'École royale de dessin. 2^e édition, revue, corrigée et considérablement augmentée. Les 19 premiers chapitres par F. M. Jay, architecte, et les 23 derniers chapitres par J. Claudel et L. A. Barré, ingénieurs civils. Texte. In-4, viii-559 p.
- FENOUIL. Du trafic des chemins de fer en général et plus particulièrement des chemins de fer d'intérêt local du département de l'Hérault; par E. Fenouil, agent voyer en chef, chargé du contrôle des chemins de fer d'intérêt local de l'Hérault. In-8, 54 p. (1510)
- FOULC. Chemins de fer sur le bord perdu des routes au moyen de

- la locomotive-train Fairlie; par E. Foulc, ancien directeur de l'exploitation du chemin de fer de Lyon à Bourg, par les Dombes. In-8, 51 p.
- HERRAN. Le chemin de fer interocéanique du Honduras. Étude sur l'avenir commercial et industriel de l'Amérique centrale; par Victor Herran. In-8, 39 p. et 1 carte. Paris, imprimerie Chaix et comp. (2561)
- HITTORF. Chemins de fer. Machines locomotives, application de la chaleur directe du foyer au séchage et au surchauffage de la vapeur; par H. B. Hittorf, ingénieur. Avec deux planches de dessin. In-8, 15 p. (10089)
- LEVEL. De la construction et de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local. Études pratiques suivies de considérations économiques et techniques sur les chemins de fer à transbordement; par Émile Level, ingénieur. In-8.
- MARQFOY. De l'exécution des chemins de fer départementaux par l'État; par Gustave Marqfoy, ancien élève de l'École polytechnique. In-8, 59 p.
- MICHON. Stabilité des murs de revêtement à contre-forts multipliés; par F. Michon, lieutenant-colonel du génie en retraite. In-8, 50 p. et 1 pl.
- NORLING. Étude sur la jurisprudence en matières de marchés, de terrassements; par Wilhelm Norling, ingénieur en chef de la compagnie d'Orléans. In-8, vii 214 p.
- REGNAULD. Traité pratique de la construction des ponts et viaducs métalliques; par M. Regnaud, ingénieur des ponts et chaussées. In-8, 585 p. et atlas de 33 pl.
- Statistique centrale des chemins de fer. Chemins de fer français au 31 décembre 1868. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Direction générale des ponts et chaussées et des chemins de fer. In-4, 281 p. et 1 carte. Paris, imp. impériale.
- VIDARD. Chemins de fer. Questions de sécurité et questions d'économies; par J. B. Vidard, ingénieur civil. In-8, 67 p.

6° *Sujets divers.*

- AMPÈRE. Philosophie des deux Ampère; publiée par J. Barthélemy Saint-Hilaire, membre de l'Institut. 2^e édition. In-12, xix-465 p. (10674)
- ANIZON. Substitution de la force centrifuge au pressurage du vin et du cidre. Procédé de M. Leduc, ancien élève de l'École cen-

- trale, filateur à Nantes. Exposé du procédé; par le docteur Anizon. In-8, 39 p., tableau et plan. (2029)
- Annuaire du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics pour l'année 1869. In-8, 499 p. (2479)
- ARMENGAUD. Guide-manuel de l'inventeur et du fabricant, répertoire pratique et raisonné de la propriété industrielle, en France et à l'étranger, en matière de brevets d'invention; par Ch. Armengaud jeune, ingénieur. 6^e édition. 1^{re} partie. Législation française.
- BOISNEL. Architecture navale. Étude sur la variation des formes des navires, contenant un devis général au moyen duquel on peut obtenir les formes usuelles relatives à chaque grandeur de navire, depuis 75 jusqu'à 1200 tonneaux de jauge, suivi d'un traité de mâture à l'usage de la marine du commerce; par E. Boisnel, maître entretenu de la marine impériale. In-4, 25 p. et 1 pl. (3750)
- BRODIE. De l'irrigation en Algérie et des avantages qui résulteront de la construction de travaux d'irrigation dans cette contrée; par William Brodie. Traduit de l'anglais par Girard-Dufresne. In-8, 64 p. (1478)
- COMBES. Discours prononcés aux funérailles de M. Rivot, le 25 février 1869; par M. Ch. Combes, inspecteur général des mines. In-8, 8 p. (2514)
- COMMAILLE. Étude sur les eaux de Marseille considérées au point de vue chimique, physique, micrographique et hygiénique; par M. A. Commaille, docteur ès sciences physiques. In-8, 54 p. (5377)
- DEROCHE. Influence du cuivre sur la santé des ouvriers en bronze. In-8, 3 p. (10266)
- DESEILLIGNY. De l'influence de l'éducation sur la moralité et le bien-être des classes laborieuses; par A. P. Deseilligny, membre du conseil général de Saône-et-Loire. 2^e édition. (12011)
- DUMONT et RICHARD. Études sur le projet d'un canal maritime de Paris à la mer et la création d'un port de commerce à Paris; par MM. Aristide Dumont, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et Louis Richard, ingénieur au chemin de fer des Charentes. Avec 2 cartes de profils, jointes au texte, et un atlas séparé de quatre grandes planches, dont deux chromolithographiées. In-4, III-203 p. Paris, imp. Raçon et comp.; lib. Dunod. (2084)
- Enquête sur les incendies de forêts dans la région des Maures et de l'Esterel, Ministère des finances. In-4, 222 p. Paris imp. impériale.

- FREYGINET (de). Emploi des eaux d'égout en agriculture, d'après les faits observés en France et à l'étranger; par M. Charles de Freycinet, ingénieur au corps impérial des mines. In-8, 136 p.
- GARNIER. A travers les arts, causeries et mélanges; par Charles Garnier, architecte du nouvel opéra. In-18 jésus, 339 p. (9328)
- GUEYMARD. Recueil d'analyses chimiques, à l'usage de l'agriculture moderne, comprenant toutes les analyses des substances végétales, des fumiers naturels ou artificiels, des amendements de toute espèce, d'eaux domestiques et d'eaux d'irrigation; par M. Émile Gueymard, ingénieur en chef des mines, en retraite. In-8, 260 p. (1938)
- HERVÉ-MANGON. Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations sous les différents climats, et proportion des limons charriés par les cours d'eau; par M. Hervé-Mangon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et au Conservatoire des arts et métiers. Seconde édition; 1 beau vol. grand in-18 jésus.
- JACQUEMART. Les Merveilles de la céramique, ou l'art de façonner et décorer les vases en terre cuite, faïence, grès et porcelaine, depuis les temps antiques jusqu'à nos jours; par A. Jacquemart, In-18 jésus, VII-375 p. (10307)
- LA BARRE DUPARQ (de). Richelieu ingénieur; par Ed. de La Barre Duparq. Mémoire lu à l'Académie des sciences morales et politiques; suivi de : De la puissance de destruction à la guerre; par le même. In-8, 66 p. (8683)
- LAGRENÉ (de). Cours de navigation intérieure. Fleuve et rivières; par H. de Lagrené, ingénieur des ponts et chaussées. T. 1. In-4, VIII-163 p.
- LE BARAZER. Un cinquième grand port commercial. Paris port de mer; par ÉL. le Barazer, capitaine au long-cours. In-16, 80 p. (4297)
- LECHALAS. Transformation de la Basse-Loire et du port de Nantes; par M. C. Lechalas, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 2^e édition. In-8, 16 p.
- LEFERME. Mémoire sur l'envasement et le dévasement du port de Saint-Nazaire; par M. Leferme, ingénieur des ponts et chaussées. In-8, 70 p. 4 et 2 pl.
- LE NORDEZ. La vérité sur la grève des mineurs du bassin houiller de la Loire; par Ernest Le Nordez, rédacteur en chef du journal la Loire. In-8, 96 p. (8701)
- MARCOU. La Science en France; par Jules Marcou. 2^e fascicule. L'Académie des sciences de l'Institut impérial de France. In-8, 101-208 pages. (5715)

- MARCOU. De la science en France; par Jules Marcou. 1^{er} fascicule. Le Corps impérial des mines. La Carte géologique de France. In-8, 99 p. (2380)
- MINARD. La Statistique; par M. Minard, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite. In-8, 14 p. et 1 pl. (3669)
- MOIGNO. Actualités scientifiques. Science anglaise, son bilan au mois d'août 1868. Réunion à Norwich de l'Association britannique pour l'avancement des sciences; par l'abbé Moigno. In-18 Jésus, XII-240 p. Paris. (2788)
- MOINEL. Des prairies irriguées et de leur établissement; par Ch. Moinel, ex-conducteur du service hydraulique des Vosges. In-8, 96 p.
- MORIÈRE. Des irrigations considérées d'une manière générale et plus particulièrement dans la vallée d'Orbec:
- MULLER. Études géologiques et Réflexions sur le projet de distribution d'eau dans la ville de Rouen; par P. Muller. In-4. 16 p. et tableau. (1579)
- OLIVIER. Note sur les dépenses d'entretien des routes départementales et des chemins vicinaux; par M. Olivier, ingénieur en chef du Calvados. In-12, 54 p. (4838)
- PASSY (de). Étude sur le service hydraulique et sur les mesures administratives concernant les cours d'eau non navigables ni flottables; par M. G. de Passy, ingénieur des ponts et chaussées, 2^e édition, revue, corrigée et augmentée. In-8, 447 p. (335)
- RADOULT DE LA FOSSE. Essai sur la navigation aérienne; par M. Radoult de La Fosse, In-8. 16 p. (10954)
- Recueil méthodique des lois, règlements, décisions et de la jurisprudence en matière forestière. Avec des notes pour servir aux vérifications de l'inspection générale des finances dans les départements. Inspection générale des finances. Janvier 1869. In-4, 518 p. Paris, imp. impériale. (4669)
- RONNA. Les industries agricoles. Sucrierie, distillerie, brasserie, vins, vinaigres, conservations des grains, meunerie, boulangerie, amidonnerie, féculerie, conservation des aliments, huilerie, résines, tannerie, albumine, blanchiment, papeterie, conservation des bois; par A. Ronna, ingénieur, 75 grav. et 8 planches. In-8, 466 p. (3693)
- RONNA. Emploi des eaux d'égout en agriculture.
- VILLE. Premier aperçu sur les résultats de la campagne de 1868, au moyen des engrais chimiques; par M. Georges Ville. In-12, 59 p. Paris. (5559)

Premier semestre.

OUVRAGES ALLEMANDS.

- BLOMSTRAND. *Die Chemie der Jetztzeit...* La Chimie moderne développée au point de vue électrochimique, d'après la doctrine de Berzelius (2^e partie). Heidelberg.
- KARRER. *Die miocene Foraminiferenfauna...* La faune miocène des foraminifères à Kostej dans le Banat. Vienne.
- HADINGER. *Licht, Wärme und Schall...* Lumière, chaleur et bruit dans les chutes de météorites.
- *Der Meteorsteinfall...* La chute de météorite du 22 mai 1868, à Slavetié (2^e rapport).
- *Elektrische meteore...* Météores électriques observés à Vienne le 20 octobre 1868.
- *Die Südwestlichen Blitzkugeln...* Les éclairs du sud-ouest, le 20 octobre 1868.
- *Hessle, Rutlam, Assam...* Trois nouveaux météorites. Vienne.
- Annalen der Chemie u. Pharmacie.* Annales de Chimie et de Pharmacie, par Wöhler, Liebig et Kopp (année 1869 ou vol. 149-152). Leipzig.
- Berg-u. hüttenmännische Zeitung...* Journal des Mines et Usines, par Bruno Kerl et Wimmer (1869). Leipzig.
- Berichte der deutschen...* Comptes rendus de la Société chimique de Berlin (2^e année. 1869). Berlin.
- Palæontographica...* Recherches sur l'histoire naturelle du monde primitif (18^e vol., livr. 4 à 6), par Dunker. Cassel.
- ROEMER. *Geognostische Karte...* Carte géologique de la Haute-Silésie (feuilles 7 et 10). Berlin.
- SPARRE. *Zur Theorie der Separation...* Observations critiques sur le traité de préparation mécanique de Rittinger. Oberhausen.
- STEIN. *Ueber das Vorkommen...* Sur les gisements de phosphate de chaux dans la contrée de la Lahn et de la Dille. Berlin.
- Der Civil ingenieur...* Journal du génie civil, publié par Bornemann, avec la collaboration de Weisbach, Zeuner et Tauberth (nouvelle série, 15^e vol.). Leipzig.

- Zeitschrift für Berg- u. Hüttenwesen.* Journal autrichien pour les mines et usines, par Otto von Hingenau (17^e année, 1869). Vienne.
- Zeitschrift für analytische Chemie...* Journal de chimie analytique, par Fresenius (8^e année, 1869). Wiesbaden.
- BERENDT. *Geologische Karte der Provinz Preussen...* Carte géologique de la province de Prusse (sections 7 et 2). Berlin.
- BIBRA. *Die Bronzen u. Kupferlegirungen...* Les bronzes et les alliages de cuivre de l'antiquité et des temps primitifs comparés à ceux des temps modernes. Erlangen.
- FALB. *Grundzüge zu e. Theorie...* Principes d'une théorie sur les tremblements de terre et les éruptions volcaniques. Graz.
- PETERS. *Zur Kenntniss der Wirbelthiere...* Les animaux vertébrés des couches miocènes d'Elbiswald en Styrie. Vienne.
- Journal für praktische Chemie...* Journal de chimie pratique, par Erdmann et Werther (36^e année, un vol. 106-108). Leipzig.
- Mélanges physiques et chimiques,* tirés du Bulletin de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg (tome VII). Leipzig.
- ZERRENNER. *Mineralogische Nachrichten...* Nouvelles minéralogiques (1^{re} série). Leipzig.
- VON DECHEN. *Erläuterungen...* Explications sur la carte géologique générale comprenant l'Allemagne, la France, l'Angleterre et les pays voisins (2^e édit.). Berlin.
- WIEBE. *Skizzen-Buch...* Livre d'esquisses pour l'ingénieur et le constructeur de machines. Berlin.
- G. ROSE. *Ueber die im Kalkspath...* Sur les canaux creux existants dans la chaux carbonatée. Berlin.
- Beiträge zur geognostischen Kenntniss des Erzgebirges...* Documents sur la géologie de l'Erzgebirge. — Étude des filons de Freiberg, par Müller et Forster. Freiberg.
- Glückauf...* Journal des mines et usines pour les provinces du Rhin et la Westphalie (année 1869). Essen.
- D'EICHWALD. *Lethæa rossica,* paléontologie de la Russie, décrite et figurée (2^e section de la période moyenne). Stuttgart.
- GÜMBEL. *Beiträge zur Foraminiferenfauna...* Études sur les foraminifères de la formation éocène des Alpes du nord. Munich.
- Jahrbuch der k. k. geologische Reichsanstalt...* Annuaire de l'Institut géologique impérial d'Autriche (19^e vol., 1869). Vienne.
- Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt...* Travaux de l'Institut géologique impérial (5^e année, 1869). Vienne.
- KUNTH. *Beiträge...* Études sur les coraux fossiles. I. Coraux du calcaire carbonifère en Silésie. Berlin.

- LIEBEN. *Synthese von Alkoholen...* Synthèse de l'alcool au moyen de l'éther chloré. Vienne.
- QUENSTEDT. *Petrefactenkunde Deutschlands...* Paléontologie de l'Allemagne (1^{re} partie, 2^e vol., les Brachiopodes). Vienne.
- SÜESS. *Bemerkungen über die Lagerung...* Observations sur le gisement de sel gemme de Wieliczka. Vienne.
- GRAHAM-OTTO. *Ausführliches Lehrbuch der Chemie.* Traité complet de chimie. 4^e éd. (2^e vol., chimie inorganique). Brunswick.
- Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie...* Compte rendu annuel sur les progrès de la chimie et des parties connexes des autres sciences, publié par Henri Will, avec la collaboration d'Engelbach, Naumann et Zöpplitz (1867). Giessen.
- Bibliotheca mecanico-technologica et æconomica...* Revue systématique des livres nouveaux sur les arts et métiers, les fabriques et manufactures, la construction des chemins de fer et des machines, l'exploitation des mines, l'agriculture, etc., par Müldener (7^e année 1868, 2^e partie). Göttingen.
- Bibliotheca historico-naturalis, physico-chemica et mathematica...* Revue systématique des livres nouveaux sur les sciences naturelles, physiques et mathématiques, par Guthe (18^e année 1868, 2^e partie). Göttingen.
- Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens...* Organe des progrès techniques des chemins de fer, par Heusinger von Waldegg (5^e vol. suppl.). Wiesbaden.
- BRAUNS. *Der Mittlere Jura...* Le terrain jurassique moyen dans le nord-ouest de l'Allemagne, étude spéciale de ses fossiles. Cassel.
- GINTL. *Ueber die Bestimmung des Schwefelgehaltes im Boheseisen...* Sur la recherche quantitative du soufre dans la fonte. Vienne.
- GOPPELSROEDER. *Ueber Petrolæum...* Le pétrole et ses produits. Supplément sur les moyens d'en éteindre le feu. Bâle.
- Jahresbericht über die Leistungen...* Compte rendu annuel sur les productions de la technologie chimique, par Rud. Wagner. (3^e année, 1868). Leipzig.
- MARTINI U. CHEMNITZ. *Systematisches Conchylien-Cabinet...* Collection systématique de coquilles. Nouvelle édition complétée par Küster, avec l'aide de Philippi, Pfeiffer et E. Römer (10^e vol., 2^e partie). Nuremberg.
- SCHUMANN. *Geologische Wanderungen...* Excursions géologiques dans l'ancienne Prusse. Œuvre posthume avec une notice sur la vie de l'auteur, publiée par ses amis. Königsberg.

OUVRAGES ANGLAIS.

- S. GLEGG. *A practical Treatise...* Traité pratique de la fabrication et de l'utilisation du gaz de houille. 5^e édition.
- C. KNIGHT. *The Mechanician...* Le Constructeur mécanicien; avec 96 planches.
- JOHN PHILLIPS. *Vesuvius...* Le Mont Vésuve.
- G. HARTWIG. *The polar world...* Le monde polaire.
- W. J. M. RANKINE. *A Manual...* Manuel des machines à vapeur et autres moteurs. 4^e édition, revue.
- Transactions of the National Association...* Transactions de l'Association nationale pour le développement de la science sociale. 1868.
- GUSTAV ZEUNER. *Treatise on valve...* Traité sur la marche des tiroirs, avec une étude spéciale de la coulisse des locomotives. 5^e édition, revue et augmentée: traduite de l'allemand, par Moritz Müller.
- J. F. JENCKEN. *Treatises...* Traités sur la lumière, la couleur, l'électricité et le magnétisme.
- F. KOHN. *Iron and Steel Manufacture.* Fabrication du fer et de l'acier: série de mémoires sur la fabrication et les propriétés du fer et de l'acier; rapports sur le fer et l'acier à l'Exposition de 1867; revue des progrès faits en 1867 et 1868, et description de plusieurs des principales usines d'Angleterre et du continent.
- G. RICKARD. *Practical Mining...* Pratique de l'exploitation des mines.
- W. THOMPSON. *An inquiry...* Enquête sur les principes de la distribution des richesses.
- REV. J. CHALLIS. *Notes...* Notes sur les principes des mathématiques pures et appliquées, et application aux théories des forces physiques.
- G. J. SYMONS. *On the Distribution...* Sur la distribution de la pluie dans les îles Britanniques pendant l'année 1868.
- HUGH MILLER. *The testimony...* Le Témoignage des roches.
- D^r LARDNER. *The electric...* Le Télégraphe électrique. Nouvelle édition.
- D. BREMNER. *The industries...* Les industries de l'Écosse: leur origine, leur développement et leur état actuel.
- G. DODD. *Dictionary...* Dictionnaire des manufactures, des mines, des machines et des arts industriels. Nouvelle édition.

- M. F. MAURY. *The physical...* La géographie physique de la mer et sa météorologie. 14^e édition, avec table complète.
- J. BOLTON. *Geological fragments...* Fragments géologiques, principalement recueillis dans des excursions aux roches de *Furness* et de *Cartmel*.
- CH. HOOD. *A practical treatise...* Traité pratique du chauffage des édifices par l'eau chaude, la vapeur, l'air chaud, etc. 4^e édition.
- HUGH MILLER. *Sketch-book...* Esquisse de géologie populaire. 5^e édition.
- HENRY-E. BOSCOE. *Spectrum analysis...* Analyse spectrale.
- M. SIMPSON. *A guide...* Géologie des côtes du Yorkshire, 4^e édition.
- G. D. DEMPSEY. *Elementary...* Traité élémentaire du drainage. 5^e édition.
- J. HOGG. *The Microscope...* Le Microscope: son histoire, sa construction, ses applications.
- TH. BOX. *A practical...* Traité pratique du mécanisme des moulins.
- W. A. BROWNE. *The Money, Weights and Measures...* Les monnaies, poids et mesures des principales nations commerçantes du globe, avec leurs équivalents anglais.
- SPON. *Dictionary of Engineering...* Dictionnaire à l'usage des ingénieurs civils, militaires et de la marine, et des constructeurs mécaniciens; contenant les termes techniques en français, en allemand, en italien et en espagnol; édité par *Oliver Burne*.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

- W. P. BLAKE. *The production...* Production des métaux précieux, ou notices statistiques sur les régions aurifères et argentifères du globe.
- S. KNEELAND. *Annual...* Annuaire des découvertes scientifiques pour 1869.
- R. W. RAYMOND. *The Mines of the West...* Les Mines de l'Ouest; rapport au secrétaire de la Trésorerie.
- Brigadier Général J. H. SIMPSON. *The Shortest...* La plus courte route pour la Californie: exploration du grand bassin de l'Utah.

OUVRAGES ITALIENS.

- BOMBICCI. *Notizie intorno...* Notice sur quelques minéraux de l'Italie.
- NEGRI. *Dell'opera di Alfonso Favre...* Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.
- PONZI. *Sopra un nuovo...* Sur un nouvel ordre géologique des terrains subappennins.
- BESSO. *Le grandi...* Les grandes inventions anciennes et modernes. 4^e édition.
- OLIVIERI. *Principe...* Éléments de mécanique industrielle.
- ULISSE DINI. *Sopra alcuni punti...* Sur quelques points de la théorie des surfaces.
- ENRICO BETTI. *Sopra la determinazione...* Sur la détermination de la température dans les corps solides homogènes.
- D^r PANTANELLI. *La Miniera.* La Mine. *Programma...* Programme de l'Institut technique supérieur de Milan pour l'année scolaire 1868-69.
- RAZZABONI. *Le Formole...* Formules de la parallaxe annuelle et de l'aberration de la lune déduites directement de celle de la parallaxe astronomique.
- DE SAINT-ROBERT. *Sadi Carnot, notice biographique* (en français).
- VEGNI. *Il petrolio...* Le pétrole et ses applications.
- Statistica...* Statistique de l'industrie minérale du royaume d'Italie. (Année 1865.)
- I Prodotti del carbon...* Production des combustibles minéraux dans les divers Etats de l'Europe : fascicule de janvier 1869 des *Annali universali di Statistica*. Milan.
- ARADAS. *Le Cause...* Causes des éruptions volcaniques et des tremblements de terre. Catane.
- D'ACHIARDI. *Corallari fossili...* Coraux fossiles du terrain nummulitique des Alpes vénètes. 2^e partie.
- GANDOLFI. *Principi di economia...* Principes d'économie politique.
- SACCHETTI. *Considerazioni...* Observations sur l'origine de la théorie mécanique de la chaleur.
- SILVESTRI. *Sopra alcuni calcari...* Sur les calcaires jurassiques des environs de Taormo et sur leurs propriétés hydrauliques.
- FORESTI. *Catalogo...* Catalogue des mollusques fossiles pliocènes des collines du Bolognais.

- PEYRONE. *Lezioni...* Leçons de chimie agricole.
- SCALINI. *Dell'influenza...* De l'influence de la lune sur la terre.
- PASINI. *Sugli Studi...* Des études géologiques en Italie à la fin du dix-huitième siècle.
- BERNARDI. *Modo di mantenere...* Moyen d'entretenir et de régler les oscillations d'un pendule destiné à constater la rotation de la terre autour de son axe.
- Monografia...* Monographie des eaux minérales de la province de Venise : *Atti del Reale Istituto Veneto*, T. XIII, série III.
- LÉON GOJUN. *Osservazioni...* Observations sur les mines de Sardaigne.
- MONTAGNA. Nouvelle Théorie du Métamorphisme des roches, fondée sur les phénomènes de fossilisation des animaux et des plantes de tous les âges géologiques (en français). Naples.
- SETTIMIANI. D'une Nouvelle Méthode pour déterminer la parallaxe du soleil.
- BOMBICCI. *La Produzione...* De la production artificielle des minéraux cristallisés.
- SECCHI. *Le recenti...* Récentes découvertes astronomiques.
- STATISTICA... Statistique des Eaux minérales du royaume d'Italie, pour 1868.
- FERRERO. *Sulle torbe...* Sur les tourbes de la Lombardie.
- PIRONA. *Sopra un nuovo...* Sur une nouvelle espèce d'hippurites.
- CALDERINI. *La Geognosia...* La géognosie et la géologie du mont Fenera, au débouché du Valsesia.
- ISSEL. *Di alcune...* Sur quelques ossements humains, provenant du terrain pliocène de Savoie.
- CURIONI. *L'Arte di fabbricare...* L'Art de la construction.

Deuxième semestre.

OUVRAGES ALLÉMANDS.

- FISCHER. *Kritische mikroskopisch-mineralogische studien...* Études critiques de minéralogie par le microscope. Fribourg.
- KROCKER. *Leitfaden...* Guide pour l'analyse chimique, qualitative et quantitative, appliquée à l'agriculture. Breslau.
- MOHR. *Allgemein Theorie der Bewegung und Kraft...* Théorie générale du mouvement et de la force, comme base de la physique et de la chimie; supplément à la théorie mécanique de l'affinité chimique. Brunswick.
- GRIESBACH. *Die Erdbeben...* Les tremblements de terre en 1867 et 1868. Vienne.
- JACOBSSEN. *Chemisch-technisches Repertorium...* Revue des inventions et des progrès dans le domaine de la chimie industrielle. Berlin.
- VAN DECHEN. *Geognostische Uebersichts-Karte...* Carte géologique d'ensemble de l'Allemagne, de la France, de l'Angleterre et des pays voisins, d'après les travaux de L. de Buch, E. de Beaumont et Dufrénoy, et Greenough, 2^e édition, feuille 2. Berlin.
- BÜCHNER... Conférences sur la théorie Darwinienne de la transmutation des espèces et de l'apparition du monde organique. Application de cette théorie à l'homme. Traduit de la 2^e édition allemande, par Aug. Jacquot. Leipzig.
- Zeitschrift für das Berg, Hütten und Salinen-Wesen in dem preussischen Staate...* Journal des mines, usines et salines de Prusse, publié par le ministère du commerce, de l'industrie et des travaux publics. 17^e volume. Berlin.
- BOUÉ. *Ueber den wahrscheinlichen Ursprung der Salzlagerstätten...* De l'origine probable des gisements de sel.
- *Etwas über Vulcanismus und Plutonismus...* Des phénomènes volcaniques et plutoniens dans leurs relations avec le magnétisme terrestre.
- *Ueber das gefärbte Seewasser...* Sur la couleur et la phosphorescence de l'eau de la mer.
- *Ueber die Pothwendigkeit einer Reform...* De la nécessité

- d'une réforme dans l'enseignement de l'art des mines en Autriche. Vienne.
- LOTTNER. *Leitfaden zur Bergbaukunde...* Guide pour l'exploitation des mines, extrait de leçons faites à l'Académie des mines de Berlin, et publié après la mort de l'auteur, par Alb. Serto. Berlin.
- ZEPHAROWICH. *Die Krystallformen...* Les formes cristallines de la Thiosinnamin et de quelques-uns de ses composés.
- *Krystallographisches Mittheilungen...* Communications de cristallographie du laboratoire de chimie de l'Université de Prague. Vienne.
- FUCHS. *Eocän-Conchylien...* Coquilles du terrain éocène de Kher-son dans le sud de la Russie. Vienne.
- PLEER. *Ueber die Braunkohlempflanzen von Bornstädt...* Les végétaux des lignites de Bornstadt. Halle.
- KOPP. *Beiträge zur Geschichte der Chemie...* Documents sur l'histoire de la chimie (2^e partie). Brunswick.
- KREUTZ. *Mikroskopische Untersuchungen...* Recherches microscopiques sur les laves du Vésuve de 1868. Vienne.
- PFAUNDLER. *Eine neue Methode...* Nouvelle méthode pour la détermination de la capacité calorifique des liquides.
- *Neue Theorie der Regelation des Eises...* Nouvelle théorie de la régélation de la glace. Vienne.
- REUSS. *Palaöontologische Studien...* Études paléontologiques sur les plus anciennes formations tertiaires des Alpes. 2^e partie. Vienne.
- Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer...* Recueil de dessins de machines, plans d'usines, dispositions de foyers, de constructions en fer, etc. (feuilles 62, 63 et 64). Berlin.
- Beiträge...* Documents de géologie et de paléontologie, publiés par le docteur Benecke, avec la collaboration des docteurs Schlœmbach et Waagen (2^e vol., 2^e partie). Munich.
- BERENDT. *Geologie des Kurischen haffes...* Géologie du havre de Courlande et de ses environs, ou explication des sections 2, 3 et 4 de la carte géologique de Prusse. Kœnigsberg.
- DOVE. *Nicht periodische Veränderungen...* Changements non périodiques dans la distribution de la chaleur à la surface de la terre.
- *Klimatologische Beiträge,* Documents climatologiques... Berlin.
- GRIMM. *Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien.* Les gisements des minéraux utiles. Prague.

- HAUER. *Geologische Uebersichts-Karte...* Carte géologique d'ensemble de la monarchie austro-hongroise (4^e et 5^e livraison comprenant les feuilles 1 et 2, Bohême), Vienne.
- PFEIFFER. *Novitates conchologicae*. Dessin et description de nouveaux coquillages (coquillages terrestres, 34^e livr.; coquillages marins, 14^e livr.). Cassel.
- MÜHLBERG. *Ueber die erraticen Bildungen...* Les formations erratiques de l'Argovie et des parties voisines des cantons environnants. Aarau.
- LADENBURG. *Vorträge...* Leçons sur l'histoire du développement de la chimie pendant les cent dernières années. Brunswick.
- EHRENBERG. *Ueber mächtige gebirgsschichten...* Sur de puissantes couches principalement constituées de bacillaires microscopiques, sous et près la ville de Mexico. Berlin.
- KOLBE. *Ausführliches Lehrbuch...* Traité complet de chimie organique. Brunswick.
- HÄIDINGER. *Der meteorit von Goalpara...* Le météorite de Goalpara, dans le pays d'Assam, avec observations sur la rotation des météorites dans leur trajet.
- *Mitteilungen...* Communications de M. Hermann Abich, conseiller d'État russe à Tiflis. Vienne.
- HILTROP. *Ueber die Reorganisation der Knappschafts-Vereine...* De la réorganisation des sociétés de mineurs. Berlin.
- KENNGOTT. *Ein Dünnschliff...* Une esquille d'un échantillon de météorite de knyahinya. Vienne.
- FALLER. *Der steinkohlenbergbau bei Fünfkirchen...* L'exploitation des mines de houille de Fünfkirchen, avec carte de cette formation houillère. Schemnitz.
- WILL. *Anleitung zur chemischen Analyse...* Introduction à l'analyse chimique pratiquée au laboratoire de Giessen.
- *Tafeln...* Tableau pour l'analyse qualitative. Leipzig.
- BOCHKOLTZ. *Der patenterte kraf-regenerator...* Le régénérateur de force, agissant au moyen de l'air comprimé, pour éviter les pertes de travail considérables occasionnées par les soupapes automatiques des pompes. Vienne.
- FRESENIUS. *Auleitung zur qualitativen chemischen Analyse...* Introduction à l'analyse chimique qualitative, avec préface de Just. Liebig. Brunswick.
- ALEX. NAUMANN. *Grundriss der Thermochemie...* Fondements de la thermochimie, ou exposition des rapports entre la chaleur et les phénomènes chimiques au point de vue de la théorie mécanique de la chaleur. Brunswick.

- MARTINI et CHEMNITZ. *Systematisches conchylien-cabinet...* Collection systématique de coquilles (195^e livraison). Nuremberg.
- STEINMANN. *Ergänzungsheft zu dem "Compendium..."* Complément au "Traité du chauffage par le gaz et de ses applications à la métallurgie." Freiberg.
- Wetti's *Locomotivsystem...* Système de locomotives de Wetti pour les chemins de montagnes. Rapport de la commission polytechnique attachée au conseil fédéral suisse. Berne.
- OOSTER. *Pétrifications remarquables des Alpes suisses...* Le corallien de Wimmis. Avec une introduction géologique, par C. de Fischer Ooster. Bâle.
- REICHE. *Die maschinen fabrikation...* La fabrication des machines. Leipzig.
- BARBER. *Chemische Analyse der Josquelle zu Roy...* Analyse chimique de la source iodurée de Roy, près Freistadt, en Silésie.
- *Chemische Analyse der mineralquellen...* Analyse chimique des sources minérales de Dorna Watra et Pojana Negri, dans la Bukowine. Vienne.
- FLEISCHL. *Ueber den bau einiger sog. drüsen...* De la structure de quelques druses sans conduit excrétoire. Vienne.
- BORDCKY. *Zur Entwicklungsgeschichte...* Sur la formation des minéraux qui se rencontrent dans les gisements de minerai de fer du terrain silurien de Bohême. Vienne.
- LANG. *Ueber den Enstatit...* Sur l'enstatite dans le fer météorique de Breitenbach. Vienne.
- RUMPE. *Ueber den Hartit...* Sur l'hartite du charbon d'Oberdorf, Voitsberg et Kœflach en Styrie. Vienne.
- SIMONY. *Ueber urgestein ablagerungen...* Sur les gisements de roches primordiales dans la partie supérieure de la vallée de la Traun. Vienne.
- TSCHERMAK. *Ueber einen Feldspath...* Sur un feldspath de la Nærødal et sur la loi du mélange des feldspaths plagioclastiques. Vienne.
- Bergwerks-und Hütten Karte...* Carte des mines et usines du district minier du Rhin. Essen.
- Die mineralkohlen Oesterreichs...* Aperçu de la provenance, de la production et des débouchés des combustibles minéraux en Autriche, publié par le ministère de l'agriculture. Vienne.
- Berggesetz für das Königreich Bayern...* Loi des mines pour le royaume de Bavière (2^e partie). Wurtzbourg.
- Karten und Mittheilungen...* Carte géologique spéciale du grand-

- duché de Hesse et des pays voisins à l'échelle de $\frac{1}{50\ 000}$ (12^e section), publiée par la Société géologique rhénane. Darmstadt.
- Annalen der Chemie und Pharmacie...* Annales de chimie et de pharmacie, par Wöhler, Liebig et Kopp (7^e vol., suppl., 1^{re} p.). Leipzig.
- KUNTH. *Beiträge zur Kenntniss fossiles Korallen...* Documents sur les coraux fossiles. La loi d'accroissement de la *Zoantharia rugosa* et de la *Culceola sandalina*. Berlin.
- STAFF. *Ueber Geesteinsbohrmaschinen.* Des machines à forer les roches. Stockholm.

OUVRAGES ANGLAIS.

- J. BOURNE. *Recent improvements...* Les derniers perfectionnements des machines à vapeur. Nouvelle édition.
- W. J. MACQUORN, RAUKINE. *The cyclopedia...* Encyclopédie des outils et machines-outils.
- A. Manual... Manuel des mécanismes et des moulins.
- J. LOGIN. *Roads...* Routes, chemins de fer et canaux que doit avoir l'Inde.
- W. W. SMYTH. *Coal and coal-mining...* La houille et son exploitation.
- FIELD. *Chromatography...* Traité des couleurs employées dans la peinture ostiotique. Nouvelle édition, refondue et mise au courant, par Thomas W. Salter.
- HUGH MILLER. *The old red Sandstone...* Le vieux grès rouge. Nouvelle édition.
- T. S. PRIDEAUX. *The economy...* L'économie du combustible.
- MAJOR GENERAL COLBY. *Memoir...* Esquisse de l'original et des travaux de l'*ordnance Survey* de la Grande Bretagne et de l'Irlande.
- SIR W. E. LOGAN. *New geological...* Nouvelle carte géologique du Canada et des régions limithrophes.
- A. R. WALLACE. *The Malay...* L'archipel malais.
- Observations...* Travaux de l'observatoire magnétique et météorologique du Trinity college de Dublin, vol. 2, de 1844 à 1850.
- R. BROUGH SMYTH. *The gold fields...* La région aurifère et le district métallifère de Victoria. Australie.
- Transactions...* Transactions de la Société des ingénieurs, 8^e vol.

- W. M. BUCHANAN. *The dictionary...* Dictionnaire des termes scientifiques.
- REV. W. H. DREW. *A Geometrical...* Traité [des sections coniques.
- E. B. MARTEN. *Records...* Bulletin des explosions de chaudières.
- H. S. OSBORN. *Metallurgy of iron...* Métallurgie du fer et de l'acier, avec documents sur les usines de l'Amérique.
- CH. H. ALLEN. *A visit to Queensland...* Visite de la région aurifère de Queensland.
- B. PRICE. *A. Treatise...* Traité du calcul infinitésimal.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

- J. W. FOSTER. *The Mississippi valley...* Le bassin du Mississippi, sa géographie physique (Chicago, 1869).
- H. V. POOR. *Manual...* Manuel des chemins de fer des États-Unis pour 1869, 2^e série.
- T. C. CLARKE. *An account...* Description du pont en fer pour la traversée du Mississippi par le chemin de fer à Quincy.
- F. A. P. BARNARD. *Report...* Mémoire sur les machines et les procédés des arts industriels à l'Exposition universelle de 1867.

OUVRAGES ITALIENS.

- Atti della R. Accademia...* Comptes rendus de l'Académie royale des sciences de Turin, publiés par les académiciens secrétaires des deux classes, 1869.
- Bullettino del club...* Bulletin du club alpine italien.
- DE VISIONI. *I due nuovi generi...* Deux nouveaux genres de plantes fossiles.
- GOIRAN, BERTOLIO, ZANETTI et MUSSO. *Sopra gli aeroliti...* Sur les aérolithes tombés le 29 février 1868 sur le territoire de Villanova et Motta dei Conti, arrondissement de Casale, Piémont.
- Relazioni dei giurati italiani...* Rapports des délégués italiens sur l'exposition universelle de 1867. Vol. III. Rapports sur les produits des mines et de la métallurgie.

- SECCHI. *Sull' ultima scoperta...* Sur les dernières découvertes spectroscopiques faites dans le soleil.
- ASPRONI. *Relazione sull' ispezione...* Rapport sur l'inspection de la mine de Montevecchio.
- SPINELLI. *Catalogo...* Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles vivants dans l'estuaire de Venise.
- Annuario della società...* Annuaire de la Société des naturalistes de Modène. 4^e année.
- Giornale di scienze...* Journal des sciences mathématiques et économiques de Palerme. 1869.
- Atti del R. Istituto veneto...* Comptes rendus de l'Institut royal de Venise. nov. 1868 à oct. 1869.
- Bollettino della società...* Bulletin de la Société de géographie italienne. 1869.
- BOUBÉE... Des chemins de fer économiques en général, et du système de locomotion mixte Alfredo Cottrau.
- CALVI. *Relazione della miniera...* Rapport sur la mine de Montecerbus.
- Memorie del R. Istituto Lombardo...* Mémoires de l'Institut royal de Lombardie. Classe des sciences mathématiques et naturelles.
- NEGRI et SPREASICO. *Saggio sulla geologia...* Essai sur la géologie des environs de Varase et de Lugano.



EMPLOI

DES

EAUX D'ÉGOUT EN AGRICULTURE

D'APRÈS LES FAITS OBSERVÉS EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

PAR

M. CHARLES DE FREYCINET, Ingénieur des mines.

Tout le monde est aujourd'hui d'accord pour admettre que les matières fertilisantes contenues dans les eaux d'égout doivent être détournées des rivières qu'elles corrompent et livrées aux terres qu'elles enrichissent; on ne diffère que sur les moyens à employer pour atteindre ce but. Les uns pensent que ces matières peuvent être avantageusement séparées des eaux à l'aide de quelque traitement chimique, et c'est sous la forme concentrée qu'il convient, selon eux, d'offrir l'engrais à l'agriculture. Selon d'autres, c'est l'eau d'égout elle-même qui doit être répandue sur les terres; les plantes, disent-ils, sont le meilleur agent possible de séparation: tout mode artificiel est à la fois plus dispendieux et moins efficace. Ainsi deux méthodes sont en présence: l'une par les moyens chimiques, l'autre par les voies agricoles. De ces deux méthodes quelle

est la bonne, et, ce point reconnu, comment doit-elle être pratiquée? Tel est le problème que nous essayerons de résoudre d'après les résultats obtenus jusqu'à ce jour en France et à l'étranger.

Notre travail sera divisé en trois parties : la première sera consacrée à l'étude des procédés chimiques ; la seconde à l'étude des procédés agricoles ; et la troisième à la description d'un certain nombre d'entreprises d'irrigations qui se poursuivent actuellement sur divers points de l'Europe. Nous terminerons par quelques conclusions résumant l'ensemble des considérations développées dans les trois chapitres.

CHAPITRE PREMIER.

PROCÉDÉS CHIMIQUES.

Nous rangeons sous cette dénomination tous les procédés par lesquels on cherche à séparer tout ou partie des matières qui souillent les eaux d'égout, à l'aide de quelque substance ajoutée à ces eaux. Nous y rattacherons, à cause de l'analogie des manipulations, bien qu'aucune réaction chimique n'y intervienne, les méthodes de séparation incomplète par voie de simple dépôt ou de filtrage. Les deux catégories d'opérations ont généralement été essayées dans les mêmes localités et ont eu les mêmes partisans ; on était conduit des unes aux autres, soit par le désir de simplifier le traitement au détriment du résultat, soit au contraire par le désir d'améliorer le résultat au prix d'une complication du traitement.

Les principaux ingrédients chimiques dont on a fait usage, sont : la chaux, le chlorure de chaux, le perchlorure de fer, le sulfate d'alumine et l'acide phénique. La chaux qu'on se procure à bon marché à peu près partout, a eu les applications de beaucoup les plus étendues.

1° Applications en Angleterre.

Une première série d'expériences sur la chaux et les sels phéniques a eu lieu en 1856 à Manchester, par les soins des D^{rs} Angus Smith, Grace Calvert et Mac-Dougall, en vue d'obtenir la purification de la rivière Medlock, qu'on peut assimiler à un égout dans la traversée de cette ville, à cause de la quantité de résidus industriels et d'immondices qu'elle reçoit. Les eaux étaient arrêtées dans des bassins où s'effectuait le mélange avec la chaux, sous l'influence d'agitateurs mécaniques. Les premières expériences, portant sur 4.000 mètres cubes, démontrèrent que l'addition d'un peu plus de 1/10.000 de chaux suffisait pour déterminer la clarification. On reconnut ensuite que la chaux n'était pas épuisée par une première réaction, mais qu'on pouvait faire agir le précipité sur de nouvelles quantités d'eau impure, ce qui permit de réduire la consommation de chaux à 1/50.000. Les eaux, bien que très-claires, conservaient de l'odeur, ou, du moins, la reprenaient au bout de quelque temps. Ce fut pour la combattre qu'on eut recours alors à la poudre Mac-Dougall (mélange de phénate de chaux et de sulfite de magnésie), à la dose de 30 grammes pour 1 kilogramme de chaux employée. On parvint ainsi à diminuer la tendance à la putréfaction. Toutefois, soit par suite de la dépense ou de la difficulté des manipulations, soit par l'impossibilité d'obtenir pratiquement une désinfection satisfaisante ou par toute autre cause, les expérimentateurs discontinuèrent leurs essais, et ils ne nous ont pas paru, quand nous les avons vus quelques années plus tard, disposés à les reprendre.

La chaux a été de nouveau expérimentée à Londres, à diverses reprises, notamment par les D^{rs} Hofmann, Witt, Thomas Way, Franckland et Letheby. MM. Hofmann et Witt ont traité une première fois les eaux d'égout de la

métropole par un peu moins de 5 dix-millièmes de chaux (*). Ils ont reconnu qu'une partie seulement des matières fertilisantes était précipitée et que le dépôt conservait de l'odeur. Quant au liquide il demeurait louche même après plusieurs heures de repos et était susceptible d'entrer de nouveau en fermentation par suite de la quantité de matières organiques qu'il contenait en dissolution. Ces essais ont été repris par M. Thomas Way, qui a employé la chaux à une dose un peu moindre. Il a constaté que 2 dix-millièmes suffisaient à produire tout l'effet qu'on en pouvait attendre. Ses analyses constatent les résultats très-importants que voici : 1° la chaux ne précipite que la matière organique en suspension qu'une filtration eût séparée, mais ne précipite pas la matière organique engagée en dissolution; 2° l'ammoniaque fixée dans le précipité provient uniquement de la partie insoluble; 3° la potasse soluble n'est pas fixée; 4° les cinq sixièmes de l'acide phosphorique sont précipités (**). Le traitement par la chaux n'ajoute donc au dépôt séparé

(*) Exactement 0^m,285 de chaux par litre d'eau d'égout.

(**) Voici, d'après M. Ronna, le tableau des analyses faites sur les eaux de l'égout de Northumberland, puisées en mars 1859 :

NATURE DES SUBSTANCES.	MATIÈRES PAR LITRE.		
	avant l'épuration.	après l'épuration.	précipitées.
	grammes.	grammes.	grammes.
Matière organique { soluble	0,2770	0,2760	0,505
{ insoluble	0,5580	»	
Chaux	0,1445	0,1320	0,213
Magnésie	0,0202	0,0134	0,003
Soude	0,0570	0,0322	
Potasse	0,0522	0,0542	0,011
Chlorure de sodium	0,3766	0,3494	
Acide sulfurique	0,0762	0,0854	0,016
Acide phosphorique	0,0375	0,0064	0,029
Acide carbonique	0,1284	0,0740	0,127
Silice, oxyde de fer, etc.	0,0884	0,0032	0,085
	1,8160	1,0262	0,992
Ammoniaque	1,100	0,107	0,040

par un simple filtrage aucun élément fertilisant si ce n'est de l'acide phosphorique. Ces résultats sont plus défavorables encore quand les eaux d'égout ne sont pas *fraîches*, c'est-à-dire quand elles ont subi un commencement de putréfaction; en ce cas il y a un dégagement d'ammoniaque et des odeurs désagréables.

Des essais en grand, entrepris pour le compte de la ville de Londres, par les D^{rs} Hofmann et Franckland, en 1859 et 1860, ont eu pour objet de constater la valeur respective, comme désinfectant, de la chaux, du chlorure de chaux et du perchlorure de fer. Ces essais, par la quantité de matières employées, se rapprochent tout à fait des conditions ordinaires de la pratique. Les auteurs en ont rendu compte en ces termes, dans leur rapport au conseil métropolitain des travaux : « Afin, disent-ils, de nous « mettre à même d'opérer sur une échelle suffisante, des « bassins en briques, doublés de ciment, et contenant « chacun 7.500 gallons (54 mètres cubes 1/2), furent con- « struits à l'embouchure de l'égout King's Scholars Pond. « Les eaux étaient élevées dans ces bassins au moyen d'une « pompe à vapeur, et les divers désinfectants étaient mé- « langés, soit en les introduisant dans le jet au fur et à « mesure du remplissage, soit en les agitant mécanique- « ment au sein de la masse liquide.

« De plusieurs expériences ainsi conduites, il ressort que « chacun des 3 agents susmentionnés (le perchlorure de « fer, le chlorure de chaux et la chaux) peut désinfecter « immédiatement les 7.500 gallons, quand on les applique « dans les proportions suivantes :

Perchlorure de fer 1/2 gallon.
 Chlorure de chaux 3 livres (1^l.454)
 Chaux 1 bushel (8 gallons).

« Il en résulte que 1 million de gallons (4.543 mètres « cubes) d'eau d'égout exigent respectivement :

	l.	s.	d.	t.
66 gallons de perchlorure de fer coûtant.	1	15	5	(41,55)
400 livres de chlorure de chaux.	2	2	10 1/2	(55,85)
152 1/2 bushels de chaux.	5	6	6	(85,50)

Ces chiffres ramenés au mètre cube d'eau d'égout donnent respectivement, pour la dépense de désinfection d'un mètre cube :

	francs.
1° Avec la chaux.	18,15
2° Avec le chlorure de chaux.	11,90
3° Avec le perchlorure de fer.	9,15

Pour juger de la permanence de la désinfection, c'est-à-dire pour déterminer le temps au bout duquel les liquides séparés des dépôts obtenus avec les divers réactifs entrent en putréfaction, ces expérimentateurs ont traité respectivement par la chaux, le chlorure de chaux et le perchlorure de fer trois quantités égales d'eau d'égout, recueillies dans les mêmes conditions, et après désinfection parfaite ils ont laissé reposer et décanté les liquides qu'ils ont ensuite abandonnés à eux-mêmes. Ils ont reconnu que la putréfaction se produisait après des délais variables selon la nature de l'agent employé, et que ces délais étaient :

1° Pour la chaux.	2 jours.
2° Pour le chlorure de chaux.	4 jours.
2° Pour le perchlorure de fer.	10 jours.

ce qui établit de nouveau la supériorité de ce dernier réactif sur les deux autres.

Examinant enfin une autre face de la question, les D^{rs} Hofmann et Franckland ajoutent : « Il nous reste à « porter notre attention particulière sur la nécessité de « décharger les eaux d'égout dans la rivière, aussi privées « que possible de matières en suspension. Nous avons

« trouvé que ces matières, une fois séparées des eaux, « même désinfectées, passent rapidement dans les temps « chauds à un état de putréfaction active. Leur enlèvement « préviendrait à un haut degré la formation de dépôts insa- « lubres sur les bords de la Tamise, sans parler de l'amé- « lioration qui en résulterait dans l'aspect du fleuve... La « tendance putrescible des matières séparées rend leur « rapide enlèvement de la plus haute importance, surtout « pendant l'été. Car le travail de la fermentation, une fois « commencé, ne peut plus être arrêté que par des masses « de désinfectants pratiquement impossibles.... Les opé- « rations de cette espèce doivent être conduites aussi loin « que possible des districts populeux. » M. Hofmann nous a confirmé de vive voix ces conclusions.

De son côté, M. Way est arrivé à des résultats semblables en traitant par le perchlorure de fer l'eau des égouts de Croydon, dont la composition est un peu moins chargée que celle de Londres. Il a déduit de ses analyses (*), que le perchlorure ne sépare pas de matière organique ni l'ammoniaque contenue dans les eaux d'égout, ce qui explique

(*) En voici le tableau :

NATURE DES SUBSTANCES.	MATIÈRES PAR LITRE.	
	avant le traitement.	après le traitement.
	grammes.	grammes.
Matière organique.	0,1312	0,1395
Chaux.	0,1001	0,1225
Magnésie.	0,0193	»
Soude.	0,0269	»
Potasse.	0,0155	»
Chlorure de calcium.	»	0,0613
Chlorure de magnésium.	»	0,0432
Chlorure de sodium.	0,0796	0,1321
Chlorure de potassium.	»	0,0248
Acide phosphorique.	0,0092	traces.
Acide sulfurique.	0,0489	0,0508
Acide carbonique.	0,0680	0,0245
	0,5590	0,5988
Ammoniaque.	0,0331	0,0332

très-bien pourquoi les liquides, malgré une désinfection en apparence parfaite, finissent toujours par rentrer en putréfaction. On a essayé, du reste, à Croydon, d'épurer de cette manière les eaux d'égout qui souillaient la Wandle et provoquaient les plaintes des riverains, mais on a dû y renoncer, en présence de la cherté du réactif et de l'insuffisance des résultats obtenus.

Le chlorure de chaux a été expérimenté par un grand nombre de chimistes. Indépendamment des essais que nous venons de rapporter, de MM. Franckland et Hofmann, le Dr Letheby a fait pour le compte de la Cité de Londres une série d'observations, tant sur l'effet du chlorure que sur divers autres réactifs. Il a constaté, comme ses confrères, qu'avec une dose convenable de réactif on peut obtenir une désinfection qui semble satisfaisante, mais il n'a pas confiance dans le résultat final de l'opération et il doute que le chlorure de chaux ou tout autre agent chimique puisse, même à dose élevée, détruire la totalité des éléments organiques qui constituent, selon lui, le véritable danger des eaux d'égout. « Sans doute, dit-il, comme conclusion de ses expériences, la destruction d'odeurs impures comme celle de l'hydrogène sulfuré peut être de quelque avantage; mais il n'y a pas la moindre preuve que ce soit là les seuls ou même les principaux éléments d'insalubrité; et il n'y a aucun motif scientifique de croire que leur destruction soit suffisante pour diminuer la cause ou l'étendue d'une épidémie. »

Le sulfate d'alumine a été principalement étudié par MM. Hofmann et Witt et par M. Way. Ce dernier l'a employé avec addition de chaux, de sulfate de zinc et de charbon de bois, d'après le procédé Stothert, ce qui donne une séparation plus complète. A cet effet, il brassait dans 1 mètre cube d'eau d'égout, 1 kilog. de sulfate d'alumine, 50 grammes de sulfate de zinc et 1 kilog. de charbon de bois pulvérisé. Il ajoutait ensuite au mélange 300 grammes de

chaux éteinte. Il résulte de ses analyses (*) que le liquide séparé ne diffère pas essentiellement de celui qu'on obtient avec la chaux seule, si ce n'est qu'il ne contient plus d'acide phosphorique; mais il contient, comme dans le traitement par la chaux, une proportion notable de matières organiques, il n'est pas entièrement privé d'odeurs et il entre, au bout de peu de jours, en putréfaction.

Les résultats obtenus par le même savant avec un mélange de phosphate acide de chaux et de magnésie sont encore moins satisfaisants. La liqueur filtrée conserve un tiers de l'acide phosphorique et la presque totalité de l'ammoniaque.

Nous passons sous silence les essais faits sur plusieurs autres substances, qui ont paru moins efficaces que les précédentes.

L'impression qui résulte de l'ensemble de ces observations n'est pas favorable aux procédés chimiques. La pratique a plus que confirmé cette impression, comme on en pourra juger par le récit succinct de quelques entreprises

(*) Nous en empruntons le tableau à M. Ronna:

NATURE DES SUBSTANCES.	MATIÈRES PAR LITRE		
	avant traitement.	après traitement.	précipitées.
	grammes.	grammes.	grammes.
Matières (en suspension.	0,2425	0,3078	1,7353
organiques (en dissolution.	0,5853		
Chaux.	0,2098	0,3026	0,1920
Magnésie.	0,0259	0,0258	0,0117
Alumine.	"	0,0109	0,1418
Oxydes de zinc et de fer.	0,0376	0,0143	0,1266
Soude.	0,0342	0,0322	
Potasse.	0,0509	0,0533	0,0071
Chlorure de sodium.	0,3225	0,3210	
Acide sulfurique.	0,0713	0,4576	
Acide phosphorique.	0,0821	traces.	0,0552
Acide carbonique.	0,1272	"	0,1208
Silice.	0,1555	0,0035	0,1502
	1,9448	1,5290	2,5407
Ammoniaque.	0,120	0,119	0,485

faites par des villes anglaises. La plupart des exploitations de ce genre ont été abandonnées; celles qui survivent encore n'ont été maintenues que par des considérations particulières, comme le désir d'utiliser une installation toute faite ou la difficulté d'appliquer, à cause de la configuration du terrain, les méthodes plus satisfaisantes dont nous parlerons plus tard.

Un des meilleurs types d'exploitations basées sur le traitement chimique, se rencontre dans la ville de Cheltenham. On a cherché, par une combinaison du filtrage avec la défécation, à épurer les eaux d'égout d'une population de 12.000 âmes, eaux contenant, selon la coutume anglaise, la totalité des matières fécales. La disposition adoptée est la suivante :

Les liquides débouchent par une extrémité de l'usine d'épuration et se répandent dans deux bassins qui renferment chacun un filtre vertical. Chaque filtre se présente comme une caisse carrée, de 3^m,50 de côté, à doubles parois perforées entre lesquelles est contenue une tranche de gros gravier de 1^m,50 de hauteur et de 0^m,60 d'épaisseur. Les eaux qui, à travers le gravier, se rassemblent dans la partie centrale de la caisse, sont emmenées par un tuyau dans un troisième bassin où s'opère le traitement au lait de chaux. Les liquides traversent ensuite un dernier filtre vertical formé de deux couches, l'une de gros l'autre de fin gravier, et s'écoulent dans la rivière. Les matières les plus lourdes se déposent au fond des deux premiers bassins, tandis que les plus légères forment à la surface une épaisse couche floconneuse. Dans le troisième bassin, il se forme encore des résidus floconneux par suite de la combinaison avec la chaux. Quand les appareils sont obstrués, ce qui arrive moyennement au bout de deux mois, on procède au curage. Les matières extraites dans un état semi-fluide sont mélangées avec des boues sèches, des cendres, des balayures, etc., et le magma ainsi obtenu est livré à l'agriculture au prix de

3^f,40 le mètre cube. Ce prix n'est pas rémunérateur, car la main-d'œuvre seule coûte près de 3 francs et la dépense en chaux est d'environ 0^f,50. Le capital de l'usine, qui a dépassé 30.000 francs, est donc absolument improductif. Mais la ville y était résignée d'avance, considérant cette fabrication comme un sacrifice à la salubrité publique. Les opérations ne paraissent pas d'ailleurs avoir provoqué de plaintes dans le voisinage, sous le rapport des odeurs dégagées, résultat qu'on doit attribuer, d'une part, à ce que les bassins sont couverts, d'autre part, à la rapidité avec laquelle les dépôts sont mélangés avec des matières absorbantes et emportés sur les terres, et surtout à la faible quantité relative sur laquelle on opère, puisque le volume annuel de l'engrais ne dépasse pas 2.500 mètres cubes, soit, par jour, une moyenne de 7 mètres cubes. Quant aux eaux écoulées à la rivière, elles sont encore laiteuses et ne seraient certainement pas exemptes d'inconvénient si les circonstances naturelles étaient moins propices.

A Coventry, où l'on a installé une exploitation analogue, les résultats sont encore moins favorables. Les eaux d'évacuation laissent beaucoup à désirer, par suite de la forte proportion de résidus industriels qui souillent les égouts, et les odeurs dégagées par le traitement sont sensibles dans le voisinage. La perte sur la fabrication est bien plus élevée qu'à Cheltenham. L'établissement a, en effet, coûté près de 110.000 francs (y compris l'achat des terrains), ce qui, en portant l'intérêt et l'amortissement à 10 p. 100, représente 11.000 fr.; les frais d'exploitation dépassent 4.000 fr.: total 15.000 fr. par an. Quant au bénéfice de la vente, il n'atteint pas au maximum 5.000 fr. pour 2.000 tonnes livrées au public. La perte annuelle est donc de 10.000 francs, soit pour une population de 5.000 âmes seulement, une charge de 2 francs par tête. Encore même convient-il de remarquer que la vente de la totalité de l'engrais souffre souvent des difficultés.

L'installation de Leicester est la plus importante où l'on ait pratiqué le traitement chimique. Il s'agit là d'une ville de 70.000 habitants, fournissant 5 millions de mètres cubes d'eau d'égout par an, soit plus de 13.000 mètres cubes par jour. On s'était proposé d'appliquer le procédé Wicksteed, dont le principe est l'emploi de la chaux, mais qui se distingue par le mode et l'agencement des manipulations. La compagnie concessionnaire des eaux d'égout s'était engagée à faire tous les frais d'établissement et d'exploitation et devait être rémunérée par la vente de l'engrais. La fabrication qui a marché pendant deux ans, de 1856 à 1858, avait lieu dans les conditions suivantes :

« Le collecteur, dit M. Ronna qui a visité les travaux
 « à l'époque, débouche dans un puits; une machine à
 « vapeur de 20 chevaux élève les eaux par une pompe de
 « 0^m,70 de diamètre au niveau des réservoirs. Une autre
 « petite pompe, commandée par la même machine, verse
 « dans la conduite maîtresse alimentée par la première
 « pompe, une certaine quantité de lait de chaux préparé
 « dans une citerne spéciale. Cette quantité, réglée par des
 « robinets, varie entre 0^{sr},25 et 0^{sr},005 par litre, suivant la
 « nature des eaux et la consistance du lait. Des agitateurs
 « à palettes brassent le mélange dans une caisse étroite et
 « longue d'où le liquide sort lentement, par des ouvertures
 « horizontales, dans un réservoir en maçonnerie de 60 mè-
 « tres de longueur sur 13 mètres de largeur, divisé en
 « deux compartiments, à une distance de 15 mètres du
 « point de départ, par une série de châssis verticaux et
 « mobiles. Ces châssis en toile métallique sont destinés à
 « retenir les corps en suspension. La vitesse du liquide, qui
 « n'est plus que de 0^m,006 à 0^m,008 par seconde, permet
 « aux sept huitièmes environ du dépôt floconneux de se
 « déposer dans le premier compartiment. Dans la partie
 « comprise entre les agitateurs et les châssis, le réservoir
 « est recouvert d'une voûte plate formant plancher. Le

« radier est formé de deux parties inclinées vers le milieu,
 « où elles se réunissent en une rigole, dans laquelle une vis
 « d'Archimède de 0^m,90 de diamètre entraîne la pâte vers
 « un puisard. La profondeur du réservoir est ainsi de
 « 1^m,50 le long des parois, et de 4^m,50 au milieu.

« A l'aval, des petits diaphragmes, ou vannes, laissent
 « le liquide épuré s'écouler par tranches minces à la rivière.

« Une chaîne à godets élève les boues du puisard dans
 « une des deux citernes situées à l'étage supérieur, à
 « 6 mètres au-dessus du sol. Comme à Tottenham, la diffi-
 « culté consistait à débarrasser ces boues du liquide en
 « excès. M. Wicksteed s'est arrêté à l'emploi d'essoreuses
 « à force centrifuge qui enlèvent les deux tiers de son poids
 « d'eau à 200 kilog. de matière, après un quart d'heure
 « de révolution. Cesessoreuses, au nombre de douze, font
 « 1.000 tours par minute.

« Plus tard, pour diminuer la dépense de ce mode de
 « séchage, M. Wicksteed employait une presse consistant
 « en une série de plateaux à toile métallique et placée à
 « l'étage inférieur.

« La pâte, au sortir de la presse ou des toupies esso-
 « reuses, était découpée, moulée à l'état de briquettes, et
 « mise à sécher.

« Une machine de 8 chevaux mettait en mouvement les
 « agitateurs, la vis et la noria. Chaque toupie était con-
 « duite par une petite machine horizontale à cylindre oscil-
 « lant. Une seule chaudière fournissait la vapeur à ces
 « diverses machines. Le personnel de l'usine comprenait,
 « outre le mécanicien et le chauffeur, 3 ouvriers aux esso-
 « reuses, 1 briquetier, 5 ou 6 manœuvres. »

La compagnie, en 1856, avait dépensé une somme de 700.000 francs en installation et en essais. Elle fabriquait annuellement 4.500 tonnes d'engrais solide. Le prix en avait été fixé d'abord à 50 francs la tonne, puis à 25 francs, mais sans jamais pouvoir être obtenu. Les analyses du

D^r Vœlcker lui assignent la valeur de 11 à 12 francs, qui est restée encore bien au-dessus du prix du marché (*). Mais même à 12 francs il est facile de voir que la spéculation était désastreuse. Il résulte, en effet, du compte de M. Wicksteed que les frais de fabrication, non compris les briquettes, le travail des essoreuses et l'entretien, se sont élevés, en 1858, à près de 14.000 francs. D'autre part les 4.500 tonnes d'engrais à 12 francs auraient donné 54.000 francs; il serait donc resté 40.000 francs seulement pour faire face à l'intérêt et à l'amortissement d'un capital de 700.000 francs, ce qui est tout à fait insuffisant. Mais la réalité, nous le répétons, a été bien loin de ce compte; et c'est à peine si le produit de la vente a couvert les frais d'exploitation, en sorte que le capital d'établissement est resté entièrement improductif. Aussi la compagnie a-t-elle dû résigner sa concession. Aujourd'hui la municipalité de Leicester se borne à pomper les eaux et à épurer sommairement moyennant une dépense annuelle de 55 à 40.000 francs. L'engrais ne se vend guère que 2 francs le mètre cube (**).

(*) Voici l'analyse de M. Vœlcker :

Eau.	11,52
Matière organique (azote, 0,60).	12,46
Silice insoluble.	15,50
Carbonate de chaux.	55,99
Oxyde de fer et d'alumine.	2,89
Carbonate de magnésie.	5,67
Sulfate de chaux.	1,76
Chlorure de sodium.	0,45
Potasse.	0,27
Phosphate de chaux.	0,27
Total.	100,78

(**) En août 1868, la municipalité de Leicester a entrepris des essais d'épuration à l'aide d'un procédé breveté au nom de MM. Sillar et C^e, dont on avait fait grand bruit. Les articles du *Times* et du *Chemical News* annonçaient une désinfection complète

Plusieurs autres localités, Tottenham, Ely, Bristol, Chelmsford, etc. ont employé soit la chaux, soit d'autres réactifs, mais ne s'en sont pas mieux trouvées. Toutes se sont heurtées à ce double écueil : insuffisance des produits, incommodité des manipulations. Partout le résultat commercial a été déplorable et partout on a eu à se prémunir contre le danger des mauvaises odeurs résultant soit du traitement, soit de l'accumulation de l'engrais, danger qui, on le conçoit, eût été bien autre si l'on avait eu affaire à des centres de population considérables.

Dans quelques villes on a reculé devant l'emploi des agents chimiques, et l'on s'est borné à une clarification mécanique. A Birmingham on a fait, dans ce but, une installation grandiose, qui a coûté à la municipalité près de 2 millions, mais qui n'a pas donné les résultats qu'on en attendait. La population dépasse 300.000 âmes; le volume quotidien des liquides est de 55.000 mètres cubes. Les deux émissaires débouchent à Saltley, près du confluent de la Rea et de la Tame. Les eaux sont introduites à l'extrémité d'un bassin d'environ 100 mètres de long, 50 de large et 2^m,10 de profondeur, divisé en trois compartiments. Les deux premiers sont de simples réservoirs de dépôt; le troisième comprend, en outre, un filtre *per ascensum* d'une surface de 450 mètres carrés, formé d'une grille en fer qui supporte 7 à 8 centimètres de gros gravier et 22 centimètres de gravier fin. Après avoir parcouru successivement les trois compartiments et traversé le filtre de bas en haut, les eaux clarifiées s'épanchent dans une rigole latérale qui les emmène à la rivière. Le troisième compartiment comprend aussi un filtre *per descensum* marchant concurremment avec l'autre; mais quand nous l'avons vu, on

et une production à bas prix d'un engrais de première valeur. Mais il résulte des renseignements qui nous ont été fournis (décembre 1868), que le procédé Sillar ne paraît pas devoir être plus heureux que ses devanciers.

avait renoncé à s'en servir, parce que les dépôts fins et limoneux de Birmingham sont si obstructifs qu'une couche d'un demi-millimètre d'épaisseur suffisait à le mettre hors d'usage. Le filtre *per ascensum* lui-même n'était pas complètement à l'abri des inconvénients; aussi dans le second système d'épurateurs qu'on terminait alors, pour alterner avec le précédent et prévenir ainsi toute interruption de service, on s'est borné aux bassins de dépôt et on a écarté la filtration. Les matières solides séparées des eaux chaque jour atteignaient au plus bas le chiffre de 60 tonnes. Mais elles constituaient un embarras au lieu d'un profit, car on ne trouvait pas à les vendre et on les offrait gratuitement aux cultivateurs qui voudraient venir les chercher. On espérait toutefois que cette situation se modifierait, et l'ingénieur de la ville, M. Till, nourrissait même le projet de profiter des 2 mètres de chute dont on dispose au-dessus de la Tame pour conduire les eaux clarifiées, mais fort riches encore, aux fermes voisines, et les vendre à de bonnes conditions. Mais loin que ces espérances se soient réalisées, on a dû discontinuer en grande partie la fabrication de l'engrais solide dont on a toujours beaucoup de peine à se débarrasser.

La ville de Balckburn n'a pas été plus heureuse; elle a récemment établi à grands frais des bassins et des filtres pour améliorer ses eaux d'égout, très-fortement chargées par le lavage des laines. Elle retient ainsi 5 à 6.000 tonnes d'engrais solide par an, mais la purification laisse beaucoup à désirer, et le débit de l'engrais n'est pas facile. La municipalité ne continue ces opérations que par crainte des poursuites des riverains.

2° *Essais en Belgique.*

A proprement parler, il n'y a eu en Belgique que des études de laboratoire; elles ont porté principalement sur le perchlorure de fer, que M. le Dr Kœne proposait d'appliquer en grand aux eaux d'égout de la ville de Bruxelles. En s'appuyant sur des estimations par trop encourageantes de la valeur de l'engrais obtenu (*), il avait offert, en 1861, de se charger à forfait de la désinfection de tous les liquides d'égout de la capitale, réunis en un point déterminé, moyennant une subvention annuelle de 20.000 francs et la libre disposition, bien entendu, de tout l'engrais obtenu. Il est à remarquer que malgré les prévisions plus qu'optimistes de la valeur commerciale de cet engrais et un abaissement considérable que le Dr Kœne se faisait fort d'amener dans le prix du perchlorure par un nouveau mode de préparation de ce réactif, malgré, disons-nous, ces données doublement favorables, le Dr Kœne n'a pas cru cependant pouvoir se retrouver sur l'opération elle-même, puisqu'il réclamait de la municipalité un retour de 20.000 francs. Or, même à ces conditions, il n'est pas douteux que le Dr Kœne courait au-devant d'une ruine inévitable, et la municipalité bruxelloise lui a rendu un grand service en refusant ses propositions. Cette municipalité qui, assistée des grands corps de l'État, a fait une étude très-approfondie de la question et a voulu connaître les résultats obtenus en

(*) M. Heyvaert, chimiste expert, chargé, pour le compte de la ville de Bruxelles, d'apprécier l'engrais provenant de la précipitation des eaux d'égout par le perchlorure, en avait porté la valeur au chiffre énorme de 160 francs la tonne. Cette estimation était basée sur des analyses qui trouvaient 5,40 p. 100 d'azote et 50 p. 100 de phosphate de fer dans l'engrais. Mais ces chiffres sont en complet désaccord avec ceux de M. Way, que l'expérience a d'ailleurs confirmés partout où l'on a employé pratiquement le perchlorure.

Angleterre avant d'adopter la solution que nous décrivons plus loin, a repoussé le projet du D^r Kœne et tous autres analogues comme n'offrant pas des garanties suffisantes au double point de vue de la salubrité et de l'utilisation des principes fertilisants. La commission spéciale chargée, à deux reprises, par la ville de Bruxelles, d'examiner sur place les systèmes d'épuration en vigueur dans le Royaume-Uni, a porté sur ces systèmes le jugement suivant : « L'expérience, « disent les commissaires dans un rapport du mois de février « 1866, d'accord avec les données chimiques, démontre « que les matières lourdes susceptibles de se déposer dans « des bassins de décantation, ont peu de valeur au point de « vue de leur emploi en agriculture, qu'elles dégagent peu « d'odeur lorsqu'elles sont exposées à l'air et qu'elles ne « méritent qu'une attention secondaire.

« Mais il n'en est pas de même pour les matières dissoutes et pour celles qui restent en suspension malgré un repos prolongé; la science et l'expérience ont démontré que ces matières représentent environ 95 pour 100 des principes utiles à l'agriculture et nuisibles à la santé publique.

« Les procédés chimiques employés jusqu'à ce jour pour les extraire des eaux d'égout ont donné des résultats peu satisfaisants; l'irrigation des prairies a seule permis d'utiliser et de purifier ces eaux d'une manière constante... »

Ce jugement porté par des hommes entièrement étrangers à la conception des travaux qu'ils avaient à apprécier, a, par cela même, on en conviendra, une grande valeur. Il ne faisait au surplus que confirmer celui qu'avait déjà rendu, peu auparavant, une commission d'ingénieurs en chef (*) chargée, pour le compte de l'État, d'étudier la même question. « La commission, avaient dit ces ingénieurs dans

(*) Cette commission était composée de MM. Maus, président, O'Sullivan, Cognioul, Houbotte, Carez et Dubois, secrétaire.

« leur rapport du 30 mars 1865, a rejeté l'idée d'extraire « les matières fertilisantes contenues dans les eaux d'égout, « parce qu'elle n'admet pas que l'assainissement de Bruxelles « puisse être ajourné jusqu'à la solution des difficultés nombreuses et peut-être insurmontables que présente cette « extraction des engrais dissous dans les eaux salées par la « population.... Pour purifier ainsi un volume d'eau qui « se renouvelle chaque jour et se mesure par millions de « litres, il faut un local très-étendu, un matériel considérable et un personnel dispendieux. Les précipités ainsi « obtenus doivent, pour servir à l'amendement des terres, « conserver un certain degré de solidité qui sera une cause « de fermentation et une difficulté pour les conserver en « attendant la saison favorable à leur emploi. MM. les délégués de la commission (belge) créée en 1861, qui ont « visité l'établissement de Leicester, ont en effet constaté « que les produits recueillis répandaient au loin une odeur « fétide et insupportable.

« Le prix de ces engrais croît avec les frais de transport « à mesure que l'on s'éloigne du lieu de production, et « atteint, à l'extrémité d'un certain rayon, un taux qui « dépasse le profit que l'agriculture peut en retirer. C'est « ainsi qu'une partie des engrais naturels les plus précieux « fournis par les grandes villes reste sans emploi....

« Ces considérations paraissent devoir faire renoncer à « traiter les eaux pour en extraire des engrais solides, et « engager à chercher dans un vaste système d'irrigation « opérée avec ces eaux sales, le moyen de rendre à l'agriculture les engrais qu'elles contiennent... »

5° Essais en France.

Les seuls essais vraiment intéressants qu'on puisse citer en France sont ceux de la ville de Paris, et, dans un ordre moindre, ceux de la ville de Reims. L'importance des pre-

miers, la valeur des hommes qui les ont inspirés ou conduits (*), leur méritent une attention toute particulière. Aussi les décrirons-nous avec quelques détails.

Les expériences de *Clichy*, tel est le nom sous lequel on les désigne, ont commencé en 1866 et se continuent encore; la ville de Paris a voté récemment (fin 1868) une nouvelle somme de 1 million pour les poursuivre sur une plus grande échelle en les reportant sur des points différents. Elles sont confiées à M. Mille, ingénieur en chef des ponts et chaussées, assisté de M. Ernest Durand-Claye, ingénieur ordinaire. Elles ont été instituées en vue de compléter l'étude d'un procédé chimique d'épuration proposé par M. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines; on a joint, depuis, à ce programme l'arrosage des cultures par l'eau d'égout prise avant et après cette épuration.

La méthode de M. Le Chatelier consiste essentiellement à traiter les eaux par le sulfate d'alumine ferrugineux et à séparer les matières dans des bassins de dépôt d'un système particulier. Le réactif employé est fourni économiquement par la dissolution de la bauxite dans l'acide sulfurique ou par les magmas rouges de Picardie (**); quant aux bassins de dépôt, également économiques, ils sont établis sur le principe des digues filtrantes de M. l'ingénieur des mines Parrot. Le but des opérations est d'obtenir

(*) M. Dumas a, comme on sait, encouragé ces expériences. L'illustre chimiste, bien que partisan, en principe, de l'emploi agricole direct, a pensé, nous disait-il, que l'épuration artificielle pourrait rendre provisoirement des services, et qu'en tous cas il y avait un grand intérêt pour la science à ce qu'aucune de ces questions ne restât sans examen.

(**) Le produit de l'une ou l'autre de ces provenances, à la teneur de 10 pour 100 d'alumine et de 2 à 3 pour 100 de peroxyde de fer, revient, sur les rives de la Seine, à 65 ou 70 francs les 1.000 kilogrammes. M. Le Chatelier insiste sur le rôle essentiel que joue, selon lui, le fer dans les réactions. Le sulfate de fer, en présence des matières contenues dans l'eau d'égout, « forme, dit-il, du sulfure de fer qui se régénère rapidement à l'état de sous-sulfate de

des liquides assez purs pour être, sans inconvénient, évacués aux cours d'eau, ou employés à des arrosages nonobstant le voisinage des habitations. L'engrais solide provenant du dépôt séché à l'air est mis lui-même à la disposition des cultivateurs.

« Ce qui caractérise, dit M. Le Chatelier, ce procédé qui « n'exige aucune construction coûteuse, pour lequel il « suffit d'endiguer quelques hectares de terre, c'est la facilité avec laquelle on peut faire varier les conditions de « son application. On peut emprunter aux conduites d'amenée ou aux canaux d'épuration toutes les quantités « d'eaux impures ou épurées, que la culture pourra utilement appliquer soit à des colmatages, soit à de simples « arrosages. Le jour où la totalité (des eaux impures) vient à être utilisée, on rendrait à la culture les surfaces « occupées par les bassins, enrichies à un très-haut degré « par les infiltrations de matières fertilisantes. Les eaux « peuvent être plus ou moins épurées suivant la saison ou « l'état du fleuve; l'addition des réactifs peut être limitée « à ce qui serait strictement nécessaire pour faciliter un « dépôt sommaire et en même temps pour le désinfecter. « Rien ne s'oppose à ce que pendant les crues la défécation soit suspendue. La solution peut être immédiate et « ne fait obstacle à l'adoption d'aucune autre combinaison « ultérieure. C'est dans ces termes, ajoute M. Le Chatelier, « que la question d'épuration a été posée pour le cas particulier de la ville de Paris. »

Le point de départ du procédé a été l'opinion, depuis longtemps exprimée par son auteur, que la solution adoptée à Londres (dont la description détaillée viendra plus loin)

« peroxyde de fer. C'est à sa présence que paraît devoir être attribué surtout ce fait que le dépôt ne perd pas d'azote et reste désinfecté. Le sulfate de peroxyde de fer alumineux peut d'ailleurs « remplacer le sulfate d'alumine ferrugineux et réduire la dépense de réactif. »

n'est pas actuellement applicable à Paris (*). L'emploi des eaux d'égout de la capitale, comme agent de fertilisation, ne pourrait, selon lui, se propager que très-lentement, tandis que la Seine ne saurait continuer à recevoir dans son faible débit le torrent d'eau infecte que vomit incessamment le collecteur d'Asnières, et qui vient de s'augmenter de l'apport de la rive gauche. C'est sous l'empire de ces idées que M. Le Chatelier, qui s'occupait d'ailleurs depuis longtemps des applications industrielles des sels d'alumine, a conclu à la nécessité d'une épuration préalable, à l'aide des substances que nous avons indiquées, et qu'il a entrepris en

(*) La solution adoptée à Londres, dit M. Le Chatelier, et dont plusieurs auteurs ont recommandé l'application à Paris, a pour « base ou pour condition nécessaire la possibilité d'évacuer l'excédant des eaux infectées, c'est-à-dire ce que la culture ne pourra pas absorber, soit d'une façon permanente, soit à certaines époques de l'année. A Londres, cet excédant est évacué à une distance de 70 kilomètres sur une plage basse et déserte de la mer du Nord, où son déversement n'aura d'inconvénient d'aucune sorte et donnera, au contraire, l'occasion de conquérir sur la mer des terrains précieux pour l'agriculture.

« Rien de pareil ne serait possible pour Paris. Il faudrait conduire les eaux à l'embouchure de la Seine ou à Dieppe, en franchissant un faite élevé. La distance est de 250 kilomètres dans un cas, de 180 à 200 dans l'autre; la dépense serait énorme, et le littoral ne se présente pas dans des conditions favorables pour recevoir les dépôts; il est, en effet, formé d'un côté par des falaises escarpées, d'autre côté par les plages du Calvados où sont assis de nombreux établissements de bains de mer. »

M. Le Chatelier insiste en outre sur ce point que « ni la configuration du sol autour de Paris, ni la constitution de la propriété et de la culture, ne se prêtent, comme autour de Londres, à l'emploi illimité des eaux d'égout. La grande culture à son siège sur les plateaux qui bordent la vallée de la Seine, et elle est généralement entre les mains de fermiers dont les baux sont à court terme, et qui manquent de capitaux ou de crédit; la petite culture, qui occupe les terrains d'ailleurs peu étendus de la vallée, opère sur des terres morcelées à l'infini.

« Par suite de cet état de choses, conclut M. Le Chatelier, l'emploi des eaux d'égout de la capitale, comme agent de fertilisation, ne pourrait se propager que très-lentement. »

1865, de concert avec M. Léon Durand-Claye, frère du précédent, une série de recherches dans le laboratoire de M. Hervé Mangon, à l'École des ponts et chaussées. Ils en ont déduit qu'une dépense moyenne de 0,02 de réactif devait procurer la clarification d'un mètre cube d'eau d'égout et fournir environ 2 kilogrammes de matière sèche, dont la valeur calculée avec les prix élémentaires en usage dans le commerce des engrais, payerait une grande partie des frais de l'épuration. Quant au liquide décanté, « il est, « disent-ils, en même temps désinfecté, et ne se trouble « de nouveau qu'au bout de plusieurs jours (*) ».

Telle est l'origine des expériences de Clichy. L'établissement est situé sur la rive droite de la Seine, près de l'embouchure du collecteur d'Asnières. Une pompe à vapeur puise journellement dans l'égout 500 mètres cubes de liquide et les envoie à un champ d'essai de 1^{hectare},6, où on les distribue, soit dans des bassins pour le traitement chimique, soit dans des rigoles pour l'application agricole. Ce dernier mode a été lui-même envisagé sous deux aspects : au point de vue de l'irrigation des plantes marai-

(*) Nous avons reconnu, dit M. Le Chatelier, que le sulfate d'alumine ferrugineux, à la teneur de 10 pour 100 d'alumine et 2 à 5 pour 100 d'oxyde de fer, fourni soit par la dissolution de la bauxite dans l'acide sulfurique, soit par les magmas rouges de Picardie, produisait une clarification complète et rapide des eaux d'égout recueillies au collecteur d'Asnières; que le maximum d'effet était obtenu par l'emploi, pour 1 mètre cube d'eau d'égout, de 1 à 2 litres d'une dissolution au cinquième de ces matières, soit à la teneur de 20 grammes d'alumine par litre; que l'eau clarifiée était en même temps désinfectée, et ne se troublait de nouveau qu'au bout de plusieurs jours; que le dépôt contenait la totalité de l'acide phosphorique et la moitié de l'azote existant dans l'eau impure; qu'enfin le dépôt ne s'infectait pas par l'exposition à l'air, et n'éprouvait pas la moindre déperdition d'azote.

« L'épuration devait être obtenue par une dépense de réactif de 1^{centime},5 à 2^{centimes},6 par mètre cube, fournissant environ 2 kilogrammes de matière sèche... »

chères et au point de vue de l'irrigation des céréales. MM. Mille et Ernest Durand-Claye concluent de leurs essais (*) que les trois procédés, savoir : l'épuration chi-

(*) Voici la note relative à ces essais, que ces messieurs ont bien voulu nous remettre :

« Les essais sur l'épuration et l'utilisation des eaux d'égout, « disent-ils, se font à Clichy (Seine) aux environs du grand collec-
« teur.

« Deux locomobiles mettent alternativement en mouvement une
« pompe Coigniard. Cette pompe puise journellement 500 mètres
« cubes d'eau noire. Une conduite en grès anglais de 640 mètres de
« longueur conduit cette eau à l'origine d'un *champ d'essai* d'une
« superficie de 1 hectare 600 mètres. Des bouches de distribution
« conduisent l'eau noire, soit dans des rigoles d'arrosage, soit dans
« des bassins d'épuration.

« Des expériences, régulièrement organisées, ont pour but d'étu-
« dier complètement l'eau noire d'égout, qui doit être épurée ou
« utilisée dans le champ d'essai.

« En quantité, on a reconnu que le débit moyen du grand collec-
« teur était d'environ 150.000 mètres cubes par jour pendant les
« deux derniers mois de l'année 1867 (il a été de 190.000 mètres
« cubes en 1868). Le débit, presque nul le matin, va en croissant
« jusqu'à trois heures ou cinq heures de l'après-midi et atteint un
« maximum de 2^m,50 à 5 mètres cubes.

« La température de l'eau d'égout échappe aux variations ex-
« trêmes des températures extérieures. C'est ainsi que pendant les
« grands froids, elle s'est maintenue à + 4° environ, tandis que
« la température extérieure descendait à - 12° et celle de la Seine
« à 0°.

« Des analyses quotidiennes commencées au laboratoire de Cli-
« chy et terminées au laboratoire de l'École des ponts et chaussées,
« ont donné comme quantités de matières diverses contenues dans
« 1 mètre cube d'eau d'égout, les résultats suivants :

SUBSTANCES.	MOYENNE des neuf premiers mois de 1867. !
	kilog.
Azote.	0,033
Acide phosphorique.	0,013
Potasse.	0,028
Soude.	0,116
Matières organiques.	0,657
Matières minérales.	1,898

mique, le colmatage, et l'arrosage sont également appli-
cables et donnent tous les trois des résultats satisfaisants.
Toutefois ils manifestent une préférence pour les deux der-
niers, le colmatage et l'arrosage, « qui ont, disent-ils, sur

« On conclut de ces chiffres que l'égout entraîne journellement
« en Seine 4.700 kilogrammes d'azote environ.

« Le principe de l'épuration chimique expérimentée à Clichy
« repose sur l'emploi du *sulfate d'alumine*.

« La matière employée couramment s'extrait des pyrites natu-
« relles de Picardie ; ce sont des sulfates impurs d'alumine et de
« fer. Ils sont vendus actuellement 8 francs les 100 kilogrammes à
« l'usine ; 200 grammes de cette matière suffisent pour l'épuration
« du mètre cube d'eau noire ; ils sont employés dissous dans 1 litre
d'eau.

« Le sulfate d'alumine, en présence de l'eau noire, donne des es-
« pèces de savons d'alumine produisant ainsi un véritable collage ;
« des sulfates alcalins restent en dissolution et de l'alumine hydra-
« tée reste au dépôt.

« Au laboratoire, 5 litres d'eau noire ont été traités journalle-
« ment par le sulfate d'alumine pendant toute l'année 1867. Les
« analyses ont donné les résultats suivants :

Moyenne des neuf premiers mois de 1867.

SUBSTANCES.	QUANTITÉS totales contenues dans 1 mètre cube d'eau d'égout.	QUANTITÉS restant dans 1 mètre cube d'eau épurée.	QUANTITÉS obtenues en dépôt en traitant 1 mètre cube d'eau d'égout par le sulfate d'alumine.
	kilog.	kilog.	kilog.
Azote.	0,033	0,014	0,017
Acide phosphorique.	0,013	»	0,013
Potasse.	0,028	0,028	»
Soude.	0,116	0,116	»
Matières organiques.	0,657	0,101	0,574
Matières minérales.	1,898	0,595	1,321
Total.	2,715	0,854	2,025

« Comme on le voit, l'azote se répartit à peu près également en-
« tre le dépôt et l'eau épurée. L'acide phosphorique reste en entier
« dans le dépôt ; les alcalis s'écoulent avec l'eau. Les matières or-
« ganiques restent pour les cinq sixièmes dans le dépôt et pour un

« le traitement chimique l'avantage de supprimer le manie-
« ment et le transport des dépôts. » Quant à l'emploi de l'eau
épurée, qui figurait également dans le programme, il ne

« cinquième seulement dans l'eau, qui perd ainsi ses propriétés
« insalubres et conserve cependant une richesse relative.

« Au champ d'essai, le courant d'eau noire vient passer sous
« une bonbonne en grès, contenant la dissolution de réactif. Cette
« bonbonne verse d'une manière continue le filet désinfectant,
« à l'aide d'un robinet en grès. Le mélange d'eau noire et de
« réactif vient se déverser, à l'aide d'une goulotte, interrompue
« par des vannes, dans des bassins d'épuration.

« Ces bassins ont 30 mètres de long sur 8 mètres de largeur
« moyenne et 2 mètres de profondeur. Ils sont terminés, l'un par
« un barrage en bois percé de trous, l'autre par un barrage en
« terre. L'eau épurée se déverse, soit par les trous qui peuvent être
« fermés ou ouverts par des chevilles en bois, soit par la crête et les
« talus du plan incliné en terre, lequel est couvert d'herbes vivaces.

« Ce double système donne couramment et pratiquement de
« l'eau épurée et des dépôts.

« 1° Les dépôts ont une densité de 1.400 kilogrammes le mètre
« cube à l'état de boue, de 1.000 kilogrammes après dessiccation
« à l'air, de 600 kilogrammes après dessiccation à l'étuve.

« L'analyse a montré l'identité presque absolue de ces dépôts avec
« ceux qu'on obtient dans les opérations restreintes du labora-
« toire. On a obtenu en effet :

SUBSTANCES	DÉPÔT DU CHAMP D'ESSAI (composition rapportée à 1.000 kilog. de dépôt).		DÉPÔT DU LABORATOIRE (composition rapportée à 1.000 kilog. de dépôt).
	kilog.	kilog.	kilog.
Azote.	9,30	à 5,70	8,39
Acide phosphorique.	9,00	à 4,10	6,42
Matières minérales.	750,00	à 650,00	701,73
Matières organiques.	300,00	à 200,00	283,46

« Le dépôt se manie facilement à l'aide de seaux et d'écofes
« lorsqu'il est liquide, à l'aide de pelles et de brouettes, lorsqu'il
« est desséché. L'exposition à l'air, le soleil, la gelée activent éga-
« lement la dessiccation et rendent l'emploi ou les expéditions fa-
« ciles au bout de dix à quinze jours.

« Convenablement desséché, le dépôt se présente physiquement
« et chimiquement comme du terreau d'excellente qualité.

« Il présente la plus grande analogie avec les boues de Paris,

paraît pas qu'on l'ait étudié d'une manière aussi méthodi-
que; car les deux expérimentateurs disent seulement que
cette eau « convient encore aux arrosages, mais qu'elle a

« d'un usage si commun dans les plaines de Gennevilliers et d'Ar-
« genteuil.

« Dans le champ d'essai une couche de 0^m,05 à 0^m,05 d'épaisseur
« permet de constituer un sol très-convenable pour la culture ma-
« raîchère, là où se trouvait un sol sableux très-pauvre. Des essais
« en grand se font à la ferme impériale de Vincennes, en Brie, en
« Picardie. La quantité à employer semble devoir être d'environ
« 10.000 kilogrammes ou 10 mètres cubes à l'hectare.

« 2° L'eau épurée conserve encore une valeur assez grande; elle
« est environ huit fois plus riche que l'eau de Seine en azote et
« matières organiques; elle est de deux à trois fois plus riche en
« chaux. Elle convient encore aux arrosages, mais elle a laissé la
« majeure partie de ses principes fertilisants au dépôt des bassins.

« Autour des bassins d'épuration de Clichy, on a essayé l'utili-
« sation directe de l'eau d'égout au point de vue agricole. — L'eau
« noire vient circuler dans des rigoles qui baignent le pied de
« plantes diverses plantées en ligne.

« Les plantes absorbent immédiatement une portion de l'eau
« noire; elles s'en nourrissent et laissent dans les rigoles un dé-
« pôt grisâtre. Ce dépôt grisâtre, retourné plus tard à la bêche ou
« à la charrue, sert d'amendement et d'engrais.

« L'analyse chimique a démontré ce fait remarquable, que le
« dépôt des rigoles était sensiblement le même que le dépôt ob-
« tenu artificiellement dans les bassins.

Résultats obtenus par des expériences faites de mars en juillet 1867.

SUBSTANCES.	DÉPÔT DES RIGOLLES.	DÉPÔT DES BASSINS.
	kilog.	kilog.
Azote.	7,30	7,50
Acide phosphorique.	7,60	6,10
Matières organiques.	245,15	272,20
Matières minérales.	739,95	714,50

« L'utilisation directe de l'eau noire a donc le double avantage
« de supprimer les réactifs et les mains-d'œuvre du procédé chi-
« mique, et d'apporter cependant à pied d'œuvre tous les éléments
« nécessaires pour la nourriture des plantes.

« La culture par irrigation a été pratiquée à Clichy pendant

« laissé la majeure partie de ses principes fertilisants au
« dépôt des bassins. »

On ne peut que savoir gré à la ville de Paris d'avoir or-

« tout l'été de 1867 sur une superficie de 6.700 mètres cubes. On
« a employé un cube journalier de 0^m,36 par mètre carré, soit
« une épaisseur journalière de 0^m,036 d'eau fertilisante. C'est en eau
« ce que les maraîchers de Paris emploient couramment (0^m,030
« par mètre carré); mais on a gagné à Clichy toute la fourniture
« de fumier, dont aucun atome n'est entré dans les cultures.

« Pendant la saison d'hiver, l'eau noire a été consacrée au col-
« matage des terres vides du champ d'essai.

« Un cube de 1^m,20 par mètre carré, soit une hauteur d'eau
« de 1^m,20, a été absorbé pendant le mois de janvier.

« Quant aux produits obtenus par l'utilisation directe des eaux
« d'égout, ils étaient de bonne qualité. Leur goût et leur aspect
« étaient satisfaisants. Les rendements se sont élevés à 60.000 ki-
« logrammes par hectare pour les choux, à 56.000 kilogrammes pour
« les betteraves, à 11.000 kilogr. ou 100 hectolitres pour les maïs.
« Les analyses ont donné une composition élémentaire analogue à
« celle des produits similaires, obtenus par d'autres procédés.

« En résumé, les expériences de Clichy conduisent à ce double
« résultat :

« L'épuration chimique peut se faire pratiquement à l'aide du
« sulfate d'alumine. Elle assure la désinfection de l'eau. Elle donne
« un excellent terreau et une eau claire, propre à l'arrosage,
« mais non à l'engraisement des terres ou au colmatage. Elle
« coûte 0^f,02 environ par mètre cube épuré et exige le manie-
« ment et le transport des dépôts.

« L'utilisation agricole directe assure la désinfection par la ré-
« partition de l'eau noire en rigoles de dimensions restreintes. La
« nature se charge de faire la séparation en dépôt et en eau claire;
« le dépôt se trouve mis en place de lui-même. L'eau noire con-
« vient à la fertilisation et au colmatage. Elle ne coûtera que son
« prix d'élévation. La solution générale du problème de l'épura-
« tion et de l'utilisation des eaux d'égout semble comporter la
« réunion et la juxtaposition des deux systèmes expérimentés. L'eau
« noire doit être offerte aux cultivateurs et circuler renfermée
« dans des tuyaux et enfoncée sous des remblais dans les plaines
« de Gennevilliers ou d'Argenteuil. Le procédé chimique d'épura-
« tion intervient pour permettre le rejet en Seine des eaux non
« utilisées, ou pour fournir de l'eau claire destinée au simple hu-
« mectage des terres. Ce sont ces principes généraux qui guident
« les ingénieurs dans les recherches auxquelles ils se livrent pour
« résoudre cette grande question. »

ganisé des expériences qui, par le soin et la méthode qui y
président, seront toujours fort utiles à connaître; mais au
point de vue de la solution pratique à intervenir, il ne nous
semble pas que la question ait été posée sur son vérita-
ble terrain. En effet, les eaux d'égout sur lesquelles on
expérimente aujourd'hui sont très-faiblement chargées
d'impuretés, puisqu'un cinquième environ seulement des
maisons y envoient leurs résidus ménagers et aucune les
matières fécales (*). Or ce n'est point là, on est en droit de
le penser, l'état normal de l'avenir. Non-seulement, dans un
temps peu éloigné, toutes les maisons devront, aux termes
du décret de 1852, écouler directement aux égouts leurs
eaux ménagères, mais il nous paraît impossible que tôt
ou tard elles n'y envoient pas aussi leurs matières fécales.
Paris ne saurait rester en arrière de Londres et de Bruxelles,
ni s'accommoder éternellement de ces pratiques barbares
qui vont à l'encontre des lois naturelles, puisqu'au lieu
d'éloigner promptement de l'homme tout ce qui offusque ses
sens et compromet sa santé, elles retiennent au contraire
dans son voisinage ce qui risque le plus de lui nuire. La
ville qui a tant fait pour embellir et assainir sa surface,
voudra aussi sans doute abolir les fosses d'aisance qui souil-
lent son sous-sol et supprimer la vidange qui déshonore
ses rues : la véritable salubrité est à ce prix (**).

Le point de vue pratique exige donc, selon nous, qu'on

(*) Il y a environ trois mille maisons à Paris qui écoulent leurs
eaux vannes aux égouts au moyen de tinettes filtrantes, mais aucune
n'est autorisée à mettre ses cabinets d'aisance en communication
directe avec les égouts. Encore même croyons-nous qu'on cherche
plutôt à restreindre l'emploi des tinettes.

(**) Tant que les fosses d'aisance subsisteront, Paris exhale
toujours cette odeur *sui generis*, bien connue de ceux qui ont eu
occasion de parcourir les rues vers quatre ou cinq heures du ma-
tin, alors que le calme de la nuit a permis aux émanations de se
ramasser au-dessus du sol. Peut-on dire qu'une ville dont le som-
meil se passe au sein d'un air aussi impur se trouve dans de
bonnes conditions de salubrité?

considère des eaux d'égout contenant, non la faible proportion d'impuretés qu'elles charrient aujourd'hui, mais la totalité des immondices qu'elles devront charrier plus tard. Or à ce moment, que vaudraient réellement les diverses méthodes expérimentées à Clichy? En ce qui concerne le colmatage, on est en droit de penser qu'il serait tout à fait impraticable. Les matières organiques abandonnées sur le sol humide y développeraient une putréfaction énergique, et l'on retrouverait à un plus haut degré les graves inconvénients qui se produisaient sur les berges de la Tamise, alors que les égouts se déchargeaient au fleuve dans Londres même, et que les limons mis à découvert par la marée descendante manquaient en 1859 d'engendrer une épidémie. La culture maraîchère elle-même ne serait pas sans danger. Dans les intervalles des plantes se manifesterait certainement une partie des inconvénients du colmatage : car sur les places libres, il se formerait autant de petits foyers d'infection, qui rendraient une semblable exploitation fort désagréable pour les habitations voisines. Ce sont là précisément les motifs qui y ont fait renoncer en d'autres pays ; on a reconnu en effet qu'une végétation présentant ainsi des solutions de continuité est impuissante pour absorber les émanations partout où elles tendent à se produire. D'ailleurs, la culture maraîchère fût-elle possible, n'offrirait qu'un débouché insuffisant : car les eaux d'égout de Paris, enrichies comme nous les supposons alors, couvriraient une surface supérieure à celle qui est nécessaire pour alimenter la capitale en légumineux ; en outre, ces sortes de végétaux se prêtent mal à une absorption d'eau en toute saison.

Reste enfin, des trois procédés indiqués, l'épuration par voie chimique. Ici nous remarquerons tout d'abord que les essais de Clichy ne semblent pas, du moins quant à présent, avoir abordé la vraie question, en ce qui concerne ce dernier procédé. Dans notre idée, en effet, et aussi, croyons-nous, dans celle de l'inventeur lui-même, il ne s'agit pas de savoir si

le sulfate d'alumine est susceptible d'épurer chimiquement les eaux et de fournir un bon engrais, ce qui n'est guère contestable, mais de vérifier *jusqu'à quel point et à quel prix* cet engrais pourrait entrer dans la consommation courante, et si l'épuration, conduite dans les conditions de la *pratique en grand*, n'engendrerait pas des émanations nuisibles. Sur le premier point, à savoir la possibilité des débouchés, il ne paraît pas que l'épreuve ait encore été faite ; car on n'a pas, que nous sachions, livré de grandes quantités d'engrais à des cultivateurs de profession qui en aient expérimenté et chiffré la valeur commerciale. Sur le second point, c'est-à-dire la question de salubrité, l'objection générale que nous avons déjà déduite de la composition incomplète des eaux d'égout actuelles nous semble subsister tout entière. Quelque inoffensives, en effet, qu'aient pu être les opérations de Clichy, il est loin d'être démontré que des inconvénients ne surgiraient pas, si l'on avait affaire à des eaux souillées par toutes les matières fécales, si au lieu d'opérer sur 2 ou 500 mètres cubes par jour, on opérait sur une quantité cent fois aussi forte, ce qui est le vrai débit de Paris (*), et si enfin, au lieu de travailler pour ainsi dire à loisir, on était forcé de faire cette énorme manipulation sans désemparer, et surtout pendant les fortes chaleurs de l'été, où l'infection du fleuve est plus particulièrement à redouter. L'exemple de l'Angleterre n'est certes point fait pour encourager, puisque, nous venons de le voir, toutes les entreprises successivement essayées dans cette voie ont échoué devant des considérations de salubrité aussi bien que de dépenses.

À la vérité, l'agent chimique proposé par M. Le Châtelier n'a pas encore été employé dans les autres pays, au moins dans ces conditions : l'insuccès des autres réactifs

(*) Quand les travaux en cours tant pour l'alimentation que pour le drainage seront terminés, le collecteur d'Asnières n'évacuera guère moins de 500.000 mètres cubes par jour.

ne prouve donc pas absolument contre celui-ci. Il convient même de dire que d'après les études du laboratoire et les résultats obtenus à Clichy, le sulfate d'alumine ferrugineux paraît être plus apte à jouer le rôle d'épurateur que les autres substances déjà expérimentées. Toutefois nous ne pensons pas qu'on y trouve une solution complète et définitive de la difficulté. A notre avis, aucun procédé chimique ne vaudra jamais la méthode que nous allons décrire, à savoir l'emploi direct des eaux en irrigations de prairies. C'est à favoriser ce dernier mode que tous les efforts, selon nous, doivent tendre. Il faut travailler à écarter les obstacles, trop justement signalés par M. Le Chatelier, qui s'opposent aujourd'hui à son adoption, et qui se résument dans l'impossibilité de se procurer à des conditions raisonnables une surface convenablement disposée pour l'arrosage. Or la difficulté disparaîtrait le jour où l'on accorderait l'expropriation pour cause d'utilité publique des terrains indispensables à l'épuration (*). Car ce jour-là il ne serait plus nécessaire d'aller jusqu'à Dieppe ou au Havre pour trouver un champ d'irrigation; il suffirait de se rejeter à quelque distance des bords de la Seine pour obtenir des emplacements favorables. Le pire serait d'avoir à élever les eaux à quelques dizaines de mètres de hauteur; mais le drainage de Londres montre que ce n'est point là

(*) Sans vouloir entrer dans des considérations de droit, qui seraient déplacées dans ce travail, nous ne pouvons nous empêcher de signaler en passant cette mesure à laquelle il nous paraît impossible qu'on ne soit pas amené d'une manière générale dans un avenir prochain, sous l'impérieuse nécessité de protéger les cours d'eau contre l'infection croissante des villes. Car si l'on n'accorde pas l'expropriation des terrains, on réalisera difficilement l'arrosage sur une grande échelle: il serait téméraire, selon nous, de compter sur le libre concours des cultivateurs pour amener la formation de grandes entreprises d'irrigations. Aucune compagnie, aucune municipalité n'exécutera de tels travaux, si elle n'a pas la certitude d'utiliser ses eaux. Au surplus, nous reviendrons plus tard sur ce point à propos des projets d'irrigations mis en avant pour Paris.

un obstacle insurmontable ni même un obstacle par trop coûteux. En attendant que l'on soit entré dans la voie que nous indiquons, l'épuration au sulfate d'albumine pourra rendre d'utiles services, et à ce point de vue il est désirable que l'étude du procédé soit continué, en s'attachant particulièrement à déterminer l'étendue du débouché que l'engrais est susceptible de trouver dans les populations environnantes. Mais on aurait tort, à notre sens, de voir dans cette fabrication autre chose qu'une ressource provisoire; son succès même ne devrait pas détourner l'attention de l'application agricole directe, laquelle, quand on pourra la réaliser, constituera, comme nous le verrons bientôt, le moyen le plus sûr et le plus avantageux (*).

(*) Nous recevons en cours d'impression le compte rendu officiel de MM. Mille et A. Durand Claye, en date du 1^{er} mars 1869, lequel donne le résultat des essais continués à Clichy pendant l'année 1868. Les chiffres de la note précédente ne se trouvent pas sensiblement changés, sauf en ce qui concerne le débit du collecteur, porté de 130.000 mètres cubes à 190.000 mètres cubes par jour, et qui, par suite de la jonction de la rive gauche, effectuée en novembre 1868, atteint vraisemblablement aujourd'hui un chiffre voisin de 250.000 mètres cubes. Les opérations ont été poursuivies d'après les mêmes errements, au triple point de vue de l'arrosage, du colmatage et de l'épuration au sulfate d'alumine. Notons seulement, en ce qui concerne ce dernier procédé, qu'on paraît se trouver mieux de l'emploi de sulfate exempt de fer que de l'emploi du sulfate ferrugineux; on évite ainsi, disent les auteurs, le trouble couleur de rouille, qui altère souvent la pureté du liquide, par suite de la décomposition du sulfate de fer pendant les fortes chaleurs. Quant à la constitution chimique des dépôts et à l'analyse des liquides, nous n'avons rien de nouveau à en dire. Nous ne parlerons pas davantage du colmatage et de l'arrosage, pour lesquels toutes nos observations subsistent. Relativement à l'épuration, les auteurs donnent quelques chiffres fort intéressants à connaître et qui viennent à l'appui de l'opinion que nous avions émise. Nous voyons d'abord que le traitement au sulfate d'alumine ne retient pas tout à fait les $\frac{2}{5}$ de la richesse fertilisante de l'eau d'égout (exactement 2.655 sur 6.847), ou, si l'on veut, que l'eau épurée emporte à la rivière un peu plus des $\frac{3}{5}$ de l'engrais contenu dans l'eau d'égout; aussi MM. Mille et Durand Claye conseillent-ils d'employer cette eau épurée en arrosage. Mais on peut douter que la valeur en soit

A Reims, MM. Houzeau, Devedeix et J. Holden ont essayé dans ces derniers temps d'épurer les eaux d'égout au moyen de lignite additionné de chaux ou de sulfate de fer. Ces eaux sont, comme on sait, très-chargées de résidus industriels, au point de contenir en moyenne 3 kilogrammes par mètre cube, et infectent à un haut degré la petite rivière la Vesles, dont le débit n'est guère que le double de celui des égouts eux-mêmes. Il y a donc pour la ville et la banlieue de Reims un intérêt de premier ordre à purifier, s'il se peut, les liquides avant leur débouché dans la Vesles.

Les expériences de MM. Houzeau, Devedeix et J. Holden ont été faites en grand, à raison de 400 mètres cubes d'eau d'égout en dix heures de marche par jour, et ont porté sur un volume total de 72.500 mètres cubes, d'avril 1866 à no-

suffisante pour payer les frais d'une distribution en grand, et, en tous cas, si ces frais devaient être encourus, mieux vaudrait, ce semble, les affecter à la distribution de l'eau d'égout elle-même et éviter ainsi la dépense de l'épuration. Quoi qu'il en soit et pour en revenir à cette épuration, nous remarquons que les frais, distribution comprise, doivent être comptés « de 2 à 3 centimes par mètre « cube » ou en moyenne à 2 centimes et demi. Or, d'autre part, le compte rendu nous apprend que la tonne d'engrais provenant du traitement vaut 15^f,92, et que cette tonne a été obtenue à raison de 1^k,52 de dépôt par mètre cube d'eau d'égout, soit en épurant $\frac{1000}{1,52}$ ou 758 mètres cubes. La dépense, sur le pied de 2 centimes et demi par mètre cube, ressort donc à 18^f,95; c'est-à-dire qu'on perd 5 francs par tonne d'engrais fabriqué. Résultat d'autant plus défavorable que rien n'est compté, dans le prix de revient, pour l'installation de l'usine et pour l'administration supérieure, et que la valeur assignée à l'engrais est une valeur purement théorique, qu'aucune transaction commerciale n'a encore confirmée. Aussi les consciencieux auteurs n'hésitent-ils pas à reconnaître que « ces « charges seraient écrasantes pour la ville, si seule elle devait les « supporter. C'est au cultivateur, disent-ils, à comprendre qu'il « peut payer l'eau noire, le terreau, l'eau épurée. » Malheureusement il est à craindre que le cultivateur ne mette bien du temps à comprendre de telles vérités et qu'il ne soit beaucoup plutôt disposé à abuser de la situation de la ville. D'ailleurs c'est ici le cas de répéter ce que nous avons déjà dit touchant l'insuffisance de ces divers moyens, au point de vue de la salubrité.

vembre 1867. On a varié les réactifs de plusieurs manières, et les compositions qui ont donné les meilleurs résultats sont les suivantes : 1° lignite en poudre et chaux, à la dose moyenne de 2^k,374 de lignite et de 0^k,588 de chaux pour 1 mètre cube d'eau d'égout; 2° houille pulvérisée, chaux et sulfate de fer, à la dose de 1 kilogramme de lignite, 0^k,48 de chaux et 0^k,3 de sulfate de fer par mètre cube; le sulfate de fer ayant ici pour but de remplacer le sulfure et le sulfate ferrugineux qui se trouvent en grande abondance (de 10 à 18 pour 100) dans le lignite employé. Le résultat de ce traitement a été, selon les auteurs du procédé, de précipiter la totalité des matières putrescibles et de fournir des eaux parfaitement claires, non susceptibles d'entrer de nouveau en putréfaction. Quant aux boues obtenues, elles ne donnaient, assurent-ils, aucune odeur et pouvaient être desséchées à l'air sans inconvénient pour le voisinage. M. Maridort, professeur de chimie à Reims, a également rendu un bon témoignage des résultats.

Bien que notre opinion personnelle soit, comme nous l'avons déjà dit, que l'innocuité d'un pareil traitement serait loin, dans la pratique, d'être ce qu'on la suppose ici, nous nous arrêterons seulement au côté économique de la question pour montrer, d'après les propres chiffres des inventeurs, qu'une telle exploitation serait, financièrement parlant, tout à fait désastreuse. « M. Maridort, disent-ils « dans l'intéressant mémoire qu'ils ont publié sur la question, « après l'analyse des boues, trouve, en suivant les pro- « cédés de M. Boussingault, et en appliquant son évalua- « tion des corps qui constituent un engrais, que le mètre « cube de cette boue vaudrait 20 francs à l'état anhydre; « mais comme il est presque impossible de le donner à cet « état et qu'il faudrait, même au point de vue de son effet « fertilisant, lui laisser un peu d'eau, soit 40 à 50 p. 100, « il ne faudrait le compter qu'au prix de 10 francs le mètre « cube. Ainsi donc, 1 mètre cube d'eau épurée coûterait

« 0',04. D'après nos expériences, on peut compter sur un produit résultant de l'épuration de 6 kilogrammes, à « 10 francs les 100 kilogrammes, soit 0',06, ce qui donne- « rait un bénéfice considérable... Mais il est à craindre que « la grande quantité de cet engrais n'en fasse descendre « le prix, et qu'au lieu de 10 francs, on ne soit obligé de le « vendre 5 francs, ce qui ne donnerait plus que le prix de « revient; peut-être même serait-on forcé, dans le com- « mencement, de le céder aux cultivateurs à raison de « 3 francs le mètre cube. » Or, à raison de 3 francs, cela ferait 0',018 de recette contre 0',04 de dépense, et même à raison de 5 francs, on aurait, non pas le prix de revient, comme on l'avance, mais seulement 0',03 contre 0',04 de dépense. Ces résultats paraîtront encore bien plus insuffisants si l'on songe : 1° que M. Maridort a calculé la valeur des boues d'après les éléments qu'elles contiennent, comparés poids pour poids aux éléments du fumier de ferme. Or tout le monde sait que le fumier de ferme possède, indépendamment de ses éléments chimiques pris abstraitement, une valeur effective de *constitution*, que les boues sont loin de posséder au même degré, surtout avec la forte proportion de charbon qu'elles contiennent; 2° le prix de revient de 0',04 est formé en comptant moins de 0',02 par mètre cube épuré, pour la main-d'œuvre, les frais généraux, l'intérêt et l'amortissement du capital (les réactifs entrent pour 2°,271). Or, d'après les résultats observés en Angleterre, ce chiffre serait sensiblement dépassé; 3° le prix de 20 fr. à l'état anhydre ou de 10 fr. à l'état hydraté moyen est assigné sans tenir compte des frais de transport pour amener la boue aux champs. Le cultivateur ne payerait donc jamais ce prix entier, et cela d'autant moins que la production des boues étant plus considérable, il faudrait s'adresser à des consommateurs plus éloignés.

Nous ne prétendons pas conclure de là que la ville de Reims, en particulier, aurait tort d'appliquer un pareil trai-

tement à ses eaux d'égout. Il se peut au contraire qu'à raison de circonstances spéciales, urgence de combattre l'infection, impossibilité d'employer les eaux en arrosage de prairies, etc., elle ait intérêt à faire un sacrifice pécuniaire plutôt que de demeurer dans l'état actuel. Mais cela ne prouverait nullement que l'épuration chimique est par elle-même un procédé satisfaisant ni qu'on doit la recommander d'une manière générale. Il est bien évident, au contraire, que ce n'est là qu'une solution *faute d'autre*, et que c'est cette *autre* qu'il faut, par conséquent, s'appliquer à trouver.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉS AGRICOLES OU EMPLOI SUR LES TERRES CULTIVÉES.

Les méthodes agricoles ont pour but essentiel d'employer les eaux d'égout à l'état *naturel*, c'est-à-dire telles qu'elles sortent des villes, pour l'arrosage des cultures et spécialement des prairies permanentes.

Cette circonstance que les eaux sont utilisées dans l'état même où elles se présentent, sans traitement préalable ni préparation d'aucune sorte, caractérise précisément le procédé et le distingue de tous les autres; elle en fait le mérite et l'originalité, et ramène les choses à ce respect du *circulus*, proclamé comme loi nécessaire de la vie (*). L'ar-

(*) « Les lois de la nature, dit excellemment M. Henry Austin, rap- « porteur du *General Board of Health*, ne souffrent point de halte. « Le simple éloignement des matières en décomposition n'est qu'un « expédient. Le grand cercle de la vie, de la mort et de la reproduc- « tion doit être fermé; et tant que les éléments de la reproduction « ne seront pas employés pour le bien, ils travailleront pour le « mal. » La conséquence de cette doctrine, c'est que les matières

rosage dans de telles conditions n'est plus en effet que la dernière phase de la circulation continue, pendant laquelle la terre reprend au passage tout ce que les récoltes lui avaient emprunté.

A l'inverse de ce qui a eu lieu pour les procédés chimiques, où les études de laboratoire ont précédé et guidé les applications en grand, pour les procédés agricoles la pratique a dès longtemps devancé la théorie. L'irrigation à l'eau d'égout était en honneur, depuis nombre d'années, à Édimbourg, Milan et autres lieux, avant que la science moderne eût songé à en faire la base de l'assainissement des cours d'eau. Ce sont les résultats obtenus dans quelques localités qui ont fait concevoir la possibilité d'en généraliser le principe. On a institué alors des observations multipliées qui ont déterminé, à leur tour, des applications sur la plus grande échelle.

La méthode des irrigations a subi, en Angleterre, l'épreuve de trois grandes enquêtes, ordonnées par les pouvoirs publics et conduites par les hommes les plus éminents. La première a commencé avec les études du *General Board of Health* sur la question, vers 1852, et s'est terminée avec l'existence même de ce comité, en 1858. Les conclusions, bien que très-favorables, n'ont pu cependant se faire universellement accepter, un peu faute de preuves suffisantes et surtout à cause de la nouveauté du point de vue. D'ailleurs l'attention était détournée du sujet par la nécessité plus pressante encore d'améliorer l'hygiène des villes, si gravement menacée à cette époque. La seconde enquête, faite par le parlement lui-même, a été provoquée par la question du drainage de Londres et par l'opportunité de préserver la Tamise de l'infection. Elle a duré quatre années, de 1862

impures contenues dans les eaux d'égout doivent immédiatement faire retour à la terre, et qu'il ne faut, en aucun cas, suspendre le mouvement qui les éloigne des villes.

à 1865. Tous les avis ont été appelés à se produire dans des interrogatoires publics, tandis que des expériences en grand se poursuivaient à Rugby, sous l'œil d'une commission de savants et de praticiens (*). Voici les conclusions générales de cette seconde enquête, telles qu'elles sont consignées aux documents officiels (**):

« Il ne peut y avoir de doute, est-il dit, sur les dommages qui résultent de la pratique généralement suivie
« de décharger les liquides d'égout et autres résidus aux
« rivières où les populations viennent s'alimenter. Ces
« liquides sont en outre une cause de mort pour le poisson
« et diminuent ainsi considérablement les moyens de subsistance des habitants.

« Il a été décidé que l'envoi de ces liquides aux cours d'eau constitue une atteinte au droit commun.

« Il est d'absolue nécessité qu'une telle pratique cesse.

« On n'a découvert aucun moyen artificiel efficace pour rendre potable ou pour approprier aux usages culinaires l'eau qui a été une fois souillée par les liquides d'égout.
« Les procédés connus, mécaniques ou chimiques, ne peuvent produire qu'une désinfection partielle : une telle eau est toujours susceptible d'entrer de nouveau en putréfac-

(*) Cette commission, instituée en 1861 par ordonnance royale pour expérimenter en grand l'usage des eaux d'égout à Rugby, était, en mars 1865, composée des cinq hommes éminents dont les noms suivent : comte Essex, président ; Robert Rawlinson, J. Thomas Way, J. B. Lawes et John Simon. M. Thomas Way, que nous avons déjà eu occasion de citer, est appelé par ses compatriotes le Liebig de l'Angleterre ; M. Rawlinson est inspecteur général des travaux publics ; le comte d'Essex, est un des premiers agronomes du royaume ; M. Lawes est le plus grand fabricant d'engrais artificiels du monde entier ; enfin M. John Simon, secrétaire du conseil sanitaire au ministère de l'intérieur, est connu par ses savantes publications.

(**) Voir les enquêtes de 1862 sur les eaux d'égout des villes, ainsi que les rapports de la commission d'expériences de Rugby. Voir surtout le *Report from the select committee on sewage (metropolis)*, 1864.

« tion. *L'eau qui à l'œil paraît le mieux purifiée, par filtration ou autrement, peut, sous certaines conditions, engendrer des épidémies graves au sein des populations qui en font usage.* Au contraire, le sol et les racines des plantes à végétation active ont un grand pouvoir pour débarrasser rapidement les eaux d'égout des impuretés qu'elles contiennent et pour les rendre tout à fait inoffensives désormais. La seule alternative qui reste donc est de répandre les liquides d'égout sur les terres (*).

« Il est non-seulement possible de les utiliser en les amenant dans la campagne par un système de tuyaux et de conduites, mais même une telle entreprise peut devenir une source de bénéfices pour les villes qui disposent ainsi de leurs résidus.

« Ce bénéfice peut, en quelques années, augmenter considérablement; car déjà aujourd'hui, la quantité d'engrais artificiels est insuffisante et les sources des plus importants seront bientôt épuisées. Il faut donc recourir à des moyens nouveaux pour fertiliser les terres.

« Le drainage de la métropole réclame comme complément, dans le plus bref délai possible, l'adoption d'un système qui puisse convertir un élément nuisible en une source permanente de fertilité. »

(*) Le corps de l'enquête offre des déclarations plus explicites encore, s'il se peut, en faveur de l'arrosage, comparé aux autres procédés: « Il résulte de nos expériences, dit le D^r Hofmann, que tous les plans conçus pour utiliser les eaux d'égout, excepté celui qui consiste à les employer en irrigations, portent en eux-mêmes la preuve de leur impraticabilité. » (Enquête de 1862, *on sewage of towns.*) « Les méthodes de précipitation des eaux d'égout, dit le professeur T. Way, n'ont jamais donné des résultats qui payent la somme dépensée.... C'est une erreur d'opérer la séparation des eaux d'égout en deux parties. » (Même enquête.) « Mon opinion, dit le D^r Franckland, est que la seule méthode pour employer les eaux d'égout considérées comme engrais, c'est de les appliquer directement sur les terres, avec ou sans désinfection préalable, mais, s'il est possible,

La troisième enquête a été entreprise en 1865 et dure encore. Les savants commissaires (*) qui ont eu charge de trouver les moyens de protéger les cours d'eau, après avoir parcouru les divers bassins de l'Angleterre, ont conclu qu'il n'y avait point d'autre solution au problème que de faire servir les liquides d'égout à l'arrosage. « Tous les modes d'emploi de l'eau d'égout des villes, disent-ils dans leur rapport de 1866 sur la purification de la Tamise, autrement que par application aux terres, nous paraissent, par un côté ou par un autre, soulever des objections. Les fosses à ordures dans les villes corrompent l'air et l'eau des puits: elles sont incompatibles avec la santé publique et doivent être abolies. Le drainage est donc devenu une nécessité pour toute communauté importante. La difficulté est d'opérer avec le volume d'eau d'égout ainsi accumulée, de manière à ne pas corrompre l'atmosphère ou les rivières: les désinfectants et le filtrage ont été essayés de bien des façons, mais sans succès. *En tant qu'appliqués aux liquides d'égout, les désinfectants ne désinfectent pas et les filtres ne filtrent pas.* — « Aucun mode de traitement des eaux d'égout n'est satisfaisant, répètent-ils dans un second rapport de 1867, si ce n'est l'application directe aux terres pour

« sans désinfection. » (Même enquête.) Selon M. Lawes, « l'emploi de l'eau d'égout à l'état naturel est la meilleure manière de l'appliquer aux terres. » (Enquête de 1865.) « L'engrais des villes, dit le D^r Odling, doit être appliqué aux terres en l'état où il existe dans les égouts. » (Même enquête.) « Pour les convertir (les éléments fertilisants des eaux d'égout) en matière solide, dit le baron Liebig, il faut une dépense supérieure à la valeur qu'on en retirerait pour la production. L'application de l'eau d'égout sur les terres offre véritablement le seul moyen d'utiliser les matières fertilisantes qu'elle contient. » (Lettre au lord maire de Londres, du 19 janvier 1865.)

(*) La commission est composée de: MM. Robert Rawlinson, J. Thomas Way et J. Thornhill Harisson, assistés d'un légiste comme secrétaire.

« les besoins de la culture. » La conviction des commissaires à cet égard est telle qu'ils ont proposé de rendre l'arrosage obligatoire, et à cette fin d'accorder aux villes la faculté de se procurer les terrains par voie d'expropriation (*).

Principales règles de l'irrigation.

Pour qu'une irrigation à l'eau d'égout puisse donner les bons résultats qu'on en attend, il est nécessaire qu'on observe certaines règles au double point de vue de la salubrité et du profit commercial. Ce qui a jeté jusqu'à ces derniers temps de la défaveur sur le procédé et a le plus contribué à en retarder l'adoption, c'est précisément l'insuccès qu'ont eu certaines applications faites en dehors de ces règles. L'omission de quelques conditions a eu en effet pour résultat tantôt de donner lieu à des phénomènes d'infection, tantôt d'entraîner des sacrifices pécuniaires; on les a faussement attribués, dans les deux cas, à la méthode elle-même, tandis qu'ils étaient dus uniquement à la manière vicieuse dont celle-ci était comprise et appliquée. La première chose dans une entreprise de ce genre est donc de se placer dans les conditions que l'observation a révélées comme liées étroitement au succès du procédé. Or ces conditions sont les suivantes :

En premier lieu, il faut que l'eau d'égout soit distribuée aux terres en état de fraîcheur. On conçoit que si l'eau sort des villes déjà corrompue, il est impossible de

(*) « Présentement, disent-ils, les villes n'ont pas le pouvoir de prendre la terre destinée à l'arrosage par l'eau d'égout, si ce n'est d'un commun accord. Si cependant l'application des eaux d'égout aux terres ne reste plus facultative, il sera nécessaire que les villes soient armées de droits suffisants pour exproprier les terrains nécessaires à l'irrigation : l'exercice de ces droits doit être accompagné des restrictions convenables pour en prévenir l'abus. »

garantir l'innocuité de l'irrigation. Au contraire, quand la canalisation souterraine livre des liquides convenablement frais et étendus, l'odeur que ceux-ci dégagent sur les terres est à peine perceptible (*). Il ne suffit pas cependant que le réseau urbain soit en bon état; il faut évidemment qu'il en soit de même de l'aqueduc d'amenée. Ainsi, ce dernier doit posséder une pente égale, sinon supérieure à celle des grands collecteurs, soit de 20 centimètres par kilomètre; il doit, comme eux, être couvert, afin de ne pas risquer d'incommoder les populations dont il traverse le territoire, et comme eux aussi il doit être construit de manière à ne pas retenir de débris putrescibles le long des parois. Quant aux rigoles de distribution, généralement découvertes pour les besoins de l'irrigation et dans un but d'économie, il importe au plus haut degré de les entretenir avec soin et de prévenir tout séjour des matières (**). Enfin on doit éviter les bassins de dépôt, les barrages et tous autres agencements de nature à rendre les liquides stagnants sur quelque point. Indépendamment des inconvénients inhérents à la stagnation, il arrive immanquablement qu'un jour ou l'autre quelque averse subite détermine le débordement des bassins, et alors les matières se répandent sur des terres non préparées pour les recevoir et y pourrissent après que les eaux se sont retirées.

Nous venons de parler des *rigoles* de distribution; c'est qu'en effet tel est le mode consacré pour l'application des

(*) La salubrité de l'irrigation est ici liée à la salubrité même des galeries d'égout, laquelle varie directement avec le degré de fraîcheur des liquides qui les parcourent.

(**) Les plaintes qu'ont souvent provoquées les irrigations d'Édimbourg tiennent uniquement à la mauvaise disposition des canaux. Les rigoles principales sont si grossièrement établies et si mal entretenues, qu'elles deviennent, disent les commissaires de 1866, « des cloaques d'eau stagnante où s'accumulent des dépôts de matières corrompues. » Des conséquences fâcheuses sont nécessairement à redouter, mais, remarquent-ils, « ce sont là des vices qui peuvent être prévenus par les soins ordinaires. »

eaux. On a essayé vainement des conduites tubulaires avec ou sans charge forcée, destinées soit à épancher l'eau latéralement, soit à permettre l'arrosage à la lance. Ces dispositions ont été reconnues infiniment trop coûteuses, et il a fallu y renoncer. L'emploi des tuyaux n'est admissible que pour les lignes principales; mais pour les lignes secondaires, en beaucoup plus grand nombre, il faut se contenter des dispositions les plus simples, souvent même d'entailles faites à la charrue ou à la bêche, qu'on supprime au besoin quand on vient à changer de culture. Un conduit économique peut être formé avec des tuyaux ordinaires de drainage agricole, joints par bouts, à moitié enterrés dans le sol et à moitié en saillie. Chaque tuyau ou ligne de tuyau peut ainsi être déplacé à la main et transporté sur un point quelconque pour l'arrosage et remis de nouveau en place facilement.

Quelle que soit la situation d'un terrain d'arrosage par rapport à la ville dont il reçoit les eaux, il faut toujours que la distribution s'y fasse *naturellement* ou par la seule action de la gravité; en d'autres termes il faut que le liquide domine le terrain et qu'on n'ait qu'à le laisser couler dans les rigoles. C'est un déplorable système que de racheter partiellement des différences de niveau en pompant tantôt sur un point, tantôt sur un autre. Ces installations mécaniques sont toujours mal faites et mal entretenues; c'est une occasion pour les liquides de séjourner et de pourrir au pied des pompes. Quand les liquides viennent d'une région trop basse, il faut les remonter en masse sur un point déterminé, de façon à faire déboucher le flot à un niveau convenable. Une seule installation importante est bien préférable à toutes ces petites installations partielles; non-seulement chaque chose est mieux soignée, mais on évite ainsi les causes de stagnation tenant à ce que la distribution doit être momentanément suspendue sur telle ou telle partie du terrain.

Il est beaucoup plus facile qu'on ne le pense généralement de trouver un terrain propice pour recevoir les eaux d'égout. La constitution géologique du sol est rarement un obstacle, et à l'exception des terres exposées à être submergées, il n'y a, pour ainsi dire, pas de terrain qui ne puisse s'accommoder à cette destination. On connaît des irrigations qui réussissent à merveille sur des sables siliceux à peu près purs, comme à Édimbourg, et d'autres qui réussissent non moins bien sur l'argile forte, comme à South-Norwood. Or entre ces deux extrêmes sont compris à peu près tous les degrés d'état mécanique du sol qu'on est exposé à rencontrer. A certains égards même, selon la remarque des commissaires de 1866, une argile compacte peut convenir mieux encore que des sols légers; car par sa nature, elle est plus apte à produire une forte végétation, et d'après ses propriétés chimiques bien connues, elle a plus d'efficacité pour purifier l'eau d'égout. Toutefois, il ne faudrait point s'exagérer cet avantage qui, dans la pratique, peut être plus que contre-balancé par la considération qu'un tel terrain livre passage à une quantité bien moindre de liquide dans un temps donné.

A ce propos, il importe de préciser le vrai rôle du sol dans les phénomènes qui accompagnent l'irrigation des cultures. On est souvent disposé à attribuer au sol une part d'effets qui appartient réellement à la végétation. On a dit, par exemple, que le sol *absorbe* les matières contenues dans les eaux d'égout, non-seulement les matières en suspension, mais encore les matières en dissolution, et qu'il s'enrichit ainsi graduellement, de sorte qu'une terre stérile au début devient fertile par la suite. C'est là une erreur complète, au moins pour les sols sableux, qui sont précisément ceux où l'on réalise l'épuration à la plus haute dose. Encore même pour les sols argileux, qui, comme nous l'avons dit tout à l'heure, jouissent effectivement de propriétés purificatrices, le phénomène ne se produit que dans

une mesure fort restreinte. En réalité l'épuration des liquides et par conséquent l'absorption de leurs principes fertilisants est faite par les végétaux. Ce sont eux qui déterminent la séparation des matières et fixent les éléments susceptibles de les alimenter. Le sol n'agit là que comme une sorte d'intermédiaire, pour transporter l'élément nutritif du liquide à la plante. Il arrête au passage les matières en suspension et sert de réservoir aux matières en dissolution jusqu'à ce que les racines des végétaux en aient fait leur profit. Mais lui-même reste pauvre, et pour peu que la végétation soit active, il se retrouve au bout d'un long temps dans le même état qu'auparavant; témoin les sables irrigués d'Édimbourg, qui, depuis deux siècles, toujours également arides, continuent à porter des récoltes également fécondes. Aussi, comme le remarquent judicieusement les commissaires de 1866, la même terre peut servir indéfiniment pour l'arrosage; « car, disent-ils en réponse à une « autre préoccupation, il ne s'agit point là d'une pratique « qui épuise le sol, mais bien d'une pratique qui le renou- « velle constamment. » Effectivement le sol ne s'épuise pas plus qu'il ne s'enrichit. On conçoit dès lors combien est grande l'erreur de ceux qui espèrent arriver par ce moyen à *féconder* le sol et qui poursuivent notamment l'idée d'un *colmatage*. Un tel résultat n'est possible qu'à une condition : *l'insuffisance de la végétation elle-même*. Alors, il est vrai, si les végétaux sont insuffisants pour absorber toutes les matières qui leur arrivent, les parties en suspension pourront s'accumuler sur le sol, mais les principes dissous s'échapperont en majeure partie, de sorte que la purification sera incomplète. D'autre part, les matières retenues à la surface et non absorbées par les plantes entreront en putréfaction et produiront des dégagements redoutables. A ce double point de vue, la salubrité ne sera donc pas satisfaite. Le véritable agent de la désinfection, on ne saurait trop le répéter, c'est la plante; par suite,

pour que la désinfection marche dans de bonnes conditions, il faut que la végétation soit assez touffue et assez active pour que toute matière ait chance d'être assimilée quelque part qu'elle se présente.

De là résulte cette conséquence importante : c'est que le meilleur mode de culture, au point de vue de l'épuration, est celle des prairies permanentes; car sur les prairies, et sur les prairies exclusivement, on peut répandre l'eau sans crainte que les matières n'y rencontrent des places vides et n'y demeurent hors des atteintes de la végétation. Non-seulement les prairies désinfectent mieux, mais elles désinfectent davantage; nous voulons dire par là qu'on y peut faire passer un plus fort volume d'eau d'égout dans un temps donné. En effet, à surface égale, aucune culture ne développe des forces d'assimilation aussi grandes. Enfin les prairies ont l'avantage, capital en cette matière, de se prêter à l'arrosage en toutes saisons. Sans doute il est des époques de l'année où, sous le rapport commercial, l'eau d'égout convient mieux : par un temps froid et humide, par exemple, il est évident que l'arrosage est moins fructueux que pendant les sécheresses d'été. Mais ce n'est pas là le point de vue qui nous occupe en ce moment : nous parlons de l'épuration proprement dite, et nous disons que les prairies sont susceptibles de rendre leurs services tout le long de l'année. « Si le domaine (de l'irrigation) « est assez vaste, disent les commissaires de 1866, « il n'y a pas de moment où quelque portion ne soit apte « à recevoir l'eau d'égout. L'irrigation peut marcher nuit « et jour, en temps humide comme en temps sec, en été « comme en hiver. A Croydon, où l'on a l'avantage de la « pente, l'eau d'égout (quoique variant de volume aux « différentes heures) coule sur la terre sans interruption, « continue comme le temps lui-même (*). C'est un

(*) Parole du poète anglais.

« point de la plus haute importance, vu la nécessité que
« l'eau d'égout, aussitôt produite, soit emportée loin de la
« ville et appliquée dans son état de fraîcheur... »

Quant à la nature même du végétal qui doit former la prairie, tous les avis s'accordent à reconnaître que le ray-grass d'Italie présente le plus d'avantages. C'est, disent les agriculteurs consultés, « l'arrangement le plus profitable. » Ce n'est pas à dire qu'on ne puisse arroser aussi d'autres cultures. Au besoin les essais de la ville de Paris, que nous avons rapportés, prouveraient la diversité d'applications dont l'eau d'égout est susceptible. En Angleterre même, des emplois variés ont été essayés en grand : on a reconnu, ce qui était facile à prévoir, que l'eau d'égout, comme tout bon engrais, peut féconder toute espèce de récolte ; mais ce qui importe véritablement, on a reconnu aussi que le danger d'infection n'était évité qu'à la condition d'agencements coûteux et que le profit commercial s'abaissait considérablement. La grande objection de laisser les matières pourrir dans les intervalles des plantes se présente alors nécessairement, et l'on ne peut se contenter des simples rigoles découvertes dont nous avons parlé. « L'application sur la terre
« arable, dit la commission de Rugby dans son rapport
« de 1865, exigerait essentiellement l'emploi des tuyaux
« et de la lance au lieu de rigoles découvertes, et même
« ainsi on ne parviendrait à utiliser qu'une faible partie de
« la quantité totale. » Les conditions dans lesquelles se trouve l'engrais, ajoutent ces mêmes expérimentateurs,
« rendent tout à fait impossible de l'appliquer, sur une
« large échelle, aux terres arables portant des céréales ou
« d'autres récoltes alternées (*). »

(*) « Les seuls chiffres exacts qu'on ait, disent-ils, sur les résultats de l'application de l'eau d'égout aux céréales sont ceux qui proviennent des expériences faites par le comte d'Essex sur du blé, et ceux obtenus avec de l'avoine à Rugby et consignés dans ce rapport ; dans les deux cas, l'accroissement des produits repré-

On a parfois élevé des doutes sur la qualité de l'herbe obtenue avec de pareils arrosages. Une première crainte, bien vite dissipée, qui s'était produite dans les districts très-manufacturiers, était que les résidus des fabriques ne fussent nuisibles aux végétaux. Mais l'opinion des chimistes compétents, J. T. Way, A. Smith, Hofmann, Franckland, Lawes, etc., en même temps que des expériences agricoles accomplies sur divers points, notamment à Birmingham, ont complètement rassuré les esprits. Ces résidus se neutralisent en partie les uns par les autres et arrivent d'ailleurs sur les champs dans un tel état de dilution que les effets en sont insensibles. Une autre crainte, qui subsiste même aujourd'hui chez diverses personnes, c'est que les déjections et autres rebuts organiques délayés dans les liquides ne communiquent à l'herbe un mauvais goût et même ne la rendent malsaine pour les bestiaux. Les faits observés dans plusieurs localités rassurent encore à cet égard. Ils démontrent que l'herbe verte est non-seulement parfaitement saine, mais que les vaches qui pâturent dessus fournissent du lait excellent, avec lequel on peut faire du beurre de première qualité. « Les chimistes, disent les commissaires de 1866, « prouvent par des analyses minutieuses que lait et beurre « sont l'un et l'autre meilleurs que les échantillons fournis « par la même terre cultivée en prairie ordinaire. » Mais ce qui vaut mieux encore que les vérifications du laboratoire, c'est l'expérience des personnes qui font usage du produit.

« sente un très-gros profit par mètre cube d'eau employé. Les cir-
« constances dans lesquelles ont eu lieu les expériences de Rugby
« étaient, il est vrai, tout à fait exceptionnelles ; et, dans les en-
« droits où les applications les plus étendues de ce genre ont été
« faites, à un point de vue commercial, notamment à Watford,
« Rugby et Aïnwich, la pratique a été abandonnée ; d'autre part,
« à Édimbourg et à Croydon, où les meilleurs résultats de prairies
« ont été obtenus, l'application au blé et autres récoltes alternées
« ne fait point partie de l'ensemble du système adopté. » (Même rapport.)

Or, sans parler de la consommation qui s'effectue de temps immémorial à Édimbourg et dans d'autres lieux, on a des observations plus précises, dues à la compagnie des irrigations de Londres: cette compagnie, en effet, dans un domaine arrosé à l'eau d'égout depuis deux ans, entretient 250 vaches laitières, nourries exclusivement avec l'herbe qui provient du domaine, et le lait vendu journellement dans la capitale au prix courant du marché ne le cède en qualité à aucun autre.

Il est un point cependant par lequel l'herbe arrosée présente quelque infériorité. Il paraît qu'à cause, non des matières contenues dans le liquide, mais bien de la grande quantité du liquide lui-même, l'herbe est aqueuse, en sorte qu'elle se sèche plus difficilement pour donner du fourrage d'hiver et qu'elle convient moins bien à l'engrais du bétail dont la chair se trouve ainsi moins ferme et moins nourrissante. Mais la difficulté peut être tournée. Il résulte, en effet, de nombreuses observations qu'en associant dans une proportion convenable ce fourrage avec certains autres aliments, par exemple avec les tourteaux de graines oléagineuses, on peut le faire consommer avec succès. C'est ainsi, du reste, que les choses se passent à Édimbourg. Les *Craigentinny meadows* servent à l'engrais du bétail; les cultivateurs qui afferment ces terrains reconnaissent eux-mêmes que l'herbe s'y consomme d'une manière très-profitable, quand on l'associe avec des graines et autres aliments bien choisis (*).

Somme toute donc, l'arrosage des prairies offre le meilleur emploi possible de l'eau d'égout. Quant à la manière même d'effectuer cet arrosage, nous avons peu de chose à en dire: on opère avec l'eau d'égout comme avec l'eau ordinaire. En Angleterre l'usage a consacré la méthode dite *d'Édimbourg*, laquelle consiste à disposer la surface du ter-

(*) Voir les dépositions de MM. A. Bryce et J. Christy, ainsi que les explications de M. W. Hope, dans l'enquête de 1865, sur l'emploi des eaux d'égout de la métropole.

rain en plans inclinés sur chacun desquels l'eau est déversée au moyen d'une rigole, presque de niveau, qui suit l'arête supérieure. Une autre rigole, tracée le long de l'arête inférieure, recueille l'excédant des eaux qui découle de la prairie et l'évacue au dehors ou sur une autre bande de terrain; enfin quelques rigoles transversales, tantôt perpendiculaires aux précédentes, tantôt obliques, suivant l'inclinaison du sol, ouvertes à la bêche ou par un trait de charrue, facilitent la dispersion du liquide. La façon de la terre, en vue d'un semblable arrosage, ne dépasse pas ordinairement 3 à 400 francs par hectare (*). Une autre méthode, qui présente plus d'avantages quand l'eau d'égout est relativement peu abondante et qu'on se propose dès lors de l'économiser, est celle qu'on applique en Espagne pour les irrigations ordinaires. Elle consiste à diviser la surface en plates-bandes horizontales, entourées chacune d'un petit mur en terre; l'eau se déverse d'une de ces enceintes dans l'autre après avoir atteint une hauteur de 6 ou 7 centimètres. Il est clair qu'on peut de cette manière utiliser la totalité du liquide, c'est-à-dire rendre nul l'écoulement superficiel; mais il est visible aussi que ce procédé ne saurait convenir quand il s'agit de faire passer un fort volume d'eau dans un temps donné (**).

(*) « La terre destinée à l'irrigation, disent les rapporteurs de « 1866, n'exige pas un travail coûteux pour être réglée et nivelée; « elle ne nécessite pas non plus qu'on installe des bassins dispen- « dieux pour recevoir et conserver les liquides. L'argile forte que « la charrue a découpée en crêtes et sillons peut être ramenée à « une pente uniforme en abaissant les crêtes et remblayant ainsi « en partie les sillons, de façon à ce que l'eau d'égout, quand elle « arrive, ne tombe pas dans chacun d'eux comme dans un fossé, « en laissant le reste relativement à nu. Ce travail peut coûter en- « viron 5 livres l'acre (512 francs l'hectare). On peut débarrasser « les champs peu étendus des haies inutiles, afin d'avoir de plus « larges surfaces à sa disposition. »

(**) La compagnie d'irrigation de Londres se propose, comme nous le verrons, d'appliquer ce procédé sur son domaine, si elle est assez heureuse pour vendre au public la majeure partie de ses eaux d'égout.

Un point de la plus haute importance, sous le double rapport de la salubrité et du rendement, c'est l'assèchement du sol qui reçoit les eaux d'égout. La plupart des inconvénients dont on s'est plaint au voisinage des irrigations tiennent à ce que les moyens d'écoulement sont insuffisants; les liquides forment alors des flaques marécageuses qui exhalent des odeurs insupportables. La première condition est donc que la surface du sol soit bien réglée et que l'excédant des eaux s'en écoule librement. Quant à la portion qui pénètre à l'intérieur, on ne doit pas hésiter à recourir au drainage pour peu que la perméabilité du sol ou la disposition des couches sous-jacentes laisse à désirer. En thèse générale, il est bon que la plus forte proportion possible d'eau passe à travers le sol comme à travers un filtre; on est sûr ainsi que la séparation des matières en suspension se fait mieux et que les éléments dissous subissent eux-mêmes plus directement l'action de la racine des plantes. Si l'on a recours au drainage, il ne faut pas perdre de vue que les drains profonds sont les plus efficaces, parce qu'ils favorisent davantage la circulation de l'air, si nécessaire ici pour brûler la forte proportion de matières organiques charriées avec les liquides. Quand la configuration du terrain le permet, l'eau sortant des drains peut être appliquée avantageusement à trois ou quatre arrosage successifs: on la purifie ainsi plus complètement. Car c'est encore là un des points qui ont donné lieu à réclamations; on a souvent attribué à l'inefficacité des irrigations un manque de pureté qui tenait uniquement à ce que les liquides avaient passé trop vite sur les prairies.

Reste enfin la question de l'emplacement. S'il est vrai, comme nous l'avons dit, que la nature géologique du sol crée rarement un obstacle, en revanche, il est d'autres considérations qui restreignent le choix. Ainsi l'on doit éviter, pour diverses raisons, de se placer dans le voisinage des villes; car bien que les irrigations convenablement

conduites développent peu d'odeurs, il faut cependant prévoir le cas où, par suite de négligences ou d'accidents fortuits, des inconvénients viendraient à se produire. D'ailleurs quand on opère sur les eaux d'une grande ville et qu'on arrose par conséquent une grande surface, un tel voisinage, ne fût-ce qu'à raison de l'humidité, ne saurait être indifférent. En outre, les nappes d'eau souterraines risquent d'être souillées par les infiltrations, et les puits domestiques, si le sol est très-poreux, peuvent être mis tout à fait hors d'usage. A un autre point de vue, celui du haut prix des terrains, on a grand intérêt à fuir les lieux peuplés: « La dépense d'achat de la terre, disent les commissaires de 1866, peut faire plus que compenser les frais d'accroissement de conduite et ceux de l'élévation mécanique des eaux même à une hauteur considérable (*). Si tout le terrain qui avoisine la ville est bâti et qu'on ne puisse en acquérir qu'à un prix inusité, cela ne crée point un obstacle, il faut seulement aller plus loin pour chercher un emplacement où le sol ait moins de valeur. Le conseil de salubrité de Croydon, ainsi qu'il ressort de la déposition du président et de l'ingénieur, est tout prêt, s'il ne peut renouveler à des conditions raisonnables le bail de la ferme de Beddington, à pomper son eau d'égout à 150 pieds (45 mètres) de haut pour dominer le terrain dans un rayon étendu. »

Quand on est obligé de relever les eaux à l'aide de pompes, il convient, ainsi que le fait le conseil métropolitain de Londres pour le service de ses égouts, d'éliminer de

(*) L'élévation mécanique des eaux d'égout de Londres ne revient pas à plus de 1 centime par mètre cube porté à 75 mètres de haut. Or, 1 centime ne représente pas le dixième de la valeur commerciale des eaux d'égout. Quant aux frais de conduite, ils sont encore moins considérables, surtout quand on opère sur de grands volumes de liquides. Ainsi, à Londres, l'établissement de l'aqueduc destiné à conduire l'eau d'égout au bord de la mer ne la renchérit pas de 3 millimes par mètre cube et par myriamètre de parcours.

ces eaux les corps étrangers susceptibles de déranger les mécanismes. Ces corps consistent, d'une part en pailles, chiffons, bois et autres objets flottants, d'autre part en pierrailles, fers cassés et autres corps durs. La séparation se fait simplement, sans arrêt du liquide, au moyen de grilles et de canaux découverts où la vitesse est assez ralentie pour que les débris pesants puissent se déposer. Quand on n'a pas à pomper, cette séparation n'est plus indispensable; néanmoins elle peut avoir son utilité pour prévenir l'obstruction des conduites ou même pour préserver les cultures de la présence de corps inertes sans aucune efficacité pour la végétation. On se détermine à cet égard selon la nature des liquides auxquels on a affaire.

En résumé, employer les eaux d'égout à l'état naturel, en les débarrassant au besoin des corps les plus grossiers qui pourraient obstruer les conduites; les répandre aussi fraîches que possible sur des prairies permanentes disposées en vue d'une irrigation par fossés et rigoles découvertes; amener les eaux par un aqueduc couvert d'une pente d'au moins 20 centimètres par kilomètre, et prévenir l'arrêt des matières dans cet aqueduc ainsi que dans tous autres canaux; distribuer l'eau par la seule gravitation et conséquemment remonter, s'il est nécessaire, le flot à la machine, de façon à commander la surface d'arrosage; choisir des terrains dont la perméabilité soit en rapport avec la quantité de liquide qui doit les traverser et en général préférer les sols légers et drainés; veiller par-dessus toutes choses à ce que l'écoulement, soit superficiel, soit souterrain, se fasse bien et qu'il n'y ait nulle part de nappe stagnante; éviter le voisinage des villes ou même des districts populeux et s'attacher à *se bien placer* plus encore qu'à diminuer les frais de parcours ou d'élévation mécanique; conduire enfin l'irrigation avec toutes les précautions qui en assurent la marche régulière et qui préviennent les accidents de nature à nuire au voisinage, telles

sont les conditions principales dont il importe de ne pas s'écarter si l'on veut que ce genre d'opération donne tous les bons résultats qu'on est en droit d'en espérer.

2° Dose à l'hectare.

C'est un point très-controversé que celui de savoir quelle est la quantité d'eau d'égout qu'il convient de faire passer annuellement sur un hectare de prairie. Il va de soi que cette quantité varie suivant le climat et surtout suivant la nature du terrain et ses facilités d'écoulement; aussi n'est-ce pas à ce point de vue que nous signalons une divergence d'opinion. Mais on suppose une même nature de terrain, pareillement cultivé, dans une localité déterminée; c'est dans ces conditions identiques que les chiffres mis en avant par les divers praticiens varient considérablement. On trouve, par exemple, des agronomes qui, dans l'enquête relative à l'emploi des eaux d'égout de Londres, ont réclamé une surface d'arrosage correspondant à une dose de 1.500 mètres cubes seulement par hectare (*), tandis que les commissaires belges, chargés d'élaborer le projet relatif à la ville de Bruxelles, ont admis la possibilité de faire passer sur un hectare 200.000 mètres cubes (**). Sans nous arrêter à ces extrêmes, nous dirons que les appréciations usuelles varient entre 5.000 et 20.000 mètres cubes.

La cause d'un aussi grand écart tient à ce qu'on ne se place pas au même point de vue. Les uns raisonnent implicitement comme s'il s'agissait de retirer le plus grand profit possible de l'eau d'égout, les autres comme s'il s'agissait d'en épurer la plus grande quantité possible sur une surface donnée. Or on peut dépasser notablement la dose qui cor-

(*) 80.000 hectares pour 120 millions de mètres cubes par an.

(**) 60 hectares seulement pour 12 millions de mètres cubes.

respond au plus grand profit agricole sans cesser pour cela d'obtenir une épuration satisfaisante. Voici en effet comment les choses se passent.

Si l'on envoie très-peu d'eau sur un hectare, le rendement de la récolte augmente, il est vrai, mais dans des proportions trop faibles pour que les frais allérents à la préparation du terrain et aux soins de l'irrigation puissent être couverts. Il y a donc une limite au-dessous de laquelle l'opération ne serait pas pécuniairement avantageuse. Mais au-dessus de cette limite, toute nouvelle dose, accroissant le rendement et n'accroissant pas sensiblement les frais (ils sont, comme on sait, à peu près indépendants de la quantité d'eau), apporte nécessairement un bénéfice. On peut ainsi élever la dose et augmenter en même temps le profit total, tant que toute addition d'eau détermine un surplus de rendement. Or les observations recueillies en divers lieux et les expériences de Rugby démontrent qu'on peut effectivement augmenter beaucoup la dose (si le terrain, bien entendu, s'y prête), sans cesser d'accroître le rendement; ainsi, même au delà de 25.000 mètres cubes, la commission de Rugby obtenait encore un résultat fructueux. Mais — et c'est précisément la distinction que nous signalions en commençant — l'accroissement de rendement qui correspond à une certaine dose supplémentaire n'est pas le même, suivant que ce supplément s'ajoute à une dose déjà forte ou à une dose encore faible. Il résulte en effet des expériences de Rugby :

Que sur une terre arrosée avec 7.500 mètres cubes d'eau à l'hectare, l'accroissement de récolte dû à chaque mille mètres cubes était 12,50 pour 100 de la récolte primitive, c'est-à-dire de la récolte obtenue sans arrosage;

Qu'en ajoutant une nouvelle dose de 7.500 mètres cubes, chaque mille mètres cubes de cette dose additionnelle n'apportait qu'un accroissement de récolte de 10,50 pour 100;

Qu'en ajoutant une troisième dose de 7.500 mètres cubes,

chaque mille mètres cubes de cette troisième dose ne produisait qu'un accroissement de 8,10 pour 100;

Et ainsi de suite, en s'affaiblissant à mesure qu'on forçait davantage la dose.

Il est donc évident qu'au-dessus d'une certaine limite, il y a plus d'avantage à reverser la dose supplémentaire sur un deuxième hectare de terrain, malgré les frais d'appropriation qui en résultent, qu'à la superposer sur le même hectare. L'écart entre les deux rendements correspondants fait plus que compenser les frais d'arrosage du deuxième hectare. Il est assez difficile, on le comprend, d'assigner cette limite qui peut varier avec une foule de circonstances. La commission de Rugby l'a fixée à 12.000 mètres cubes environ (pour les terrains de Rugby, s'entend), c'est-à-dire qu'au-dessus de ce chiffre il y aurait, suivant elle, plus de bénéfice à reporter le surplus sur un autre hectare (*). D'autres praticiens, entre lesquels M. Hope, l'un des concessionnaires des eaux d'égout de Londres, ont articulé, dans l'enquête de 1865, le chiffre de 7 à 8.000 mètres cubes comme étant

(*) « Eu égard au coût de la distribution, lit-on aux conclusions de la commission, il est probable que le mode d'emploi le plus avantageux consisterait à restreindre les surfaces en adoptant des arrangements spéciaux en vue d'appliquer la plus forte part, sinon la totalité de l'eau, à des prairies permanentes ou autres, disposées de façon à pouvoir la prendre toute l'année, en ne comptant qu'occasionnellement sur d'autres cultures situées à proximité de l'aire ainsi desservie. On ferait surtout fond, pour obtenir au moyen de l'eau d'égout des produits autres que le lait et la viande, sur le défoncement périodique des prairies et sur l'application à la terre labourée de l'engrais solide résultant de la putréfaction des herbes irriguées. Il est probable que la dose d'environ 12.000 mètres cubes à l'hectare, judicieusement appliquée sur des prairies bien disposées pour la recevoir, assurerait, dans la grande majorité des cas, le résultat le plus avantageux. » Et plus loin : « A en juger par les résultats des expériences et par ceux de la pratique ordinaire, on doit admettre que l'emploi le plus avantageux de l'eau, dans la majorité des cas, consistera à l'appliquer à raison de 12.000 mètres cubes environ par hectare de prairie ordinaire ou de ray-grass d'Italie.

le plus avantageux. Il est vraisemblable que ce chiffre répondait, dans leur esprit, aux terrains que la compagnie métropolitaine se proposait alors d'arroser, c'est-à-dire aux terrains situés le long de la Tamise, lesquels sont dans des conditions d'écoulement moins favorables que ceux de Rugby; or il est clair qu'à mesure que les facilités d'écoulement diminuent, la même dose est plus voisine du point de saturation des cultures, et il y a dès lors intérêt à s'arrêter plus tôt dans la voie des doses croissantes. Entre les chiffres de la commission de Rugby et ceux de la compagnie métropolitaine, on peut adopter celui de 10.000 mètres cubes, comme correspondant à la moyenne des terrains (*). Telle est la conclusion à laquelle on arrive en se plaçant au point de vue du plus grand profit agricole.

Mais quand on examine la question au point de vue de la clarification des liquides, la limite précédente peut être considérablement dépassée. On peut facilement la doubler et même la tripler, sans craindre de préjudicier à la salubrité, si le terrain est favorablement disposé pour l'assèchement. A peine est-il besoin de dire qu'une terre forte et compacte, même drainée, conviendrait mal en ce cas, et qu'avec de pareil volumes, il est nécessaire de se placer sur des sols légers; mais avec des sables absolument purs, pourvus de toutes les facilités d'écoulement superficiel et souterrain, la consommation pourrait être poussée jusqu'à 40.000 mètres cubes par hectare. C'est, du moins, ce que tendent à prouver quelques observations faites aux environs d'Édimbourg et à Rugby. La compagnie métropolitaine a admis la possibilité de pareilles doses pour les sables littoraux qu'elle projette de reprendre sur la mer du Nord, et la commission d'enquête de 1866 a même accepté, à la suite de ses investigations, le chiffre de 50.000 mètres cu-

(*) Ce volume ainsi réparti sur l'hectare représente une hauteur d'eau annuelle de 1 mètre.

bes (*). Toutefois, on ne doit pas se le dissimuler et les autorités que nous citons ont été les premières à le signaler, à ces extrémités la parfaite épuration des liquides n'est plus assurée. On peut bien encore faire face aux nécessités de l'assèchement et prévenir la putréfaction sur le sol, mais on court risque de corrompre les cours d'eau. La dose de 40.000 mètres cubes à l'hectare est donc une limite extrême qu'il ne faut pas songer à dépasser, et qu'il est même prudent de pas atteindre.

En résumé, on peut poser les chiffres suivants :

mètres cubes à l'hectare.

- 10.000. . . Maximum du profit agricole (**) et excellente épuration.
- 20.000. . . Profit moyen et épuration convenable.
- 40.000. . . Profit très-faible. — Maximum du volume à épurer.

Il n'est pas sans intérêt de rechercher à quels nombres d'habitants dans les villes ces chiffres correspondent. Bien

(*) « Le rapport entre l'étendue de terre à arroser, disent les commissaires dans leur rapport de 1867, et la population est variable. Si le but est de clarifier l'eau d'égout sur la moindre surface possible, sans préoccupation du plus grand produit (commercial) à obtenir ou du plus haut degré de purification, un terrain à sous-sol de sable ou de gravier convient le mieux : ce terrain agit comme un filtre, il absorbe de forts volumes de liquide et l'eau coule à travers le sous-sol. Mais ce mode d'opérer avec d'énormes quantités de liquides sur un sol perméable ne doit pas être recommandé quand on est exposé à corrompre des puits ou des cours d'eau. Sur un sol pauvre (sableux ou graveleux) on peut faire passer ainsi annuellement de 5.000 à 20.000 tonnes par acre (de 12.500 à 50.000 mètres cubes par hectare), tandis que sur une bonne terre, où l'on désire obtenir des récoltes payant bien et une purification parfaite, 6.000 tonnes par acre (15.000 mètres cubes à l'hectare) sont tout ce qu'on peut appliquer avantageusement... Si l'irrigation donne naissance à des flaques marécageuses, cela sera dû entièrement à la disposition du terrain, à l'insuffisance de l'écoulement à la surface et à travers le sous-sol, bien plutôt qu'à la quantité de liquide appliquée. »

(**) Par mètre-cube, s'entend.

entendu, il ne peut être ici question que de moyennes plus ou moins approximatives, vu que pour un même nombre d'habitants, le volume des eaux d'égout varie avec plusieurs circonstances et principalement avec celles-ci : 1° avec la quantité d'eau distribuée dans la ville pour le service public ou les usages privés; 2° avec la quantité d'eau pluviale. Ce dernier élément est soumis lui-même à deux influences : d'une part, la nature du climat, et d'autre part, la densité relative de la population ou l'étendue de la ville par rapport au nombre de ses habitants.

Les seules observations précises qu'on possède à cet égard ont été faites à Paris et à Londres. A Paris, MM. Mille et Durand Claye ont constaté qu'en 1868 la distribution d'eau avait été moyennement de 213.689 mètres cubes par jour et le débit du collecteur de 190.905 mètres cubes. Mais ce débit ne comprenait pas, pendant les dix premiers mois, l'affluent de la rive gauche (*), lequel, d'après une observation ultérieure, paraît élever le débit d'environ 40.000 mètres cubes. En faisant la correction en conséquence pour les dix premiers mois, on trouve un débit moyen total de 225.000 mètres cubes environ, correspondant à la susdite distribution de 213.689 mètres cubes. Le débit de l'égout aurait donc été égal à la distribution augmentée de 5 p. 100. En d'autres termes, les pluies, dont le volume cependant s'était élevé, d'après les mêmes observateurs, à 114.726 mètres cubes par jour, n'auraient guère fait que compenser les pertes de tous genres qu'éprouvent les eaux à leur trajet dans la ville. A Londres, les observations de M. Bazalgette ont conduit la compagnie métropolitaine d'irrigations à admettre qu'elle pourrait disposer de 120 millions de mètres cubes d'eau d'égout par an, non compris les jours de grosses pluies au nombre d'une

(*) On sait que le collecteur de la rive gauche n'a été relié à celui de la rive droite qu'à partir du mois de novembre 1868.

quinzaine. La distribution publique, d'un autre côté, est d'environ 300.000 mètres cubes par jour, soit, pendant les 350 journées correspondantes au débit susmentionné, de 110 millions de mètres cubes, chiffre égal à ce débit augmenté de 10 pour 100. Nous retrouvons ici à peu près le même rapport que pour Paris; à la vérité, nous avons négligé les 15 jours de grosses pluies, qui auraient sensiblement élevé le débit, parce qu'à Londres la population est beaucoup moins dense qu'à Paris, et en outre le climat y est plus humide. Moyennant cette correction, on voit que dans l'une comme dans l'autre capitale, le volume des eaux d'égout surpasse peu le volume de la distribution. Il convient de remarquer qu'à mesure que le chiffre de la distribution s'élève, cette inégalité tend à disparaître ou même à se produire en sens inverse; car la quantité de pluie restant constante, compense de moins en moins les pertes, qui sont une fraction à peu près déterminée du total. Donc si pour des distributions de 120 à 140 litres par habitant et par jour (qui sont celles sur lesquelles ont porté les observations), on a trouvé que le débit du collecteur était légèrement supérieur à la distribution, il est vraisemblable que pour 160 à 180 litres, par exemple, il lui serait seulement égal, et qu'au delà il deviendrait inférieur.

Cela posé, remarquons que dans la généralité des villes la distribution d'eau varie de 100 à 200 litres par habitant et par jour, et qu'on peut considérer le chiffre de 160 à 170 litres comme une bonne moyenne. Or ce contingent représente 60 mètres cubes environ par an (*). Par suite, les chiffres précédemment établis de 10.000 mètres cubes, 20.000 mètres cubes et 40.000 mètres cubes à l'hectare, correspondent respectivement à 166 habitants, 335 habitants et 666 habitants; en d'autres termes, pour pratiquer

(*) 165 litres multipliés par 365 jours donnent 60 mètres cubes et un quart (exactement 60.225 litres).

l'épuration, il faut 1 hectare par 166, 333 ou 666 habitants, selon qu'on veut donner à l'hectare des doses de 10.000, 20.000 ou 40.000 mètres cubes. On peut présenter ces nombres sous une autre forme plus facile à retenir, en disant qu'il faut 1 hectare et demi par 250, 500 ou 1.000 habitants. D'après cela, la relation entre le chiffre de la population d'une ville, la surface de prairies et les résultats de l'irrigation est la suivante :

Nombre d'habitants
correspondant à
1 hectare 1/2 arrosé.

250. Maximum du profit agricole et excellente épuration.
500. Profit moyen et épuration convenable.
1.000. Profit très-faible.—Maximum du volume à épurer.

Ainsi la moindre surface dont on doit disposer est celle de $1\frac{1}{2}$ hectare par 1.000 habitants, soit 3.000 hectares pour une ville qui, comme Paris ou la rive nord de Londres, compterait environ 2 millions d'âmes. Au-dessous de cette limite, la salubrité pourrait être gravement compromise, et, pour avoir des résultats agricoles avantageux, il serait nécessaire de se maintenir sensiblement au-dessus, par exemple d'avoir une surface double.

Tant que la distribution d'eau s'écarte peu de la moyenne que nous avons supposée, ces conclusions sont applicables, car la distribution venant, par exemple, à augmenter, le débit des égouts augmente, il est vrai, et par suite aussi la dose à l'hectare; mais comme, d'autre part, les matières d'égout se trouvent plus délayées, on peut, sans inconvénient, en faire passer un volume un peu plus grand sur le terrain. Mais il est bien évident qu'il y a une limite, et que si l'on s'écarte beaucoup, en plus ou en moins, de la moyenne supposée, la surface exigée par habitant devient plus grande ou plus petite. Néanmoins, il est vraisemblable qu'entre 150 et 180 litres, par exemple, les chiffres ci-dessus peuvent être maintenus, étant toujours entendu que

les villes dont on s'occupe sont dans des conditions de climat et de densité analogues à celles de Paris, ou, si elles sont dans des conditions semblables à celles de Londres et de la plupart des villes anglaises, on fait la correction relative aux jours de grosses pluies.

3° Valeur de l'eau d'égout et bénéfices de l'irrigation.

La valeur de l'eau d'égout, estimée commercialement, est un point encore plus controversé que celui de la dose à l'hectare. Nous espérons mettre en évidence la cause de ces divergences, par l'analyse attentive des travaux faits en Angleterre et des dépositions entendues dans les diverses enquêtes. Mais hâtons-nous de dire que si les appréciations varient beaucoup sur le *quantum* de la valeur à attribuer aux eaux d'égout, elles ne touchent pas du moins au principe de cette valeur elle-même, en ce sens que tout le monde s'est accordé à reconnaître que l'eau d'égout, rendue au lieu d'arrosage, possède une valeur propre, autre que celle de l'eau ordinaire, et susceptible de se traduire en résultats commerciaux.

L'opinion la plus défavorable, relativement à l'importance de cette valeur, existe en France et particulièrement à Paris. Dans notre pays beaucoup de personnes ne sont pas éloignées de croire que les liquides d'égout ne valent pas beaucoup plus que l'eau de certains fleuves, ou que s'il y a une différence en leur faveur, du moins cette différence ne vaut guère la peine d'être chiffrée commercialement; d'où, comme conséquence, que toute entreprise qui serait fondée sur la vente ou l'emploi de ces liquides comme moyen de rémunérer le capital engagé dans le travail de dérivation et d'arrosage, serait nécessairement ruineuse pour ses auteurs. Sans partager absolument cette manière de voir, nous reconnaissons cependant que, dans

une certaine mesure, elle est fondée. Il est indubitable que les eaux d'égout de Paris ont une faible valeur, fort au-dessous de celle qu'on attribue en Angleterre à ces sortes de liquides. La raison en est qu'à Paris les égouts ne reçoivent pas les matières fécales ni même la totalité des eaux ménagères. Mais ce n'est point à cela que nous faisons allusion tout à l'heure, quand nous parlions de l'écart entre les évaluations : nous supposons des liquides *complets*, c'est-à-dire enrichis comme en Angleterre ou dans une partie de la Belgique, de toutes les déjections ; or c'est dans ces conditions, en apparence identiques, que les évaluations se montrent très-divergentes. Effectivement le prix assigné à l'eau d'égout, rendue sur les lieux d'arrosage, par les divers chimistes ou agriculteurs qui, dans le Royaume-Uni, se sont occupés de la question, varie depuis 0^f,05 le mètre cube jusqu'à 0^f,40 (*), soit dans le rapport de 1 à 8.

Les raisons d'un pareil écart sont les deux suivantes :

En premier lieu, les liquides sur lesquels on a expérimenté avaient des richesses différentes, non-seulement parce que le drainage privé était plus ou moins répandu dans la population, et que les établissements industriels

(*) L'évaluation la plus élevée est celle du baron Liebig. L'illustre chimiste, faisant le calcul des éléments fertilisants contenus dans les liquides de Londres, d'après le chiffre de la population, arrive à un total de 50 millions de francs, tandis que le volume total des eaux d'égout serait de 150 millions de mètres cubes par an (lettre au lord maire, du 19 janvier 1865). Il convient même, en acceptant ces bases, de porter le chiffre de 50 millions à 60 millions au moins, attendu que la population sur laquelle le baron Liebig a raisonné est inférieure à la population réelle ; mais 60 millions de francs pour 150 millions de mètres cubes représentent 0^f,40 pour 1 mètre cube. Empressons-nous d'ajouter que le grand chimiste a fait remarquer lui-même que l'état de dilution dans lequel se trouvent ces éléments en modifie considérablement la valeur. L'estimation ci-dessus n'est donc, dans l'opinion même de son auteur, qu'une sorte de limite supérieure de la valeur possible des eaux d'égout.

étaient plus ou moins nombreux, mais surtout parce que les villes étaient inégalement pourvues d'eau alimentaire. Or il est clair que si la consommation par tête est de 200 litres au lieu de 100, la valeur vénale des liquides d'égout s'abaisse considérablement. Mais il est facile de reconnaître que les diverses localités sur lesquelles ont porté les observations et auxquelles se réfèrent tacitement les personnes entendues dans les enquêtes, possédaient en effet des distributions d'eau fort différentes. En second lieu, et c'est là une cause d'écart plus puissante encore que la précédente, les uns ont raisonné comme si l'arrosage devait être *constant*, c'est-à-dire pratiqué tout le long de l'année, sans tenir compte des besoins de la culture, et les autres, au contraire, comme s'il devait être *intermittent* ou pratiqué seulement aux époques les plus favorables. En d'autres termes, on n'a pas distingué, selon que l'eau d'égout devait être employée à la convenance du cultivateur, quand et comme bon lui semblerait, ou selon qu'elle devrait être répandue obligatoirement, de façon à satisfaire avant tout aux exigences de la salubrité. Or c'est une distinction qu'il importe essentiellement de faire, car de l'avis de tous les praticiens, la circonstance est décisive et fait varier la valeur de l'eau au moins dans la proportion de 1 à 4. « J'aimerais « mieux, dit un des hommes les plus autorisés, M. Lawes, « l'auteur des expériences de Rugby, j'aimerais mieux « donner 2 deniers (0^f,20) par tonne dans un cas que $\frac{1}{2}$ de- « nier (0^f,05) dans l'autre. » Ces chiffres, à peu de chose près, ont été reproduits par tous les agriculteurs qui ont déposé aux enquêtes de 1864 et 1865 (*). En prenant la

(*) M. Archibald Campbell, après avoir accepté le chiffre de 2 deniers par tonne, ajoute : « Si j'étais forcé de prendre une « grande quantité d'eau d'égout toute l'année, cela ne me con- « viendrait pas : si je le faisais, je ne voudrais pas la payer plus « d'un farthing ($\frac{1}{4}$ denier) à $\frac{1}{2}$ denier la tonne. » (Enquête de 1865.) M. Frédéric Wagstaff « consentira bien, dit-il, à payer l'eau

moyenne entre ces deux extrêmes, 0^f,05 et 0^f,20, on arrive à une valeur courante de 0^f,125 par mètre cube. Cette estimation est corroborée par celle des chimistes et des ingénieurs. Leurs évaluations, bien que différentes entre elles par suite, sans nul doute, des mêmes motifs, font ressortir cependant la même moyenne, 12 à 15 centimes (*).

Les résultats pratiques constatés à Édimbourg, Croydon, Rugby et autres lieux, viennent également en confirmation. A Édimbourg, par exemple, un grand nombre de pièces de terre recevant en moyenne 10.000 mètres cubes à l'hectare, ont atteint une valeur locative de 1.500 francs par hectare, alors qu'elles ne se louaient pas 50 francs auparavant. En déduisant les frais de culture qui sont peu importants (la terre ne reçoit aucune autre espèce de fumure), on arrive à un chiffre de 12 à 1.500 fr., représentatif de la valeur des 10.000 mètres cubes, soit 0^f,12 à 0^f,15 par mètre cube. Dans la même localité, des parties hautes, qui paraissent recevoir une vingtaine de mille mètres cubes par hectare, ont atteint jusqu'à 2.500 fr. de valeur locative, ce qui met le mètre cube à 0^f,10 ou 0^f,11, chiffre plus faible que le précédent, à raison de la trop forte dose (20.000 mètres cubes,

« d'égout de Londres » deniers, mais en supposant qu'il puisse la « prendre au moment même où elle lui serait le plus utile, et en « telle quantité que de besoin, et non aux autres époques de « l'année. » (Même enquête.) Les autres agriculteurs, MM. Joseph Paxton, Samuel Bury, Congrève, Watershaws, etc., font entendre des appréciations analogues. Ces avis ont d'autant plus de poids que les hommes dont nous citons les noms sont riverains de l'aqueduc de dérivation projeté pour les irrigations de Londres et seront appelés sans doute un jour à acheter l'eau d'égout à la compagnie concessionnaire. Ils avaient donc un intérêt évident à ne pas forcer d'avance le chiffre qu'ils consentiraient plus tard à payer.

(*) Le docteur A. Vœlcker fixe la valeur de l'eau d'égout à 0^f,20 la tonne (enquête de 1865). M. Rawlinson se déclare disposé à accepter ce chiffre (enquête de 1864). Le professeur Way, qui donne une de ses évaluations les plus basses, admet une valeur d'environ 1 denier (0^f,10) par tonne. La moyenne entre ces chiffres est 0^f,15.

au lieu de 10.000). Il est d'ailleurs à remarquer que l'eau d'égout d'Édimbourg n'a pas toute la valeur qu'elle pourrait avoir, parce qu'elle ne reçoit qu'en partie les matières fécales. A Croydon, où la dose est modérée et appliquée avec une grande intelligence, la valeur approche de 0^f,15. De son côté, M. Lawes a trouvé à Rugby que l'application de 20.000 mètres cubes fournissait un revenu de 1.500 fr., ce qui assignerait au mètre cube une valeur de près de 0^f,08, et par suite de près de 0^f,10 avec une dose moitié moindre. Mais l'eau de Rugby ayant une composition relativement faible à cause de l'abondance de la distribution d'eau (près de 200 litres par tête et par jour), on retombe bien près, on le voit, des précédentes évaluations. Au surplus, nous reviendrons avec plus de détail sur ces chiffres, quand nous décrirons les entreprises d'irrigations ; nous verrons, par la même occasion, que les résultats obtenus à Milan concordent parfaitement avec eux.

En résumé, on peut admettre que l'eau d'égout, enrichie, nous le répétons, de toutes les déjections de la population, et employée partie à la convenance de la culture, partie pour satisfaire aux exigences de la salubrité, a une valeur moyenne de 0^f,12 à 0^f,15 le mètre cube (*). Cette valeur augmente ou diminue, selon qu'on modère à son gré la dose à l'hectare, ou selon, au contraire, qu'on est obligé de l'exagérer ; elle varie alors entre les limites extrêmes de 0^f,05 et 0^f,20. On peut ainsi poser, avec une grande probabilité d'exactitude, l'échelle suivante :

0^f,20 pour les circonstances exceptionnellement favo-

(*) Cette valeur est établie dans l'hypothèse d'une distribution d'eau alimentaire s'éloignant peu de celle des villes sur lesquelles ont porté les observations, par conséquent de 130 à 140 litres par tête et par jour, ce qui est à peu près, notamment, le chiffre de Londres. Si l'on considérait une ville où la distribution fût très-différente, la valeur de l'eau d'égout, dans cette nouvelle condition, se déduirait aisément de la précédente.

rables, où l'on n'aurait à se préoccuper que des besoins de la culture;

0^f,15 pour la dose normale de 10.000 mètres cubes à l'hectare;

0^f,10 pour la dose intermédiaire de 20.000 mètres cubes à l'hectare;

0^f,05 seulement pour la dose extrême de 40.000 mètres cubes, quand tout est sacrifié aux nécessités de l'épuration.

Les trois derniers chiffres correspondent respectivement, on le remarquera, aux surfaces d'arrosage calculées à raison de 1 $\frac{1}{2}$ hectare par 250, 500 et 1.000 âmes de la population desservie.

Il est à peine besoin d'ajouter que ces évaluations pourraient être influencées par le climat, et que dans un pays très-sec, par exemple, l'eau d'égout prendrait, abstraction faite des éléments fertilisants qu'elle contient, une valeur d'arrosage en rapport avec les besoins d'humidité de la culture.

Cet aperçu nous permet de dégager, avec quelque approximation, les données commerciales d'une entreprise d'irrigation à l'eau d'égout. Tout d'abord, nous écarterons le prix exceptionnel de 0^f,20, sur lequel la prudence fait un devoir de ne pas compter, et nous restreindrons les prévisions entre 0^f,05 et 0^f,15. Tout l'art des entrepreneurs doit être naturellement de se rapprocher le plus possible des circonstances qui permettent d'aspirer au prix de 0^f,15 par mètre cube (*).

(*) Il y a pour les entrepreneurs d'autant plus de nécessité à le faire que la limite inférieure de 0^f,05 ne paye pas en général, à moins de circonstances très-favorables, les frais de l'opération; c'est ce qui ressortira avec évidence des chiffres que nous indiquerons plus tard pour quelques grandes entreprises. Or il est bien certain que si l'insuffisance des profits existe à l'égard des cités importantes, elle existe à bien plus forte raison pour les villes secondaires, car, dans un travail de dérivation, la dépense d'établissement n'augmente pas en proportion du volume des eaux. Ce n'est

De là ressort une conséquence importante : le prix de 0^f,15 et même celui de 0^f,10 ne pouvant être sûrement atteint qu'à la condition que l'irrigation ne soit pas faite exclusivement au point de vue de l'épuration, mais qu'on y tienne compte, dans une certaine mesure, des convenances de la culture, et celle-ci, de son côté, ne pouvant en général consommer l'eau tout le long de l'année, l'entrepreneur doit donc, s'il se propose de vendre son eau au public, prévoir le cas où une partie seulement de cette eau serait vendue, et où même, à certaines époques, elle resterait entièrement à sa charge. Il doit s'organiser en conséquence, c'est-à-dire laisser les agriculteurs libres de prendre l'eau quand et comme bon leur semble, et ne pas leur imposer une consommation constante, sous peine de voir alors son prix tomber vers la limite de 5 centimes. Comme l'épuration ne souffre pas d'ailleurs d'arrêt, il s'ensuit que l'entrepreneur doit être en mesure de consommer lui-même, à un moment quelconque, la portion invendue de ses eaux. Il faut donc qu'il ait à sa disposition une certaine étendue de terrain, et pour peu que la proportion d'eau non vendue soit considérable, la dose à l'hectare sur ce terrain ne devra pas être trop forte, ne pas dépasser, par exemple, celle qui correspond au prix de 10 centimes ou la dose de 20.000 mètres cubes. A plus forte raison en serait-il de même si l'entrepreneur avait en vue de consommer ses eaux en totalité : il ne devrait alors en aucun cas descendre au-dessous de 10 centimes, et il devrait, par conséquent, avoir au moins 1 $\frac{1}{2}$ hectare par 500 habitants, et même il devrait faire tous ses efforts pour disposer s'il était possible, de 1 $\frac{1}{2}$ hectare par 250 habitants.

guère que vers 0^f,08 ou 0^f,10 que les grandes entreprises auxquelles nous faisons allusion peuvent couvrir entièrement leurs frais. Il y a donc pour les entrepreneurs plus qu'un motif d'amélioration des bénéfices, il y a une nécessité vitale à viser aux prix de 0^f,10 à 0^f,15 par mètre cube.

Ainsi la condition fondamentale pour qu'une entreprise d'irrigation soit fructueuse, c'est : si l'entrepreneur entend consommer lui-même toutes ses eaux, qu'il dispose de $1\frac{1}{2}$ hectare au moins pour 500 habitants; et s'il se propose, au contraire, d'en vendre la plus large part possible, qu'il soit en mesure de consommer la portion des eaux que n'achèteront pas les cultivateurs. Cette portion elle-même sera appliquée à dose plus ou moins forte selon que, par son importance, elle formera ou ne formera pas un des éléments essentiels du bénéfice. Nous raisonnons là, c'est évident, au point de vue du succès purement commercial; mais si l'on ne s'occupe que du côté sanitaire, si par exemple l'entrepreneur n'est autre que la ville elle-même, cherchant beaucoup plus tôt l'assainissement que le profit, la condition change alors, et la ville peut être amenée, pour simplifier la conduite de son opération et réduire la mise de fonds au strict nécessaire, à se procurer la moindre surface possible et y appliquer des doses de 20 à 40.000 mètres cubes à l'hectare, c'est-à-dire à se contenter de $1\frac{1}{2}$ hectare par groupe de 500 à 1.000 habitants.

Un autre point très-important, qui doit guider l'entrepreneur, quel que soit d'ailleurs le résultat sanitaire ou commercial qu'il poursuive, c'est de se procurer de préférence des terrains de qualité inférieure. Il y a beaucoup plus d'avantage à acheter à bas prix une terre infertile qu'à payer chèrement une terre féconde. Les qualités propres au sol disparaissent devant la puissance de l'arrosage : la seule chose à considérer, c'est la perméabilité et la facilité d'écoulement. Pourvu que le sol présente ces conditions, le reste n'importe guère, comme le prouvent les brillantes récoltes obtenues avec l'eau d'égout sur des sables siliceux absolument purs.

CHAPITRE III.

DESCRIPTION DE DIVERSES ENTREPRISES D'IRRIGATIONS.

1° Irrigations en Angleterre.

Rien ne démontre mieux la supériorité de la méthode des irrigations, sous le double rapport de la salubrité et de la culture, que l'observation des résultats obtenus en Angleterre. Ces résultats, dont nous avons été témoin en plusieurs lieux, ont d'autant plus de valeur aux yeux d'une critique impartiale, qu'ils ont été minutieusement scrutés et appréciés par les personnes qui avaient le plus d'intérêt à ne pas se laisser induire en erreur, savoir : 1° par le comité chargé de préparer la solution à intervenir pour les eaux d'égout de Londres; 2° par la commission d'enquête pour la protection des cours d'eau; 3° ce qui semblera peut-être plus décisif encore, par une autorité étrangère à l'Angleterre, par le comité belge envoyé pour étudier le projet d'assainissement de la Senne. Aussi ferons de fréquents emprunts aux rapports officiels de ces corps savants, préférant même, sur tous les points essentiels, exposer les faits d'après ces documents que d'après nos propres observations.

Localités diverses. — Édimbourg est un des points qui a le plus attiré les visiteurs. L'antiquité des irrigations qu'on y pratique (deux siècles selon certains auteurs), la stérilité absolue du sol et la prospérité des récoltes l'ont désigné de bonne heure à l'attention. Les délégués du conseil métropolitain l'ont visité en 1865. Leur première remarque porte sur la qualité des eaux d'égout, lesquelles ne recevant qu'une partie des matières fécales, sont naturellement

moins riches et ont moins de valeur que celles qui se trouvent dans des conditions normales. Ces eaux proviennent de 70 à 80000 habitants, concentrés dans la vieille ville. Elles sortent du côté est, à un endroit nommé Sunny Bank, sur la route de Berwick, et forment un ruisseau découvert qui contourne sur ce point une prairie très-favorablement disposée pour l'arrosage. De là le ruisseau coule au nord jusqu'à la ferme de Lochend, qui comprend environ 32 hectares d'argile ou de sable, avec sous-sol rocheux. M. Scott, qui l'occupe, s'est donné beaucoup de mal pendant ces dix dernières années, disent les délégués, pour appliquer l'eau dans les meilleures conditions possibles. Il peut irriguer une partie de ses terrains par gravitation ; pour le reste, il a fait construire une roue hydraulique de quatre à cinq chevaux, faisant marcher quatre pompes qui remontent l'eau sur 5 hectares, moyennant une dépense annuelle de 250 à 300 francs. La majeure partie de sa terre porte du ray-grass d'Italie, qu'il faut labourer et réensemencer tous les trois ans. Il fait trois coupes par an et arrose trois fois entre deux coupes ; sur 12 hectares il a obtenu cinq coupes. Il vend tout le produit à des nourrisseurs de vaches : il n'a pas fait le compte du poids, mais il a assuré au comité que sa terre, qu'on aurait difficilement louée auparavant 320 fr. l'hectare, rapportait aujourd'hui 1.500 francs l'hectare. M. Scott a aussi un bassin ou réservoir, dans lequel il laisse l'eau déposer et d'où il retire une quantité considérable de matière noire, de nature animale, qu'il estime un engrais très-actif.

Les Craigentenny meadows sont plus connus que les prairies de Lochend. Elles sont sur le bord de la mer et longent la route entre Leith et Portobello, à environ 2.300 mètres d'Édimbourg. Elles sont la propriété de M. Samuel Christy Miller. Il y a là en tout une centaine d'hectares, dont 80 sont arrosés par gravitation et 20 au moyen d'une machine à vapeur. Leur nature varie beaucoup : la partie

qui est le plus près de la mer, appelée Figgate Whims, est absolument formée d'un sable pur que le moindre coup de bêche ramène à la surface ; mais à l'ouest de la route, le sol est formé d'un bon limon, passant à l'argile compacte près des bâtiments.

L'eau d'égout arrive de la ville par un canal découvert et est distribuée par des rigoles sur la surface de la terre, laquelle est dans des conditions plutôt favorables, par suite d'une bonne inclinaison vers la mer. Les renseignements obtenus sur les lieux par le comité métropolitain, relativement à la quantité d'eau appliquée, n'ont pas été concluants, car aucun moyen mécanique de jaugeage n'ayant été prévu, il est impossible de faire une estimation même approximative. Mais il n'y a aucun doute sur les résultats eux-mêmes : les coupes d'herbes sont affermées annuellement à l'enchère et le prix atteint de 1.250 à 1.750 francs par hectare, dans la partie basse, et même, sur quelques points de la partie haute, il s'est élevé jusqu'à 2.500 francs par hectare. L'acheteur a le droit de faire autant de coupes qu'il veut, du 1^{er} avril au 10 octobre, époque où le propriétaire rentre en jouissance de sa terre et fait pâturer des moutons pendant six semaines avant l'hiver. Certaines parties du terrain passent pour être irriguées depuis deux cents ans, mais la plus grande partie l'est seulement depuis trente-cinq ans : elle a été au début ensemencée en gazon varié et ne l'a pas été de nouveau. La terre qui avoisine la côte ne valait pas auparavant 16 francs de loyer par hectare : elle en vaut aujourd'hui plus de 1.300. Il faut faire observer que ni M. Scott, à Lochend, ni M. Miller, à Craigentenny, ne payent rien à la ville d'Édimbourg pour l'eau d'égout, qui, depuis un temps immémorial, s'est écoulée au ruisseau où ces agriculteurs s'alimentent ; mais il ressort des chiffres ci-dessus qu'elle a une valeur réelle, qui doit s'éloigner peu de 11 à 12 centimes par mètre cube. Cette valeur serait vraisemblablement accrue d'un quart et portée à 14 ou 15 cen-

times si l'eau recevait la totalité des matières fécales. Quant aux résultats sanitaires, ils ne laissent à désirer qu'à cause de la manière dont est faite l'application. Ainsi que nous l'avons déjà remarqué, le mauvais état des rigoles, l'excès de liquide et le manque d'écoulement sur certains points nuisent à l'efficacité du procédé; néanmoins il n'en est pas résulté d'inconvénients sérieux, et on n'a constaté jusqu'ici aucune atteinte à la santé publique.

C'est à Croydon qu'on trouve l'application la plus complète. La terre arrosée confine Beddington Park, et consiste en 100 hectares d'un sol glaiseux, reposant sur la craie. Toute la surface possède une bonne inclinaison vers la Wandle, éminemment favorable au succès de l'opération. L'eau d'égout est filtrée sommairement et amenée par gravitation dans un canal ouvert au sommet des terres; de là elle se distribue par de petits fossés ou tranchées, et coule à la surface au moyen de rigoles temporaires tracées çà et là par les cultivateurs. La population dont les déjections sont ainsi amenées sur les terres, est de 17.000 âmes; la dose annuelle à l'hectare est évaluée à 7.500 mètres cubes. Un dixième de la surface totale est arrosé à la fois, en sorte que chaque portion reçoit l'eau trente-six jours par an. Le liquide coule environ pendant cinq heures sur la terre, et ce temps est tout à fait suffisant pour le *déodoriser*, disent les délégués, et pour permettre aux herbes de le dépouiller de ses matières fertilisantes. Après deux ou trois jours d'irrigation, le flot qui abandonne les terres est à peu près insipide, incolore et inodore. La plus grande partie de la ferme porte du ray-grass d'Italie, qu'il faut renouveler tous les trois ans, et les produits paraissent très-considérables. Quelques portions sont encore à l'état de prairies naturelles. Le conseil de Croydon a pris à bail cette métairie à raison de 250 francs par hectare et la sous-loue lui-même à M. Marriage sur le pied de 312^f,50, ce qui constitue une différence de 62^f,50 à son profit.

On doit considérer cette dernière somme comme une sorte de redevance mise à l'emploi de l'eau, mais le chiffre est loin de représenter la valeur du liquide, car d'après les comptes produits aux délégués du conseil métropolitain, il y a 4 coupes annuelles par hectare, qui se vendent chacune environ 500 fr. L'herbe est surtout employée pour nourrir à l'étable des vaches laitières. Les travaux préparatoires du sol, en vue de l'arrosage, ont coûté de 4 à 600 francs par hectare, desquels le conseil a payé 250 : la dépense pour la filtration sommaire est à peu près compensée par la vente des dépôts, qui atteint 1^f,90 la charretée. Pour avoir la valeur de l'eau, il faudrait déduire du revenu brut, ou de 2.000 francs environ : 1° la valeur locative de la terre avant l'arrosage ou 250 francs; 2° l'intérêt et l'amortissement des frais de préparation du sol, soit 50 francs; 3° les frais de culture, qui ne sont pas exactement connus mais qui ne doivent pas dépasser 300 francs; 4° la dépense du réensemencement répartie sur trois ans, ou 330 francs environ. Il resterait ainsi 1.070 francs pour les 7.500 mètres cubes, ce qui porterait la valeur du mètre cube à 14 centimes. Ce chiffre élevé ne doit pas surprendre, par la raison que la dose à l'hectare est ici très-modérée et susceptible conséquemment de donner le maximum de bénéfice. Il serait même encore plus fort si la distribution d'eau alimentaire n'atteignait pas le chiffre considérable de près de 200 litres par tête.

La commission d'enquête de 1866-1867 cite des preuves non équivoques de la supériorité du procédé. « Aussi long-temps, dit-elle, que le conseil de salubrité de Croydon a eu recours à des procédés chimiques pour purifier les eaux d'égout, il a été en butte à des procès continuels à raison de la corruption des eaux. Il s'est mis alors à appliquer la méthode des irrigations à Beddington, et les eaux qui sortaient des champs arrosés tombaient dans la Wandle. M. Gurney, n'ayant pas assez d'eau à

« son usine, demanda au conseil de lui laisser conduire
 « l'eau qui s'écoulait des champs arrosés dans la Wandle,
 « à un point au-dessus de l'usine; et en ayant obtenu la
 « permission, il établit à ses frais un canal d'une longueur
 « considérable, par lequel toute l'eau est maintenant
 « amenée à travers ses terres le long d'un chemin à voi-
 « tures, et rejoint la rivière dans son parcours sur la pro-
 « priété. Il ressort du témoignage et de M. Gurney et de
 « son agent M. Reynolds qui réside sur le domaine, tout
 « près de l'embouchure de Beddington, qu'il y a encore
 « accidentellement quelques sujets de plainte sur l'état de
 « l'eau d'arrosage qui vient quelquefois des champs soit
 « trouble, soit assez imparfaitement purifiée pour souiller à
 « la fois la rivière Wandle et l'atmosphère dans le voisi-
 « nage. Ces faits, quand ils se produisent, comportent,
 « nous nous en sommes assurés, une explication. Quand
 « l'eau est trouble (mais sans être chargée de matières
 « d'égout), cela tient probablement, comme le suggère
 « M. Gurney, à ce que le bétail qu'on envoie pâturer sur
 « les terres arrosées (lequel est très-nombreux par rapport
 « à la superficie), a foulé le sol et l'a souillé avec ses excré-
 « ments. Quand au contraire l'eau de sortie manifeste à la
 « fois à la vue et à l'odorat des signes incontestables de la
 « présence des matières d'égout, c'est que celles-ci n'ont
 « pas été répandues sur une assez grande étendue de ter-
 « rain. L'odeur a été reconnue la plus forte le dimanche
 « soir, probablement parce que ce jour-là on néglige de
 « faire tout le nécessaire pour distribuer convenablement
 « l'eau d'égout (*).

« M. Reynolds dit expressément que le vice est seule-
 « ment accidentel; que d'autres fois l'eau arrive aussi pure

(*) Cela ne paraîtra pas surprenant à quiconque connaît la ma-
 nière scrupuleuse dont le repos du dimanche est observé en An-
 gleterre.

« qu'il peut le désirer, pure comme l'eau de la rivière;
 « qu'il n'aperçoit pas d'inconvénient dans l'irrigation avec
 « les liquides d'égout quand elle est bien conduite; qu'il
 « croit au contraire que c'est là un grand principe et qu'il
 « pense que ce serait bien dommage que ce principe fut
 « mis en question par suite de la négligence de ceux qui
 « l'appliquent. Si à un moment quelconque M. Gurney
 « trouvait l'eau défectueuse, il n'aurait qu'à fermer son
 « canal et à laisser cette eau hors de chez lui. Mais il ne
 « l'a pas encore fait (*). »

A Rugby, l'eau d'égout est appliquée à la terre depuis

(*) Ces faits n'ont pas été moins favorablement appréciés par les
 délégués du gouvernement belge. Voici en effet ce qu'on lit dans
 leur rapport du 20 février 1866 :

« Les soussignés se sont rendus d'abord à Blind Corner (Croy-
 « don), où ils ont vu les eaux d'égout sortir d'un collecteur, passer
 « de là à travers un filtre disposé de manière à retenir d'abord
 « les matières solides plus légères que l'eau, et ensuite les ma-
 « tières solides plus pesantes; de sorte qu'après avoir traversé ce
 « filtre, l'eau est entièrement liquide, quoique légèrement trouble.
 « Au sortir de ce filtre, cette eau est dirigée, par des canaux à
 « ciel ouvert, sur une grande prairie dont elle irrigue successive-
 « ment les diverses parties. Elle est ensuite rassemblée dans un
 « canal qui la dirige vers un cours d'eau.
 « En parcourant la prairie dans tous les sens, les soussignés
 « n'ont senti aucune odeur; ils ont été frappés du développement
 « et du degré de vigueur de l'herbe, dont une partie venait d'être
 « fauchée et dont l'autre présentait l'aspect d'un fort regain, ainsi
 « que de la limpidité de l'eau sortant des canaux. Ils ont con-
 « staté que celle-ci n'avait ni odeur ni saveur rappelant son ori-
 « gine.

« Enfin ils ont pu remarquer que le système employé ne présente
 « aucun inconvénient pour le voisinage, et qu'il ne laisse rien à
 « désirer au point de vue de l'épuration des eaux.

« Leur attention s'est portée ensuite sur les matières solides re-
 « tenues par le filtre. Ces matières, rassemblées en tas, n'avaient
 « aucune odeur; elles se vendent au prix de 5 sh. (5^f,75) le tonne-
 « reau.

« Les soussignés ont pris deux échantillons d'eau, l'un de l'eau
 « au sortir de l'égout collecteur, l'autre au sortir du canal qui la
 « reçoit après l'irrigation; ils ont également emporté un échan-

quinze ans. La population est de 8.000 âmes, et la totalité des déjections de la ville est amenée, par un conduit de 45 centimètres de diamètre, à des pompes à feu, à l'ouest du North Western Railway, où, après une filtration sommaire à travers des claies en osier, elle est élevée à une hauteur de 8 à 9 mètres pour être distribuée sur les terres.

Les opinions différant beaucoup sur le mérite des opérations conduites à Rugby, il importe de donner quelques détails. La surface totale consacrée à l'irrigation est d'environ 180 hectares, dont 160 appartiennent à M. Walker et

« tillon des produits solides retenus par le filtre. Ces matières se
« ront soumises à l'analyse chimique.

« Il nous a été assuré par l'ingénieur des travaux que la prairie
« irriguée donne annuellement six récoltes de bonne qualité, et
« que le revenu moyen, qui était de 25 shillings par acre (80 francs
« environ par hectare), a dépassé 40 livres (2.500 francs par hec-
« tare).

« La superficie de la prairie irriguée est de 37 acres (près de
« 15 hectares); elle reçoit les eaux d'égout d'une population de
« 8.000 habitants environ.

« Les soussignés se sont ensuite rendus à Beddington, sous-dis-
« trict South Wandsworth, division Croydon, où l'on pratique l'ir-
« rigation d'une grande surface, sans filtration préalable des eaux
« d'égout. C'est dans cette localité que les délégués de la commis-
« sion des Trois Pouvoirs ont trouvé installé, en 1862, le mode
« d'épuration qui a fonctionné depuis cette époque sans interrup-
« tion.

« La végétation de la partie irriguée est forte et vigoureuse, et
« l'eau qui s'en échappe est parfaitement inodore, incolore et sans
« saveur spéciale.

« Le résultat de l'épuration des eaux d'égout, telle qu'elle se
« pratique à Beddington, ne laisse rien à désirer; il est seulement
« regrettable que la terre irriguée ne soit pas mieux aménagée,
« afin d'éviter les émanations désagréables, mais très-limitées, que
« laissent dégager certaines parties où les eaux ont déposé une
« couche de matières solides qui se putréfient..

« L'un des soussignés avait constaté l'état de limpidité et de pu-
« reté des eaux s'échappant de la prairie irriguée, lors de la visite
« des délégués de la commission des Trois Pouvoirs faite au mois de
« septembre 1862, de sorte que la durée de l'expérience démontre
« la constance du résultat... »

ont été affirmées par M. Campbell, et dont 6 ont été le champ des célèbres expériences de M. Lawes, pour le compte de la commission royale, desquelles nous avons souvent parlé. La qualité et le niveau du sol varient beaucoup : la surface est généralement formée d'une argile compacte, passant parfois au sable, avec sous-sol argileux ; certaines portions sont très-peu au-dessus du niveau des rigoles dans lesquelles elles s'égouttent, d'autres sont au moins à 9 mètres plus haut. On doit naturellement s'attendre à ce que les résultats obtenus varient un peu. Le tout est disposé en gazon, ou, pour parler plus exactement, l'eau d'égout a été appliquée à de vieux pâturages, sans autres travaux préparatoires qu'une série de petites rigoles et de fossés qui reçoivent l'eau de la conduite de décharge et la distribuent par gravitation sur la surface. Naguère la distribution s'effectuait à la lance, mais M. Walker l'a abandonnée comme trop coûteuse et comme restreignant sans nécessité l'écoulement de l'eau.

La différence entre les terres arrosées et celles qui ne le sont pas saute aux yeux ; en outre, les premières diffèrent entre elles notablement par suite de l'inégale répartition de l'eau d'égout, selon que la terre a été disposée en plans inclinés ou qu'elle n'a reçu aucune préparation spéciale.

M. Walker n'a pas le moyen de mesurer exactement la quantité d'eau donnée à la terre, mais il l'estime entre 1.250 et 2.500 mètres cubes à l'hectare, dans l'année, en cinq ou six arrosages. Il paye pour cela 1.250 francs par an en totalité au conseil local.

Le comité du conseil métropolitain n'a pu obtenir exactement, dans sa visite, ni du propriétaire ni du fermier, le chiffre du rendement à l'hectare, sous forme, soit de coupe verte, soit de foin, soit d'herbe mangée sur place, les trois modes ayant été concurremment employés ; mais on lui a assuré que l'hectare qui précédemment ne pouvait être loué que 110 francs par an, pourrait l'être aujourd'hui à 220 fr.

au moins, en sorte que la valeur aurait doublé. De plus, le propriétaire est convaincu que ni la disposition du terrain, ni le mode d'emploi de l'eau, ni l'espèce de gazon ne sont tout ce qu'on pourrait souhaiter. Mais ce qui est surtout défavorable, au point de vue du profit agricole, c'est l'étendue de la surface, qui est bien le quadruple de ce qu'elle devrait être. Néanmoins, même dans des conditions si peu propices, l'eau d'égout prendrait une valeur d'environ 6 centimes, puisque le bénéfice afférent à son emploi, soit 110 francs par hectare, se diviserait entre 18 ou 1.900 mètres cubes représentant la dose moyenne.

Les irrigations de Carlisle offrent un intérêt particulier, en ce qu'on a tenté d'y prévenir les mauvaises odeurs par l'addition d'un agent chimique. La population totale de la ville est de 30.000 âmes. Pour 8.000 environ, les déjections se perdent à l'Eden par un conduit séparé, qui passe sous l'une des prairies occupées par l'entrepreneur, M. Mac Dougall. Pour les 22.000 autres, les eaux sont amenées par un aqueduc à un appareil à vapeur de cinq chevaux, qui les remonte à 3 mètres ou 3^m,50 de haut, après qu'elles ont été désinfectées par l'adjonction d'acide phénique ou fluide désinfectant du même M. Mac Dougall, dans la proportion de 55 litres pour 2.270 mètres cubes environ de liquide par jour, ce qui entraîne une dépense de 625 francs par an. L'eau ainsi traitée est versée par les pompes dans un fossé découvert, parallèle à la rivière Caldew, et elle est distribuée à la terre au moyen d'auges mobiles en fonte. Originellement, la distribution s'effectuait par des rigoles tracées dans le sol, mais elles étaient comblées par les inondations, qui sont très-fréquentes en cet endroit, ou foulées par les bestiaux, de sorte que la dépense à faire pour les maintenir en état était plus grande que celle des auges. M. Mac Dougall afferme du duc de Devonshire 42 hectares, mais il n'en arrose que 28 situés entre le canal Calédonien et les rivières Caldew et Eden.

Tout le sol est sableux et très-poreux, laissant filtrer l'eau librement, et il est disposé en pâturage ordinaire. Les prairies ne paraissent pas avoir reçu de gazon artificiel, et elles sont entièrement broutées par le bétail. Aucune partie du fourrage n'est coupée et exportée; conséquemment le résultat net est difficile à connaître. Chaque portion est irriguée quatre fois par an; la dose à l'hectare ne paraît pas très-exactement fixée, mais en admettant un débit moyen de 2.000 mètres cubes par jour, ce serait une dose d'environ 25.000 mètres cubes par hectare et par an. La surface totale est, avons-nous dit, de 42 hectares, dont 28 arrosés et 14 non arrosés. Elle porte habituellement 600 moutons et de 90 à 120 têtes de gros bétail, pour lesquelles les nourrisseurs payent une redevance hebdomadaire de 4^f,40 à 5 francs par tête de gros bétail, et de 0^f,65 par mouton, ce qui représente un revenu brut d'environ 45.000 francs par an, duquel il faudrait déduire les frais de culture, qui sont peu élevés, ainsi que le prix d'affermage. Une autre preuve de l'accroissement de valeur dû à l'eau d'égout, c'est ce fait que M. Mac Dougall a pu, en 1864, sous-louer le tout à M. Hetherington, boucher de Carlisle, au prix de 20.000 francs par année.

Carlisle est la seule ville, à notre connaissance, où l'on ait essayé d'empêcher la putréfaction de l'eau d'égout employée à l'arrosage. Dans les autres localités, c'est l'application même au sol qui réalise la désinfection.

A Carlisle, le pâturage est beau et de bonne qualité, peut-être meilleur que partout ailleurs: on pourrait l'attribuer à ce que le bétail est gardé dessus, mais on donne pour raison que l'acide phénique prévient la décomposition, de sorte que l'azote contenu dans le liquide ne se combinerait pas avec l'hydrogène ou avec l'acide carbonique pour former de l'ammoniaque libre ou du carbonate d'ammoniaque (deux composés qu'on accuse de stimuler les grosses herbes, lesquelles, par leur rapide développement, étouf-

fent les espèces plus fines et moins robustes), mais cet azote serait fourni aux racines des plantes dans l'état même où il se trouve originairement dans l'eau d'égout, et ne serait libéré qu'en tant que de besoin, au fur et à mesure qu'il serait réclamé par la végétation. On a fait valoir aussi aux délégués du conseil métropolitain qu'un autre effet de l'acide phénique était de détruire les insectes parasites, mais les délégués se sont abstenus d'exprimer aucune opinion sur ce point, comme sur le précédent, désirant, ont-ils dit, rapporter simplement ce qu'ils avaient vu et entendu.

Quant à nous, nous sommes disposé à croire que les avantages résultant de l'emploi de l'acide phénique sont à peu près illusoire, et que cette pratique serait sans doute abandonnée si elle n'était pas exercée par l'inventeur même du désinfectant.

Des irrigations sont également installées dans quelques autres localités, Worthing, Norwood, Malvern, Tavistock, et partout où l'opération est sagement conduite, on constate que les résultats sanitaires sont excellents : « A Worthing, disent les commissaires de 1866-1867, nous avons trouvé le système qui fonctionne depuis un an, irréprochable. Pas un seul cas de maladie n'a été attribué à l'arrosage. » — « En ce qui concerne Norwood, disent-ils plus loin, aucune plainte n'a été formulée par les personnes qui représentent ce district dans le conseil de salubrité de Croydon. » A Malvern, le concessionnaire des eaux, M. Mac Cann, s'est engagé, en retour du don gratuit que lui en fait la ville, à les désinfecter complètement par l'arrosage. Il les répand sur 20 hectares de prairies, et la municipalité se déclare très-satisfaite de l'exécution du contrat.

Nous ne terminerons pas ce paragraphe sans faire connaître les applications que cette méthode féconde est en voie de recevoir dans les plus modestes bourgades ou même

dans de simples habitations. « Il n'y a pas de raison, avaient dit les commissaires de 1866, pour que tout liquide d'égout, soit des villes ou des villages, soit des maisons isolées, ne soit pas appliqué aux terres, au lieu d'être écoulé directement dans les cours d'eau. » En confirmation de ce précepte, déjà plusieurs entreprises de ce genre se font remarquer en Angleterre. A la prison de Stratford, à l'asile des aliénés de Broadmoor et dans d'autres établissements similaires, on utilise aujourd'hui sur les champs les liquides provenant des bains, de la cuisine, des waters-closets, etc. A Broadmoor notamment, le système a été installé dans d'excellentes conditions, par les soins de M. Menzie, intendant de la forêt de Windsor. Le nombre des habitants de l'asile est de 600. Il s'agissait naturellement de proportionner les frais d'installation au peu d'importance d'une telle population. M. Menzie a donc introduit dans la méthode des grandes villes quelques modifications en harmonie avec les circonstances particulières dans lesquelles il se trouvait. Les deux principales de ces modifications ont consisté à isoler complètement les liquides impurs d'avec les eaux pluviales ou d'arrosage fournies par les toits, allées, cours, jardins, etc., et à séparer mécaniquement, sans intervention d'agent chimique, les matières solides en suspension. De la sorte, on a pu réduire la canalisation au dernier degré de simplicité. Les conduites imperméables qui desservent les habitations et amènent les eaux impures au bassin de dépôt, sont formées par des tuyaux en poterie vernissés, assemblés hermétiquement. Quant aux conduites d'arrosage ou de distribution, ce sont simplement des tuyaux de drainage ordinaires, posés à la surface, et à travers les joints desquels l'eau s'épanche sur les champs. On n'a pas fait le compte exact de la dépense, mais elle est peu élevée et, au dire des administrateurs, fort au-dessous du bénéfice qu'elle procure. Près de 8 hectares de terrains graveleux sont ainsi arrosés et portent

jusqu'à cinq coupes de ray-grass; on y cultive aussi avec avantage divers légumes. Quant aux matières solides, séparées dans le bassin de dépôt, elles sont retirées huit à dix fois par an; on les mélange avec des cendres et de la chaux provenant des épurateurs à gaz, et on forme ainsi un engrais auquel on attribue la même valeur qu'au fumier de ferme (*).

Irrigations de Londres. — Le plan d'irrigations de Londres tranche sur les précédentes entreprises à un double

(*) Les dérogations au type urbain introduites par M. Menzie dans l'installation de Broadmoor s'expliquent aisément. D'une part, dans des établissements de ce genre, comme dans les habitations privées, il est visible que le rapport des surfaces découvertes aux surfaces bâties est infiniment plus grand que dans les villes; dès lors, si l'on voulait convoyer ensemble les eaux des unes et des autres surfaces, on serait amené à donner aux conduites étanches des sections considérables, tandis qu'on peut les réduire à un très-petit diamètre en éliminant les eaux pluviales, lesquelles, de leur côté, se contentent d'évacuateurs du type le plus simple et le plus économique. D'ailleurs, le liquide fertilisant se trouverait souvent beaucoup trop étendu et perdrait alors de sa valeur; de plus on serait obligé, l'hiver surtout, de surveiller pendant la nuit l'irrigation, tandis que, moyennant cette séparation, on n'a pas à s'en occuper, vu que la source d'engrais est à ce moment à peu près tarie. D'autre part, la précipitation des matières solides en suspension est justifiée par la nécessité où l'on est le plus souvent de conduire l'arrosage autour de l'habitation et dans des lieux qui servent à la promenade. Or la putréfaction de ces matières sur le sol développerait toujours quelques odeurs désagréables. Cet inconvénient est loin d'avoir la même importance dans les irrigations urbaines, car on choisit des emplacements éloignés de toute agglomération, et qui ne sont destinés, en aucun cas, à l'agrément. Un autre avantage de la séparation des solides, au point de vue des frais d'installation, c'est de permettre la distribution avec des drains simplement assemblés bout à bout et de supprimer toute espèce d'agencement pour dériver les liquides sur le sol. Les interstices des joints suffisent pour ce dernier objet, tandis que si les eaux charriaient des matières pâteuses ou des sables, ces joints ne tarderaient pas à s'obstruer. Ces considérations et quelques autres du même genre, qui ne se présentent évidemment pas dans les irrigations urbaines, peuvent commander de semblables modifications, quand on veut appliquer le système à de petits groupes d'habitations.

point de vue : 1° La quantité de liquide à employer est infiniment plus considérable, quarante à cinquante fois aussi grande que la plus importante de celles dont nous nous sommes occupé jusqu'ici; 2° le liquide ne sera pas consommé exclusivement par l'entrepreneur lui-même, mais il est destiné à être en partie vendu au public, à raison de tant le mètre cube. C'est le premier exemple que nous rencontrons d'une eau d'égout prenant une valeur de marché et devenant l'objet d'un tarif.

Cette entreprise a été suggérée principalement par l'intérêt agricole; car les grands travaux de drainage du conseil métropolitain, bien qu'ayant laissé subsister le déversement des liquides dans la Tamise, avaient mis la salubrité à peu près hors de cause. Mais l'opinion publique s'est émue à bon droit de la déperdition d'une si énorme source d'engrais, dont la valeur commerciale est estimée de 30 à 40 millions de francs par an. De là sont sortis de nombreux projets pour utiliser les eaux d'égout tant de la rive nord que de la rive sud. Parmi ces projets, celui de MM. Hope et Napier, relatif à la rive nord, après une longue et savante discussion, a obtenu la préférence, et un acte du parlement, en date du 19 juin 1865 (*), en a confié l'exécution à la *Metropolis sewage and Essex reclamation Company* ou *Compagnie métropolitaine*, qui s'est constituée dans ce but.

Le plan de la compagnie consiste essentiellement à intercepter les eaux d'égout de la rive nord, à l'extrémité de

(*) Cet acte a été rendu, sur les conclusions conformes du conseil métropolitain et d'un comité d'enquête pris dans le sein de la chambre des communes. Le rapport du comité, en date du 30 mars 1865, concluait en ces termes : « Votre comité est d'avis que le projet qui lui a été soumis (celui de MM. Hope et Napier), constitue un mode avantageux et profitable d'employer l'eau d'égout de la partie nord de la métropole, et il n'a pas de raison de penser qu'aucun autre projet plus avantageux ou plus profitable puisse être conçu. »

l'émissaire, à Barking-Creek, et à les dériver dans un grand aqueduc de 70 kilomètres de long, qui aboutira aux côtes de la mer du Nord, au-dessus de l'embouchure de la Tamise. Le volume des eaux, fournies par une population de 2 millions et demi d'âmes, s'élève à près de 300.000 mètres cubes par jour ou à 100 millions de mètres cubes environ par an, non compris les jours de grosses pluies (*). Elles sont concédées gratuitement, sous la réserve que le conseil métropolitain entrera en partage du bénéfice au delà d'un revenu net de 5 pour 100 des capitaux engagés. Elles seront distribuées, autant que possible, aux propriétés situées sur le parcours de l'aqueduc et qui consentiront à les acheter; le surplus sera déversé sur des sables aujourd'hui incultes, concédés par l'état à la compagnie et que celle-ci devra reprendre sur la mer du Nord, à l'aide d'un immense endiguement. La superficie des propriétés privées, susceptibles d'être desservies par gravitation, dépasse 40.000 hectares; celle des sables à endiguer atteindra, si besoin est, le chiffre de 8.000 hectares. La compagnie est constituée au capital de 52.500.000 francs pouvant être porté, par des émissions ultérieures, à 100 millions, dont 75 millions en actions et 25 millions en obligations; le capital a été souscrit en 1865 ou du moins l'annonce en a été faite. Les travaux ont été commencés dès les premiers mois de l'année suivante; ils devraient, aux termes du cahier des charges, être terminés dans le délai de dix ans à partir de l'acte de concession, soit le 19 juin 1875, pour ce qui concerne l'aqueduc et ses dépendances, et dans le délai de quatorze ans, soit le 19 juin 1879, pour ce qui concerne l'endiguement des sables littoraux. Un coup d'œil sur ces travaux n'est pas dépourvu d'intérêt (**).

(*) La compagnie parle même de porter le chiffre à 120 millions en utilisant, le cas échéant, les jours de pluies, les premières eaux qui ont toujours une certaine richesse.

(**) Les plans sont dus à deux ingénieurs en renom, MM. Bateman et Hemans. Ils sont exécutés, sous leur direction, par un

Le grand aqueduc de dérivation est construit sur le modèle de l'émissaire de la ville. Il est de forme circulaire, au diamètre de 5 mètres, et repose sur une solide base en béton. Il s'embranché sur les ouvrages de la ville en deux endroits : 1° sur l'émissaire même, de façon à prendre les eaux immédiatement avant leur entrée dans le réservoir et à un niveau de 0^m,45 au-dessous de la haute mer; 2° sur un bassin de sortie nommé *le spécial*, à un niveau de 4^m,95 au-dessous du précédent, ou de 5^m,40 au-dessous de la haute mer; cette dernière prise est ménagée en vue des averses. En temps ordinaire, la première seule fonctionnera et détournera la totalité des liquides; mais lorsque les égouts charrieront des torrents d'eaux pluviales, on la fermera pour laisser le flot s'écouler à la Tamise, et l'on recueillera alors, par la prise inférieure, l'eau d'égout que contiendra le réservoir. L'aqueduc se dirigera de l'ouest à l'est, à peu près parallèlement à la Tamise, et aboutira à la mer, au sud des bouches du Crouch, après un parcours, avon-nous dit, d'environ 70 kilomètres. Vers le quarantième kilomètre, une branche d'une trentaine de kilomètres, projetée pour un avenir encore lointain, se détacherait vers le nord-est, traverserait le Crouch, et se jetterait à la mer au-dessus de cette rivière. L'exécution de cette branche, qui aurait pour but, comme la ligne principale, d'arroser des terres en culture et de conquérir une nouvelle aire de sables sur la mer, est naturellement subordonnée au développement que prendront les irrigations.

Dans le tracé du canal, on n'a pas eu seulement à s'occuper d'amener les eaux aux sables du littoral dans les meilleures conditions possibles; mais il fallait aussi que l'ar-

jeune et habile ingénieur, M. Tancred. Nous devons des remerciements particuliers à MM. Hemans et Tancred qui, non-seulement, nous ont fourni de nombreux renseignements, mais ont bien voulu nous faire visiter eux-mêmes les travaux.— Ces travaux subissent en ce moment un temps d'arrêt pour des motifs étrangers à la question technique (Note de Juillet 1869).

rosage des terrains situés sur le parcours pût se faire d'une manière économique. Dès lors, on était forcé de se maintenir à une certaine hauteur au-dessus du sol, sous peine d'entraver la vente des eaux par la nécessité d'une élévation mécanique chez chacun des futurs consommateurs. Or les concessionnaires ont compris, dès l'abord, que le seul moyen de populariser l'engrais, c'était de le délivrer sans frais accessoires ni embarras d'aucune sorte, par conséquent coulant librement à la surface du sol, ou même en pression pour ceux qui voudraient en user à la lance; en un mot, d'opérer, comme on dit, le service *par gravitation*. On ne devait d'ailleurs songer à desservir que les terres occupant un certain étage pour que l'écoulement s'y fit bien : sans quoi l'eau d'égout était destinée à y produire plus de mal que de bien. Enfin il fallait dans l'aqueduc une certaine inclinaison pour prévenir le dépôt des parties boueuses. D'après les expériences faites à l'occasion du drainage de Londres, et d'après les propres observations de MM. Bateman et Hemans, on s'est arrêté à la pente de 20 centimètres par kilomètre. En tenant compte de ces diverses circonstances, ainsi que de la nécessité d'arriver sur les sables à une certaine cote au-dessus de la bassemer, afin d'assurer le dessèchement, on a été conduit à élever artificiellement la dérivation de près de 20 mètres, c'est-à-dire à faire franchir aux eaux cette hauteur au moyen de machines à vapeur. La réussite pratique de ce procédé, après les œuvres du conseil métropolitain, ne pouvait être mise en doute; et, quant à la dépense, il était permis de prévoir qu'en ce qui concerne le pompage proprement dit, les frais ne dépasseraient pas 300.000 francs par an. On a donc décidé la création de deux stations de pompes, l'une à 5.600 mètres de Barking, devant faire franchir aux eaux un saut de 9 mètres, et l'autre à 6.400 mètres plus loin, devant leur faire franchir un saut de 10^m,50. L'aqueduc est, par conséquent, interrompu à

chacun de ces deux points, et se poursuit, au delà, à un niveau plus élevé. Grâce à ces pompes, on calcule que la surface, à droite et à gauche du canal et de la branche du nord, susceptible d'être arrosée par gravitation, et cependant à un niveau assez élevé pour que l'assèchement en soit bien assuré, n'a pas moins de 42.000 hectares (*).

Le tracé en cours d'exécution montre l'aqueduc, sur la moitié environ de sa longueur, enterré dans le sol. Sur l'autre moitié, il domine plus ou moins le terrain et est alors renfermé dans un remblai semblable à ceux des chemins de fer et dont la hauteur moyenne est de 5 mètres. Sur quelques points, pour la traversée d'étroites vallées, cette hauteur s'élève jusqu'à 10 mètres. En deux endroits

(*) Au premier abord, cette surface paraît plus que suffisante pour recevoir le liquide qui lui est destiné; car si l'on admet que les 100 millions de mètres cubes de la rive nord se partagent par moitié entre cette surface et les sables du littoral, le contingent par hectare ressortirait seulement à 1.200 mètres cubes, ce qui est évidemment très-faible. Mais il faut compter que les propriétés qui feront usage du nouvel engrais ne s'arroseront pas en totalité, loin de là : une partie seulement des terrains, celle affectée plus spécialement à certains herbages, consommera l'eau d'égout; le reste continuera probablement à être cultivé comme par le passé. Pour se placer dans les conditions de la réalité, il faut donc prévoir une zone d'arrosage beaucoup plus vaste que celle qui suffirait théoriquement. A ce point de vue, le chiffre de 42.000 hectares pourra même être trop faible. Mais il serait facile, si besoin était, de l'augmenter plus tard au moyen de branches supplémentaires et de nouvelles stations de pompes. M. Hemans estime qu'en poussant, par exemple, un aqueduc vers le faite qui sépare la vallée du Crouch de celle de la Tamise, on gagnerait aisément 20.000 hectares. Il paraît acquis, en tout cas, qu'en élevant les eaux à une douzaine de mètres au-dessus du niveau actuellement prévu, on porterait la surface à 80.000 hectares. Il se pourrait même qu'on fût conduit à l'accroître au delà de ces limites, si un jour la compagnie venait à vendre, sur le parcours de l'aqueduc, la presque totalité de l'engrais. Ce serait alors 150.000 hectares qu'il faudrait peut-être trouver. Mais la configuration du pays le permet; il suffirait de s'étendre vers Chelmsford, à la cote de 50 ou 60 mètres. Pour le moment on s'en tient au chiffre déjà considérable de 42.000 hectares, et on laisse à l'avenir le soin d'élargir le cadre.

le remblai est remplacé par des arches en maçonnerie. Diverses routes sont franchies à l'aide de tuyaux en fonte, et la branche projetée au delà du Crouch devra, quand le moment sera venu, passer en siphon sous la rivière afin de ne pas intercepter la navigation. Il est à peine besoin d'ajouter que des passages, en dessus ou en dessous de l'aqueduc, sont prévus pour les besoins de la propriété privée ou pour les chemins publics. Tous les 200 mètres, une sorte de trou d'homme est ménagé dans la couronne de l'aqueduc; ce trou est fermé par une plaque en fonte mobile et sert à la prise de l'engrais. Dans les portions où l'aqueduc domine le sol, c'est-à-dire pour les 42.000 hectares dont nous avons parlé, il suffira d'introduire dans le trou l'embouchure d'un siphon disposé *ad hoc* par la compagnie, et l'eau d'égout coulera librement à la surface. Dans les autres portions, où le sol est au contraire plus élevé que l'aqueduc, le cultivateur qui voudrait avoir aussi l'engrais ajusterait le tuyau de la pompe locomobile qui commence à se populariser dans les fermes anglaises, et aspirerait ainsi le liquide. Mais il ne faut pas se faire illusion : cette dernière pratique sera exceptionnelle; aussi les concessionnaires ne comptent-ils réellement, pour la vente en grand, que sur la première.

Pour mener à bien son entreprise, la compagnie a reçu de la loi de grands pouvoirs. Elle jouit notamment de deux prérogatives importantes : l'une, de mener à travers la propriété privée le grand canal de dérivation et sa branche du nord, c'est-à-dire d'exproprier pour cause d'utilité publique les terrains nécessaires à l'établissement et à la conservation de ses ouvrages; l'autre, qui consiste à pratiquer sous les chemins publics des conduites latérales destinées à apporter l'eau d'égout aux propriétés situées dans la zone irrigable et dépourvues de communication directe avec l'aqueduc. Cette dernière disposition a été jugée suffisante pour assurer les libres allures de la

compagnie (*). Ainsi, elle desservira la propriété privée de deux façons : 1° par des conduites directes, à travers les champs, chez les fermiers qui confinent immédiatement à son aqueduc ou qui se seront fait autoriser par ceux qui les en séparent; 2° par des lignes plus ou moins détournées, empruntant les chemins publics depuis leur rencontre avec l'aqueduc jusqu'au point où ils atteindront la propriété qui réclame l'arrosage. L'un ou l'autre de ces moyens, selon le cas, permettra de faire face à tous les besoins.

L'aqueduc principal et son embranchement, à leur arrivée sur la mer du Nord, rencontrent de vastes formations de sables, de plusieurs kilomètres de largeur, lesquelles s'étendent en longueur depuis l'embouchure de la Tamise jusqu'au Blackwater, c'est-à-dire sur près de 50 kilomètres. Ces formations peuvent être partagées en deux groupes : l'un, le plus important, compris entre la Tamise et le Crouch, et connu sous le nom de Maplin-Sands ou de Foulness-Sands; l'autre, entre le Crouch et le Blackwater, appelé Dengie-Flat. L'aqueduc aboutit au centre du premier groupe, et sa branche du nord au centre du second. Ce sont là les sables qu'il s'agit, dans une certaine étendue, de conquérir sur la mer. Les projets présentés par la compagnie ont en vue l'endiguement de 8.000 hectares environ à Maplin et de 5.000 hectares à Dengie, avec un développement total de digues de 40 kilomètres. L'exécution de la branche nord étant ajournée, il en sera naturellement de même du travail de Dengie, et quant à Maplin, on se bornera pour

(*) Dans l'enquête de 1865, la question a été posée de savoir s'il conviendrait de conférer aussi à la compagnie l'énorme privilège de faire passer les conduites latérales dans la propriété privée; mais les représentants de la compagnie ont répondu, avec autant de bon sens que de modération, « que toute ferme devant être touchée en quelque point par un chemin public, on pourrait toujours, à la rigueur, y arriver par là, et que, demander à la loi « davantage, ce serait courir le risque de tout compromettre devant le Parlement. »

commencer à enclorre près de 3.000 hectares. Cette surface est actuellement couverte en entier par la haute mer; son niveau moyen au-dessus de la basse mer est de 4 mètres, les parties les plus basses sont à 1^m,80 seulement. Elle forme, dans son ensemble, un plan incliné assez uniformément vers la mer et dont la pente moyenne est de 0^m,65 par kilomètre. La hauteur moyenne de la digue, de la base au sommet, sera de 5^m,50 et atteindra au maximum 8 mètres; la crête dépassera de 1^m,75 le niveau des hautes marées et mettra ainsi les terrains à l'abri des vagues. La grande étendue de bancs de sable, qui règne en avant de la future enceinte, servira naturellement à la protéger contre la grosse mer et jouera le rôle de brise-lames (*).

Le territoire ainsi protégé sera soumis à une irrigation des plus actives. Les eaux d'égout, versées par l'aqueduc au niveau des parties les plus élevées, seront reçues dans des canaux et distribuées au sol par un réseau de rigoles découvertes. On compte donner 15 à 20.000 mètres-cubes

(*) Des travaux de même genre, exécutés sur plusieurs points de l'Angleterre, notamment dans la baie de Morecambe, sur la côte ouest du Lancashire, et dans la baie de Malahide, pour la traversée du chemin de fer de Dublin à Drogheda, montrent suffisamment la marche à suivre en cette circonstance. M. Hemans, qui a exécuté les remblais de Malahide, appliquera la même méthode à Maplin, en l'accommodant, bien entendu, à la destination différente des terrains. Son mode d'opérer sera le suivant: la digue sera formée de sable obtenu, partie en creusant le fossé de ceinture, de 8 mètres de large et de 30 à 40 centimètres de profondeur, qui doit régner à l'intérieur de l'enceinte, et partie aux bancs qui s'étendent du côté de la mer. Le sable sera simplement accumulé jusqu'à la hauteur voulue, en laissant les talus prendre leur pente naturelle. La face extérieure recevra un revêtement d'argile pilonnée de 50 centimètres d'épaisseur, sur laquelle on étendra une couche de chaux. La portion située au-dessus de la mer, ainsi que le couronnement, seront soigneusement gazonnés. Sur la face intérieure, on se contentera de tasser les matériaux aussi bien que possible. La largeur de la digue, au sommet, sera de 1^m,25; la largeur à la base, variera, naturellement, selon la profondeur: on estime qu'elle sera moyennement de 24 mètres.

à l'hectare et au besoin pousser à 30.000. Bien entendu, on ne prétend pas que ce soit la meilleure manière d'utiliser l'engrais; mais pour toute la portion non vendue sur le parcours, la compagnie, plutôt que de la laisser couler en pure perte à la mer, aura un intérêt évident à en user dans la plus large proportion possible: car nous avons vu que jusque vers 25.000 mètres cubes à l'hectare, pourvu que l'écoulement soit bien assuré, toute quantité ajoutée en supplément à une dose, donne par rapport à cette dose un accroissement de produit brut, et par suite de produit net, si la valeur du liquide est d'ailleurs comptée pour rien, comme c'est précisément le cas pour la portion qui reste aux mains de la compagnie. Mais à raison de 20.000 mètres cubes par hectare, la compagnie absorberait, sur 3.000 hectares, 60 millions de mètres cubes, soit les trois cinquièmes de son approvisionnement annuel, et, en étendant l'endiguement à 5.000 hectares seulement, elle l'absorberait en totalité, sans dépasser une dose qui, sur des sables purs, ne cesse pas d'être fructueuse. On voit donc que le projet de la compagnie suffit actuellement pour faire face au plus pressé, c'est-à-dire pour faire passer à travers les prairies le flot quotidien que lui enverra incessamment la ville. Mais on doit souhaiter que les choses se passent autrement, et qu'au lieu de jeter de grandes masses de liquides sur quelques milliers d'hectares, la surface d'irrigation s'étende au contraire beaucoup, par suite d'un emploi de plus en plus général sur le parcours. De la sorte, la consommation moyenne par hectare sera considérablement abaissée, et tout le monde y gagnera, la compagnie, aussi bien que le public.

Les terrains endigués étant situés au-dessous du niveau de la haute mer, l'eau d'arrosage ne pourra s'en écouler d'une manière continue; mais elle devra être retenue jusqu'au moment où la marée descendante en permettra la sortie, à moins qu'on ne préfère l'épuiser à l'aide de ma-

chines à vapeur. Cette seconde solution serait moins coûteuse qu'on ne serait tenté de le croire au premier abord. Si l'on suppose, en effet, que la moitié des eaux seulement soient amenées sur les sables, et que l'épuisement artificiel s'exerce la moitié du temps, soit finalement sur 25 millions de mètres cubes, comme d'ailleurs la hauteur moyenne à racheter par les pompes ne serait guère que de 1 mètre, la dépense annuelle d'extraction ne s'élèverait qu'à quelques milliers de francs (*). Mais il n'est pas probable qu'on en vienne là : le fossé de ceinture suffira comme réservoir, en attendant les moments propices pour faire écouler. Car avec les dimensions qu'on projette de lui donner, ce fossé pourra contenir plus de 40.000 mètres cubes, c'est-à-dire le sixième environ de la production journalière de la rive nord de Londres ; or, on ne sera jamais forcé de garder l'eau plus de quatre heures, en sorte que même si elle venait en totalité aux sables, le fossé suffirait encore pleinement à cette destination. A la marée descendante, les eaux trouveront leur issue à travers la digue, au moyen de bouches de décharge munies de clapets, ouvrant de dedans en dehors et restant fermés pendant toute la période du flux. Le même arrangement sera pris pour les cours d'eau naturels qui parcourent actuellement cette région : ils seront recueillis dans des canaux et s'écouleront seulement à la marée basse. Le territoire sera d'ailleurs complètement à l'abri des eaux de la mer ; car aucune infiltration n'est possible à travers une digue constituée comme celle dont nous avons parlé (**).

(*) A quoi s'ajouteraient, bien entendu, l'intérêt et l'amortissement du capital engagé dans l'établissement des machines.

(**) « J'ai, dit M. Bateman, une grande habitude de la construction des grands filtres pour clarifier l'eau destinée à l'alimentation des villes, et si je faisais un filtre de cette sorte (comme la digue), je ne pourrais pas faire passer une seule goutte d'eau à travers. Les filtres artificiels sont formés de sable lavé, et après peu de temps la surface s'obstrue, de sorte que le filtre ne fonctionnerait plus si on ne la grattait pour exposer une couche fraîche du

Le sol, formé de sable pur, offre une perméabilité parfaite, et régulièrement, deux fois par jour, il sera débarrassé de toutes les eaux d'arrosage ou autres qui le parcourent ; il se trouvera donc dans les meilleures conditions possibles pour recevoir et évacuer de grandes quantités de liquides, sans que la culture ait jamais à souffrir d'un excès d'humidité. Toutefois, les deux premières années, on compte ne rien produire ; le terrain sera encore trop imprégné d'eau de mer et de matières salines. On emploiera ce temps à le laver et à l'adoucir : les eaux de pluie et celles d'égout le traversant sans interruption, entraîneront peu à peu tous les éléments nuisibles. Mais dès la troisième année, on pourra obtenir une récolte.

L'irrigation sera conduite à la mode d'Édimbourg ou à la mode d'Espagne, et peut-être selon l'une et l'autre à la fois. Le choix entre les deux dépendra vraisemblablement de la quantité de liquide dont on devra disposer. Si l'on est assez pourvu pour n'avoir pas à y regarder, on adoptera la première méthode qui, comme on sait, consomme davantage, mais est d'une pratique plus simple ; si, au contraire, on a intérêt à économiser l'eau, parce que les cultivateurs en auraient absorbé beaucoup sur le parcours de l'aqueduc, on emploiera la seconde méthode, qui exige plus de soins mais utilise beaucoup mieux.

Bien que la Compagnie ait expérimenté l'application de l'eau d'égout sur plusieurs sortes de cultures, elle n'a aucune hésitation pour préférer les prairies permanentes. Toutes ses combinaisons agricoles pivotent autour de cette idée. Le projet qui lui sourit le plus consisterait à ériger sur son domaine un grand nombre de fermes consacrées à la production du lait de vaches. Chacune de ces fermes se-

« sable le plus pur. Or, si nous voulions ici, de quelque manière, faire filtrer l'eau à travers le sable, nous ne réussirions pas à en obtenir une goutte, une fois que la digue sera construite. » (Enquête de 1865.)

rait pourvue d'une habitation et des bâtiments que comporte une laiterie. On s'efforcerait d'y attirer les laitiers de Londres par l'appât d'un loyer fixé tout d'abord à un chiffre bien moindre que celui qu'ils payent d'ordinaire à la ville. On compte aussi, pour les décider, sur la perspective d'un air pur et d'une demeure saine, deux choses auxquelles l'Anglais n'est jamais indifférent. La compagnie passerait avec eux des marchés et leur fournirait à bas prix le fourrage vert rendu à domicile (*). L'avantage serait si évident que la compagnie ne doute pas d'obtenir d'eux, avant l'achèvement des travaux, des engagements qui lui assurent la consommation sur place de toutes ses récoltes; « de telle sorte, dit-elle, que pas un quintal ne sera exporté en nature, mais que la totalité s'en ira exclusivement sous forme de lait, de fromages et autres produits accessoires se rattachant aux laiteries. »

L'éloignement de Londres n'est pas considéré par la compagnie comme un obstacle; elle compte avoir facilement raison de la concurrence des producteurs urbains et suburbains. Elle est, en effet, admirablement placée, pour les transports, par suite du voisinage du chemin de fer de South End qui vient aboutir à quelques kilomètres de son territoire, et auquel elle projette de se relier au moyen d'une voie ferrée spéciale. Le litre de lait, rendu à Londres, sera, de ce chef, grevé à peine de quelques centimes.

En résumé, la compagnie vendra aux cultivateurs la plus grande quantité d'eau possible, et elle utilisera le surplus sur son propre terrain. Il n'échappera à personne que c'est cette double opération menée de front et la facilité de faire venir l'une au secours de l'autre, qui fait le mérite du

(*) Elle parle de le leur vendre sur le pied de 20 à 22 francs la tonne, tandis qu'il leur coûte aujourd'hui à Londres, de 25 à 26 francs.

plan de MM. Napier et Hope. On se rappelle, en effet, à quel point varie la valeur des eaux d'égout, selon qu'on les distribue à la convenance de la culture ou d'après les exigences de la salubrité, et combien il importe de laisser l'acheteur libre de consommer l'engrais aux époques et dans les proportions qu'il lui plaît. Cette condition entraîne qu'on ait un exutoire toujours ouvert pour écouler l'excédant; or tel est précisément l'office que remplira le domaine de Maplin: il recevra l'eau que n'achètera pas le public et permettra dès lors de faire varier à tout instant la vente au gré de la demande.

Les dépenses prévues pour réaliser cette grande entreprise sont considérables. Le projet actuellement en cours se solderait par une somme ronde de 60 millions, ainsi qu'il ressort d'un prospectus distribué récemment par la compagnie à ses actionnaires, et dans lequel la dépense était évaluée comme il suit:

Ouvrages d'art de tous genres (aqueduc, endiguement, pompes, travaux préparatoires), suivant un premier forfait passé avec M. William Webster (*), grand entrepreneur de travaux publics.	francs. 46.536.200
Sommes payées, sous forme d'actions libérées, à MM. Napier et Hope, fondateurs, comme reconnaissance d'apports et remboursements de frais d'études préliminaires et autres.	1.250.000
Intérêt à 5 pour 100 des capitaux engagés, pendant la période de construction, achat des terrains, frais d'études, dépenses d'actes et d'administration.	12.415.800
Total.	60.000.000

En regard de cette mise de fonds, voici quels sont les bénéfices que l'on compte réaliser.

La compagnie, dans son prospectus, porte à 18 millions

(*) M. Webster, avec qui la compagnie avait traité, est le même qui a construit, pour le compte du conseil métropolitain, près de la moitié des ouvrages du *main drainage* de Londres.

(720.000 livres sterling) le chiffre de la recette brute annuelle. Elle n'en donne pas les motifs, mais il est visible que ce chiffre répond, dans sa pensée, à l'hypothèse d'une valeur de 0',15, attribuée au mètre cube d'eau d'égout. En effet, dans le même prospectus, la compagnie fait connaître qu'elle compte dériver 120 millions de mètres cubes en totalité (avec le supplément fourni par les pluies, évalué à une vingtaine de millions de mètres cubes par an). Or, le chiffre de 120 millions multiplié par 0',15, donne bien les 18 millions annoncés par la compagnie. Mais une telle estimation est doublement fautive, car elle implique : 1° que la totalité de l'eau disponible sera vendue au public, ou, du moins, qu'on peut attribuer à l'eau la même valeur quesi on la vendait réellement; 2° que le prix courant de vente sera de 0',15. Or, la quantité vendue au public sera bien inférieure au total disponible, surtout pendant les premières années de l'exploitation (la compagnie elle-même a prévu le cas, et elle a formulé dans les enquêtes l'hypothèse où elle n'en placerait que la moitié ou même le tiers), et quant aux eaux utilisées sur le domaine de la compagnie, elles seront loin d'avoir la même valeur commerciale que celles qui seront achetées par les cultivateurs (*). Le prix de 0',15 le mètre cube est donc inadmissible pour la totalité; même pour la partie vendue, il est prudent de le réduire : car, bien qu'intrinsèquement il représente la valeur de l'eau consommée à la convenance de la culture, on ne doit pas cependant se flatter de l'obtenir toujours sur une grande échelle. Mettons donc le prix de l'eau vendue à 0',125, moyenne entre 0',10 et

(*) On doit, en effet, entre les eaux vendues au public et celles consommées par la compagnie, faire la même distinction qu'entre les irrigations conduites au point de vue de la culture et les irrigations conduites au point de vue de la salubrité; or nous avons vu l'énorme différence que cela apportait dans la valeur de l'engrais.

0',15. Enfin ne raisonnons que sur un volume de 100 millions de mètres cubes, en négligeant le contingent des pluies.

Cela posé, pour apprécier la recette, il faut faire quelques conjectures, puisque la future répartition de l'eau est nécessairement inconnue. Supposons une vente d'un tiers, soit, sur 100 millions, une vente de 33 millions de mètres cubes. A raison de 0',125, on aurait, de ce chef, une première recette brute de 4.125.000 francs. Quant à l'excédant du liquide, il n'a pas de valeur commerciale proprement dite, puisqu'il devra être consommé par la compagnie elle-même. Mais nous pouvons trouver indirectement quelque base d'évaluations. En effet, la compagnie, par l'organe de M. Hope, a émis la prétention de louer les sables arrosés de Maplin à raison de 1.560 francs l'hectare (25 livres par acre). Ce chiffre, quelque élevé qu'il soit, cessera cependant de paraître invraisemblable si l'on se rappelle ce que nous avons dit des Craigentenny meadows. Réduisons-le toutefois à 1.200 francs. On aurait, de ce deuxième chef, une recette annuelle de 3.600.000 francs.

La recette brute totale serait donc de 7.725.000 francs.

Quant aux dépenses d'exploitation, comprenant l'élévation des eaux, l'entretien des divers ouvrages, la surveillance, l'administration centrale, etc., la compagnie les évalue, dans son prospectus, à 1.250.000 francs par an. Ce chiffre semble un peu faible : aussi nous le porterons à 1.725.000 francs (*).

Il resterait ainsi un bénéfice net de 6 millions de francs, ce qui, en dehors du mode de répartition adopté, correspondrait à 10 p. 100 du capital engagé. Si ce résultat paraît exagéré pour les premières années de l'exploitation, on est en droit cependant de penser qu'il pourrait être dépassé un jour; car, si la vente de l'eau venait à se développer, la re-

(*) Ce n'est pas tout à fait 2 centimes par mètre cube.

cette s'élèverait en proportion. Il faut considérer, en effet, que chaque mètre cube livré au public, rapporte à la compagnie plus du double de ce qu'elle en tire, quand elle le consomme elle-même (*). Le bénéfice peut donc s'élever jusqu'à la limite marquée par la vente de la totalité de l'eau. Cette limite, en calculant toujours sur 100 millions de mètres cubes, serait de 12 millions 1/2 de recette brute, donnant près de 11 millions de recette nette, ou environ 18 p. 100 par an du capital engagé. Mais, en revanche, si la vente ne prenait pas, la compagnie aurait comme limite extrême opposée, le revenu de son propre domaine. En ce cas, elle porterait vraisemblablement la superficie endiguée à 5.000 hectares, pour consommer son eau dans des conditions moins désavantageuses, ce qui entraînerait un accroissement de dépense d'établissement de 5 à 6 millions, et sans doute aussi un accroissement de frais d'exploitation. Ces 5.000 hectares affermés à 1.200 fr. produiraient 6 millions bruts, ou environ 4 millions net, soit à peu près 6 p. 100 du capital engagé, ce qui, dans une opération de ce genre, est tout à fait insuffisant pour l'intérêt, l'amortissement et les imprévus. Il suit de là que

(*) Cela ressort du calcul même qui précède, où l'on voit que les 66 millions de mètres cubes employés par la compagnie ne lui rapportent que 3.600.000 francs par an, soit moins de 6 centimes le mètre cube au lieu de 12 centimes et demi que lui donnent les mètres cubes vendus. Même en admettant le prix de fermage de 1.560 francs l'hectare, mis en avant par M. Hope, le prix ne ressortirait encore qu'à 7 centimes le mètre cube. On ne doit pas s'étonner de cette différence, car, 1° on est placé, par suite de la forte dose à l'hectare (22.000 mètres cubes), dans la condition défavorable déjà signalée; 2° on subit une dépréciation provenant de la grande quantité de terrains arrosés sur un point déterminé; 3° on est éloigné de Londres et, conséquemment, on ne peut louer les herbages aussi cher qu'aux portes d'une grande ville où l'on est exonéré des transports. Il est donc tout naturel qu'avec la dose de 22.000 mètres cubes, on n'atteigne même pas le chiffre de 10 centimes le mètre cube, que nous avons indiqué cependant comme répondant à l'application d'une telle dose à l'hectare.

les efforts les plus énergiques de la compagnie doivent tendre à la vente de l'eau: l'affaire ne sera réellement bonne que dans ces conditions.

La compagnie, au surplus, s'en est parfaitement rendu compte, et c'est précisément pour faire naître le goût de l'eau dans le public qu'elle se livre depuis deux ans à une vaste expérimentation qui est une sorte d'enseignement en plein champ. Elle a loué une ferme de 84 hectares de terrains légers, à sous-sol graveleux, dont la constitution est si pauvre qu'en certains endroits la terre arable manque presque entièrement et que le gravier affleure la surface. Aucune sorte d'engrais ni d'amendement n'y est employée. On se borne à arroser avec de l'eau d'égout que des pompes prennent dans l'émissaire et envoient dans des bassins d'alimentation. On applique concurremment les deux systèmes d'irrigation d'Édimbourg et d'Espagne, c'est-à-dire par rigoles de pente et par plates-bandes de niveau. La principale culture est le ray-grass d'Italie. Sur une pièce ensemencée en août 1866 et sur laquelle on avait fait passer 10.000 tonnes d'eau d'égout par hectare jusqu'au 1^{er} juillet suivant, on a obtenu 750 quintaux métriques de fourrage à l'hectare, en trois coupes, savoir: 200 quintaux au commencement d'avril 1867, 250 quintaux au milieu de mai et 300 quintaux vers la fin de juin. Sur d'autres pièces, la récolte a été plus belle encore. On a également bien réussi avec des pommes de terre, des choux, du céleri, des fraises, du lin, de la luzerne, etc. Enfin, la compagnie produit du lait en abondance, qui se débite journellement sur le marché de Londres.

Telle est la situation actuelle de l'entreprise des irrigations de Londres, de laquelle le conseil métropolitain a pu dire, dans son rapport officiel de 1868: « Eu égard à ce qui a été fait, il paraît y avoir de bonnes raisons d'espérer que le succès couronnera cette entreprise et qu'il sera démontré définitivement que l'irrigation à l'eau d'égout

« est non-seulement une mesure opportune, mais que c'est « même un emploi profitable de ce qui auparavant était « rejeté comme un rebut » (*).

(*) On a fait quelques objections contre le plan de la compagnie : 1° On a dit que la surface desservie par gravitation était beaucoup trop faible et qu'elle n'aurait pas dû être moindre de 200.000 hectares, afin que chaque hectare effectivement arrosé ne reçût pas plus de 2 à 5.000 mètres cubes. Il n'est pas douteux, en effet, que, toutes choses égales d'ailleurs, il y a avantage à répartir l'eau sur une plus grande surface, mais il ne faut cependant pas pousser les choses à l'extrême, et le chiffre de 40.000 hectares, offert par la compagnie, est déjà fort respectable. D'ailleurs, si la vente se développait, les entrepreneurs auraient intérêt, tous les premiers, à élargir le cercle de la clientèle pour faire hausser les prix : or, leur projet comporte, on le sait, le cas échéant, une extension facile au moyen de pompes à feu supplémentaires et de nouveaux embranchements. 2° On a prétendu que les irrigations infecteraient la contrée. Mais, d'une part, il est interdit à la compagnie de les pratiquer à moins de 5.200 mètres de la banlieue de Londres, et, d'autre part, la région traversée par l'aqueduc ne renferme aucune agglomération importante. Quant aux sables littoraux, il n'en faut pas parler : la seule population qu'on y trouvera sera celle que la compagnie y aura appelée elle-même par ses travaux. L'exemple des Craigentenny meadows, sur lequel on a voulu s'appuyer, ne prouve rien, puisque, nous l'avons vu, les mauvaises odeurs y viennent uniquement du manque de soin dans l'application du procédé. 3° On a contesté la possibilité de préserver efficacement des eaux de la mer les sables de Maplin. On a dit que ces sables étant mouvants, l'eau, poussée par la pression extérieure, laquelle n'est pas contre-balancée à l'intérieur de l'enceinte, s'introduirait nécessairement par le pied de la digue, à travers les sables, et détruirait la végétation. Cet argument, auquel des noms d'ingénieurs ont prêté une certaine autorité, a été réfuté péremptoirement par la compagnie. Elle a fait observer qu'à marée haute et dans les parties profondes, où les infiltrations pourraient précisément sembler le plus à craindre, la digue exercerait, par son propre poids, sur les bancs de sable, une pression de 15 tonnes par mètre carré, et que cette pression serait plus que suffisante pour que les sables devinssent tout à fait imperméables à l'eau. Quant à savoir si les sables, par suite de leur nature mouvante, pourraient supporter un poids semblable sans se dérober, chose qu'on avait paru également mettre en doute, la compagnie a répondu par des expériences directes. Elle a fait éprouver très-soigneusement la capacité de résistance de ces sables et elle a trouvé qu'ils supporteraient, au dé-

L'exemple de la compagnie de la rive-nord a suscité des imitateurs, et divers soumissionnaires étaient naguère en instance pour la concession des eaux de la rive-sud. Le projet qui paraît avoir le plus de chances d'être agréé est celui de M. T. Ellis. L'eau d'égout serait prise au réservoir de Crossness, à 25 kilomètres en aval de London-Bridge, et serait conduite jusqu'à Higham-Creek, à 5 kilomètres en aval de Gravesend, et à 48 kilomètres de London-Bridge, par un aqueduc couvert, de forme circulaire, de 5^m,50 de diamètre. Cet aqueduc recevrait sur son

soin, une pression de 50 tonnes par mètre carré, plus que triple, par conséquent, de celle qu'ils auront à supporter effectivement. Enfin, rappelant les exemples de la baie de Morecambe et de celle de Malahide, la compagnie fait observer qu'une fois les travaux faits, la mer se charge elle-même d'en augmenter la puissance, par les dépôts qu'elle accumule graduellement contre l'obstacle qui lui est opposé. 4° Enfin, on a objecté que les sables littoraux, composés presque exclusivement de silice pure, n'étaient susceptibles de rien produire et que la prétention de les fertiliser était une grande erreur. « C'est en vain, écrivait l'illustre Liebig au maire « de Londres, qu'on pense à transformer les sables de Maplin en « un sol fertile produisant une végétation luxuriante; pour en ar- « river là, il faudrait plus de deux millions de tonnes d'argile afin de « former à la surface du sol l'épaisseur requise d'un pouce. » Mais la compagnie, fidèle à la théorie que nous avons exposée, a protesté qu'elle ne prétendait nullement à fertiliser les sables, « mais seulement à féconder les récoltes qu'ils étaient destinés à porter. » Au surplus, elle a voulu sortir de la discussion théorique, et répondre par des faits, visibles pour tout le monde. En conséquence, elle a pris du sable à Maplin même, et l'a transporté à Barking Creek, où elle l'a répandu sur un hectare et demi de terrain, en une couche de 25 à 30 centimètres d'épaisseur. Une partie de la surface a été mise en prairie permanente; l'autre a reçu différents légumineux, tels que pois, carottes, asperges, etc. Ensuite on a répandu l'eau d'égout en abondance. Les carottes, les asperges sont d'une grosseur surprenante; l'herbe pousse à raison de 10 à 11 centimètres par semaine, soit près de 6 mètres par an. On fait plusieurs récoltes et sept coupes de fourrages. Cette végétation, toujours active, sous l'influence des liquides chauds et riches des égouts de Londres, rappelle celle des terres les plus privilégiées sous d'autres climats.

parcours les eaux d'égout de Darford et de Gravesend, et pourrait se décharger dans la Tamise à la marée haute, au moyen d'un bassin de réserve fonctionnant à la manière de ceux du conseil métropolitain. Près de l'embouchure, des machines à vapeur refouleraient les eaux dans une conduite grimpeante de 3.200 mètres de long et les enverraient dans un vaste réservoir sur le coteau de Shorne, à une hauteur de 85 mètres. De là, les liquides seraient distribués par des tuyaux enterrés sous les chemins, et pourraient desservir par gravitation une surface de 78.500 hectares. On pourrait aussi employer l'eau à la lance ou la faire couler dans des rigoles à ciel ouvert, menées à des points convenables. La compagnie cultiverait à ses frais un domaine de 1.600 hectares. Le volume total des eaux disponibles serait d'environ 270.000 mètres cubes par jour, ou de près de 100 millions de mètres cubes par an; ce serait donc une moyenne de 1.750 mètres cubes par hectare et par an offerte à toute la surface desservie. Le coût des travaux est estimé de la manière suivante :

	francs.
Aqueduc.	10.750.000
Pompes à vapeur et bâtiments.	5.697.000
Conduites de refoulement.	1.776.000
Réservoir de Shorne.	5.125.000
Réservoir de décharge et usine pour la fabrication des superphosphates de chaux.	5.000.000
Conduites de distribution.	15.514.200
Domaine de la compagnie.	1.750.000
Imprévu.	4.561.200
Total.	47.975.400

La dépense annuelle des machines à vapeur est portée, tout compris, à 1.715.000 francs, soit 0^{fr},017 ou moins de 2 centimes par mètre cube d'eau d'égout remontée à 91 mètres environ (*).

(*) Comme se rattachant aux irrigations de Londres, ou, pour parler plus exactement, à la protection de la Tamise, on peut

2^e Irrigations de Bruxelles.

La ville de Bruxelles vient d'adopter pour ses eaux d'égout une solution analogue à celle de Londres. Les liquides seront épurés par leur passage à travers des prairies permanentes. Toutefois, avant de servir à l'arrosage, ils subiront dans des bassins de dépôt une clarification sommaire destinée à écarter les corps les plus grossiers. Cette précaution, laissée de côté à Londres, est commandée ici, comme nous le dirons bientôt, par les circonstances particulières dans lesquelles on devra opérer.

C'est à une compagnie anglaise, *Belgian public works Company*, déjà chargée de l'exécution des grands collecteurs, qu'est échue également la tâche de réaliser l'épuration (*). Les travaux relatifs à cette dernière entreprise ont été reconnus d'utilité publique et concédés par un arrêté royal du 29 novembre 1866. Aux termes de cet arrêté et des conventions qu'il vise, les travaux doivent être exé-

mentionner l'entreprise qui a en vue d'utiliser pour l'arrosage, dans un même plan d'ensemble, les eaux d'égout des huit principales villes en amont de Londres, savoir : Oxford, Abingdon, Reading, Kingston, Richmond, Twickenham, Isleworth et Brentford. Une compagnie constituée au capital de 8.525.000 francs, dont 6.250.000 francs en actions et 2.075.000 francs en obligations, a obtenu un acte du Parlement qui l'investit de tous les pouvoirs nécessaires. Toutefois l'exécution n'a pas encore commencé, à cause, paraît-il, de la difficulté qu'on éprouve à se procurer les terrains nécessaires à l'irrigation.

(*) Nous devons les renseignements qui suivent à l'obligeance de MM. Smith, directeur de la compagnie anglaise, de Rotes, ingénieur des ponts et chaussées, préposé au contrôle des travaux pour le compte du gouvernement belge, et Depaire, pharmacien chimiste, membre du conseil municipal de Bruxelles, qui a été spécialement chargé de l'étude de ces questions au sein du conseil. Ces messieurs ont bien voulu se mettre à notre disposition quand nous avons visité les lieux en juillet 1867, époque où les travaux venaient de commencer.

cutés dans un délai de quatre ans et demi à partir de la date de l'arrêté. Ils devraient donc être terminés, et l'épuration en vigueur, le 29 mai 1871. La durée de la concession est de soixante-six ans. La compagnie reçoit de la ville, indépendamment de la libre disposition des eaux d'égout, une subvention de quatre millions une fois payée, et une rente annuelle de 100.000 francs en capital, équivalant à peu de chose près à un capital de deux millions de francs. C'est en tout par conséquent une subvention une fois payée de six millions (*), non compris bien entendu celle qu'elle reçoit pour le drainage proprement dit.

Les eaux de Bruxelles sont, comme celles de Londres, chargées de toutes les déjections de la population, ainsi que des résidus d'un très-grand nombre de fabriques échelonnées le long de la Senne, et qui cesseront désormais de s'évacuer à cette rivière. Le volume des liquides n'est pas actuellement très-considérable, mais avec la distribution d'eau projetée pour un avenir prochain, il atteindra sans doute le chiffre de 40.000 mètres cubes par jour, soit environ 15 millions de mètres cubes par an. Les eaux d'é-

(*) On remarquera cette particularité que, contrairement à ce qui s'est passé à Londres, ici l'emploi des eaux d'égout par une compagnie a donné lieu à une subvention importante (qui équivaldrait pour la compagnie de la rive nord de Londres à 40 millions environ). Il ne faudrait pas en conclure qu'en Belgique on n'a pas attribué aux eaux d'égout la même valeur commerciale qu'en Angleterre. La subvention en effet a eu en vue uniquement de tenir compte des circonstances extérieures qui étaient fort différentes. Ainsi, les travaux pour amener les eaux depuis la ville devaient être, relativement à l'ensemble, bien plus coûteux que l'aqueduc embranché sur le réservoir du conseil métropolitain; en outre, les concessionnaires étaient tenus de construire une usine de décantation; enfin ils avaient, pour pratiquer l'irrigation, à se pourvoir de terrains aux portes même de Bruxelles, terrains nécessairement fort chers, tandis que la compagnie de Londres n'avait qu'à endiguer des sables concédés gratuitement par l'État, lesquels, tous travaux faits, ne devaient ressortir qu'au prix modique de mille francs environ l'hectare.

gout, réunies dans un seul émissaire sur la rive droite de la Senne, seront amenées à l'usine de décantation au moulin Saint-Michel, à 5 kilomètres en aval de Bruxelles. Cette usine consistera simplement en bassins de dépôts, dont la superficie, avec les dépendances, couvrira 12 hectares. La ville se charge d'exproprier, pour le compte des concessionnaires, ces terrains qui sont compris par l'arrêté royal dans la déclaration d'utilité publique. Au sortir des bassins, les eaux se déverseront sur des prairies en exploitation régulière, dont l'étendue, laissée à l'appréciation des concessionnaires, devra être telle en tout cas que l'épuration soit « aussi parfaite qu'à Blind Corner (Croydon), c'est-à-dire, sans odeur dans le voisinage » (*). La compagnie se procurera à ses périls et risques la surface nécessaire à l'arrosage. Toutefois, l'autorité municipale s'engage, si la compagnie le demande, à faire toute diligence auprès du gouvernement pour obtenir l'expropriation pour cause d'utilité publique des terrains dont il s'agit(**). On pense que le

(*) L'article 17 de la convention passée le 15 juin 1866 entre la ville de Bruxelles et les concessionnaires fixe un minimum de surface d'arrosage de 60 hectares. Ce minimum est évidemment très-insuffisant, car les 15 millions de mètres cubes prévus pour l'année, répandus sur 60 hectares, donneraient 250.000 mètres cubes à l'hectare, soit une hauteur d'eau de 25 mètres. Nous doutons qu'aucun terrain cultivé, aussi perméable et aussi bien drainé qu'on veuille le supposer, pût faire face d'une manière durable à l'épuration d'un pareil volume de liquide. En mettant un zéro de plus au chiffre de la surface, soit 600 au lieu de 60, on rentre dans des conditions plus normales, 25.000 mètres cubes par hectare; c'est à peu près le contingent adopté par la compagnie de Londres pour ses sables littoraux. Fort heureusement pour la ville de Bruxelles, ce minimum est corrigé par la clause générale qui exige, en tout état de cause, la surface nécessaire pour une épuration *aussi parfaite qu'à Croydon*. Du reste la compagnie concessionnaire reconnaît elle-même, toute la première, l'impossibilité pratique de ce minimum, et elle a en vue, nous disait M. Smith, d'arroser, si elle peut se les procurer, non pas 60 hectares, ni même 600, mais bien 1.800 hectares, lesquels recevraient ainsi de 8 à 9.000 mètres cubes, ce qui est une dose excellente.

(**) L'article 26 de la concession porte : « De son côté, le col-

principe de l'expropriation prévaudra dans les conseils du gouvernement. Si cette prévision se réalisait, il en résulterait une grande facilité offerte à l'assainissement des villes du Royaume, puisque le principal obstacle à la pratique des irrigations, c'est précisément, on l'a vu, l'impossibilité où se trouvent souvent les municipalités de se procurer les terrains à des conditions acceptables.

On a remarqué la différence que présente le système de Bruxelles comparé à celui de Londres, à savoir la clarification préalable qu'on y fait subir aux eaux, tandis qu'à Londres on les emploie à l'état naturel. La raison de cette différence tient, avons-nous dit, aux circonstances locales. En effet, tandis que la compagnie métropolitaine opère dans une contrée à peu près inhabitée et jette ses eaux invendues sur une plage déserte, le concessionnaire de Bruxelles, au contraire, pratiquera l'arrosage à une faible distance de bourgades peuplées, non loin de la capitale elle-même, et dans une région sillonnée de voies de communication. Il y a donc ici un grand intérêt, un intérêt primant la question d'économie, à ce que l'irrigation développe le moins d'odeur possible. Or il est certain qu'en séparant, avec des précautions convenables, les matières les plus grossières en suspension dans les liquides, on est encore plus sûr d'at-

« lége échevinal s'engage si les seconds soussignés (les concessionnaires) en font la demande, à faire toute diligence auprès du gouvernement pour obtenir : 1° l'expropriation, pour cause d'utilité publique, des terrains dont il est parlé à l'article 17; 2° l'autorisation de raccorder l'usine de décantation et d'épuration par « voie ferrée au réseau des chemins de fer de l'État ou des chemins de fer concédés. » Cette clause, insérée dans un document officiel, est le premier pas fait dans la voie que nous avons indiquée, comme devant seule donner la solution au problème de l'emploi des eaux d'égout. Il serait fort à désirer pour les progrès de l'assainissement que l'expropriation fût accordée par le gouvernement belge. Ce fait aurait une portée qui dépasserait les limites du royaume : il préparerait les esprits, en tous pays, beaucoup plus efficacement que les publications scientifiques, à accepter une mesure rendue nécessaire par les besoins des sociétés modernes.

teindre le but ; car on prévient ainsi les émanations que des corps abandonnés sur le sol pourraient dégager pendant leur lente décomposition. La combinaison belge a donc sa raison d'être comme celle de Londres avait la sienne.

5° Irrigations de Milan.

Les eaux d'égout de la ville de Milan, chargées, comme celles des villes précédentes, des déjections de la population (y compris les matières fécales), servent à l'arrosage d'un millier d'hectares de prairies situées en aval de la ville sur un parcours d'environ 16 kilomètres. La population est de 150.000 âmes, mais le volume des liquides est beaucoup plus fort que celui qui correspond d'ordinaire à un pareil chiffre, car il atteint 100.000 mètres cubes par jour, soit près de 700 litres par habitant ; c'est que dans ce volume figurent pour une très-large part les eaux naturelles qui traversent la ville, et dans lesquelles se délayent les résidus des maisons. Le drainage, tant public que privé, est d'ailleurs assez primitif, ce qui s'explique par sa grande ancienneté ; il paraît remonter à plus de cinq cents ans. Les égouts et les drains particuliers se réunissent dans deux collecteurs qui ne sont autres que des cours d'eau naturels canalisés : l'un, la Sevese, dessert la partie centrale ou la ville proprement dite, et est maçonné et couvert ; l'autre, le Naviglio, qui se jette dans le précédent, dessert la partie excentrique ou les faubourgs ; il est beaucoup plus grossièrement établi et circule à ciel ouvert. L'ensemble de ces liquides est finalement recueilli par un troisième canal, également à ciel ouvert, la Vettabia, qui sert d'émissaire à la ville. C'est sur le parcours de ce dernier que les eaux sont vendues aux propriétaires des prairies. L'excédant rejoint la rivière Lambro, à 17 ou 18 kilomètres au sud de Milan. La surface des prairies confine aux portes mêmes de la ville, et toute la région est soumise à un arrosage très-

actif, tant avec les eaux de la Vettabia qu'avec celles de divers autres canaux naturels, exempts de produits d'égouts. Malgré ces pratiques, on n'a constaté à aucune époque de tendance marquée aux épidémies ni aux fièvres endémiques. Une commission anglaise chargée en 1857 de visiter ces contrées et de faire une enquête sur la salubrité des irrigations, a rendu à leur égard un témoignage très-favorable. M. l'ingénieur en chef Mille, chargé, il y a peu d'années, d'une mission semblable, par M. le préfet de la Seine, a confirmé ces appréciations.

Indépendamment des matières qui les enrichissent, les eaux de la Vettabia ont, sur la plupart de celles qu'on emploie dans le pays, l'avantage d'être à une température plus élevée. Leur circulation en partie souterraine et leur mélange avec le tribut des maisons ont pour résultat de les tiédir d'une manière sensible. Cette circonstance très-favorable à l'arrosage en toute saison, ainsi que nous en faisons naguère la remarque à propos des liquides d'égout de Londres, permet de cultiver à Milan ces prairies désignées sous le nom de *Marcites* qui reçoivent l'eau au cœur même de l'hiver, alors que la neige recouvre les terres environnantes. « Les *marcites*, dit M. Ronna, se distinguent des prairies ordinaires dont la surface en pente douce est alimentée par un canal supérieur distribuant l'eau dans des saignées suivant les lignes de niveau, en ce qu'elles sont sillonnées transversalement et divisées en compartiments ou *aites* de 0^m,05 de pente et de 7 mètres environ de largeur. C'est entre ces ailes, et au sommet des arêtes de distribution que sont les rigoles de distribution.

« Ces rigoles ont 0^m,50 de largeur sur 0^m,25 de profondeur. L'eau vient sur chaque arête supérieure, ruisselle sur le gazon et tombe dans des colatures ou rigoles de 0^m,20 à 0^m,25 de largeur sur 0^m,16 à 0^m,20 de profondeur, qui l'entraînent par une pente de 3 à 5 pour 100 dans le fossé d'écoulement ou colateur. Une planche de

« 120 mètres de longueur ainsi répartie en compartiments, est suivie d'une autre un peu plus courte, où le colateur de la première, devient irrigateur dans la seconde. La reprise des mêmes eaux s'opère ainsi trois fois et même jusqu'à douze fois, sur la même prairie. Cette reprise paraît indispensable, car en évaluant le produit minimum de la Vettabia à 100.000 mètres cubes par 24 heures, ou 1 mètre cube à la seconde, et la tranche liquide nécessaire à la consommation d'un hectare de *marcites* par 24 heures, à 0^m,50 de hauteur, on trouve que les eaux de ce canal ne pourraient fertiliser que 50 hectares au lieu d'un millier actuellement irrigués.

« L'eau, toujours ruisselante à la surface, abrite le gazon du froid et des vents; de sorte qu'il s'épaissit de décembre à février et devient assez abondant pour permettre une première coupe en février. On suspend l'arrosage huit jours au moins avant de faucher. Les produits de l'année sont proportionnels à la dépense d'eau. L'herbe, mélangée de *ray-grass* et de trèfle, se coupe six fois. »

Le produit de ces coupes dépasse ordinairement 50 tonnes par hectare (*), représentant 15.000 kilog. de fourrage sec. Il atteint quelquefois 80 tonnes, et on a même des exemples de *marcites* donnant jusqu'à 100 tonnes, soit plus de 25.000 kilog. de foin. On évalue le revenu net moyen à 500 francs par hectare ou plutôt 600, en comprenant la vente des limons riches que la Vettabia abandonne graduellement sur les prairies et qu'on est obligé d'enlever tous les cinq ou six ans. Ce limon provient des terres que les eaux des canaux roulent naturellement et qui retiennent une partie des matières organiques fournies par les

(*) Les coupes se distribuent comme il suit : dans chacun des mois de février et d'avril, 12.000 tonnes environ; en juin et août, 9.000; en octobre et décembre, 6.000; total, 54.000 tonnes. Les coupes d'hiver sont de moins bonne qualité que celles de la fin du printemps et de l'été.

maisons. Ce flot trouble détermine sur le sol une sorte de colmatage qui tend à en exhausser continuellement le niveau. Pour le maintenir, on a soin, au bout de quelques années, d'*écrouter* la terre sur plusieurs centimètres. L'humus ou terreau ainsi retiré constitue un engrais de premier ordre que recherchent les maraîchers et dont la vente donne environ 600 francs par hectare.

Essayons d'assigner une valeur à l'eau d'égout de Milan.

Les 100.000 mètres cubes par jour, répartis sur 1.000 hectares, représentent une consommation quotidienne de 100 mètres cubes à l'hectare ou une dose annuelle de 36.000 mètres cubes. Or, avons-nous dit, le produit net est de 600 francs. La valeur de l'eau de la Vettabia est donc de 0',0167 le mètre cube. Mais ce n'est point là, remarquons-le bien, de l'eau d'égout ordinaire : c'est de l'eau d'égout étendue de six fois son volume d'eau pure ; en effet, le débit de la Vettabia représente, pour une population de 150.000 âmes, un contingent de 700 litres par tête et par jour, ce qu'on peut considérer comme le septuple de la consommation normale d'une ville où le drainage est assez imparfait. Il faudrait donc multiplier la valeur ci-dessus par 7 pour rentrer dans les conditions d'une eau d'égout ordinaire ; on aurait ainsi 0',116 pour la valeur de cette eau. Mais il y a une autre correction en sens inverse à faire subir à ce chiffre. En effet, quand on arrose avec 7 mètres cubes d'eau de la Vettabia on ne se trouve pas dans les mêmes conditions que si l'on arrosait avec un seul mètre cube d'eau d'égout ordinaire ; car à l'action des matières fertilisantes s'ajoute celle des six autres mètres cubes d'eau pure, action qui dans un climat comme celui de l'Italie est loin d'être négligeable. En d'autres termes, l'arrosage, abstraction faite de tout engrais, a ici sa vertu propre, dont il faut tenir compte. Quelle est la valeur de cet arrosage, pris intrinsèquement ? Comment doit se répartir le profit net, entre les principes fertilisants d'une part, et l'eau pure d'autre

part ? On peut en trouver une mesure approximative au moyen de ce fait que, dans le Milanais, l'eau de la Vettabia se vend couramment le double de celle des autres canaux (*). Il semble donc que l'addition des matières issues du drainage donne à cette eau une seconde valeur égale à celle qu'elle possédait déjà, et que conséquemment les éléments qui vont se diluer dans 7 mètres cubes de la Vettabia ont une valeur égale à la moitié de 0',116 ou à 0',058. Mais pour avoir l'eau d'égout normale il faut délayer ces éléments dans 1 mètre cube d'eau pure, ce qui ajoutera à leur valeur celle de cette eau elle-même, soit un septième de 0',058 ou un peu plus de 0',008. Le mètre cube de liquide d'égout, ramené à la composition normale, sera donc finalement coté à près de 0',07. Or nous ne nous écartons pas ici beaucoup des chiffres que nous avons déjà eu occasion de poser, puisque nous avons précédemment fixé à 0',05 environ la valeur correspondant à la dose de 40.000 mètres cubes, et que, dans le cas actuel, la dose est précisément de 36.000 mètres cubes. Nous obtenons, on le remarquera, un chiffre un peu plus favorable (0',07 au lieu de 0',05), ce qui tient évidemment à cette double circonstance : 1° que le ciel de la Lombardie est beaucoup plus propice aux hautes doses que celui de l'Angleterre ; 2° que les eaux de la Vettabia étant très-faiblement chargées de matières organiques, on est beaucoup moins exposé à saturer la végétation. Il n'est même pas douteux, eu égard à ces considérations, que l'eau ressortirait à un prix plus élevé encore, à 0',10 peut-être, si le drainage de la ville de Milan était plus parfait et si les marcites ne subissaient pas la concurrence des irrigations ordinaires qui couvrent cette fertile contrée.

(*) 800 francs l'once au lieu de 400 francs. L'once mesure un débit de 44 litres à la seconde.

4° Projets d'irrigations pour Paris.

A diverses reprises, depuis une dizaine d'années, on a agité la question d'une entreprise d'irrigations avec les eaux d'égout de la ville de Paris. Bien que la solution ne paraisse pas prochaine et qu'en ce moment même l'attention publique en ait été détournée par les essais de traitement chimique institués à Clichy, il est à propos d'en dire quelques mots, car après une série plus ou moins longue de tâtonnements il semble impossible qu'on ne rentre pas dans la voie que l'expérience de l'Angleterre a démontré la seule praticable.

En dehors de tout système particulier d'irrigations, on ne doit pas perdre de vue quelques considérations essentielles, qui n'ont pas toujours été assez mises en lumière par les promoteurs de projets et dont l'oubli cependant entraînerait à une ruine certaine ceux qui tenteraient de mettre ces projets à exécution.

La plus importante de ces considérations c'est que la contre-partie indispensable de toute entreprise d'irrigations doit être l'abolition des fosses d'aisances et l'envoi direct des matières fécales aux égouts, sans préjudice, bien entendu, de la généralisation du drainage privé tel qu'il se pratique aujourd'hui dans les principaux quartiers. Ce serait, en effet, une grande illusion de croire que les eaux d'égout de Paris, avec leur composition actuelle, sont susceptibles de rémunérer une entreprise d'irrigation. Elles augmenteraient incontestablement le rendement agricole, mais pas assez pour qu'il en résultât un profit commercial, ce qui est fort différent. Ces eaux, en effet, privées qu'elles sont aujourd'hui des déjections de la population et même d'une grande partie des résidus ménagers, ne valent pas assurément la moitié de ce que valent les eaux de Londres ou de Bruxelles et en général les eaux des villes anglaises.

Au lieu de 0',125 le mètre cube, ce serait beaucoup de les coter à 0',05. Or, si l'on prélève 0',05 pour les frais d'exploitation, ce qui n'a rien d'exagéré, il ne resterait que 0',02 pour couvrir le capital engagé, chiffre tout à fait insuffisant. Effectivement, on ne peut espérer de desservir Paris avec une dépense moindre que pour la rive nord de Londres, ou avec moins d'une soixantaine de millions. Or 0',02 sur 500.000 mètres cubes par jour (*) ne représentent guère que 2 millions par an, c'est-à-dire $5\frac{1}{4}$ p. 100 du capital engagé. Ainsi dans l'hypothèse doublement inadmissible, où la totalité des eaux seraient vendues au public, au prix le plus élevé qu'on puisse en espérer, eu égard à la composition de ces eaux, on ne retirerait encore qu'un mince intérêt, sans aucune réserve pour l'amortissement ni la réfection des ouvrages. Il n'y a donc pas à s'arrêter un instant à de semblables combinaisons. Au contraire, la situation pourrait changer si la suppression des fosses, fixes ou mobiles, venait à être décidée; car alors les eaux d'égout de Paris rentreraient dans les conditions ordinaires et seraient, dès lors, susceptibles de prendre une valeur plus ou moins voisine de la valeur normale 0',12 à 0',15 le mètre cube.

Une autre condition sans laquelle une entreprise d'irrigations serait également rendue à peu près impossible, c'est la faculté d'exproprier les terrains nécessaires à l'arrosage. Pour l'emplacement de l'aqueduc et des ouvrages d'art, cela va de soi : il ne saurait être question de procéder sans expropriation; on l'a concédée en Angleterre où on l'avait refusée aux chemins de fer : à plus forte raison la concéderait-on en France. Mais nous voulons parler des surfaces destinées à recevoir l'eau : il est indispensable, disons-nous, de pouvoir les exproprier. Rappelons, en effet, que

(*) Cette quantité, comme nous l'avons déjà remarqué, paraît être le maximum que doit atteindre le débit du collecteur, quand tous les travaux en cours seront terminés.

la condition *sine qua non*, d'un bon prix de vente de l'eau d'égout c'est que le cultivateur en puisse faire usage à son gré, quand et comme il lui plaît; c'est dire que le concessionnaire en gardera une portion à sa charge, portion qui, dans un pays peu porté aux innovations agricoles, sera dans les commencements bien près d'atteindre la totalité. Il faut donc que le concessionnaire de Paris, bien plus encore que celui de Londres, ait en propre un domaine où il puisse verser l'excédant et au besoin la totalité de ses eaux. Ce domaine, supposé d'ailleurs dans les meilleures conditions d'écoulement, ne saurait avoir moins de $1\frac{1}{2}$ hectare par 1.000 habitants, si l'on a en vue seulement d'épurer, et devra en avoir le double, si l'on veut employer l'eau d'une manière qui ne soit pas trop désavantageuse. Pour une population de 2 millions d'âmes, le domaine devrait donc avoir 6.000 hectares (*). L'opération déjà médiocre à ce chiffre de superficie serait déplorable au-dessous (**). Or, 6.000 hectares, dans un pays où la propriété est si morcelée, ne sont pas faciles à se procurer, et M. Le Châtelier a eu raison d'y voir un grand obstacle à la pratique des irrigations et par suite un argument en faveur de son système d'épuration par voie chimique. Quant à aller chercher les terrains au bord de la mer, c'est, vu l'éloignement, un expédient qui sans être impraticable, serait cependant assez coûteux pour faire reculer les capitalistes; d'ailleurs, il n'est pas établi qu'on trouverait sur le littoral une telle surface favorablement disposée. Il est donc vraisemblable que s'il fallait se procurer les terrains par les voies ordinaires, on ne réussirait pas à constituer un domaine convenable, même en consentant à le former de plusieurs lots

(*) Avec cette superficie et le chiffre de la future distribution de Paris, l'hectare recevrait 20.000 mètres cubes environ, ce qui est le double de la dose correspondant au plus grand profit agricole.

(**) Nous nous plaçons ici, bien entendu, au point de vue du capitaliste qui engage librement ses fonds, et non au point de vue de la

indépendants (*). Car, qu'on ne l'oublie pas, l'obligation de faire passer 20 à 25 mille mètres cubes d'eau sur un hectare limite singulièrement le choix : autant il est facile de trouver des sols qui acceptent 5 à 6 mille mètres cubes, autant on peut avoir de peine à en trouver qui absorbent quatre ou cinq fois cette quantité. On court donc le risque de se heurter à des prétentions inadmissibles. Le seul moyen de lever cet obstacle c'est évidemment d'accorder l'expropriation pour cause d'utilité publique des terrains indispensables à l'arrosage. Ce serait la mise en pratique de la pensée exprimée par la commission anglaise de 1866, pensée reprise par les autorités belges et déposée par elles, nous l'avons dit, dans le contrat passé avec les entrepreneurs de l'assainissement de la Senne. Il ne s'agirait pas, bien entendu, d'une expropriation sans limites et sans garanties, mais elle serait soumise à certaines réserves. Ainsi la superficie expropriable pourrait être restreinte à la moitié de celle dont on aurait besoin pour opérer l'arrosage dans des conditions commerciales acceptables, soit à $1\frac{1}{2}$ hectare par 1.000 âmes de la population; l'autre moitié serait acquise par le concessionnaire de gré à gré. On exproprierait donc 3.000 hectares(**) avec lesquels on pourrait, à la rigueur, faire face aux nécessités de l'assainissement, et on acquerrait à l'amiable les 3.000 autres hectares destinés à procurer la rémunération des capitaux. C'est seulement avec une base d'opération assurée que l'entrepreneur pourrait s'engager raisonnablement dans l'aff-

municipalité qui pourrait trouver bon de faire un sacrifice dans l'intérêt de la salubrité et qui, en ce cas, jugerait peut-être préférable d'abaisser la surface à 5.000 hectares.

(*) On ne pourrait pousser trop loin ce morcellement du domaine, sous peine de rendre la conduite de l'irrigation fort compliquée et coûteuse.

(**) L'emplacement des terrains expropriés serait fixé par le même décret qui approuverait l'établissement de l'aqueduc et des ouvrages d'art.

faire et s'exposer aux prétentions des propriétaires pour le surplus des acquisitions. Car ces prétentions seraient sans doute sensiblement diminuées, par cela seul qu'on saurait l'entrepreneur déjà muni des terrains strictement indispensables à l'épuration.

Ainsi les deux conditions en quelque sorte préalables de toute entreprise d'irrigations avec les eaux d'égout de Paris, sont :

1° Que ces eaux soient enrichies de toutes les déjections de la population ;

2° Qu'on ait la faculté d'exproprier 1 $\frac{1}{2}$ hectare par 1.000 habitants.

La première de ces deux conditions est absolue : sans elle, l'affaire est condamnée à une ruine certaine. La seconde pourrait, à la rigueur, être suppléée par un concours de circonstances heureuses ; mais il ne serait pas prudent de s'engager sans une pareille garantie.

Ces deux considérations, on le voit, compliquent singulièrement l'affaire. Il nous reste à parler d'une troisième qui est au contraire moins défavorable aux entreprises d'irrigations qu'on ne le pense généralement : c'est l'élévation mécanique des eaux d'égout.

Une telle élévation serait une nécessité à Paris, comme du reste pour la plupart des cités importantes qui, étant étendues le long d'un cours d'eau, se trouvent à un niveau inférieur à celui des campagnes environnantes. Dès lors les liquides devraient être remontés artificiellement afin de pouvoir se distribuer aux terres par gravitation et jouir en même temps d'un écoulement assuré. Or cette obligation d'élever les eaux passe, auprès de beaucoup de personnes, pour un obstacle insurmontable. On suppose, d'une part, que les pompes sont obstruées par les matières en suspension dans le liquide, et d'autre part, que la dépense des machines à vapeur est inabordable. Fort heureusement, il n'en est pas ainsi. L'expérience de Londres montre qu'avec un

grillage métallique interceptant les corps volumineux, les pompes n'éprouvent aucun dérangement ; les machines élévatoires du conseil métropolitain fonctionnent depuis plus de trois ans avec une régularité parfaite. Quant à la dépense de l'ascension, quoique considérable, elle est cependant fort au-dessous de ce qu'on imagine. Nous l'avons dit plus haut et nous le répétons, l'élévation de l'eau d'égout à 75 mètres n'augmente pas en Angleterre le prix du mètre cube de plus de 0^e,01. En tenant compte des différences dans le coût des houilles, la dépense en France n'excéderait certainement pas 2 centimes pour une élévation à 100 mètres.

Ces principes généraux posés, tout se réduit maintenant à une question de tracé. Nous n'avons pas à rechercher quel pourrait être le meilleur : c'est une détermination tout à fait en dehors de la compétence de ce travail. Nous nous bornerons à rapporter, à titre d'exemples, deux projets mis en avant, il y a peu d'années, et dus à des ingénieurs distingués, MM. Mille (*) et Aristide Dumont.

Voici le projet de M. Mille, tel qu'on le trouve décrit dans un rapport de 1862 à M. le préfet de la Seine, sur les irrigations et les prairies à marcites du Milanais.

« Il reste la question la plus importante. Les résultats obtenus en Lombardie peuvent-ils se répéter en France? Les environs de Paris peuvent-ils, comme la banlieue de Milan, avoir des marcites, des prairies d'hiver à végétation constante? Oui, pourvu qu'il y ait ici la même volonté, la même persévérance.

« Mais, dira-t-on, le soleil d'Italie nous manque et sans lui l'on ne réussira pas. Il est curieux de remarquer que la seconde application en grand des eaux d'égout ait eu lieu à Édimbourg ; elle y a produit des prairies qu'on

(*) M. Mille est le même ingénieur qui dirige les essais de Clichy, décrits dans le premier chapitre.

« coupe quatre et cinq fois par an, et où l'herbe, abondante et précoce, est payée cher par les nourrisseurs. Notre climat de France vaut bien celui d'Écosse; ainsi nous pouvons poursuivre.

« A Paris, la Vettabia, c'est l'égout d'Asnières, qui roule 1^{m³} à la seconde, et aura plus tard 2^{m³} à verser dans la rivière (*). Les liquides, déjà clarifiés par les opérations qui précèdent l'émission en Seine, la récolte des fumiers flottants et le dragage des sables, les liquides sont plus troubles que ceux de Milan; il faudrait ajouter deux ou trois volumes d'eau pure pour les ramener à la limpidité du modèle. La limite agricole de la dilution n'est donc pas atteinte, et la difficulté toute mécanique consiste encore à soulever de grandes masses d'eau à bas prix.

« Qu'on jette les yeux sur la carte hydrographique du bassin de la Seine, on remarquera qu'entre les confluents de la Marne et de l'Oise, la rivière se promène, en longs serpents, dans une érosion du calcaire grossier. L'ancien lit d'inondation, large d'environ 10 kilomètres, a été rempli en cailloux et en gravier, alluvions si maigres et si peu fertiles qu'elles ne portent guère qu'une végétation forestière. Le bois de Boulogne, le bois du Vésinet, la forêt de Saint-Germain couvrent successivement ces langues d'atterrissement. Si les champs de Gennevilliers font exception, c'est qu'à proximité des quartiers peuplés, ils ont été fertilisés au moyen des boues et des fumiers de la ville.

« Au-dessus des grèves de la Seine, au nord, et sur le calcaire grossier, s'étend la plaine de l'Île-de-France. Elle a été, entre Montmorency, Saint-Denis, Noisy-le-Sec, entièrement prise par la culture maraîchère, qui fait ici de gros légumes pour la halle, grâce aux engrais de Paris.

(*) Il versera 5 mètres cubes incessamment.

« Plus loin, sur les mêmes terrains, on ne rencontre que des céréales. Au sud-est de Meaux, à Corbeil, commence la Brie, plateau argileux qui, comme la Flandre, se livre à la culture industrielle; tandis qu'au sud-ouest, au delà de Versailles, la Beauce continue le plateau de Trappes et montre encore un grenier à céréales.

« Or, que faut-il à la Brie et à la Beauce, sinon de l'engrais flamand, des liquides concentrés susceptibles d'enrichir les fumiers de la ferme? Aux champs maraîchers de l'Île-de-France, ce qui convient au contraire, c'est un arrosage avec des eaux tièdes d'égout permettant d'échauffer le sol de bonne heure ou de lutter contre la sécheresse en été. Quant aux grèves de la Seine, elles vont, si l'on y fait passer un courant d'eau trouble, se colmater et devenir un vrai fond de marécages.

« Mais à première vue l'exécution paraît impossible. L'égout d'Asnières débouche à la cote 25 mètres, les grèves sont 10 mètres plus haut, à la cote 35 mètres; la plaine de Montmorency, Saint-Denis et Noisy, ou le réservoir qui l'alimenterait, doit se prendre à la cote 75 mètres, à 50 mètres au-dessus de la rivière; tandis que la Brie, à la cote 100 mètres, et la Beauce, à la cote 175 mètres, donnent à franchir des différences de niveau de 75 à 150 mètres; comment vaincre ici les obstacles?

« A la rigueur on en viendrait à bout avec la machine à vapeur; mais quand il s'agit de remuer 200.000 mètres cubes par jour, on entre dans la création d'un matériel gigantesque et dans une consommation de charbon presque illimitée (*). Heureusement une solution meilleure est à portée.

« La Seine, malgré ses longues inflexions, garde une

(*) Nous avons vu que ces appréciations sont exagérées et que la dépense se réduit à 2 centimes par mètre cube élevé à 100 mètres.

« pente forte de 1 mètre par myriamètre ; il en résulte une
 « vitesse qui gêne la navigation à la remonte et qui rend
 « les barrages indispensables. Il y en aura prochainement
 « trois entre la sortie de Paris et Poissy : le premier à Su-
 « resnes, le second à Marly et Besons, le troisième à An-
 « dresy. Réglés à 3 mètres et 2^m,40 de chute, retenant un
 « fleuve de 75 mètres cubes à l'étiage sur les deux pre-
 « miers points et de 120 mètres cubes environ après le
 « confluent de l'Oise, les barrages créent des forces mo-
 « trices de 2.400 chevaux à Suresnes, comme à Marly et
 « Besons, de 3.600 chevaux à Andresy : 1 ou 2 mètres
 « cubes d'eau par seconde ne peuvent être difficiles à sou-
 « lever par de pareilles puissances (*).

« En effet, les ingénieurs de Louis XIV, en construisant
 « les machines de Marly, ont résolu le problème que nous
 « rencontrons devant nous aujourd'hui. Le vieil attirail de
 « roues, de balanciers et pompes dont la complication et
 « le bruit ne répondaient qu'à un effet utile insignifiant, a
 « été remplacé par un système fort simple et très-éner-
 « gique. Six roues de 12 mètres de diamètre mènent
 « chacune quatre pompes horizontales qui puisent l'eau
 « en rivière et la refoulent d'un jet au sommet de la mon-
 « tagne. Chaque roue prenant 200 chevaux de force tra-
 « vaillant sous une charge manométrique de 180 mètres,
 « chasse 2.000 mètres cubes par jour à 150 mètres de
 « hauteur !

(*) Le barrage de Suresnes existe aujourd'hui et pourrait facile-
 ment être utilisé pour l'élévation des eaux. Quant à celui d'An-
 dresy, il n'est pas démontré qu'on aurait intérêt à aller chercher
 là une force motrice : car le tracé de l'aqueduc se trouverait ainsi
 fixé en partie, tandis qu'il serait peut-être préférable de le diriger
 dans un autre sens, même au prix de l'abandon d'une force natu-
 relle. D'ailleurs si les moteurs hydrauliques sont économiques, ils
 ont bien aussi l'inconvénient d'être sujets à des irrégularités qui,
 vis-à-vis d'une tâche aussi continue que celle dont il s'agit ici, peu-
 vent avoir des conséquences graves. En somme, c'est une question
 à examiner.

« Donc, chaque roue peut envoyer au plateau de la Beauce,
 « et à plus forte raison en Brie, 2.000 mètres cubes par
 « jour, c'est-à-dire tout ce que Paris produit de liquides de
 « vidanges, en les supposant isolés et partout rassemblés.
 « Si l'on considère les eaux d'égout et qu'il suffise de les
 « refouler, non à 150 mètres de hauteur mais à 50 mètres
 « pour les envoyer au réservoir qui les dispersera dans
 « l'Île-de-France, il faut tripler le résultat et compter sur
 « 6.000 mètres cubes en 24 heures. Si l'on descend encore
 « d'altitude et qu'on veuille répandre les eaux sur les grèves
 « de la Seine où il n'y a que 10 mètres à franchir, au lieu
 « de 50 mètres, le chiffre doit être quintuplé ; chaque roue
 « puisera 30.000 mètres cubes à l'égout et les versera à la
 « surface des alluvions de gravier pour les transformer
 « bientôt en prairies et en herbages. Avec six roues absor-
 « bant 1.200 chevaux, avec le système actuel de la ma-
 « chine de Marly, on aurait raison des 200.000 mètres
 « cubes que versera l'émissaire.

« Si donc le barrage que l'on doit construire à Suresnes
 « était descendu 7 kilomètres plus bas et porté à Asnières ;
 « si l'on dotait ainsi l'embouchure en Seine d'une force
 « motrice de 2.400 chevaux, on peut affirmer que la so-
 « lution économique serait complète. La puissance de la
 « chute mènerait les appareils de dragage et de filtrage
 « des solides d'égout, et enverrait les liquides dans la
 « campagne, partout où la consommation agricole le de-
 « manderait.

« Cette consommation se fera-t-elle ? L'éducation d'une
 « population de cultivateurs est lente, il faut en convenir :
 « elle exige du temps, des efforts d'instruction, des sacri-
 « fices d'exemple ; mais ici, les éléments de succès existent.
 « Le maraîcher de la banlieue de Paris est un travailleur
 « ardent et assidu, comme le Flamand et le Lombard ; de-
 « puis les chemins de fer, il se sent attaqué par la concur-
 « rence de rivaux plus favorisés du ciel, les maraîchers

« d'Angers, de Bordeaux, d'Avignon et de Perpignan; il
 « saisira vite des procédés d'arrosage qui lui donneront les
 « moyens de faire des primeurs ou de doubler ses récoltes.
 « Quant aux prairies irriguées, il y aura pour les appeler
 « les besoins d'une nourriture verte réclamée par les vaches
 « laitières ou par les bœufs qui approvisionnent le marché
 « de Paris.

« *Conclusions.* — Amener une force motrice de 2.400 che-
 « vaux à la bouche de l'égout d'Asnières, ou conduire
 « l'émissaire jusqu'à l'une de ces puissances gigantesques
 « créées par les barrages de la navigation et à peine uti-
 « lisées; construire dans la campagne un système de ré-
 « servoirs, de canaux, de rigoles de distribution et de
 « fossés d'assainissement; transformer, élever la produc-
 « tion maraîchère de la banlieue par l'emploi habilement
 « pratiqué des eaux riches et tièdes que l'on ne sait encore
 « que perdre dans la Seine; voilà un programme qui n'est
 « ni simple ni facile, mais qui est digne d'attirer l'attention
 « des hommes soucieux de l'avenir (*).

« En définitive, l'œuvre des Visconti et des Sforza, de
 « saint Bernard et de Léonard de Vinci n'était pas plus
 « aisée, et nous la trouvons aujourd'hui tellement vivante,
 « tellement imprimée à la surface comme au fond du pays,
 « qu'elle nous semble venir de la nature même.

« N'ayons donc pas peur, lorsqu'un grand intérêt nous
 « conseille d'entreprendre ce qui est difficile; il n'y a que
 « cela de durable. »

Le plan de M. Aristide Dumont s'éloigne peu de celui de
 M. Mille :

« Les machines d'Asnières, dit-il, enverraient les eaux

(*) A ce programme il faut ajouter, comme condition essen-
 tielle, ne l'oublions pas, l'envoi des matières fécales aux égouts.
 sans cela, on en serait pour ses frais.

« dans trois directions différentes. Un premier tuyau sui-
 « vrait la direction du chemin de fer du Nord pour se bifur-
 « quer ensuite au delà de l'Oise, en deux branches, l'une
 « allant aboutir dans les environs de Montdidier et l'autre
 « du côté de Gournay. Le second tuyau suivrait la ligne de
 « l'Est et se bifurquerait aussi en deux branches, l'une
 « allant sur les plateaux de la Brie, et l'autre du côté de
 « Villers-Cotterets. Le troisième tuyau, enfin, suivant la
 « direction du chemin de fer de l'Ouest, irait porter les
 « eaux-vannes d'un côté sur les plateaux de la Beauce et
 « de l'autre côté vers Dreux. Sur tout le parcours de ces
 « tuyaux, il serait établi, de distance en distance, des prises
 « d'eau ou des bureaux de vente d'engrais liquide; chaque
 « tuyau serait terminé à son extrémité par un réservoir dont
 « le trop-plein se déverserait dans le cours d'eau le plus
 « voisin » (*).

Notre opinion personnelle est qu'aucun de ces deux
 projets, dans les termes où ils sont conçus, ne serait exé-
 cutable à raison précisément de ce que les auteurs ont cru
 pouvoir se passer de la faculté d'exproprier pour cause
 d'utilité publique les terrains nécessaires à l'irrigation. Il
 suit de là que pour trouver des emplacements favorables
 on est forcé de se porter à des distances considérables et de
 multiplier démesurément les canaux de distribution. On
 peut donc prédire que les frais de conduite des eaux sur le
 lieu d'arrosage seraient tout à fait hors de proportion avec
 la valeur même de ces eaux. En outre, ce qui est une autre
 conséquence de l'absence du droit d'exproprier, les auteurs
 font reposer toute leur combinaison sur l'espoir d'une vente
 régulière de l'engrais aux cultivateurs, espoir chimérique,

(*) La salubrité publique se trouverait singulièrement compro-
 mise par cette disposition, car la vente de l'engrais ne se générali-
 serait pas du premier coup. Ce qu'il faut à l'extrémité de chaque
 tuyau, ce n'est pas un réservoir, mais bien un domaine appartenant
 à l'entrepreneur et toujours prêt à recevoir l'excédant des eaux.

surtout pendant les premières années de l'exploitation. Ce n'est pas, selon nous sur de telles bases qu'un projet vraiment praticable peut être édifié. Il faut, de toute nécessité, introduire parmi les données du problème la condition qu'un minimum de superficie pourra être acquis par voie d'expropriation. La question alors se simplifiera singulièrement, et l'étude des environs de Paris fera connaître, sans nul doute, à une distance raisonnable, des terrains dans des conditions d'altitude et de constitution qui permettront d'y répandre l'eau à un prix acceptable.

CONCLUSIONS.

En résumé, les procédés chimiques appliqués à l'épuration des eaux d'égout ont constamment présenté jusqu'ici les inconvénients ci-après :

1° Ils nécessitent des manipulations qui affectent plus ou moins la salubrité du voisinage. Le curage des bassins de dépôt et la dessiccation des boues sont, en effet, accompagnés d'odeurs qu'il paraît à peu près impossible d'éviter quand on opère en grand ;

2° La séparation des matières n'est jamais complète : il subsiste toujours en grande quantité dans les eaux vannées, soit à l'état de suspension, soit surtout à l'état de dissolution, des principes fertilisants qui sont une cause de corruption pour les cours d'eau en même temps qu'une perte pour l'agriculture ;

3° La valeur commerciale de l'engrais obtenu est inférieure à son prix de revient, sinon au lieu même de production, du moins à quelque distance : or quand on traite

les eaux d'une grande ville, la totalité de l'engrais ne peut être consommée qu'à la condition d'être exportée dans un rayon étendu.

Ces conclusions défavorables ne s'appliquent bien évidemment qu'aux ingrédients chimiques essayés jusqu'à ce jour. Il n'est point dit que quelque autre substance, encore inconnue, ne sera pas susceptible de résoudre le problème d'une manière satisfaisante, et à ce point de vue le champ reste ouvert aux expériences. Toutefois, il faut bien le reconnaître, un tel ensemble de résultats négatifs constitue une forte présomption contre cette classe de procédés, et la prudence ne permet guère d'espérer le succès dans une voie où tant de tentatives ont déjà échoué.

En Angleterre, toutes les entreprises qui se sont fondées en vue d'appliquer un traitement chimique, après avoir subi des pertes considérables, ont successivement discontinué leurs opérations, et dans ce pays où l'on n'abandonne pas facilement une idée qu'on a crue juste, on a cependant renoncé complètement à celle-là. De plus, en Belgique, où l'on s'est livré à une longue et consciencieuse enquête sur la question, et où les propositions séduisantes n'ont pas manqué pour l'application des procédés chimiques, on est arrivé exactement aux mêmes conclusions qu'en Angleterre.

En regard de tous ces faits, on n'en oppose qu'un : celui des essais de la ville de Paris, au sujet desquels on assure que la salubrité n'est pas compromise, que la méthode est simple et expéditive, et que le résultat commercial est avantageux. Mais, d'abord, ce sont des *essais*, c'est-à-dire des opérations où la sanction de la pratique en grand a manqué. Ensuite, au point de vue financier, on ne peut absolument rien conclure des résultats obtenus à Clichy : car la valeur vénale de l'engrais est, à ce jour, absolument inconnue ; on aperçoit seulement dès à présent qu'on ne vendrait pas plus de 14 francs ce qui en coûte 19. Sous le rapport

sanitaire, on est dans la même incertitude, les conditions où l'on a opéré, différant notablement de celles qu'il faut prévoir. En effet, d'un côté, le volume de l'eau épurée est insignifiant par rapport au débit total de la ville, et, d'un autre côté, cette eau ne renferme qu'une faible partie des immondices qu'elle devra contenir plus tard; privée comme elle l'est, aujourd'hui, des matières fécales et d'une portion des résidus ménagers, c'est de l'eau relativement pure, comparée à celle que le progrès naturel des choses amènera à avoir un jour. Enfin, même dans ces conditions particulièrement favorables à la réussite des agents chimiques, les auteurs des essais sont les premiers à reconnaître que cette solution n'est point la meilleure. Ils la déclarent coûteuse et avouent qu'elle fait perdre les quatre septièmes de la richesse fertilisante : ce qu'ils y voient surtout, c'est une ressource pour les cas où les méthodes naturelles feront défaut.

L'insuffisance des procédés chimiques est donc manifeste; c'est autrement que l'eau d'égout doit être employée.

L'eau d'égout doit être répandue sur les terres cultivées, telle qu'elle sort des villes, sans traitement ni préparation d'aucune sorte, ou, comme on dit, *à l'état naturel*. La seule précaution à prendre, c'est à l'aide d'un grillage, d'éliminer les corps encombrants; quant aux matières en suspension elles ne font point obstacle à l'élévation mécanique des eaux ni à leur distribution dans des canaux.

Divers motifs établissent la supériorité de cette méthode :

1° De tous les moyens de transporter les éléments fertilisants contenus dans l'eau d'égout, le plus simple et le plus économique est souvent de faire couler cette eau elle-même aux lieux de consommation;

2° L'eau d'égout présente l'engrais sous la forme la mieux appropriée à la végétation. L'expérience prouve, en effet, que dans les villes bien drainées et bien pourvues d'eau ali-

mentaire, les matières fertilisantes, tout naturellement et par la force même des choses, se trouvent délayées au point que réclame la culture. Ni trop pauvre ni trop riche, l'engrais peut être immédiatement absorbé par les plantes, sans qu'il soit besoin de l'affaiblir ou de le renforcer. D'ailleurs, cet engrais se suffit à lui-même, c'est-à-dire que le liquide d'égout, à l'état naturel, renferme dans un juste équilibre tous les éléments nécessaires aux récoltes;

3° La végétation est l'instrument le plus puissant et le moins coûteux pour obtenir la séparation des principes fertilisants. Nul traitement artificiel n'utilise ces principes en aussi forte proportion, et par conséquent ne livre aux rivières des eaux aussi bien purifiées. C'est seulement après avoir subi l'action purificatrice des plantes que les liquides d'égout peuvent être impunément déversés dans les cours d'eau;

4° Le mode de séparation par les végétaux, non-seulement ne développe pas les odeurs des traitements artificiels, mais même arrête celles qu'exhalent naturellement les liquides d'égout. Le contact de la plante produit, en effet, une désinfection immédiate, et il semble que les principes odorants soient les premiers fixés.

Ces derniers avantages ne sont complètement obtenus que sous certaines conditions, à savoir quand l'eau d'égout est appliquée à l'arrosage des prairies permanentes, et spécialement aux prairies formées de *ray-grass* d'Italie. La présence d'une végétation serrée et active est indispensable pour épurer les eaux et sauvegarder la salubrité. C'est par suite d'une erreur sur les rôles respectifs du sol et de la plante qu'on a songé à arroser des cultures maraîchères ou à faire du colmatage. L'action du sol, dans l'épuration du liquide, est secondaire; c'est la plante qui exerce l'action sélective et qui s'enrichit. Le sol n'est en quelque sorte que le théâtre des phénomènes; il abandonne tout au végétal et ne peut retenir pour lui-même que des matières

erreuses en suspension, lesquelles n'ont qu'une faible part dans l'infection des cours d'eau.

La nature et la constitution du sol importent donc peu au résultat final des opérations. Ce qu'on doit rechercher à peu près exclusivement, c'est que le terrain soit meuble et pourvu de moyens d'écoulement assurés. La grande, l'unique condition, c'est que l'eau ne séjourne jamais, ni autour des plantes ni dans les rigoles, et que partout où se trouve une matière putrescible, cette matière rencontre aussitôt une plante pour l'absorber; en un mot, la végétation doit être *sans solution de continuité*. Avec des liquides d'égout très-riches en résidus organiques, ou si l'on opère sur une grande échelle, la culture maraîchère, et à plus forte raison le colmatage, seraient une source d'infection pour la contrée.

L'eau d'égout doit être distribuée au sol *par gravitation*, c'est-à-dire coulant librement à la surface. Si la topographie du terrain ne s'y prête pas, il ne faut pas craindre d'élever l'eau mécaniquement: cette opération, moins coûteuse qu'on ne le pense généralement, n'atteint pas pour les grandes villes, même avec les prix de combustible du continent, 2 centimes par mètre cube remonté à 100 mètres de hauteur.

Enfin, au point de vue commercial, l'arrosage des prairies est une entreprise fructueuse, pourvu que l'eau d'égout contienne la totalité des immondices de la ville et qu'on puisse se procurer des terrains à un prix raisonnable. Quand on ne se propose que l'épuration proprement dite, la surface d'arrosage strictement indispensable n'est pas très-grande: $1 \frac{1}{2}$ hectare par 1.000 habitants, pour les villes richement pourvues d'eau, peut suffire. Tel est le minimum de superficie qu'il devrait être permis aux villes d'exproprier pour les besoins de leur assainissement. Avec des surfaces plus étendues, le profit agricole augmente naturellement, et le maximum de rendement paraît correspondre à une superficie

quadruple, soit celle de $1 \frac{1}{2}$ hectare par 250 âmes de population; c'est environ une dose de 10.000 mètres cubes d'eau d'égout à l'hectare. A cette dose, l'eau d'égout prend une valeur, sur les lieux d'arrosage, de 0',12 à 0',15 le mètre cube, laquelle dans les circonstances ordinaires assure la rémunération des capitaux engagés.

Tels sont les principes généraux qui dirigent les irrigations à l'eau d'égout. Ces entreprises, pratiquées de temps immémorial dans trois ou quatre localités, se poursuivent aujourd'hui sur un grand nombre de points. On en compte plus de trente en Angleterre, sans parler de celles qui se préparent. Au-dessus de toutes se place, par la grandeur de sa conception, celle qui a pour but d'utiliser les déjections de la ville de Londres. On estime à 40 millions de francs par an la valeur du fleuve fertilisant qui se perd actuellement à la mer et que de hardis travaux se disposent à intercepter: A la suite de l'Angleterre, la Belgique est entrée dans la même voie: ses commissions d'ingénieurs et de savants sont venues à leur tour rendre hommage aux pratiques agricoles du Royaume-Uni, et ont eu l'ambition d'en doter leur pays. Seule, la ville de Paris, dont l'exemple serait d'un si grand effet sur le monde, hésite encore. Pour compléter son assainissement il lui manque d'oser abolir, pour tout envoyer aux égouts, les fosses d'aisances qui souillent son sous-sol et qui perpétuent dans cette cité magnifique le plus affligeant contraste entre le dedans et le dehors. Le jour où cette réforme sera accomplie, la ville de Paris sera inévitablement amenée à chercher, comme Londres et Bruxelles, dans une vaste entreprise d'irrigations, la solution sanitaire que les procédés chimiques seront impuissants à lui donner.

NOTICE

SUR LES GÎTES MINÉRAUX ET LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION
DE L'ALGÉRIE.

Par M. VILLE, ingénieur en chef des mines.

INTRODUCTION.

L'Algérie renferme un grand nombre de gîtes minéraux qui peuvent offrir à l'industrie des ressources très-variées. Plusieurs d'entre eux sont exploités en ce moment et donnent des bénéfices très-considérables. D'autres, malheureusement en trop grand nombre, ont été l'objet de tentatives d'exploration ou d'exploitation qui ont été abandonnées, par suite du peu de facultés pécuniaires des premiers explorateurs et avant qu'on ne fût fixé sur la valeur commerciale des gîtes. D'autres enfin sont encore vierges de tout travail, par suite du découragement irréflecti qui pèse depuis plusieurs années sur l'exploitation des mines de l'Algérie. Un examen attentif de la collection minéralogique de l'Algérie à l'Exposition universelle de 1867, a permis de juger de la variété des richesses métallifères de cette région. Le fer, le cuivre, le plomb, l'argent, le zinc, l'antimoine, le sel s'y trouvent en abondance. Les matériaux de construction ne font défaut nulle part; et si l'Algérie se sert encore en beaucoup de points des matériaux de la mère patrie, c'est que les constructeurs reculent devant la première mise de fonds nécessaire pour mettre en œuvre les gîtes algériens. Il est utile de faire connaître les ressources de toute nature que le sol de l'Algérie présente à l'industrie minière; car cette industrie serait appelée à prendre un développement très-considérable, si elle était vivifiée par des capitaux suffisants. C'est dans le but d'appeler l'attention publique sur les richesses de l'Algérie que nous avons entrepris le présent mémoire pendant la mission qui nous a été confiée par Son Excellence le gouverneur

général de l'Algérie (*). Notre travail peut être considéré, en effet, comme un texte à l'appui de la collection minéralogique de l'Algérie qui a figuré à cette grande exposition.

Il se divise en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous décrivons successivement :

Les combustibles minéraux,

Les minerais de fer,

Les minerais de cuivre, plomb et zinc,

Les minerais d'antimoine et de mercure,

Les usines métallurgiques,

Les sources salées, les salines, les gîtes de sel gemme,

Les gîtes de salpêtre.

Dans le deuxième chapitre nous décrivons :

Les matériaux de construction et notamment les gypses, les marbres, les pierres à chaux, les pierres de taille, les terres à brique et à poterie, les ardoises, les pouzzolanes naturelles, les sables.

Dans le troisième chapitre nous décrivons :

Les sources minérales ou thermales qui seront divisées en quatre groupes, d'après leur composition chimique.

Dans le quatrième chapitre, nous traitons des sondages et recherches d'eau en Algérie.

Dans chaque chapitre, nous avons groupé ensemble, en marchant de l'ouest à l'est, les gîtes de même nature contenus dans toute l'Algérie, afin qu'on puisse mieux apprécier les ressources qu'elle présente.

Puisse notre travail donner la preuve matérielle que notre colonie renferme des richesses minérales très-importantes, et qu'il suffit de capitaux dépensés d'une manière intelligente pour mettre ces richesses en œuvre et donner à l'Algérie le haut rang qu'elle mérite d'occuper dans le monde industriel.

CHAPITRE PREMIER.

§ 1. — COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Les combustibles minéraux sont rares en Algérie et ne consistent jusqu'ici qu'en anthracite de qualité médiocre et en lignite.

Nous signalerons les gîtes suivants :

(*) Une grande partie des renseignements sur les gîtes minéraux des provinces d'Oran et de Constantine a été puisée dans les rapports dressés par MM. Rocard et Mœvus, ingénieurs en chef de ces deux provinces. L. VILLE.

1^o Province d'Oran.

Lignite des environs d'Hadjar Roum.

Il y a un bassin carbonifère renfermant plusieurs couches régulières de lignite, auprès d'Hadjar Roum, sur les deux rives de l'Isser, à 25 kilomètres E. de Tlemcen. On a exécuté comme travail de recherches un puits qui n'a pas dépassé le niveau de l'Isser, et qui dès lors n'a rien appris qu'on ne sût déjà par l'examen des berges de cette rivière. En raison de la rareté du combustible minéral dans la province d'Oran, il serait utile de pousser les recherches plus bas. Les couches mises à nu sur les berges de l'Isser sont en grand nombre; mais pour chacune d'elles l'épaisseur ne dépasse pas 30 centimètres.

Anthracite de la montagne des Lions.

Un gîte d'anthracite terreuse, de qualité médiocre à l'affleurement, se trouve au pied du revers N.-O. de la montagne des Lions à 15 kilomètres N.-E. d'Oran, et sur le rivage de la mer. Les travaux de recherches n'ont pas été poussés assez loin sur ce gîte qui n'est encore qu'imparfaitement connu.

2^o Province d'Alger.

Lignite de la rive droite de l'oued Zaouïa, à 7 kilomètres ouest de Zurich.

Ce gîte est remarquable par la puissance et la régularité des affleurements, et la bonne qualité de lignite qui en provient. Il n'a été l'objet d'aucun travail en profondeur. La disposition des lieux est favorable à l'exécution d'un travers banc qui recouperait plusieurs couches de lignite qu'on explorerait ensuite par des travaux en direction. Quand la voie ferrée passera à Bourkika, le lignite de Zurich trouvera un débouché dans plusieurs villages de la plaine de la Métidja.

Lignite de Bled bou Frou, entre Tenés et Orléansville.

Ce lignite est de très-mauvaise qualité à l'affleurement. Il forme une couche de 2^m,50 à 3 mètres de puissance, et qui est entaillée par un ravin sur 250 mètres de long. Le voisinage du chemin de fer d'Alger à Oran, et le peu de ressources que ce chemin de fer trouve en Algérie pour son alimentation en combustible, militent en faveur de l'exploration du gîte du Bled bou Frou. Il se peut qu'en profondeur la qualité du lignite s'améliore.

3^e Province de Constantine.

Lignite du Smendou.

Des affleurements de couches minces de lignite ont été signalés depuis longtemps dans les environs du Smendou. Ils ont donné lieu à des recherches par des sondages et des galeries, dont les résultats ont été peu encourageants au point de vue industriel. Dans une zone de 26 mètres d'épaisseur, on a trouvé cinq couches de lignite impur présentant une épaisseur totale de 1^m,50. Ce lignite ne pouvant lutter ni contre la houille, ni contre le bois, on a renoncé à son exploitation.

Le premier forage exécuté à l'aval des affleurements de lignite du Smendou est remarquable en ce qu'il a rencontré des eaux artésiennes.

Combustible minéral des Beni Siaz, à 5 kilomètres de Djijelly.

Ce combustible doit être assimilé plutôt à du bitume minéral qu'à du lignite proprement dit. Il traverse, en les recoupant, les couches du terrain qui forme la plaine de Djijelly. Il est de bonne qualité, surtout considéré comme lignite. Il a été exploré d'une manière incomplète. Aussi est-il difficile de prédire l'importance de ce gîte et l'avenir qui lui est réservé.

On voit par cette énumération que l'Algérie est pauvre en combustibles minéraux, et qu'elle doit tirer ces derniers, soit de France, soit de l'étranger. Cette nécessité, fâcheuse à un certain point de vue, lui permet, du reste, de faire des échanges avec les pays qui lui fourniront la houille et le coke qui lui manquent. En retour de ces combustibles qui sont le pain de l'industrie, elle livrera les minerais de fer, de plomb, de cuivre, qu'elle peut produire en abondance.

§ 2. — MINÉRAIS DE FER.

1^{re} Province d'Oran.

Minière de fer de Sidi Safi.

Cette minière est située à 16 kilomètres d'Aïn Témouchent et à 8 kilomètres du bord de la mer; elle fournit de l'hématite rouge, compacte, dont la teneur en fer métallique dépasse 61 p. 100; elle constitue un amas découvert de 150.000 mètres cubes de minerai

ne présentant aucune difficulté pour son enlèvement. Des travaux de reconnaissance s'exécutent en ce moment.

Le périmètre de la minière présente un filon formé par du carbonate et du peroxyde de fer renfermant des géodes de cuivre carbonaté vert.

Minerai de fer de Sidi-Jacoub.

Le gîte est situé à l'origine de l'oued Sidi-Aramou qui est un des affluents de l'oued Zaouia, limite orientale de la concession de Gar Rouban. Il comprend un amas d'hydroxyde de fer assez dense, d'une couleur rouge très-prononcée. Des excavations profondes attestent une exploitation ancienne importante. Le minerai est d'une exploitation facile. Seule, la question des moyens de transport pourrait présenter quelques difficultés.

Minerai de fer anciennement exploité sous le village de Kolla, sur la rive gauche de l'oued Marsa, à 4 kilomètre S.-E. de Djemma Gzaouat.

Minerai de fer anciennement exploité auprès d'Aïn Kébira, sur le revers nord du Djebel Filhausen, à 5 kilomètres E.-N.-E. de Nedroma. Il renferme 56,07 p. 100 de fer métallique.

Minerai de fer anciennement exploité à Bab Mteurba, auprès de la mosquée de Muley Eddris, à 6 kilomètres sud de la rade d'Honaïn. Il se compose d'hydrate de peroxyde de fer manganésifère, contenant 56,20 p. 100 de fer métallique. C'est un gîte considérable et facile à exploiter à ciel ouvert.

Minerai de fer à 6 kilomètres E.-S.-E. de la rade d'Honaïn, à la partie supérieure du cours de l'oued Rached, qui prend alors le nom de oued el Merdja.

Minerai de fer du revers nord du Djebel Aouria, à 6 kilomètres N.-O. d'Aïn Temouchent et sur le bord de la mer. C'est un mélange de peroxydes de fer anhydre et hydraté. Il renferme 44,56 p. 100 de fer métallique. Gîte considérable.

Fer oligiste micacé, du revers nord du Djebel Mansour, à 1.000 mètres environ du rivage de la mer et à 1.200 mètres S.-O. du cap Ferrate: teneur en fer 65 p. 100, minerai abondant et d'excellente qualité.

Fer oligiste micacé du cap Ferrate.

Il renferme 65,50 p. 100 de fer métallique.

Les produits du Djebel Mansour et du cap Ferrate pourraient être utilisés comme lest sur les navires du port d'Oran. Ils seraient traités dans les usines à fer voisines du littoral de la Méditerranée.

Quant aux autres gîtes de minerais de fer qui se trouvent dans

les Traras, ils se présentent dans de moins bonnes conditions pour une exploitation immédiate, à cause de leur éloignement d'un port de mer et de leur moindre teneur en fer métallique. Mais on pourra en tirer parti un jour, lorsque l'Algérie renfermera une population européenne compacte, et présentera dès lors des débouchés sur place. Tous ces gîtes fournissent du reste des minerais d'excellente qualité.

2° Province d'Alger.

Minerais de fer des Gourayas.

Mine concédée par décret impérial du 12 juillet 1865. Elle occupe une superficie de 8^k2,94 dans laquelle se présentent un très-grand nombre de filons puissants et réguliers. Le minerai se compose tantôt d'un mélange de peroxydes de fer anhydre et hydraté, tantôt, mais plus rarement, de carbonate de fer plus ou moins décomposé. La richesse en fer des peroxydes s'élève jusqu'à 62 p. 100. Quelques filons sont mélangés de sulfate de baryte en gros rognons que l'on peut enlever par un triage fait avec soin.

L'exploitation s'est faite jusqu'ici à ciel ouvert; mais elle devra être remplacée par une exploitation souterraine dans un avenir peu éloigné. Les filons les plus distants du rivage en sont à 2.500 mètres. La rade des Gourayas est en ce moment peu sûre, ce qui rend le fret pour Marseille assez élevé. Si l'exploitation prenait un grand développement, des travaux devraient être entrepris pour rendre la rade plus sûre, et permettre aux grands caboteurs d'aborder plus facilement.

Minerais de fer de Soumah.

Mine concédée par décret impérial du 12 juillet 1865. Elle comprend une étendue superficielle de 4^k2,47, au milieu de laquelle se trouvent plusieurs filons importants de minerai de fer et un filon de minerai de cuivre. Elle est située au pied du versant nord du Djebel Mermoucha, sur la lisière sud de la plaine de la Métidja. L'exécution des chemins de fer algériens a rendu possible l'exploitation des gîtes de fer qui étaient connus depuis plusieurs années, mais dont on ne pouvait tirer aucun parti à cause de la cherté des transports sur les routes de terre.

Le minerai de Soumah se compose d'un mélange de peroxyde de fer anhydre et de peroxyde de fer hydraté, d'excellente qualité, contenant 60 à 64 p. 100 de fer métallique. Les filons sont nombreux, puissants et d'une exploitation facile. Deux amas très remarquables

peuvent fournir à très-bas prix de très-grandes quantités de minerai riche. Ils constituent deux véritables carrières à ciel ouvert où l'on n'a presque pas de matières stériles à enlever.

Il est permis dès aujourd'hui de considérer l'exploitation de la mine de fer de Soumah comme une entreprise réellement viable.

Minerais de fer de l'oued Meselmoun.

Gîtes non concédés et qui ont été l'objet de travaux de recherches insignifiants. Ils paraissent susceptibles de produire de grandes quantités de minerai de bonne qualité et exploitable à ciel ouvert. Le minerai pourrait être expédié par mer au port de Cherchel qui deviendrait le centre d'exportation des minerais de fer qui sont dans le cercle de Cherchel.

Hématites du Zaccar Rharbi, auprès de Milianah.

Gîtes très-puissants, non concédés, qui ont été l'objet de quelques recherches sans importance. L'émir Abd-el-Kader avait commencé à Milianah la construction d'un haut fourneau pour tirer parti de ces gîtes, en faisant de la fonte au charbon de bois. Il est probable que la difficulté de se procurer du charbon à des conditions qui n'auraient pas été trop onéreuses, aurait empêché cette industrie de prospérer. A part cela, les minerais de fer et de puissantes chutes d'eau n'auraient pas manqué à l'usine de Milianah. Ces minerais ont une teneur en fer qui varie, selon les gîtes, de 52 à 60 p. 100. Ils sont trop éloignés du littoral pour qu'on en tire parti aujourd'hui en les exportant; mais l'exécution du chemin de fer d'Alger à Milianah rendra possible leur exploitation, si les tarifs ne sont pas trop élevés.

Hématite rouge du Djebel Temoulga, à l'est d'Orléansville.

Gîtes considérables non concédés, exploités autrefois par les indigènes bien avant l'occupation française. Ils fournissent de l'hématite d'excellente qualité, contenant 58,24 p. 100 de fer métallique. Le voisinage du chemin de fer d'Alger à Oran en facilitera sans doute l'exploitation.

Minerai de fer oligiste de l'oued el Keddache, à 4 kilomètres nord du col des Beni Aïcha.

Gîte non concédé, situé à l'extrémité orientale de la plaine de la Métidja. Il se compose de fer oligiste cristallisé à très-petits

grains d'un gris d'acier. Il est très-dur, très-compacte et très-riche en fer, dont il renferme 65,94 p. 100.

Le gîte est très-puissant et d'une très-facile exploitation à ciel ouvert. Il est à 6 kilomètres du port aux Poules, et de là, pourrait être amené à Alger par des balancelles ou un petit remorqueur à vapeur.

3° Province de Constantine.

Fer oxydulé magnétique d'Aïn Mokhra.

Gîte concédé.

L'étendue de la concession est de 1.996 hectares.

Le nombre d'ouvriers employés est de 190 dont 98 Arabes.

Le gisement constitue un des plus beaux amas de fer oxydulé magnétique, soit par ses dimensions, soit par l'homogénéité de sa masse. Il était exploité déjà du temps des Vandales. L'extraction se fait aujourd'hui dans deux chantiers en gradins, ouverts à fleur de sol dans la masse principale du minerai. La hauteur du front de taille est de 15 mètres dans le chantier inférieur, et de 20 mètres dans le chantier supérieur, en tout de 35 mètres de hauteur de minerai exploité, et il reste encore du minerai au-dessous du chantier inférieur. Cette énorme masse est presque sans mélange; on n'y trouve qu'une quantité insignifiante de schiste et d'argile. Le minerai est mélangé d'oxyde de manganèse en proportion variable d'un point à un autre. Le rendement moyen est de 65 kilogrammes de fonte pour 100 kilogrammes de minerai.

La production journalière à la fin de 1866 était de 600 à 700 tonnes, et il n'y aurait aucune difficulté à la porter à 1.000 tonnes si c'était nécessaire.

Le transport des minerais abattus s'effectue sur un chemin de fer de 52 kilomètres de longueur et est desservi par quatre locomotives. Les minerais arrivent par le chemin de fer jusqu'à la Seybouse, où ils sont déchargés pour être repris par des chalands qu'un remorqueur conduit sous les palans des grands bateaux à vapeur de la Compagnie générale. Ces beaux navires sont munis de grues à vapeur au moyen desquelles ils effectuent leur chargement avec rapidité.

Le passage de la Seybouse dans la mer est souvent difficile, et quand le temps est mauvais, il devient impraticable. Le manque d'un port est aujourd'hui le seul obstacle à une exportation régulière, les exploitants de la mine de fer d'Aïn Mokhra, plus connue sous le nom de mine de Mocta-el-Haddid, sont du reste dans l'in-

tention de prolonger leur chemin de fer jusque dans le port de Bone où leurs navires viendront alors charger à quai.

Le minerai reconnu d'une manière certaine à la suite d'explorations bien coordonnées, ne paraît pas inférieur à 5 millions de tonnes, et il est à présumer que de nouvelles recherches viendront augmenter considérablement cette première évaluation. La matière exploitable ne fera donc pas défaut à la mine d'Aïn Mokhra d'ici à bien des années.

Le minerai est livré au port de Bone, au prix de 10 francs la tonne rendue sous palan. Il est consommé dans de nombreuses usines métallurgiques de France, notamment à Firminy et dans les usines du Creusot et de Rive-de-Giers avec lesquelles la compagnie a passé des marchés considérables.

Fer oxydulé des Kharezas.

Gîtes concédés renfermant du minerai d'excellente qualité comme celui d'Aïn Mokhra et dont la teneur en fer est de 65 p. 100.

Ils ne sont pas exploités depuis trois ans, parce qu'ils s'enfoncent sous des épaisseurs considérables de matières stériles, et que l'exploitation souterraine qu'on devrait en faire serait plus coûteuse que l'exploitation à ciel ouvert du gîte d'Aïn Mokhra qui appartient à la même compagnie.

Fer oxydulé de la Meboudja.

Gîtes concédés, inexploités depuis plusieurs années par suite de leur épuisement.

Fer oxydulé du Bou Hamra.

Gîtes concédés, inexploités depuis plusieurs années, par suite de leur épuisement.

Minerais de fer du Felfelah.

Gîtes concédés, non exploités depuis plusieurs années, quoiqu'ils ne soient pas épuisés.

Fer oxydulé de Medjez Rassoul.

Gîte non concédé; il a la forme d'un amas lenticulaire comme celui d'Aïn Mokhra dont il est voisin. Seulement son importance est moins considérable. Il fournit du fer oxydulé magnétique, manganésifère, de très-bonne qualité, rendant 65 à 65 p. 100 de

fer. Il est situé à l'extrémité orientale du lac Fetzara, dans une localité tellement insalubre en été, que l'on doit ordinairement quitter les travaux pendant le mois d'août.

Les travaux de dessèchement que l'administration se propose de faire sur le lac Fetzara contribueront sans doute à améliorer cet état de choses.

Les travaux de recherches sont assez développés pour que le gîte puisse être considéré comme concessible. Il sera exploité par travaux souterrains sur une hauteur de 12 mètres.

La situation de Medjez Rassoul à 16 kilomètres de Bone, avec la possibilité d'un bout de voie ferrée de 2 kilomètres s'embranchant sur le chemin d'exploitation de la mine d'Aïn Mokhra, place dans de bonnes conditions cette seconde exploitation de mine de fer de la province et assure son avenir.

Hématites de fer des Beni Fourhal.

Ces gîtes, qui ne sont pas concédés, comprennent trois groupes principaux situés à une distance moyenne de la mer, de 14 kilomètres. Ils ont été l'objet pendant longtemps d'exploitations kabiles très-actives. Ils fournissent des hématites dont la teneur en fer varie de 55,09 à 61,01 p. 100.

Ils n'ont été l'objet d'aucun travail sérieux d'exploration. Cependant ils ont toujours paru d'une importance assez considérable pour alimenter plusieurs hauts fourneaux à créer sur les rives boisées de l'oued Taza ou de l'oued Dar-el-Oued.

Hématites de fer de Bou Aklan.

Gîte non concédé; il forme un amas de 6 mètres environ de puissance fournissant un mélange de peroxyde de fer anhydre et de peroxyde de fer hydraté dont la teneur en fer est de 59,28 p. 100. Il est exploité par les Beni Sliman qui sont la seule tribu indigène qui se livre encore aujourd'hui à l'exploitation des mines de fer. Ils traitent le minerai par la méthode catalane grossièrement appliquée, c'est-à-dire au moyen de la fusion dans de petits fourneaux enterrés, avec usage de soufflets en peaux de bouc.

Hématites de fer du Djebel Soumah.

Gîte non concédé, situé non loin de la route de Sétif à Bougie. Il consiste en un filon d'hématite rouge, dont l'épaisseur varie de 3 à 8 mètres, et dont la teneur en fer s'élève à 62 p. 100. Il est à

une trop grande distance du littoral pour qu'on puisse en exploiter les produits.

Hématite de fer du Djebel Anini.

Gîte non concédé; il consiste en un filon d'hématite rouge, situé au sommet du Djebel Anini, dans le voisinage du Djebel Soumah, et contenant 65,45 p. 100 de fer métallique. Il est d'un abord très-difficile.

Comparaison des minerais de fer de l'Algérie avec ceux de France. — Pour comparer les minerais de fer de l'Algérie à ceux de la France, nous récapitulerons dans le tableau suivant les teneurs en fer indiquées ci-dessus.

DÉSIGNATION DES GÎTES.	TENEUR EN FER pour 100 de minerai.
Hématite rouge de Sidi Saïf.	61,00
Hydroxyde de fer de Sidi Lacoub.	56,07
Hydroxyde de fer d'Aïn Kebira.	56,20
Hydroxyde de Bab Mieurba.	44,56
Hématite de fer du Djebel Aouria.	65,00
Fer oligiste du Djebel Mansour.	62,00
Hématites des Gourayas.	62,00
Hématites de Soumah.	62,00
Hématites de l'oued Meselmoun.	56,00
Hématites du Zaccar Rharbi.	58,24
Hématites rouge du Djebel Temoulga.	65,94
Fer oligiste de l'oued el Keddache.	65,00
Fer oxydulé d'Aïn Mokhra.	65,00
Fer oxydulé des Kharezas.	64,00
Fer oxydulé de Medjez Rassoul.	58,05
Hématites des Beni Fourhal.	59,28
Hématites de Bou Aklan.	62,00
Hématites rouge du Djebel Soumah.	65,45
Hématites rouge du Djebel Anini.	65,45
Moyenne générale.	60,34

La teneur des minerais de fer de l'Algérie varie de 44,56 à 65,45 p. 100 pour les minerais bruts, tels qu'ils sortent de la mine. Elle est en moyenne de 60,34, soit 60 p. 100 en nombre ronds, et tous ces minerais sont d'excellente qualité. En France, d'après la notice minéralogique publiée en 1867 par le ministère des travaux publics sur les gîtes métallifères de la France dont les produits ont figuré à l'Exposition universelle, la teneur moyenne est de 40 p. 100 environ pour les minerais de fer triés et lavés. Les minerais bruts doivent subir un ou deux lavages qui les réduisent souvent à la moitié et même au tiers, soit du poids, soit du volume primitifs; ces minerais sont souvent sulfureux ou phosphoreux. On

voit donc combien les minerais de l'Algérie sont supérieurs, soit en richesse, soit en qualité, à ceux de France. Ces faits sont bien connus aujourd'hui des industriels français qui emploient soit les minerais oxydulés d'Aïn Mokhra (Mocta-el-Hadeid), soit les hydroxydes de Soumah. Ces derniers pourront dans un avenir peu éloigné trouver un nouveau débouché en Angleterre qui fournira en échange à Alger la houille et le coke qui lui manquent.

On sait que plusieurs mines de fer du département de la Manche exportent en Angleterre leurs produits qu'ils échangent contre de la houille. C'est un exemple qu'il sera bon d'imiter en Algérie.

Quant à la mine de fer d'Aïn Mokhra, c'est une immense carrière exploitée à ciel ouvert, et fournissant annuellement plus de 200.000 tonnes d'excellent minerai aux usines du continent. Autour d'elle sont disséminés d'autres gîtes de même nature, mais d'une importance moindre il est vrai. On peut affirmer dès aujourd'hui que le minerai de fer sera longtemps pour le port de Bone l'objet d'un commerce d'exportation des plus considérables, et qu'il sera pour Bone la source de grandes richesses. Mais en même temps, les usines à fer de la mère patrie, trouveront dans le minerai de Bone les moyens d'améliorer et d'augmenter leur fabrication annuelle et par suite de rivaliser avec les fers étrangers, notamment avec ceux de Suède qui sont fabriqués, comme on le sait, avec des minerais magnétiques comme ceux de Bone (*).

En résumé, les minerais de fer de l'Algérie paraissent destinés à combler un déficit réel dans la fabrication du fer et de l'acier du continent européen, et ils n'ont rien à redouter de la concurrence résultant de l'exportation des minerais de fer de l'île d'Elbe et de l'Espagne.

§ 3. — MINÉRAIS DE CUIVRE, PLOMB, ZINC, ARGENT.

Ces minerais sont souvent associés ensemble dans les mêmes gîtes; aussi doit-on les réunir dans une même description.

Nous signalerons les suivants :

(*) En outre, les minerais de Bone pourront, comme ceux de Soumah, être employés avec un grand avantage dans la fabrication de l'acier Bessemer, qui prend aujourd'hui un immense développement et qui exige, comme on le sait, des minerais d'une grande pureté.

1° Province d'Oran.

Minerai de plomb argentifère de Gar Rouban.

Mine concédée se trouvant sur la frontière du Maroc. Elle a produit en 1866 15.077 quintaux métriques de galène, dont la teneur moyenne est de 65 p. 100 en plomb, avec une richesse de 90 grammes d'argent par 100 kilogrammes de plomb.

Des ateliers de préparation mécanique y fonctionnent régulièrement; une fonderie dirigée depuis 1865 par une compagnie particulière, est dans d'assez bonnes conditions de travail et de production.

La population ouvrière de la mine et de la fonderie est de 275 personnes environ de tout sexe et de tout âge.

Minerai de plomb et de zinc des ouled Maziz.

Mine concédée se trouvant à 12 kilomètres O. de Lalla Maghrina (subdivision de Tlemcen). Elle a été l'objet de travaux de recherches assez importants qui ont été abandonnés en 1859, à la suite de l'invasion marocaine des Beni Senassen.

Le filon métallifère présente une suite de renflements et d'étranglements très-irréguliers. Le remplissage se compose de carbonate et de sulfate de chaux, associés à de la calamine et à de la galène.

Minerais de cuivre de Guessiba près d'Arzeu.

Gîte non concédé. Trace d'exploitation par les anciens, travaux repris en 1852 et abandonnés depuis. Un échantillon de carbonate de cuivre provenant des recherches contenait en cuivre métallique 33,29 p. 100.

Minerais de plomb, de cuivre et de fer de Tazout.

Gîtes non concédés. Ils sont situés à 7 kilomètres environ du village de Saint-Cloud.

Ils ont été l'objet d'anciens travaux qui ont été repris depuis l'occupation française. Les derniers travaux n'ont rien appris de bien positif sur l'allure des gîtes.

Minerais de plomb, cuivre et zinc de l'oued Habla.

Gîtes non concédés, situés dans la subdivision de Tlemcen, au confluent de l'oued Maklouf et de l'oued Habla.

Des travaux de recherches ont été entrepris sur les affleurements de deux filons principaux; l'un d'eux présente des veines de cuivre oxydulé et de cuivre carbonaté vert et bleu, courant dans une roche quartzeuse. L'autre est également quartzeux, mais la gangue contient des mouches de pyrite cuivreuse noyées dans de la blende et de la galène.

Les travaux de recherches ont été abandonnés avant d'avoir pu fournir des renseignements sur l'allure et la richesse des filons.

Minerais de cuivre et de plomb de Ben Amen.

Gîte non concédé, situé sur le prolongement des filons de l'oued Habla, dans la direction du S.-E. La galène et le cuivre s'y trouvent dans des conditions pareilles.

On ne connaît point l'importance de ce gîte, attendu qu'il n'a jamais été l'objet d'aucun travail d'exploration.

Minerais de cuivre et de plomb de Sidi Aramon.

Gîte non concédé, touchant comme le précédent à celui de l'oued Habla. Il comprend un filon contenant des indices de plomb et de cuivre. Aucun travail n'a été fait sur ce point, de sorte qu'il est impossible de fournir des indications positives relativement à la valeur du gîte.

Minerais de plomb argentifère, cuivre et manganèse de Tleta.

Gîtes non concédés, situés dans la tribu des Beni Senous, au confluent de la Tafna et de l'oued Klremis, cercle de Sebdu.

Ils ont été l'objet de travaux d'études assez incomplets, abandonnés avant d'avoir fourni des renseignements utiles.

Le minerai est généralement de la galène argentifère à très-petits grains, emprisonnée dans un filon à gangue barytique. Un autre filon donne en même temps du cuivre carbonaté vert et bleu et de la pyrite cuivreuse.

L'affleurement manganésifère se montre sur une trentaine de mètres de développement. La matière est généralement pure de gangue, mais mélangée d'une certaine proportion d'antimoine et de cobalt.

Minerais de galène et de calamine du Djerf-el-Hamar, à 10 kilomètres N.-O. de Lalla-Maghrina.

Gîte non concédé. Il a été l'objet d'anciens travaux exécutés par les Arabes au moyen du feu. Une vieille galerie suivait un filon d'un mètre d'épaisseur, rempli principalement de fer carbonaté et de baryte sulfatée, avec des veines de galène et de calamine.

La galène est pauvre en argent; la calamine a donné 44 p. 100 de zinc métallique, ce qui est fort riche.

Minerais de cuivre de Sidna Loucha, à 5 kilomètres E.-N.-E. de Djemma Gazaouat.

Il a été l'objet de quelques travaux peu développés, tant de la part des anciens que de nos jours.

Minerais de fer et de cuivre du Djebel Touillah et de Mzaita, sur le bord de la mer, à 14 kilomètres N.-O. du village de Lourmel.

Gîtes non concédés.

On y a constaté la présence de silicate de fer donnant en fer métallique 57,50 p. 100, de fer oxydulé magnétique et de fer oligiste, de cuivre carbonaté et de cuivre pyriteux d'une teneur en cuivre variant de 15 à 51 p. 100, de nickel, d'étain et de cobalt.

Les travaux d'exploration entrepris, il y a quelques années, n'ont pas été poursuivis avec assez de persévérance, et les données obtenues sont insuffisantes pour démontrer la valeur des gîtes.

2° Province d'Alger.

Minerais de cuivre, de fer et de plomb de l'oued Allelah.

Mine concédée.

Les travaux d'exploitation ont été suspendus le 8 août 1858, par suite du manque de ressources de la compagnie concessionnaire. Ils portaient principalement sur le gîte de cuivre pyriteux de l'oued Boukhandack qui a été exploité sur une hauteur de 108 mètres. Aujourd'hui les travaux sont inondés, et il serait nécessaire d'ouvrir de nouveaux puits, pour exploiter au-dessous des anciens travaux. On a exploité dans le filon une zone riche qui s'élargit en profondeur. De nouveaux travaux de recherches pourraient amener la découverte d'autres zones d'enrichissement; car on peut juger, d'après l'inspection des travaux souterrains, qu'aucune recherche n'a été faite dans cette voie.

Si de nouvelles recherches étaient couronnées de succès, si l'on reprenait l'exploitation en profondeur de la zone d'enrichissement déjà connue, si de plus, on apportait dans l'organisation industrielle de cette affaire l'ordre, l'économie et l'intelligence nécessaires, tant au point de vue de l'exploitation proprement dite que de la préparation mécanique des minerais, le succès pourrait couronner cette nouvelle tentative.

Le minerai de cuivre pyriteux de l'oued Boukhandack n'est malheureusement pas très-argentifère. Il contient 0^{»,605} d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre. Aussi ne doit-on compter que sur la valeur du cuivre retiré de la mine.

Les produits de l'oued Allelah ont été vendus pour la plupart aux usines de Swansea en Angleterre.

Outre le filon principal de cuivre pyriteux de l'oued Boukhandack, la concession contient plusieurs autres groupes de filons fournissant soit du cuivre pyriteux, soit du cuivre gris, et qui ont été l'objet de travaux peu développés. Le groupe le plus important parmi ces derniers est celui du camp des Gorges, sur la route carrossable de Ténès à Orléansville, qui peut devenir l'objet d'un centre spécial d'exploitation, à cause de la richesse des affleurements connus jusqu'à ce jour. Le filon de cuivre gris de l'oued Bou Chitann renferme 7^{»,30} d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre, ce qui est une richesse très-notable. Le minerai de plomb n'est qu'un accident fort rare dans les gîtes de l'oued Allelah. Quant au minerai de fer, il ne se présente pas en masses homogènes assez considérables pour donner lieu à une exploitation régulière.

Minerais de cuivre, fer et plomb de l'oued Taffilès.

Mine concédée; elle s'étend à l'est de Ténès et à proximité de la mer sur une superficie de 1.249 hectares. Aucun travail n'y a été fait depuis 1849, date du décret de concession.

Les travaux d'exploration exécutés sur les filons cuprifères sont fort peu étendus et ne permettent pas de se prononcer d'une manière définitive sur la richesse et les allures en profondeur de ces gîtes.

Le minerai est formé de cuivre pyriteux renfermant 0^{»,175} d'argent pour 1.000 kilogrammes de cuivre. Cette teneur en argent est trop faible pour qu'on en tienne compte dans la valeur du minerai.

On n'a signalé jusqu'à ce jour aucun gîte réel de minerai de plomb dans l'étendue de la concession de l'oued Taffilès.

Les filons de minerai de fer ont une épaisseur très-faible et variable de 0^m,10 à 0^m,50; ils ne peuvent être exploités que par des travaux souterrains fort coûteux.

Minerais de cuivre et de plomb du cap Ténès.

Mine concédée, située au nord de la précédente. Elle s'étend au N.-E. de Ténès, le long de la mer, sur une superficie de 1.159 hectares. Aucun travail n'a été fait depuis le 14 mai 1849, date du décret de concession.

Le filon le plus remarquable se trouve sur l'oued Taffilès. Il se compose de carbonate de fer hydroxydé contenant des veines et des nodules de cuivre pyriteux qui atteignent 0^m,18 d'épaisseur. Les travaux ont été arrêtés faute de moyens d'épuisement. En raison de l'importance du gîte, il y aurait lieu de reprendre les travaux avec des moyens plus énergiques que par le passé.

Le minerai de plomb ne s'est présenté qu'accidentellement au milieu des remblais d'une exploitation ancienne.

Quant aux gîtes de minerais de fer, ils sont sans importance.

Minerais de cuivre et de plomb de l'oued bou Halou, près de Ténès.

Gîtes non concédés; il y a plusieurs groupes de filons fournissant du cuivre gris et du cuivre pyriteux.

Le cuivre gris renferme 51^{»,76} d'argent par tonne de cuivre. Cette grande teneur en argent suffit pour motiver la reprise des travaux qui n'ont reçu que fort peu de développement.

Minerais de cuivre pyriteux et de fer du Djebel Haddid, près Ténès.

Gîtes non concédés, ceux de minerai de fer sont à proximité de la mer et ont été exploités avant l'occupation française. Parmi les filons de cuivre pyriteux, le plus remarquable est celui de l'oued Betiour qui présente une veine de pyrite massive de 0^m,15 d'épaisseur. Il est regrettable que le découragement et le défaut de ressources aient empêché l'explorateur de donner à ses recherches le développement nécessaire pour permettre de juger les allures de ce filon.

Minerais de cuivre argentifère de Sidi bou Aïssi, près Ténès.

Gîtes non concédés; on y remarque un filon de cuivre pyriteux et deux filons de cuivre gris; tous ces filons, qui sont réguliers, ont été à peine explorés.

Le cuivre gris renferme en moyenne 8 kilogrammes d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre.

L'heureuse disposition des filons et leur grande richesse en argent sont de nature à encourager la reprise des travaux de recherches.

On voit par ce qui précède que les environs de Ténès sont riches en gisements de cuivre argentifère, qui méritent d'être l'objet de sérieux travaux de recherches ou d'exploitation plus suivis que ceux dont ils ont été l'objet jusqu'à ce jour.

Minerais de cuivre gris argentifère des Beni Aquil.

Mine concédée, située près du rivage de la mer entre Ténès et Cherchell.

Les travaux sont abandonnés depuis le 11 mai 1861, date du décret de concession. Cependant des recherches très-étendues et qui ont absorbé environ 500.000 francs, ont démontré l'existence de plusieurs gîtes importants de cuivre gris argentifère; mais les pertes considérables, faites par le concessionnaire et ses associés dans l'exploitation d'autres mines, ont empêché jusqu'à ce jour de réunir les capitaux nécessaires pour l'exploitation des Beni Aquil. Celle-ci est susceptible de prendre un grand développement, à cause de la puissance et de la multiplicité de ses filons cuprifères et de leur richesse en argent.

L'épaisseur des filons s'élève parfois à 5 mètres; elle est d'un mètre environ pour le filon principal de Tabridia. Le minerai qui domine est le cuivre gris; il est associé à de la pyrite de cuivre et de la pyrite de fer, dans l'un des filons de l'oued el Hassein. La gangue principale est du carbonate de fer plus ou moins décomposé. Le sulfate de baryte l'accompagne d'ordinaire, et parfois on y trouve du quartz cristallisé.

La teneur moyenne en argent des cuivres gris riches en cuivre et contenant 20 à 35 p. 100 de cuivre métallique, est de 6^e,44 d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre.

La teneur moyenne en argent des cuivres gris, pauvres en cuivre et contenant 2 à 3 p. 100 de cuivre métallique est de 8^e,10 d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre. Elle est supérieure à celle des minerais riches, ce qui permet de supposer que les gangues elles-mêmes sont très-argentifères.

Le rapport moyen de la valeur de l'argent à celle du cuivre contenu dans les minerais riches en cuivre est :: 1 : 4,85, c'est-à-dire un cinquième environ pour les minerais rendus à Swansea, en

Angleterre. Ainsi l'argent ajoute une valeur marchande très-notable à celle des minerais de cuivre des Beni Aquil. Les ressources forestières des Beni Aquil sont nombreuses, le voisinage de la mine est couvert de chênes qui fournissent les bois de soutienement. La forêt des Tachetas, située à peu de distance dans le cercle de Cherchell, et dont la contenance est de 1.100 hectares, fournira du charbon pour l'usine à mattes; si l'approvisionnement devenait insuffisant, on pourrait y suppléer par l'emploi du coke. La baie des Beni Haoua est suffisamment abritée pour les bateaux d'un faible tonnage et permet d'apporter par mer à la mine les approvisionnements nécessaires, et d'en exporter les minerais. Il serait, du reste, facile d'en faire un abri plus commode et plus sûr.

Il y a dans l'étendue de la concession des Beni Aquil des gîtes de peroxyde de fer anhydre (hématite rouge), qui ont été autrefois l'objet d'une exploitation considérable et qui présentent encore des ressources importantes.

Minerais de cuivre gris argentifère des Gourayas.

Il y a dans le périmètre de la concession de la mine de fer des Gourayas, un filon de cuivre gris argentifère, qui a été l'objet de quelques travaux d'exploitation peu développés. Le minerai renferme en moyenne 10 à 12 p. 100 de cuivre métallique et 8 à 9 kilogrammes d'argent pour 1.000 kilogrammes de cuivre.

Minerais de cuivre et de plomb de l'oued Rehan et d'Aïn Kerma, près Milianah.

Gîtes non concédés. Le filon de cuivre pyriteux de l'oued Rehan présente des allures régulières qui motivent des recherches plus suivies que par le passé,

Les gîtes de galène de l'oued Rehan ont au contraire une grande irrégularité, et c'est ce qui a découragé les premiers explorateurs.

Minerais de cuivre et de plomb de l'oued Adelia et d'Aïn Soltan, près de Milianah.

Gîtes non concédés; les quelques travaux exécutés sur le filon de cuivre pyriteux de l'oued Adelia, prouvent que celui-ci a de la régularité et de la continuité en profondeur. Il ne présente pas une grande richesse en minerai de cuivre, cependant quelques-uns des points traversés par la galerie d'allongement renferment des zones minéralisées qui paraissent susceptibles d'être exploitées. Aussi conviendrait-il de poursuivre l'exploration en profondeur du filon de l'oued Adelia.

Minerais de cuivre de Hammam-Rhira.

Gîte non concédé. De tous les filons cuprifères du district de Milianah, le filon de cuivre pyriteux de Hammam-Rhira est sans contredit celui qui a présenté la plus grande richesse. L'épaisseur de la veine minérale massive y atteint 0^m,15. Cette circonstance, jointe au voisinage du chemin de fer de Milianah à Alger, milite en faveur de la reprise des travaux de recherches qui n'ont fait qu'effleurer le gîte.

Un échantillon de cuivre pyriteux de Hammam-Rhira a donné à l'analyse,

Cuivre métallique 28,74 p. 100.

Argent 0^g,407 par 1.000 kilogrammes de cuivre. Cette teneur en argent est trop faible pour qu'il en soit tenu compte dans la valeur marchande du minerai de cuivre.

Milianah pourrait devenir un centre de travaux de recherches de minerais de cuivre et de plomb. On a vu que le minerai de fer y est aussi très-abondant.

Minerais de zinc et de plomb de l'Ouarencenis.

Gites non concédés ; le minerai de zinc se compose de calamine et renferme 25 p. 100 de zinc métallique à l'affleurement. Il paraît assez abondant; on trouve à proximité du gîte de zinc de la galène contenant 190^g,49 d'argent par 100 kilogrammes de plomb d'œuvre. Cette teneur en argent pourrait encourager à faire des recherches dans l'Ouarencenis.

Minerais de cuivre argentifère et de fer des Mouzaïas.

La concession de la mine de cuivre des Mouzaïas a été accordée par arrêté ministériel du 22 septembre 1844, et maintenue par ordonnance royale du 5 novembre 1846. Son exploitation remonte dès lors à une époque assez reculée. Elle a été soumise à bien des vicissitudes et a donné lieu à beaucoup de mécomptes. Dès l'origine on avait supposé que la mine de Mouzaïa renfermait des richesses minérales fabuleuses ; aussi l'affaire a été montée immédiatement sur un très-grand pied. On a fait des dépenses très-considérables pour construire de vastes logements destinés aux ouvriers et à la direction des mines, et pour avoir des routes dans un pays fort accidenté, et qui en était complètement dépourvu. On a construit à grands frais à Caronte auprès de Marseille, sur le

littoral de la Méditerranée, une vaste usine où l'on se proposait de traiter les minerais de Mouzaïa. Le cahier des charges de la concession imposait du reste aux exploitants l'obligation de traiter les minerais de Mouzaïa soit en Algérie, soit en France. Malheureusement ces minerais se composant presque exclusivement de cuivre gris, on a été arrêté immédiatement par les difficultés du traitement métallurgique de cette espèce minérale. Les exploitants ont fait alors appel aux inventeurs, et ont consacré des sommes considérables à payer des brevets pour des méthodes nouvelles de traitement, que la pratique a bientôt démontré être inapplicables sur une grande échelle. Non-seulement des sommes importantes ont été perdues dans ces tentatives de traitement direct, mais de plus on n'a su tirer aucun parti des grands approvisionnements de minerais faits à Caronte. Divers arrêtés présidentiels dont le premier remonte au 29 juin 1849, ont permis alors d'exporter directement de l'Algérie à l'étranger le minerai de Mouzaïa, et d'après la loi du 16 mai 1866, cette exportation est devenue un droit pour les exploitants. Aussi l'usine de Swansea en Angleterre est devenue le débouché à peu près unique des produits de Mouzaïa ; et c'est ce qui a permis de tirer un parti utile des minerais de cette provenance ; mais les dépenses de premier établissement, qui se sont élevées à plusieurs millions, ont constamment pesé d'un poids énorme sur l'exploitation. Il eût toujours fallu, pour la gestion de cette affaire, une administration économe et intelligente qui malheureusement a parfois fait défaut.

Telles sont les causes du discrédit dans lequel est tombée la mine de Mouzaïa, dont l'exploitation, entreprise successivement par plusieurs compagnies, a été suspendue à plusieurs reprises, et l'est encore aujourd'hui depuis le mois de septembre 1865, par suite de la ruine des premiers concessionnaires.

L'étude des nombreux filons cuprifères de Mouzaïa prouve qu'il reste encore des richesses métallifères que n'ont pu enlever les premiers exploitants. Mais ces richesses ne sont pas de nature à produire l'engouement dont la mine de Mouzaïa a été l'objet pendant plusieurs années. Ce n'est que par une exploitation sagement dirigée et une stricte économie dans toutes les parties du service qu'on pourra redonner à cette affaire une nouvelle vitalité ; mais en présence des pertes énormes subies par les premiers exploitants, et en raison de l'état d'épuisement des nombreux gites reconnus jusqu'à ce jour, on comprend que la mine de Mouzaïa ne peut donner lieu à de nouvelles transactions bien avantageuses pour ses exploitants. C'est une mine à refaire d'une manière com-

plète; il faut des travaux de reconnaissance très-développés et qui seront plus coûteux que ceux exécutés jusqu'à ce jour, parce qu'il faut explorer les filons à des profondeurs plus considérables que par le passé. Malheureusement les premiers travaux ont montré que la richesse de tous les filons de Mouzaïa diminue en général avec la profondeur. Aussi toutes ces circonstances ne sont pas de nature à encourager à consacrer à la mine de Mouzaïa des capitaux très-importants.

Le cuivre gris de Mouzaïa renferme en moyenne de 2 à 3 kilogrammes d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre, et l'on en a tenu toujours compte dans la vente de ces minerais à Swansea.

Minerais de cuivre pyriteux de l'oued Merdja.

La mine de l'oued Merdja a été concédée par décret impérial du 17 mars 1852. Elle comprend une étendue superficielle de 11^k,60. Elle est située sur la rive droite de l'oued Merdja près de son confluent avec l'oued Chiffa, à 11 kilomètres S.-E. de Blidah. Elle est reliée à cette ville par la route carrossable de Blidah à Médéah. Son périmètre renferme plusieurs filons de cuivre pyriteux à peu près parallèles. Le filon le plus rapproché du confluent de l'oued Merdja et de la Chiffa est le seul qui ait été exploité jusqu'à ce jour, parce qu'il paraissait plus régulier et plus riche que les autres. Son exploitation est du reste très-peu développée encore; elle a été suspendue depuis le deuxième trimestre de 1854 jusqu'au 6 septembre 1863. Depuis lors, elle a fait très-peu de progrès, parce que les concessionnaires n'y ont consacré que des ressources assez limitées, et qu'ils ont été gênés constamment par les eaux d'infiltration, contre lesquelles ils ont lutté d'abord avec une machine d'épuisement tout à fait insuffisante.

On a installé, en 1866, une bonne machine d'épuisement qui pourra permettre de pousser les travaux avec plus d'activité, si les ressources pécuniaires ne font pas défaut à la compagnie concessionnaire.

La gangue du cuivre pyriteux est un carbonate triple de chaux, de magnésie et de fer qu'on désigne sous le nom d'ankérite. On a construit sur place un atelier de préparation mécanique et une usine qui transforme les minerais pauvres en mattes tenant de 20 à 25 p. 100 de cuivre métallique. Cette matte renferme 0^k,279 d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre. Cette quantité d'argent est trop faible pour être extraite avec économie, l'oued Merdja fournit la force motrice nécessaire pour les machines d'extraction et

d'épuisement, pour l'atelier de préparation mécanique et pour la soufflerie de l'usine à mattes.

Minerais de cuivre pyriteux de l'oued Kébir.

La mine de l'oued Kébir, qui a été concédée par décret impérial du 27 novembre 1864, et occupe une superficie de 17^k,71, se trouve aux environs de Blidah dans la vallée de l'oued Kébir. L'exploitation n'a pas été reprise d'une manière sérieuse, parce que les concessionnaires n'y ont pas consacré des ressources pécuniaires suffisantes; elle a été abandonnée presque dès le début. De grands travaux de reconnaissance doivent être exécutés sur les filons cuprifères de l'oued Kébir, avant qu'on puisse se prononcer d'une manière positive sur les ressources métallifères contenues dans le périmètre de cette concession. Ce périmètre est limitrophe au sud de celui de l'oued Merdja, et peut être considéré comme une extension de la concession de l'Oued-Merdja. Il fournit du minerai de même nature; un échantillon de cuivre pyriteux de l'oued Kébir a donné à l'essai 19^k,96 de cuivre métallique pour 100 kilogrammes de minerai, et 0^k,100 d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre métallique. Cette teneur en argent est trop faible pour qu'on en tienne compte dans la valeur du minerai.

Minerais de cuivre de Soumah.

C'est un mélange de cuivre pyriteux et de cuivre gris; ce dernier renferme 2^k,50 d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre comme le minerai de Mouzaïa. L'un des filons est compris dans le périmètre de la mine de fer de Soumah; un autre filon est en dehors de ce périmètre. Les gîtes ont été l'objet de travaux sans importance.

Minerais de cuivre gris, de cuivre pyriteux, de galène et de blende des environs de Dalmatie près Blidah.

Gîtes non concédés; les travaux de recherches ont été mal dirigés et abandonnés à la suite de la mort de l'explorateur. De nouvelles recherches bien coordonnées pourraient être couronnées de succès, car indépendamment du filon principal sur lequel ont porté les recherches, il y a dans le voisinage, sur les bords de l'oued Beni Aza, des gîtes de galène qui ont été aussi l'objet de quelques travaux sans suite.

Minérai de cuivre pyriteux du marabout de Sidi Ahmed, auprès de Blidah.

Gîte non concédé, n'ayant jamais été exploré; en raison de la valeur marchande des minerais de cuivre et de la proximité de Blidah et du chemin de fer, il serait utile d'entreprendre des recherches sur ce gîte qui se compose d'un filon régulier de cuivre pyriteux. Un échantillon de minérai a donné à l'analyse,

Cuivre métallique 31,94 p. 100.

Argent 0^h,303 par 1.000 kilogrammes de cuivre.

La région comprise entre Soumah et Médéah est très-riche en filons de cuivre pyriteux et de cuivre gris argentifère. Elle mérite à ce titre de fixer l'attention des industriels.

Minerais de fer avec cuivre gris argentifère et cuivre pyriteux de l'oued Bouman, à 12 kilomètres S.-S.-O. de Rovigo.

Gîte non concédé et non exploré; on y trouve des renflements de cuivre gris de 0^m,40 de diamètre. Ce minérai renfermant 9^h,34 d'argent par 1.000 kilogrammes de cuivre, a une très-grande valeur commerciale, ce qui milite en faveur de l'exploration du gîte.

Minerais de fer avec indices de cuivre gris, de cuivre pyriteux et de galène de l'oued Oeradzgea, à 10 kilomètres S. de Rovigo.

Gîtes non concédés; on trouve sur la rive gauche de l'oued Ouiradzgea, plusieurs filons de minerais de fer empâtant des nodules de cuivre pyriteux, de cuivre gris et de galène. Les affleurements sont pauvres en cuivre et en plomb, mais les teneurs en argent sont élevées; un échantillon contenant cuivre 38,72 p. 100, a donné 7^h,49 d'argent pour 1.000 kilogrammes de cuivre.

Un deuxième échantillon a donné :

Cuivre métallique 15,60 p. 100.

Argent 18^h,80 pour 1.000 kilogrammes de cuivre. Cette grande teneur en argent peut faire supposer que les gangues de ces minerais sont argentifères et milite en faveur de l'exploration du gîte.

Minerais de plomb de la Pointe-Pescade, auprès d'Alger.

Gîte non concédé; il n'offre pas une grande régularité d'allures. Il se compose en général de veinules de quartz blanc servant de gangue à de la galène argentifère et se ramifiant au milieu de la dolomie cristalline, gris-bleuâtre de la Bouzareah, aux environs

d'Alger. Une exploitation assez étendue avait été faite sur ce point avant l'occupation française. Les nouveaux travaux entrepris récemment ont été peu développés et ont été suspendus trop tôt.

Le minérai renferme 100 grammes d'argent par 100 kilogrammes de plomb d'œuvre, ce qui permet d'extraire l'argent avec avantage.

Les gîtes de cuivre gris de la province d'Alger sont nombreux et remarquables par leur grande teneur en argent qui varie de 2^h,50 à 18^h,80 par tonne de cuivre.

Les premiers explorateurs ne faisaient aucune attention à cette richesse en argent qui augmente très-notablement la valeur des minerais. Ils se sont découragés trop tôt, et l'abandon de leurs travaux a jeté malheureusement un grand discrédit sur la valeur des gîtes cuprifères de l'Algérie. Ce discrédit est loin d'être mérité; les gîtes de cuivre pyriteux se sont montrés jusqu'à ce jour trop peu argentifères pour qu'on puisse tenir compte de la valeur de l'argent qu'ils renferment; c'est par là principalement qu'ils diffèrent des gîtes de cuivre gris.

3^e Province de Constantine.

Minerais de plomb argentifère du Kef Oum Theboul, près de Lacalle.

L'étendue de la concession est de 1.050 hectares.

Le nombre des ouvriers employés est de 255 dont 170 Arabes.

Le gisement se compose d'un filon régulier de galène argentifère et d'un filon subordonné de pyrite de cuivre.

Le minérai principal consiste en galène mélangée de blende, de pyrites de cuivre et de fer, et d'oxydes de plomb dits terres oxydées qui viennent de la décomposition de la galène. Il y a aussi de la pyrite de fer aurifère.

L'exploitation est bien conduite. Le filon a été attaqué par sept galeries principales. La dernière, prise au niveau le plus bas de la montagne d'Oum Theboul, et qui aura 1.250 mètres de long, doit préparer un champ d'exploitation de 80 mètres de hauteur dans le filon.

La mine possède un bel atelier de préparation mécanique estimé à plus de 250.000 francs, et disposant de 42 chevaux de force mécanique; des chemins de fer le relient avec les galeries d'exploitation.

En 1865, la production a été de 11.980 quintaux métriques de terres oxydées et de 157.109 quintaux métriques de galène, à

une richesse moyenne de 58 p. 100 de plomb, 147 grammes d'argent et 6^{déc.} 8 d'or par quintal de minerai.

Le produit net de la vente de ces minerais a été de 167.678 fr.

L'exploitation du Kef Oum Theboul est une des premières et des plus prospères de l'Algérie. Les seules conditions défavorables sont : un climat généralement malsain, mais que des travaux récents de dessèchement contribueront sans doute à assainir, un port d'embarquement, celui de Lacalle, défectueux principalement en hiver, enfin l'absence d'une route carrossable de la mine à la mer, où sur 12 kilomètres les transports s'effectuent encore à dos de chameaux. Du reste, l'administration se préoccupe de faire disparaître ces derniers inconvénients.

Minerais de cuivre d'Aïn Barbar.

Gîte concédé.

L'étendue de la concession est de 1.317 hectares.

Le nombre des ouvriers employés à la fin de 1866 était de 61, dont 15 Arabes.

Le gisement comprend plusieurs filons métallifères donnant des oxydes et des oxysulfures noirs de cuivre dits terres noires, dont la teneur en cuivre varie de 8 à 15 p. 100, et des pyrites de cuivre avec mélange de blende noire, de pyrite de fer et quartz dont la teneur, après un triage à la main, est de 8 à 9 p. 100 de cuivre, enfin comme produit accessoire, du cuivre de cémentation extrait des tas de déblais pyriteux en décomposition.

L'exploitation est bien dirigée. La production de 1865 a été de 10.249 quintaux métriques de minerais de cuivre d'une teneur de 8 à 9 p. 100, valant 90.704^{f.}80 sur le lieu de production. Cette somme n'a pas couvert complètement les frais d'exploitation, qui se sont élevés à 100.000 francs environ.

Les minerais sont vendus généralement à Marseille pour être réexpédiés en Angleterre, aux prix de 1^{f.}50 à 1^{f.}45 le kilogramme de cuivre contenu.

Les minerais d'Aïn-Barbar ayant à supporter un transport sur essieux de 12 kilomètres de la mine à la mer, par une route de montagnes à fortes pentes, un embarquement sur un point peu abrité du littoral et un entrepôt entre le carreau de la mine et le port de Bone, se trouvent grevés de frais considérables. On comprend dès lors qu'une amélioration des voies de transport et des moyens d'embarquement puisse réduire les frais supportés aujourd'hui par la mine d'Aïn-Barbar, et par suite placer cette mine dans une situation plus prospère.

Minerais de cuivre de Tadergout.

Gîte non concédé, situé dans le cercle de Takitount en Kabylie ; il comprend trois petits filons de cuivre gris avec gangue de calcaire, de quartz et de sulfate de baryte. Les travaux exécutés jusqu'à ce jour n'ont pas encore permis d'apprécier la richesse du gisement.

Minerais de plomb argentifère de Taguermount, dans le Bou Thaleb.

Gîtes non concédés. Situés à 40 kilomètres de Sétif, ils étaient anciennement exploités sur une grande échelle par les indigènes qui traitaient le minerai d'une manière toute primitive. Ce dernier consiste en un mélange de plomb sulfaté ordinairement en masses terreuses, d'une couleur ocreuse, de plomb carbonaté, cristallisé, à l'état adamantin et de plomb sulfuré (galène), à petits grains couleur d'acier. Les gangues sont l'argile et la baryte sulfatée.

Ce minerai contient en moyenne 38 p. 100 de plomb métallique et 112 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de plomb d'œuvre.

Les gîtes du Bou Thaleb sont irrégulièrement disséminés dans les calcaires et paraissent constituer un faisceau de veines. Ils ont une grande importance industrielle et sont en ce moment l'objet de travaux sérieux de la part d'un explorateur européen. Ils sont au milieu d'une contrée riche en eau et couverte de belles forêts, de sorte qu'il sera facile de construire sur place l'usine de fusion. Les transports jusqu'au littoral sont estimés aujourd'hui de 120 à 130 francs la tonne.

Minerais de cuivre et de plomb argentifère de Ghit oum Djin, dans les montagnes de l'Aurès, subdivision de Batna.

Gîte non concédé, connu depuis longtemps par les indigènes. Il est en ce moment l'objet d'une sérieuse exploration européenne ; il appartient à un immense filon métallifère dont on a pu suivre les traces sur plus de 25 kilomètres de longueur, et qui fournit du cuivre gris plus ou moins argentifère et de la galène, avec une gangue de calcaire spathique et de baryte sulfatée.

Il se trouve au milieu d'un pays dont le climat est sain et tempéré, où abondent les eaux vives et les essences forestières. Malheureusement il est éloigné de la mer, et l'on ne peut estimer à moins de 150 francs le prix de transport de la tonne jusqu'au littoral ; on devra dès lors construire sur place les usines pour le

traitement des minerais. De grands capitaux mis en œuvre par des compagnies puissantes sont nécessaires pour tirer parti des gîtes minéraux et des forêts qui se trouvent dans le massif de l'Aurès.

Minerais de cuivre de Bled el Hamman.

Gîte non concédé. Pendant quelque temps il a attiré l'attention des industriels; il est aujourd'hui délaissé, à la suite de quelques travaux sans grande valeur, pour le gîte de Ghit oum Djin, qui semble se montrer plus important et plus riche.

C'est un gîte stratifié fournissant du cuivre gris argentifère disséminé en veines irrégulières dans une gangue de baryte sulfatée et de quartz cristallisé et jaspoïde. Quelques essais ont donné 7 p. 100 de cuivre et 6^k,17 d'argent par tonne de cuivre; cette teneur en argent est comparable à celle du cuivre gris de la mine des Beni Aquil dans la province d'Alger.

Minerais de plomb du Djebel Greyer près Jemmapes.

Gîte non concédé, sur lequel il n'a jamais été fait aucun travail de quelque importance.

Calamine du Nador, cercle de Guelma.

Gîte non concédé, non exploré, très-considérable, exploitable à ciel ouvert, situé à quelques centaines de mètres de la source thermo-minérale connue sous le nom de Hammam des Nbaïls.

La province de Constantine ne le cède en rien aux deux autres pour la production des minerais de cuivre et de plomb argentifère. Les produits des mines de plomb et de cuivre de l'Algérie qui ne seront pas élaborés sur place, trouveront toujours un débouché certain dans les usines du continent ou de l'Angleterre, qui traitent aujourd'hui des minerais venant de toutes les parties du globe; car les minerais similaires de la France, de l'Espagne et de l'Italie sont loin de suffire à la consommation du cuivre et du plomb qui se fait en Europe.

§ 4. — MINÉRAIS D'ANTIMOINE ET DE MERCURE.

Les minerais d'antimoine et de mercure paraissent ne constituer dans les provinces d'Oran et d'Alger que des gîtes de peu de valeur; la province de Constantine en renferme des gîtes assez importants; nous signalerons les minerais suivants :

Province de Constantine.

Minerais d'antimoine d'El Hamimat.

Mine concédée, inexploitée.

Le gisement se compose d'une veine d'antimoine oxydé de 0^m,25 à 0^m,40 de puissance à Sensa, d'un gîte en amas d'une puissance maximum de 10 mètres d'oxyde d'antimoine cristallisé au Djebel Hamimat, à 5.700 mètres du précédent, enfin d'une veine de cinabre près de l'oued bou Halessa.

Cette mine a eu de 1850 à 1852 une phase d'exploitation active durant laquelle on a extrait 8.625 quintaux métriques de minerai radié de Sensa d'une richesse de 60 à 65 p. 100 d'antimoine;

7.500 quintaux métriques de minerais compactes et cristallisés d'Hamimat contenant 50 à 55 p. 100 d'antimoine;

25 quintaux métriques de cinabre contenant 8,8 p. 100 de mercure.

Ces minerais, vendus à Marseille au taux de 25 à 55 francs le quintal de minerai d'antimoine, et de 61,60 celui de mercure, ont produit une somme totale de 259.540 francs.

Les travaux arrêtés par suite d'une insurrection indigène n'ont été que faiblement repris depuis lors; la mine est située à 70 kilomètres de Constantine, sans route carrossable de communication, et dans un pays complètement dépourvu de bois d'œuvre.

En améliorant la viabilité de cette région, on pourrait dès lors faire renaître l'exploitation d'El Hamimat.

Minerais de mercure de Ras el Ma.

Mine concédée.

L'étendue de la concession est de 1.356 hectares.

Le nombre des ouvriers employés est de 18, dont 12 indigènes.

Les premiers travaux ont porté sur une veine irrégulière de cinabre (sulfure de mercure), de 0^m,50 à 0^m,80 de puissance présentant des alternatives d'étranglements, de renflements et de rejets.

Le minerai était associé à une gangue calcaire siliceuse ou argilo-calcaire. Sa teneur en mercure a varié de 1 1/2 à 27 p. 100.

Jusqu'à ce jour, la mine n'a pas donné de bénéfices. On fait en ce moment des travaux de recherches sur des affleurements qui ont été mis à nu à la suite des incendies qui ont dévasté les forêts des environs de Jemmapes en 1865.

L'usine où l'on a essayé pendant six ans et à grand frais d'extraire le mercure contenu dans le minerai a été entièrement démolie; on vient de construire un four à réverbère entièrement semblable à ceux de l'usine d'Idria en Carinthie, et on l'a mis récemment en activité.

Minerais d'antimoine sulfuré de l'Edough, près de Bnoe.

Gîte non concédé.

Les Arabes en ont extrait à plusieurs reprises de petites quantités d'antimoine qu'ils utilisent dans la fabrication de la poterie; mais on n'y a jamais fait aucun travail de quelque importance.

Minerais d'antimoine et de mercure du Taya.

Gîtes non concédés; ils ont été l'objet de travaux qui n'ont pas abouti.

Nomenclature des minières et concessions de mines existant en Algérie.—En résumé, les gîtes métallifères sont nombreux en Algérie; ils ont donné lieu aux 21 titres d'exploitation ou de concession qui suivent:

PROVINCE D'ORAN.

Minière de fer de Sidi el Safi.

Concession de la mine de plomb argentifère de Gar Rouban.

Concession de la mine de plomb et de zinc des ouled Maziz.

PROVINCE D'ALGER.

Concession de la mine de fer des Gourayas.

Concession de la mine de fer de Soumah.

Concession de la mine de cuivre, de fer et de plomb de l'oued Allelah.

Concession de la mine de cuivre, de fer et de plomb de l'oued Taffilès.

Concession de la mine de cuivre, de fer et de plomb du cap Ténès.

Concession de la mine de cuivre des Béni Aquil.

Concession de la mine de cuivre et de fer des Gourayas.

Concession de la mine de cuivre de l'oued Merdja.

Concession de la mine de cuivre de l'oued Kébir.

PROVINCE DE CONSTANTINE.

Concession de la mine de fer d'Aïn Mokhra (mine de Mokta el Haddid).

Concession de la mine de fer des Kharezas.

Concession de la mine de fer de la Méboudja.

Concession de la mine de fer du Bou Hamra.

Concession de la mine de fer du Felfelah.

Concession de la mine de plomb argentifère du Kel oum Théboul.

Concession de la mine de cuivre d'Aïn Barbar.

Concession de la mine d'antimoine d'El Haminat.

Concession de la mine de mercure de Ras el Ma.

La législation des mines de l'Algérie est aujourd'hui la même qu'en France. Pendant plusieurs années, il y a eu une exception en ce qui concernait les gîtes de fer exploitables à ciel ouvert. Ces gîtes ne pouvaient être exploités qu'en vertu d'un titre de concession; c'est à cause de cela que le magnifique gîte d'Aïn Mokhra, qui s'exploite à ciel ouvert, a donné lieu à une concession tandis que le gîte de Sidi el Safi qui se trouve dans les mêmes conditions, constitue une minière et s'exploite en vertu d'une simple déclaration du propriétaire de la surface. Sur les vingt et une mines concédées ou minières de l'Algérie,

Neuf seulement sont exploitées,

Douze ne le sont pas.

Les mines de fer de la Méboudja et du bou Hamra sont épuisées; les gîtes des autres mines sont loin d'être épuisés et pourraient devenir de nouveau l'objet de travaux d'exploitation. Nous avons fait connaître pour ces mines les causes de leur abandon momentané et les chances de succès qu'une exploitation nouvelle présenterait encore. Nous ne reviendrons pas ici sur les causes d'abandon spéciales à chaque mine; qu'il nous suffise de dire qu'elles sont dues le plus souvent au manque de capitaux et à un découragement irréflecti.

Les mêmes causes ont également influé sur l'état d'abandon dans lequel on a laissé un grand nombre de gîtes métallifères importants non concédés.

Les difficultés des communications ont contribué beaucoup, de leur côté, à cet état de choses; aussi doit-on espérer que les grands travaux projetés par l'État pour l'amélioration des routes et des ports déjà existants, et pour la création d'autres routes et de ports nouveaux, et que l'exécution du réseau des chemins de fer algériens donneront une vive impulsion à l'exploitation et à l'exploration des mines de l'Algérie.

§ 5. — USINES MÉTALLURGIQUES.

Les usines métallurgiques sont encore peu nombreuses en Algérie. Nous signalerons :

Dans la province d'Oran :

L'usine de fusion de la mine de plomb de Gar Rouban.

Dans la province d'Alger :

L'usine à mattes de la mine de cuivre de l'oued Merdja.

Dans la province de Constantine :

L'usine à mercure de Ras el Ma ;

L'usine de fusion de l'Alelik, près de Bône.

Usine de l'Alelik, près Bône. — Cette dernière usine, qui est située sur les bords de la Seybouse, comprend deux hauts fourneaux qui sont en chômage depuis 1863. Ils fabriquaient de la fonte au charbon de bois, en employant d'abord le minerai de fer oxydulé de la mine de Meboudja ; mais après l'épuisement de cette mine, ils ont employé les minerais de Kharezas et d'Aïn Mokhra. Le minerai rendu à bord de la Seybouse était acheté 15 francs la tonne et coûtait 0',75 de transport jusqu'à l'usine : là il était grillé dans des fours continus.

Une machine à vapeur de 40 chevaux, sans condensation, donnait le mouvement à la machine soufflante des hauts fourneaux ; les chaudières à vapeur étaient chauffées par les gaz chauds pris à la hauteur du gueulard. Elles marchaient avec l'eau de la Seybouse, qui est saumâtre et que l'on puisait à une profondeur de 17 mètres.

On soufflait à l'air froid que l'on introduisait par deux tuyères placées en face l'une de l'autre ; mais en cas d'obstruction du fourneau, on soufflait à l'air chaud, on faisait varier le lit de fusion, selon qu'on voulait fabriquer de la fonte grise ou de la fonte blanche.

La fonte blanche se vendait sur place 190 francs la tonne.

La fonte grise ou truitée se vendait sur place 200 francs la tonne.

Les fontes de l'Alelik étaient vendues à l'État pour la marine, et aux fabricants d'acier de Saint-Étienne.

Le charbon de bois employé à l'usine de l'Alelik venait en partie de l'Edough et coûtait 7 francs le quintal rendu à l'usine.

Comme on ne pouvait s'en procurer une quantité suffisante pour la consommation annuelle, on faisait venir le reste de l'Italie.

L'usine de l'Alelik a subi plusieurs chômages dont les causes sont complexes.

Lors de l'organisation de cette affaire industrielle, il paraît qu'on a fait des dépenses considérables et improductives, qui ont diminué très-notablement le fonds social et amené un premier chômage. Lors de la reprise des travaux, les difficultés de se procurer du combustible à bas prix, ont pu contribuer à amener un deuxième chômage ; peut-être l'affaire était-elle encore mal administrée. Il est impossible de se prononcer d'une manière absolue sur les causes qui ont amené le dernier chômage, si l'on ne fait un examen approfondi des livres tenus au siège de la société.

Quoi qu'il en soit, si l'usine de l'Alelik était bien administrée, il serait possible qu'elle trouvât autour d'elle les éléments de succès nécessaires à sa marche.

Grâce à la nouvelle impulsion donnée à l'exploitation de la mine de fer d'Aïn Mokhra, le minerai de fer qui était vendu primitivement 15 francs la tonne à l'usine de l'Alelik, pourrait aujourd'hui lui être livré à 12 francs la tonne au maximum. Le développement que prend tous les jours l'exploitation des forêts de la subdivision de Bône, doit nécessairement fournir du bois de charbonnage à très-bas prix. Une partie de ces charbons pourrait être amenée à prix réduits à l'usine de l'Alelik, à l'aide du chemin de fer de la mine d'Aïn Mokhra. Si ces ressources étaient insuffisantes, les grands bateaux à vapeur de la Compagnie générale transporteraient facilement à Bône le coke de bonne qualité nécessaire pour combler le déficit ; les débouchés seraient toujours assurés aux produits de l'usine de l'Alelik, à cause de l'excellence de ces derniers ; car l'emploi du coke de bonne qualité mélangé au charbon de bois, grâce aux perfectionnements introduits dans la fabrication de la fonte, ne diminue pas la qualité de cette dernière ni celle du fer qui en provient.

La fabrication de la fonte et même du fer dans les usines de l'Alelik, est une question très-importante et qui mérite qu'on l'étudie sur place avec le plus grand soin. La compagnie puissante qui exploite aujourd'hui la mine de fer d'Aïn Mokhra, et qui dispose de moyens de transports si remarquables entre la France et l'Algérie, pourrait mieux que toute autre redonner une nouvelle vie à l'usine de l'Alelik.

Depuis quelques années, la fabrication de la fonte au charbon de bois diminue graduellement d'importance en France, parce qu'elle coûte plus cher que la fabrication de la fonte à la houille ou au coke, et que la qualité de cette dernière fonte s'est beaucoup améliorée, grâce aux perfectionnements apportés dans les anciennes méthodes de fabrication. Quelques hauts fourneaux fon-

dent avec un mélange de charbon de bois et de coke; la préparation du coke a fait de grands progrès dans ces derniers temps, et l'on obtient aujourd'hui des cokes qui renferment moins de cendres que les charbons de bois et qui présentent sur ces derniers l'avantage de ne pas introduire du phosphore dans les fontes. Du reste, tout le monde sait combien l'acier fondu tend à se substituer au fer dans l'industrie.

L'Exposition universelle est une éclatante démonstration de ce fait nouveau qui est dû à la belle découverte de M. Bessemer; on peut faire avec l'acier Bessemer les pièces du plus grand calibre. La Prusse expose en effet un lingot d'acier fondu pesant 40 tonnes et qui a exigé 1.500 creusets; or l'acier Bessemer, d'après certains métallurgistes, se fait mieux avec les fontes au coke qu'avec les fontes au charbon de bois. Selon d'autres, l'acier fait avec les fontes au charbon de bois conserve encore un certain avantage sur celui fait avec les fontes au coke; mais cet avantage tend à disparaître journellement, grâce au perfectionnement des méthodes de fabrication. Du reste, la différence de prix entre les deux espèces de fonte est bien faible aujourd'hui: la fonte au bois coûte 225 francs la tonne; celle au coke coûte 200 francs la tonne; une tonne de fonte au bois exige en moyenne 1.050 kilogrammes de charbon qui, à 50 francs la tonne, valent 52¹/₂. Une tonne de fonte au coke exige en moyenne 1.100 kilogrammes de coke qui, à 25 francs la tonne, valent 27¹/₂; la différence entre les prix des combustibles est de 25 francs, c'est-à-dire celle qui existe entre les prix de la fonte au bois et de la fonte au coke. Si donc le prix de la tonne du charbon de bois rendu à l'usine est supérieur à 50 francs, l'usine ne peut fonctionner économiquement, et c'est ce qui explique l'extinction successive de plusieurs hauts fourneaux qui marchaient primitivement au charbon de bois. On ne doit donc pas se dissimuler que la fabrication de la fonte au charbon de bois n'est pas susceptible d'un très-grand développement en Algérie, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles, telles que le bon marché du charbon de bois rendu à l'usine de fusion, la certitude d'un approvisionnement régulier pendant l'année, la bonne qualité et le voisinage du minerai de fer, la facilité des débouchés. Un haut fourneau au charbon de bois produisant 4 tonnes de fonte par jour dépensera en moyenne 4.200 kilogrammes de charbon de bois par jour et 1.512.000 kilogrammes par an. Il faut donc que le haut fourneau soit placé à proximité d'une région forestière importante dont les produits mis en coupe réglée arrivent à l'usine de fusion sans de grands frais de transport. L'usine de l'Alelik, qui était si

bien placée pour les minerais, et à ce qu'il semblait aussi pour les charbons, n'a pu trouver sur place tous les charbons qui lui étaient nécessaires, et tirait de l'Italie une grande partie de ces derniers. Sans doute, le développement graduel que prend l'exploitation des forêts de la subdivision de Bone augmentera la production du charbon de bois; mais on peut craindre que cette production ne soit encore insuffisante, ou que l'imperfection des moyens de transport ne permette pas de livrer ces charbons à l'usine à un prix assez bas. Du reste, en présence de la tendance nouvelle que suit en Europe la fabrication de la fonte, l'Algérie ne saurait rester en arrière; aussi le mélange de charbons de bois et de coke paraît être la solution qui convient le mieux pour tirer parti sur place des minerais de l'Algérie, dans les régions forestières voisines du littoral et des gîtes de minerai de fer.

§ 6. — SOURCES SALÉES, SALINES, SEL GEMME.

Nous signalerons les gîtes suivants:

1^o Province d'Oran.

Sources salées de la vallée du Rio Salado:

Utilisées par les Arabes des environs pour leurs besoins particuliers.

Source salée d'Arbal:

Utilisée par les habitants de la ferme de ce nom.

Lacs salés de Misserghin, d'Arzou, de Ben Zian ou de la Mina: Ils sont exploités par les Européens; chacun de ces lacs produit annuellement une quantité de sel variable de 1.500 à 4.000 tonnes.

Il y a lieu d'espérer que les réformes douanières promises pour l'Algérie, en ce qui concerne spécialement les ports de mer, donneront une extension plus grande à l'exploitation de cette richesse naturelle.

Il existe en outre des gisements considérables de sel gemme, notamment au sud des Ghotts, près de Geryville, et dans les environs d'Aïn Temouchent. Ce dernier est exploité par les Arabes. A Aïn Temouchent la charge d'un âne se vend 0¹/₂, et la charge d'un mulet 0¹/₂. Ce sel est coloré en gris par un mélange intime d'argile; il renferme 20 p. 100 de matières étrangères; quoiqu'il soit très-impur, les Arabes l'emploient à l'état brut.

2° Province d'Alger.

Il existe dans le Tell de la province d'Alger plusieurs groupes de sources salées qui sont exploités de temps immémorial par des tribus arabes et fournissent à la consommation des localités du voisinage.

Les principales sont :

- 1° Les sources salées d'el Melah Mtaa et Habeth, à 50 kilomètres O. de Ténès ;
- 2° Les sources salées d'Anseur el Louza, à 20 kilomètres N.-E. de Teniet el Haad ;
- 3° Les sources salées des ouled Hedim, à 24 kilomètres E.-N.-E. de Boghar ;
- 4° Les sources salées des Rebaïa, à 59 kilomètres E.-N.-E. de Boghar ;
- 5° Les sources salées de Kasbah, à 42 kilomètres S.-E. d'Aumale.

Saline artificielle de l'oued Oubey.

Une saline artificielle a été construite en 1856 sur les bords de l'oued Oubey, à 4 kilomètres E.-S.-E. de Dellys. Les eaux de la mer sont élevées à 10 mètres de hauteur, à l'aide d'une machine à vapeur de 8 chevaux ; cette saline fournit du sel de bonne qualité, dans le cercle de Dellys et à Alger.

Salines naturelles du Zahrez Rharbi et du Zahrez Chergui.

Ces salines occupent la partie la plus basse d'une vaste dépression, comprise entre le djebel Oukeil au nord et le djebel Sahari au sud. En hiver, ce sont de vastes lacs d'eau salée qui peuvent contenir jusqu'à 5 mètres de hauteur d'eau, si les pluies sont abondantes. En été, il ne reste qu'une grande nappe de sel d'une blancheur éblouissante, et dont l'épaisseur au centre du lac dépasse 0^m.70. Ces zahrez renferment d'immenses quantités de sel marin, ils sont l'objet d'une exploitation fort peu active de la part des Arabes campés sur leurs bords. Le sel qui en provient est d'une grande pureté ; il est fort estimé sur les marchés Arabes ; on y livre une mesure de sel pour une égale mesure d'orge.

Gîtes de sel gemme du Djebel Sahari et d'Aïn Hadjera.

Il existe auprès du zahrez Rharbi deux gîtes de sel gemme, celui

du djebel Sahari ou rocher de sel qui est situé au S.-E., et celui d'Aïn Hadjera qui est situé au S.-O. du zahrez.

Le premier gîte est bien connu des voyageurs qui fréquentent la route d'Alger à Laghouat ; il renferme d'immenses quantités de sel en roche qui est exploité par les Arabes, à ciel ouvert et sur une très-petite échelle ; Une source salée qui s'échappe des flancs de ce rocher, est exploitée par l'intendance militaire pour les besoins de nos postes du sud. Le sel est obtenu par l'évaporation de l'eau salée dans des bassins en argile damée.

Le gîte de sel gemme d'Aïn Hadjera est moins important et moins connu que le précédent, il est l'objet d'une exploitation très-peu active de la part des Arabes des environs.

3° Province de Constantine.

On compte vingt-deux lacs salés dans la province de Constantine ; les six principaux ont été loués par le domaine ; cinq autres sont susceptibles de donner de bons résultats à la location.

Sel gemme des ouled Kebbeb.

Ce gisement est situé à 20 kilomètres O. de Milah dans la tribu des ouled Kebbeb ; il est exploité de temps immémorial par les indigènes, et alimente de ses produits les cercles de Constantine, Djijelly, Collo et Takitoun. Les exploitations occupent une population de 150 ouvriers et produisent annuellement pour plus de 150.000 francs de sel, contenant 95,84 à 97,80 p. 100 de chlorure de sodium pur.

Sel gemme du djebel Gharribou.

Ce gîte, qui est situé auprès d'el Outaïa, paraît être le résultat d'une éruption de boue, de sel et de gypse ; c'est une montagne aux contours hérissés, et dont l'intérieur offre l'image d'un véritable chaos. Le sel gemme y est très-abondant et forme des escarpements verticaux de 10 à 40 mètres de hauteur séparés par des masses ébouleuses de gypse cristallisé et mélangé à une matière argileuse violette. Les Arabes se contentent d'exploiter les blocs de sel qui se détachent naturellement et roulent jusqu'au bas de la montagne ; ils échangent sur les marchés du Zab une charge de sel pour une charge égale de dattes. L'exploitation du sel se fait surtout sur le versant sud du djebel Gharribou.

Sel gemme des environs d'El Kantara.

Un autre gîte de sel gemme présentant à peu près le même aspect que celui du djebel Gharribou se trouve auprès d'el Kantara.

Les côtes de l'Algérie sont en général tellement escarpées qu'elles se prêtent peu à l'établissement de salines artificielles; aussi n'en trouve-t-on qu'une seule située auprès de Dellys. Du reste, la nature a prodigué le sel à l'Algérie, soit à peu de distance du littoral, soit dans l'intérieur des terres. On voit par l'énumération précédente qu'il y a de très nombreuses salines naturelles et des gîtes de sel gemme dont l'exploitation pourrait fournir d'immenses quantités de sel; mais l'éloignement des côtes et des centres de population est en général la cause qui s'oppose au développement des travaux; pour les gîtes si importants de la région des steppes, on ne pourrait en tirer un grand parti industriel que par l'exécution d'un chemin de fer qui aboutirait près d'Amourah dans la plaine du Chélif et qui s'embrancherait sur le chemin de fer d'Alger à Oran; peut-être les nécessités politiques forceront-elles un jour d'ouvrir un chemin de fer économique allant d'Amoura à Laghouat. Dans ce cas, les sels de la région des zahrez trouveraient un débouché inespéré.

§ 7. — SALPÊTRES.

1° Province d'Oran.

Salpêtre de Tlemcen.

La ville de Tlemcen repose sur des terrains salpêtrés d'une épaisseur et d'une étendue assez considérables; ce sont des travertins friables que les Arabes lessivaient autrefois pour en extraire les nitrates qu'ils destinaient à la fabrication de la poudre. Cette industrie a complètement cessé depuis l'occupation de Tlemcen par les troupes françaises.

Des exploitations du même genre se faisaient autrefois à Sebdu, Tefesrah, la plaine d'Egris.

2° Province d'Alger.

Salpêtre de Messad.

Les Arabes fabriquent du salpêtre à Messad, petit ksar situé à 70 kilomètres N.-E. de Laghouat. Ils l'obtiennent en lessivant les ruines d'un ancien ksar du voisinage, bâti en mottes de terre.

3° Province de Constantine.

Salpêtre des environs de Biskra.

La fabrication du salpêtre se fait à Biskra dans une usine dirigée par un officier d'artillerie; on exploite comme matériaux salpêtrés des mamelons élevés de quelques mètres au-dessus de la plaine du Sahara dans les environs de Biskra, et qui sont formés de matières terreuses meubles. Ce sont les ruines d'anciens villages bâtis en mottes de terre, et qu'on attribue aux Romains.

C'est dans l'usine de Thouda qu'on prépare les eaux de lessivage chargées de salpêtres. Lorsqu'elles sont suffisamment concentrées, elles sont transportées à l'usine de Biskra, où le salpêtre est obtenu par cristallisation.

Le cholt Tinsilt produit en abondance pendant l'hiver le sulfate de soude nécessaire à l'élaboration des eaux de lessivage des terres salpêtrées.

CHAPITRE II.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

Les matériaux de construction abondent dans les trois provinces de l'Algérie, nous décrirons successivement :

- Les gypses ou pierres à plâtre,
- Les marbres,
- Les pierres à chaux grasses ou hydrauliques
- Les pierres de taille,
- Les terres à brique et à poterie,
- Les ardoises,
- Les pouzzolanes naturelles et artificielles,
- Les sables.

§ 1. — GYPSE OU PIERRE A PLATRE.

Le gypse foisonne, on peut le dire, en Algérie; il constitue :

- 1° Des gîtes d'origine éruptive qui ont alors peu de développe-

ment, et se présentent d'ordinaire à la séparation des terrains stratifiés d'âge différent.

2° Des gîtes stratifiés régulièrement au milieu des couches contemporaines qui les renferment; ils ont alors un développement très-considérable, et on peut les suivre sur plusieurs lieues d'étendue, notamment au milieu des montagnes de la région des steppes. On les trouve également en dépôts considérables à la surface des immenses plaines du Sahara, ils contribuent alors à rendre les eaux potables, lourdes et indigestes, et les voyageurs européens qui parcourent ces tristes solitudes ne manquent pas d'en éprouver bientôt les pernicious effets; un grand nombre des gîtes de pierre à plâtre du Tell sont exploités pour les besoins des centres de population les plus rapprochés; ceux du littoral pourraient être au besoin l'objet d'un commerce d'exportation.

§ 2. — MARBRES.

Les principaux gîtes de marbre de l'Algérie sont les suivants:

1° Province d'Oran.

Marbres onyx d'Aïn Tekbalet, sur les bords de l'Isser.

Ces marbres ont été exploités autrefois par les Romains, plus tard par les maures de Tlemcen, et enfin remis en lumière par M. Delmonte, ancien marbrier à Oran; ils fournissent ces admirables onyx translucides dont rien n'égale la transparence et la variété de tons. Ils sont l'objet d'un commerce très-considérable, et sont très-estimés à Paris dans l'industrie artistique de l'ornementation de l'ameublement. Nulle part on ne trouve d'onyx qui puisse être comparé à celui d'Aïn Tekbalet; ce dernier est un dépôt récent formé par des sources plus ou moins thermales aujourd'hui éteintes. Il se compose de couches régulières presque horizontales présentant chacune une nuance particulière, d'où résulte cette variété de tons que l'on admire dans l'onyx; le gîte de marbre a une épaisseur totale de 8 à 10 mètres, et couvre une superficie de plus de 100 hectares.

Marbre jaune transparent des environs de Nédroma.

Gîte récemment découvert qui paraît fournir une variété particulière d'onyx; trois belles coupes fabriquées avec ce marbre ont figuré à l'exposition universelle.

Marbres verts.

Marbres blancs nuancés de diverses teintes. On en a tiré jusqu'à ce jour fort peu de parti, faute de débouchés.

3° Province d'Alger.

Marbre-brèche de la Pointe Pescade.

Il présente des couches lenticulaires de marbres de diverses couleurs qui ont été l'objet d'une tentative d'exploitation bientôt abandonnée.

Marbre-brèche du Chenouah, à 18 kilomètres E. de Cherchel.

Le marbre de cette localité, par l'abondance de ses produits, la beauté de ses brèches, la proximité de la mer et les facilités qu'il présente pour l'embarquement, paraît appelé à un bel avenir industriel. La mer est profonde au pied même du gîte et y est complètement abritée des vents d'ouest, qui règnent si fréquemment pendant l'hiver sur les côtes de l'Algérie.

L'exploitation prendrait une grande activité si les capitaux venaient la vivifier.

Marbre-brèche des environs du Fondouk.

Il y a deux gîtes importants, mais d'un abord très-difficile; c'est ce qui explique l'abandon dans lequel ils ont été laissés jusqu'à ce jour.

Marbre-brèche du cap Matifou.

Gîte situé sur le bord de la mer à peu de distance d'Alger, exploité autrefois par les Romains. L'exploitation en serait facile aujourd'hui si les produits étaient goûtés dans l'industrie ou dans les arts.

Il existe beaucoup d'autres gîtes de marbre dans la province d'Alger, mais ils sont loin des centres de consommation, et les abords en sont difficiles; aussi n'en tire-t-on aucun parti.

3° Province de Constantine.

Marbre du Felfélah.

Il est situé près de Philippeville sur le bord de la mer ; c'est un calcaire saccharoïde qui se rapproche beaucoup du marbre de Carrare. Poli, il devient un peu translucide, généralement d'une belle couleur blanche ; il est aussi associé à du marbre bleu turquin, bleu fleuri, et noir veiné de blanc, ainsi qu'à du marbre jaune et rouge ; il a été exploité par les Romains sur une grande échelle, et peut fournir de beaux marbres d'ornement et même des marbres statuaires. La superficie totale du gîte est de 55 hectares ; une exploitation sérieuse et sur une grande échelle ne présenterait pas de très-grandes difficultés.

Marbres de l'oued el Aneb.

Les couches de marbre sont réparties en trois massifs différents, à 28 kilomètres O. de Bone ; ce sont des calcaires saccharoïdes tantôt blancs, tantôt gris blanchâtre ; d'autres fois ils sont blancs veinés de jaune et de bleu très-pâle ; ils ne sont pas exploités aujourd'hui. L'irrégularité des bancs nuit beaucoup à la valeur industrielle de ces gîtes.

Marbre du fort Génois.

Ce marbre qui est sur le bord de la mer, à 8.500 mètres de Bone, est très-résistant et se polit parfaitement ; sa couleur est le blanc grisâtre avec des veines noires, le gris clair homogène ou faiblement moucheté. L'exploitation est ouverte sur les anciens travaux romains ; elle se fait à la poudre et au coin avec descente des blocs sur plan incliné jusqu'à la mer.

Les marbres peuvent être comptés au nombre des richesses minérales de l'Algérie ; les onyx de la province d'Oran n'ont pas de rivaux au monde. Les marbres-brèches du Chenouah et les marbres blancs du Felfélah, par suite de leur situation favorisée sur le rivage de la mer, seront exploités un jour sur une grande échelle. Il ne faut pour cela que des capitaux et une direction intelligente de l'affaire.

§ 3. — PIERRES A CHAUX.

Les pierres à chaux se divisent en deux grandes catégories : les pierres à chaux grasses et les pierres à chaux hydrauliques ; les

premières sont très-répandues dans la plupart des terrains stratifiés des trois provinces. Presque toutes nos villes de l'Algérie trouvent à leur portée la chaux grasse nécessaire aux constructions ordinaires. Tlemcen, Oran, Ténès, Alger, Bougie, Bone, Constantine, Batna, ... sont richement dotées à cet égard. Les petits moellons des carrières de calcaire saccharoïde de la Bouzareah, aux environs d'Alger, servent à faire de la chaux grasse de bonne qualité et dont la réputation est établie chez les indigènes depuis un temps immémorial. Alger porte, en effet, le surnom de *Blad-et-Djir*, le pays de la chaux.

Quand aux calcaires hydrauliques, on en a signalé un grand nombre de gisements qui ne sont encore exploités que sur une très-petite échelle. On emploie dans les constructions hydrauliques des ports de l'Algérie, le calcaire hydraulique du Theil dont l'excellence est établie depuis longtemps pour les constructions à l'eau de mer ; mais pour les constructions à l'eau douce de l'intérieur de l'Algérie, on est amené de plus en plus à utiliser les chaux hydrauliques des localités les plus voisines, parce que l'emploi des chaux du Theil devient excessivement coûteux ; les principaux points de l'Algérie où l'on a reconnu l'existence de calcaires hydrauliques sont :

Dans la province d'Oran :

Oran,
Le barrage de l'Habra,
Bou Médine auprès de Tlemcen,
Ouled Mimoun.

Dans la province d'Alger :

Alger, Ténès, les gorges de la Chiffa entre Blidah et Médéah, Tiziouzou, Dellys, Aumale, Aïn Ousserah, Djelfa.

Dans la province de Constantine :

Col de Sfa auprès de Biskra.

Les calcaires hydrauliques se divisent en deux classes, les calcaires argileux et les calcaires magnésiens ou dolomitiques. Les premiers doivent leur hydraulicité à l'argile qu'ils renferment ; les autres la doivent à la présence du carbonate de magnésium qui est combiné au carbonate de chaux.

Les dolomies hydrauliques se présentent en couches puissantes et d'une facile exploitation :

1° A Alger dans les terrains cristallins de la Bouzareah ;

2° Dans les chaînes montagneuses de la région des steppes où elles forment des couches très-puissantes et très-étendues, et notamment à Ain Oussera, Djelfa, Laghouat;

5° Dans la Chebkha des Beni Mzab.

§ 4. — PIERRES DE TAILLE.

Les gîtes de pierres de taille abondent dans la plupart des terrains stratifiés de l'Algérie, ils se divisent en deux grandes classes, les grès et les calcaires.

Les terrains du Sahel, de la province d'Alger, fournissent en général des grès tendres, faciles à tailler, qui ont été exploités par les Romains sur une grande échelle.

A Bone, la pierre de taille est généralement du marbre blanc grisâtre, veiné de noir.

Les terrains d'origine ignée fournissent également de bonnes pierres de taille; on signalera notamment la roche trachitique de Kara-Mustapha qui est employée au Fondouk.

Plusieurs de ces terrains donnant des pierres monumentales; on citera :

La roche dioritique verte du djebel Aroudjaoud, située sur le bord de la mer, entre Ténès et Cherchel, d'où les Romains ont extrait des colonnes de grandes dimensions; quatre d'entre elles ont été placées autour du maître autel de la cathédrale d'Alger;

Le porphyre vert, à gros cristaux de feldspath blanc des environs d'Aumale.

§ 5. — TERRES A BRIQUE ET A POTERIE.

Elles abondent dans tous les terrains stratifiés des trois provinces et notamment dans les terrains d'alluvions qui longent les rivières. Partout elles sont exploitées, soit par les Européens, soit par les indigènes. En Kabylie, ce sont les femmes qui se livrent exclusivement au travail du potier. La terre à poterie et à briques y est très-grossière, parce qu'elle résulte de la désagrégation spontanée des roches granitoides; mais les briques qu'elle fournit sont excellentes, parce qu'elles ne renferment pas de nodules de chaux comme celles qui proviennent d'autres terrains.

Les briques jouent un grand rôle dans les constructions algériennes; on ne saurait trop les recommander aux colons pour la construction des fermes; elles valent infiniment mieux que les

cailloux roulés que l'on emploie bien souvent avec un mortier de terre sans adhérence. La moindre secousse suffit pour ébranler les constructions de ce genre.

Dans les oasis du Sahara, les indigènes habitent des maisons bâties en briques crues simplement séchées au soleil.

Dans plusieurs oasis du Zab occidental (province de Constantine), les soubassements de certaines maisons sont en pierres de taille qui sont les restes de maisons romaines.

§ 6. — ARDOISES.

Le massif schisteux de l'Atlas renferme des ardoises d'un gris noirâtre qui sont employées par les Arabes pour recouvrir leurs tombes. Ces ardoises sont débitées en grandes plaques de 5 à 6 centimètres d'épaisseur; elles sont susceptibles de poli et peuvent être employées à faire des tablettes, des marches d'escalier.

Dans la province d'Alger :

On les tire principalement de la vallée de l'oued Kébir, auprès de Blidah.

§ 7. — POUZZOLANES NATURELLES.

1° Province d'Oran.

Les gîtes de pouzzolane naturelle sont très-répandus dans la province d'Oran, ils constituent trois groupes distincts.

L'un est situé à proximité de Nemours et de la frontière du Maroc.

L'autre à l'embouchure de la Tafna. L'île de Rachgoun, dont la pouzzolane est si connue, appartient à ce groupe.

Le troisième est situé auprès d'Aïn Témouchent.

La pouzzolane de Rachgoun a été employée dans les constructions hydrauliques du port d'Oran; elle a été remplacée plus tard par la pouzzolane d'Italie qui lui était supérieure comme qualité; et en dernier lieu, celle-ci a été remplacée par la chaux hydraulique du Theil, parce qu'on a reconnu que les pouzzolanes n'étaient pas très-convenables pour les travaux à la mer; elles sont bonnes surtout pour les travaux à l'eau douce.

En général, les gîtes de pouzzolanes de la province d'Oran sont sans emploi, à cause de leur éloignement des centres de population européenne et de la difficulté des abords.

Aïn Témouchent seul est bien placé pour utiliser les pouzzolanes qui l'avoisinent.

2° Province d'Alger.

Les pouzzolanes naturelles sont rares dans la province d'Alger; elles proviennent de la désagrégation naturelle des roches d'origine éruptive. On en trouve auprès de Kara Mustapha, de Dellys, de Marengo et de Teniet el Haad.

Il y a aux environs d'Alger une terre rouge argileuse que l'on emploie en guise de sable dans la confection des mortiers destinés aux constructions souterraines, et qui donne à celles-ci des propriétés hydrauliques.

3° Province de Constantine.

Il n'a pas encore été signalé de gîte de pouzzolane dans la province de Constantine; il est probable qu'on en trouvera dans les massifs de roches éruptives.

§ 8. — SABLES.

On emploie pour les constructions:

Les sables de rivières;

Ceux qui sont rejetés par la mer;

Les sables des dunes du littoral méditerranéen ou de la région des steppes.

Les sables des dunes littorales ont été employés dans une verrerie de Koleah (place d'Alger), qui est aujourd'hui en chômage.

CHAPITRE III.

SOURCES MINÉRALES OU THERMALES.

On compte en Algérie un très-grand nombre de sources minérales qui peuvent être réparties dans les quatre groupes suivants:

a₁ Eaux thermales simples, comprenant les eaux dont la com-

position générale est celle des eaux potables ordinaires, et qui ne se distinguent de ces dernières que par leur température élevée;

a₂ Eaux sulfureuses;

a₃ Eaux minérales ferrugineuses;

a₄ Eaux salines.

a₁ Sources minérales du premier groupe.

Les sources minérales les plus remarquables du premier groupe sont les suivantes:

1° Province d'Oran.

La source thermale d'Aïn el Hammam, à 6 kilomètres N.-E. de Sebdu; elle débite 20 litres environ par seconde à la température de 25 degrés.

2° Province d'Alger.

L'Aïn Djerob, à 5 kilomètres N.-E. de Zerguin.

Débit 7^l.50 par seconde.

Température 27 degrés.

L'Aïn Keddara, à 2 kilomètres S.-O. de Zerguin.

Débit 60 litres par seconde.

Température 26 degrés.

L'Aïn Zerguin, débitant 200 litres par seconde à la température de 19 degrés.

Toutes ces sources sont utilisées pour l'irrigation des céréales.

3° Province de Constantine.

Aux environs de Constantine, on trouve:

NOM DE LA SOURCE.	DÉBIT par seconde. litres.	TEMPÉRATURE
Source de Sidi Mimoun.....	2 à 2 lit.	53° 00
Source de Sala Bey.....	45	28° 00
Source de Sidi Rached.....	4	28° 33
Source de la rive gauche du Rummel à 3 mètres au-dessus du lit de cette rivière.....	18	28° 00
Source dite Aïn Rabah.....	50	38° 00
Sources du Haouma.....	700	33° 10

Celles du Hamma constituent une rivière qui fait mouvoir plusieurs moulins.

Sur la route de Constantine à Batna, nous signalerons :

L'Aïn bou Merzoug, dont la température est de 23°,57, et le débit de 558 litres par seconde. C'est une véritable rivière que les Romains amenaient à Constantine au moyen d'une conduite maçonnée, dont on voit encore quelques restes, notamment une portion d'aqueduc porté sur des arceaux auprès de la ville.

Plus au sud, l'Aïn Fesguia, dont le débit est d'environ 200 litres par seconde, et dont la température varie de 18°,66 à 19°,50.

Les eaux qui alimentent Biskra sont des sources thermales simples, émergeant à la température de 29°,55 de gouffres situés dans le lit même de l'oued Biskra. On supposait que ces sources, dont le débit minimum est de 500 litres par seconde, provenaient des infiltrations de la rivière au milieu des alluvions qui remplissent son lit à l'aval d'el Outaïa; cette explication est inadmissible, car, s'il en était ainsi, les eaux de Biskra auraient une température beaucoup plus basse.

Des sources analogues à celles de Biskra surgissent également dans les belles oasis du Zab oriental et du Zab occidental. Les plus remarquables sont celles d'Oumach, dont le débit moyen est de 217 litres par seconde, à la température de 26°,55. Ces sources de temps en temps produisent des jets subits et violents comme les geysers d'Islande; elles bouillonnent constamment à la surface du sol, en sortant de gouffres plus ou moins profonds, et les eaux sont animées constamment dans ces gouffres d'un mouvement très-sensible, alternativement ascendant et descendant et analogue à un mouvement respiratoire.

Enfin les behour, ou mers sans fond des Arabes, dans les oasis de la province de Constantine, rentrent dans la catégorie des sources thermales simples.

a₂ Sources minérales du deuxième groupe.

Les sources les plus remarquables du deuxième groupe (eaux sulfureuses) sont les suivantes.

1^o Province d'Oran.

Eaux thermales de Hammam bou Ghrara, situées sur la rive gauche de la Tafna, à 12 kilomètres N.-E. de Lalla Maghrnia.

Il y a un groupe de sources situées dans une circonférence de

10 mètres de diamètre, qui se réunissent toutes dans un même thalweg, et produisent ainsi un petit cours d'eau dont le débit est d'environ 7 litres par seconde. La température de ces eaux est de 44 degrés dans le ruisseau; mais au bouillon même elle est de 48 degrés. L'eau thermale est limpide, sans odeur, elle a un léger goût de bouillon, et ne brunit pas sensiblement l'argent; cependant elle est légèrement sulfureuse; elle n'abandonne pas de dépôt auprès de l'origine des eaux qui est ombragée par un beau groupe de palmiers. Des travaux ont été construits par les Français depuis la conquête; ils consistent en deux piscines primitivement destinées aux indigènes, et dans lesquelles les Européens vont aussi se baigner.

Les Arabes de la contrée font un usage considérable de ces eaux auxquelles ils attribuent, comme d'habitude, des propriétés universelles. Quoi qu'il en soit de cette réputation, elles ont une action incontestable pour la guérison de certaines douleurs et de plaies difficiles à cicatriser.

Sources thermales de Sidi Aït, sur la rive droite de l'oued Soughai, près de son confluent avec le Rio Salado.

L'une d'elles seulement est utilisée par les Arabes qui viennent se baigner dans un petit bassin naturel au fond duquel jaillit la source; son débit est de 3 à 4 litres par minute, et sa température est de 52 degrés. L'eau thermale est très-limpide; elle a un faible goût de bouillon et est légèrement acidulée, par suite d'un dégagement abondant d'acide carbonique; elle a une faible odeur d'hydrogène sulfuré et brunit l'argent au bout de quelque temps.

Source d'Aïn el Hammam, à 16 kilomètres environ au N.-E. de Saïda et à 500 mètres au nord du Djebel Tissekedelt.

La source surgit d'un grand bassin de 15 mètres environ de diamètre; elle dégage de l'acide carbonique en abondance, et se jette dans l'oued Nezereg, après un parcours de 2 kilomètres; on ne trouve sur son passage aucune trace de dépôt travertineux; son débit est de 7 litres environ par seconde, et sa température de 56 degrés. Selon M. Rodde, ancien médecin des hôpitaux militaires, cette source thermale aurait une grande importance. Les eaux sont salines et manifestent un goût sulfureux très-prononcé.

Les Arabes leur accordent des vertus spécifiques contre toute sorte de maladies.

Source thermale d'Ammi Moussa.

Elle est située à 20 kilomètres à l'est de ce poste; sa température est de 50 degrés, son débit est inconnu; elle est très-sulfureuse et dépose beaucoup de soufre sur ses bords. Les indigènes ont une confiance illimitée dans les propriétés curatives de ces eaux, notamment contre les affections cutanées et les ulcères; ils viennent en chercher de très-loin.

Source sulfureuse dite *Ain Nouisi* (arrondissement de Mostaganem).

Elle surgit au contact de gypses auxquels elle doit ses propriétés sulfureuses; elle dépose du soufre autour de son point d'émergence; elle n'est pas encore beaucoup utilisée, et ses propriétés thérapeutiques ne sont pas bien connues.

2^e Province d'Alger.

Sources thermales de Hammam el Hamé dans l'Ouarencenis, situées à 8 kilomètres environ E.-S.-E. de la maison de Commandement du Caïd des Caïds de l'Ouarencenis, sur les bords de l'oued el Hammam.

Il y a quatre sources sur la rive droite de la rivière, et une cinquième sur la rive gauche; la plus forte d'entre elles débite 4,50 environ par seconde, à la température de 42 degrés. Le bureau arabe d'Orléansville a fait construire auprès de cette source une piscine, recouverte par une baraque maçonnée. Les eaux des sources thermales de la rive droite de l'oued el Hammam ne paraissent pas sensiblement sulfureuses; la source de la rive gauche, au contraire, noircit, au bout de quelques temps, une pièce d'argent qu'on y plonge; elle s'épanche dans une légère dépression du sol qui sert de baignoire aux indigènes affectés de maladie cutanées; aussi les Arabes l'appellent *bain des lépreux*.

Les sources thermales de Hammam el Hamé déposent sur leur lit de la glairine verdâtre filamenteuse et très-douce au toucher. L'eau de la source de rive gauche renferme par kilogramme 2^g,4005 de sels divers, parmi lesquels domine le chlorure de sodium.

Sources thermales sulfureuses de Berouaguia, à 22 kilomètres S.-E. de Médéab.

Ces sources au nombre de quatre sont limpides, brunissent l'argent et déposent de la glairine tantôt blanche, tantôt vert noirâtre; leur débit total est de 1 litre environ par seconde; la température

varie de 55 à 41 degrés. La source la plus abondante pénètre au sortir du bouillon dans un bassin naturel de 5 mètres de long sur 2 de large, et 0^m,50 de profondeur, qui sert de piscine pour les Arabes. L'eau de cette source renferme par kilogramme 1^g,2450 de matières salines, parmi lesquelles il y a 0^g,4540 de carbonate de soude.

Sources thermales de l'oued Okhris, à 44 kilomètres d'Aumale.

Ces sources, au nombre de quatre, ont un débit total de 5,67 par seconde, et une température variable de 47 à 69 degrés.

Elles contiennent par kilogramme 5^g,1725 à 5^g,5815 de matières salines parmi lesquelles les sulfates sont les éléments dominants. Ce poids est très-considérable comme celui que contiennent la plupart des eaux sulfureuses de l'Algérie. Il diffère sensiblement de celui que contiennent les eaux sulfureuses des Pyrénées-Orientales, poids qui varie seulement de 12 à 15 centigrammes par kilogramme d'eau. Les eaux de l'oued Okhris sont utilisées par les Arabes, pour le traitement de la gale et des maladies syphilitiques.

Source sulfureuse froide dite *Ain Kébrita*.

Elle est située chez les ben Chaïb au S.-E. de l'Ouarencenis, à 2 kilomètres environ à l'est de la maison du caïd Bouzar. Son débit est d'environ 4 litres par seconde, et sa température de 21 degrés. L'eau a une forte odeur d'œufs pourris et noircit l'argent dans l'espace de 4 à 5 minutes; elle sert à l'irrigation des jardins environnants.

3^e Province de Constantine.

Sources thermales sulfureuses de Hammam Meskoutin.

Il existe de nombreuses monographies sur ces eaux dont la température s'élève à 90 degrés, et qui sont déjà d'une réputation européenne; le seul fait récent qui les concerne, c'est que la présence de l'arsenic a été de nouveau affirmée à la suite d'analyses chimiques faites sur de petites boules noirâtres provenant du dépôt des eaux.

L'établissement militaire de Hammam Meskoutin, qui ouvre annuellement trois saisons de bains, continue à être fréquenté par un nombre chaque année plus considérable de malades.

L'établissement civil exploité par un particulier, en vertu d'un acte de concession du 18 décembre 1862, prendrait un plus grand développement, si ce n'était l'absence de bonnes routes carrossables reliant Hammam Meskoutin à Guelma et à Constantine. Cet état de choses est destiné à disparaître prochainement.

Sources thermales des Bibans.

Ce sont des sources importantes, situées dans le cercle de Bordj bou Arerdj. Il y existe une petite maison et une piscine construites par le caïd de la Medjana qui y séjourne tous les ans, dit-on, une quinzaine de jours, et qui les met ensuite à la disposition des nombreux indigènes qui fréquentent ces eaux.

Les sources des Bibans sont très-sulfureuses; le débit total des trois principales est de 0,53 par seconde. Leur température varie de 50°,50 à 76 degrés; dans la piscine, la température est de 45°,50; les eaux renferment en général par litre 22 centigrammes de sulfure de sodium.

En dehors des trois sources principales, il en existe beaucoup d'autres de même nature, susceptibles d'être captées pour l'alimentation de piscines importantes. Les plus abondantes de ces dernières ont une température de 55 degrés et déposent beaucoup de gairine.

Hammam ouled Zeïd, sur la route de Soukarras à Bou Hadjar.

Eaux très-sulfureuses et très-salines; température 49 degrés; on y a construit une petite maison et deux bassins.

Hammam ouled Messaoud, entre les Béni Salah et Bou Hadjar.

Eaux très-sulfureuses.

Température 45 à 47 degrés. — Pas d'établissement.

Hammam Sidi Trad, près de la frontière de Tunis.

Eaux très-sulfureuses formant des dépôts de soufre; il y a deux sources abondantes à 57 et à 65 degrés, très-fréquentées par les Arabes qui y prennent des douches sous une chute naturelle. Environs très-pittoresques.

Source thermale sulfureuse des environs de Biskra.

Elle débite 50 litres par seconde, à la température de 45 degrés; elle jaillit au fond d'une grande piscine servant de baignoire commune aux Arabes qui la fréquentent en grand nombre.

3^e Sources minérales du troisième groupe.

Les sources minérales les plus remarquables de ce groupe (eaux ferrugineuses) sont les suivantes :

1^o Province d'Oran.

Eau minérale et acidule d'Arcole, à 10 kilomètres N.-E. d'Oran.

Elle est expédiée à Oran en bouteilles et se vend 0,53 le litre.

Source ferrugineuse et arsenicale du Djebel Touilah.

Elle a été découverte dans les travaux de recherches exécutées sur les gîtes métallifères du djebel Touilah; elle est assez abondante. Les qualités arsenicales doivent être attribuées à la présence du mispickel se trouvant dans le filon que les eaux baignent avant de paraître au jour.

2^o Province d'Alger.

Source acidule et ferrugineuse d'Aïn Hammama, à 3 kilomètres N.-E. de Milianah.

Au bouillon, elle dépose un peu d'ocre jaune et dégage des bulles d'acide carbonique; sa température est de 29 degrés, son débit de 5 à 4 litres par minute. Les Arabes des jardins environnants l'utilisent comme boisson.

Source acidule froide de Mouzaïa-les-Mines.

Eau d'un goût piquant, fort agréable, apéritive, relevant les forces digestives déprimées pendant les ardeurs estivales. Elle était fort estimée par les mineurs de Mouzaïa.

Son débit varie de 1,07 à 2,75 par minute; dans les années de sécheresse, il devient même complètement nul pendant l'été; sa température varie de 16 à 18 degrés; sa composition également

n'est pas constante. Le poids total des sels par kilogramme d'eau varie, selon l'année et la saison, de 1^{er},811 à 3^e,157; le carbonate de soude, dosé à l'état neutre, s'y présente en proportions assez fixes. Il oscille par kilogramme d'eau entre 0^e,44 et 0^e,47. On a essayé de tirer de cette eau un parti industriel et de l'expédier à Alger; mais l'entreprise n'a pas réussi, faute de capitaux.

Eaux minérales du Frais-Vallon aux environs d'Alger.

Les sources au nombre de quatre se trouvent dans une région connue sous le nom d'Oïoun Skhakna (les sources chaudes), bien qu'il n'y ait aujourd'hui dans la localité aucune source thermale. On prétend toutefois qu'il y avait jadis deux sources tièdes, tarées depuis longues années; la température de ces diverses eaux minérales est peu élevée; elle varie de 17 à 19^e,50; leur débit, qui est très-variable du reste, s'élève à 6 litres par minute pour la source la plus importante. La fraîcheur et le goût en sont très-appréciés par les promeneurs, surtout lorsqu'ils abordent les sources de la propriété Bertorat qui sont les plus élevées dans le Frais-Vallon. D'après les observations de MM. Millon et Bertherand, ces eaux sont douées de certaines propriétés médicales particulières, notamment pour la guérison de la chlorose. L'administration a autorisé, il y a quelques mois, la vente dans la ville et les hôpitaux d'Alger de l'eau minérale de la propriété Dufourc.

Le poids total de sels contenus dans un kilogramme d'eau varie de 1^{er},17 à 1^{er},23; la proportion du carbonate de soude s'y élève au maximum à 0^e,142.

Source ferrugineuse de la fontaine des Cèdres, près Teniet el Haad.

Eau limpide, fraîche, inodore, non gazeuse, d'une saveur vive, mais aussitôt suivie d'un goût prononcé d'astringence qui rappelle celui de l'encre. Elle dépose à l'air une couche ocreuse; son débit est de 1^{er},26 par minute; il est constant en toute saison; sa température est de 12 degrés; le poids total des sels divers par kilogramme d'eau est de 0^e,095.

Source acidule et ferrugineuse d'Aïn Hamza, à 1.300 mètres de l'établissement thermal de Hammam Rhira.

Eau d'un goût piquant, agréable; son débit, le 9 septembre 1865, était de 27^{er},50 par minute, et sa température de 20^e,50. Cette eau est très-appréciée par les malades de l'établissement thermal de

Hammam-Rhira; elle a été captée dans un réservoir et alimente une fontaine. Elle renferme par kilogramme, 2^e,0464 de sels divers parmi lesquels il y a 0^e,060 de peroxyde de fer.

Sources alcalines et ferrugineuses de l'oued Edjélata, à 11 kilomètres S.-O. de Dra el Mizan.

Il y a trois sources désignées par les Arabes sous le nom de Gazouzes (eaux gazeuses). Elles sont très-agréables à boire, et ont un goût piquant très-prononcé, qu'elles doivent à la présence d'une forte proportion d'acide carbonique; leur température varie de 17^e,50 à 18 degrés; leur débit total est de 5 à 6 litres par minute.

Elles renferment par kilogramme d'eau 4^e,770 de sels divers, parmi lesquels il y a 0^e,740 de carbonate de soude.

Elles sont employées avec succès à l'hôpital militaire de Dra el Mizan.

3^e Province de Constantine.

SOURCE FERRUGINEUSE DES FANAÏA, PRÈS DE BOUGIE.

Source de Hamnam Sidi el Djoudi, dans le Guergour, subdivision de Sétif.

Eau ferrugineuse abondante à la température de 18 degrés, réputée efficace contre les blessures.

Toutes les sources ferrugineuses du troisième groupe sont prises en boissons.

a. Sources minérales du quatrième groupe.

Les eaux minérales les plus remarquables de ce groupe (eaux salines) sont les suivantes :

1^{er} Province d'Oran.

Eau thermale des bains de la Reine, sur le bord de la mer, à 3 kilomèt. d'Oran.

Elle émerge dans une grotte située au pied de djebel Murdjadjo, à 5 ou 4 mètres au-dessus du niveau de la mer; sa température est de 52 degrés; son débit est de 100 litres par minute, et pourrait être augmenté par l'adjonction de plusieurs petites sources analogues à la précédente et qui sourdent dans le voisinage. On trouve par litre d'eau 10^e,223 de sels divers, sur lesquels il y a 7^e,223 de chlorure de sodium. Cette composition chimique donne

à l'eau des bains de la Reine beaucoup d'analogie avec l'eau thermale de Bourbonne ou de Balaruc. Il existe aujourd'hui aux bains de la Reine un établissement particulier de bains fréquenté par les habitants de la ville d'Oran et de la banlieue; les hôpitaux civil et militaire d'Oran y envoient leurs malades pendant une partie de l'année. La proximité de la ville d'Oran, le voisinage du bord de la mer où l'on peut se baigner facilement, le site pittoresque des lieux, tout concourt à assurer à cet établissement thermal un avenir prospère. Nous ajouterons du reste que cet établissement est fort modeste et que c'est là une des conditions essentielles du succès.

Sources thermales d'Hamam Bou Hadjar, situées à 50 kilométr. S.-O. d'Oran.

Elles sont très-remarquables par les grands filons et les cônes de travertin qu'elles ont formés; leur température varie de 53 à 61 degrés; leur débit total est de 12 à 14 litres par minute; mais il serait facile de l'augmenter en faisant des tranchées dans les filons et les cônes indiqués ci-dessus. Ces eaux renferment par litre 5^g,555 de sels divers, parmi lesquels il y a 0^g,130 de carbonate de soude et 2^g,015 de chlorure de sodium; elles ont quelque analogie avec les eaux de Vichy.

Des renseignements authentiques sur les propriétés thérapeutiques des eaux de Hamam Bou Hadjar font complètement défaut; les Arabes tiennent du reste ces eaux en grande réputation, et s'y baignent fréquemment. On a construit à cet effet une petite piscine maçonnée, couverte d'un toit.

La source de Hamam Bou Hadjar est magnifique; elle est entourée de trois côtés d'une suite de collines qui s'élèvent par gradins jusqu'à des altitudes assez élevées. Le Thessala domine au sud tout le pays; du côté nord, une vaste échappée découvre la grande plaine qui entoure la Sebkhah d'Oran. Il est permis de croire qu'un établissement européen se créera un jour en cet endroit. On trouve dans le voisinage des ruines romaines assez importantes.

Source thermale de Sidi Abdli, située sur la rive gauche de l'Isser, à 7 kilomètres E. du village de l'Isser.

Le bouillon principal s'épanche dans un grand bassin de 10 mètres de diamètre, où se trouvent d'autres bouillons moins importants et des émissions d'eau froide qui abaissent la température de l'eau de 2 à 3 degrés. De nombreuses bulles de gaz non

inflammables s'élèvent du fond du bassin, en agitant les sables fins qui s'y trouvent accumulés. L'eau thermale est très-limpide, sans odeur et sans goût particulier; elle ne noircit pas l'argent; sa température est de 58 degrés au bouillon des sources. Au milieu du bassin, il y a 0^m,90 de profondeur d'eau, ce qui en fait une excellente piscine naturelle. On trouve en cet endroit des vestiges de constructions romaines. Le débit des eaux thermales est très-important et s'élève à 40 litres environ par seconde. Ces eaux sont en renom chez les Arabes; ils en font usage notamment dans les affections cutanées et contre les maladies syphilitiques.

Un village de colonisation a été projeté en cet endroit, dont la situation à tous les points de vue ne laisse rien à désirer, et pour lequel un établissement thermal serait une source de prospérité de plus.

Sources thermales de Hamam Bou Hanéfa, situées sur la rive droite de l'oued el Hamam, à 20 kilomètres de Mascara.

On y remarque plusieurs filons liquides dont deux seulement s'écoulent à un niveau convenable pour l'alimentation de l'établissement thermal que l'administration militaire a fait construire en cet endroit.

L'eau des sources est limpide, inodore et incolore; sa saveur rappelle le goût de l'argile; sa température est de 66 degrés.

Le débit moyen est de 16 litres par minute pour les deux sources utilisées.

Le poids total des sels par litre d'eau est de 1^g,45, parmi lesquels il y a 1^g,29 de carbonate de soude.

D'après M. Jullien, pharmacien militaire, les propriétés médicales de ces eaux seraient celles de Bourbonne ou de Luxeuil. On a remarqué l'action bienfaisante des eaux contre la diarrhée et la dysenterie. Les Arabes leur attribuent des propriétés très-actives contre la stérilité.

La réputation déjà établie de ces eaux thermales ne laisse aucun doute sur l'importance future de Hamam bou Hanéfa, surtout si l'on considère la position occupée par l'établissement thermal, entre les riches et fertiles plaines d'Egris et de l'Habra.

Sources thermales de Hamam Sidi Chighr, sur la rive gauche de la Mouilah, à 4 kilomètres N. de Lalla Maghnaia.

Ces eaux dont la température est de 54 degrés, ont un débit assez considérable qui s'élève à 7 litres environ par seconde. Elles toin-

bent dans la Mouilah, le long d'une arcade de 12 à 15 mètres de hauteur verticale, recouverte à l'extérieur d'un réseau de stalactites calcaires qui résultent de l'évaporation des eaux.

Les indigènes se baignent dans ces eaux thermales.

Source thermale de Sidi bel Kheir.

Située sur la rive gauche de la Tafna, à 10 kilomètres N.-E. de Lalla Maghirnia; elle est entourée par un bouquet de 8 à 10 palmiers. Sa température est de 36 degrés, son débit de 7 à 8 litres par seconde. Elle est utilisée pour l'irrigation des terrains environnants.

2° Province d'Alger.

Source thermale du vieux Ténès, située dans le lit de l'oued Allélah.

Sa température est de 50 degrés et son débit de 5 litres par minute. Elle dépose de la glairine. Son bouillon est enfermé dans un marabout en maçonnerie où les Arabes vont se baigner.

Elle renferme par kilogramme d'eau 1^e,655 de sels divers parmi lesquels il y a 0^e,180 de carbonate de soude.

Sources thermales de l'oued Hadjia, situées à 6 kilomètres N.-E. du village de Cherf (cercle de Djelfa).

Leur température varie de 52^e,50 à 56 degrés. Leur débit est de plusieurs litres par seconde. L'eau est limpide, sans odeur, d'un goût légèrement acidulé. Elle renferme par kilogramme 1^e,557 de sels divers, chlorures, sulfates et carbonates. Elle dépose de la glairine.

Par suite d'un barrage en maçonnerie, construit sur l'oued Hadjia, les sources thermales sont noyées et servent aujourd'hui à l'irrigation.

Sources thermales de Hammam Rhira.

Elles sont situées à 16 kilomètres N.-E. de Milianah, sur la rive gauche de l'Oued-el-Hammam. Elles émergent sur un plateau élevé de 240 à 500 mètres au-dessus du niveau de cette rivière. Elles déposent du travertin sur leurs parcours. Ces sources sont très-nombreuses; leur température varie de 56^e,50 à 67^e,50. Leur débit total est de 10^e,46 par seconde; le poids total des sels par kilo-

gramme d'eau varie de 2^e,125 à 2^e,782. Il se compose de chlorures, sulfates et carbonates. Ce sont les sulfates qui dominent.

Autrefois, les sources thermales jaillissaient à un niveau beaucoup plus élevé qu'aujourd'hui, et elles avaient un débit bien plus considérable. Cette diminution de la puissance ascensionnelle et du débit est liée sans doute aux tremblements de terre qui sont très-fréquents à Hammam-Rhira.

Il y a sur place un établissement militaire indigène, récemment créé sur le budget des centimes additionnels de l'impôt arabe. Ce dernier établissement reçoit aussi des européens.

Les eaux de Hammam-Rhira sont efficaces dans un grand nombre de maladies, et notamment pour la cicatrisation des plaies. Elles étaient utilisées autrefois par les Romains, et constituaient la station thermale d'Aquæ calidæ dont on trouve encore aujourd'hui de nombreuses ruines.

Sources thermales de Hammam-Melouan.

Elles sont situées dans la vallée de l'Harrach, à 7 kilomètres S. de Rovigo. Il y a trois sources principales dont la plus importante est celle qui alimente la piscine de Sidi Soliman. Le débit de cette dernière est de 2^e,082 par seconde. Sa température, prise au bouillon, varie selon l'heure de 42 à 44 degrés. Elle est de 41 degrés dans la piscine.

La source de la piscine européenne a un débit de 0^e,75 par seconde, et une température variable de 59 à 59^e,25. Son canal de fuite est couvert d'un dépôt ocracé très-abondant, et que l'on prétend légèrement arsénical. La deuxième source de Sidi Soliman dépose beaucoup moins de matières ocracées.

La troisième source dite source du milieu a une température de 59^e,50 et un débit de 0^e,40 par seconde; elle n'est pas utilisée. Ces trois sources dégagent en abondance des bulles gazeuses formées d'azote mélangé d'une petite proportion d'acide carbonique.

Les eaux thermales de Hammam-Melouan sont des eaux salines proprement dites, et se rapprochent beaucoup par leur composition de l'eau de mer. Ainsi elles renferment par kilogramme 25^e,5500 à 50^e,1190 de sels divers, tandis que l'eau de mer en renferme 34^e,574 (chimie de Regnault). Elles renferment 22^e,1692 à 26^e,6655 de chlorure de sodium, tandis que l'eau de mer en renferme 27 grammes. La différence porte sur les carbonates terreux. L'eau de mer n'en renferme que des traces 0^e,0057, tandis que les

eaux de Hammam-Melouan en renferment une quantité variable de 0°,1350 à 0°,5045.

La salure des eaux de Hammam-Melouan varie légèrement avec les saisons. La quantité totale des sels va en diminuant, à mesure qu'on approche de la fin de la saison sèche.

Les eaux d'Hammam-Melouan ont une très-grande réputation d'efficacité chez les indigènes (musulmans et israélites), pour la guérison des maladies rhumatismales. Elles sont très-fréquentées par eux à certaines époques de l'année. Ils vivent alors sous la tente. Plusieurs européens ont aussi trouvé à Hammam-Melouan la guérison de leurs maux; quelques-uns imitent les indigènes et vivent sous la tente; mais d'autres sont heureux de trouver un abri dans quelques chambres construites par le gardien de la piscine.

La localité d'Hammam-Melouan se trouve placée au fond d'un vaste entonnoir, dans lequel se concentre, pendant l'été et dans le milieu du jour, une chaleur très-considérable qui doit être très-énervante pour des constitutions déjà débilitées par les maladies. Aussi ces eaux ne sont que très-peu fréquentées dans la saison des chaleurs, même par les indigènes. On a pensé à amener par des conduites les eaux thermales, hors des gorges de l'Harrachi, auprès du village de Rovigo placé sur le versant sud de l'Atlas. La distance à faire parcourir aux eaux varierait de 6.500 à 7.500 mètres, selon le point choisi. Or ce transport des eaux présenterait le triple inconvénient d'être très-onéreux, d'altérer la nature chimique des eaux et de diminuer leurs propriétés thérapeutiques. En outre, le voisinage de Rovigo est soumis à l'influence de la fièvre, et peut encourir à juste titre le reproche d'insalubrité que l'on adresse à la localité de Hammam-Melouan. Aussi l'Académie impériale de médecine a condamné en principe le transport des eaux thermales de Hammam-Melouan, et a demandé qu'on cherchât à assainir la localité en y dépensant les sommes qu'exigerait le transport des eaux jusqu'à Rovigo.

Les eaux thermales ont été concédées par arrêté du gouverneur général de l'Algérie en date du 19 juin 1865; mais la concession a été révoquée, parce que le titulaire n'avait rempli aucune des conditions qui lui étaient imposées par le cahier des charges, malgré les diverses prorogations du délai qui lui avaient été accordées.

3° Province de Constantine.

Source thermale de Hammam Nbaïls Nador, située non loin de la route de Guelma à Soukharas.

Eaux très-salines, à la température de 42 à 45 degrés. Il y a plusieurs sources incrustantes dont une intermittente.

La meilleure manière de tirer parti des sources thermales ou minérales de l'Algérie, paraît être de construire des établissements qui coûtent peu et de ne pas chercher à imiter les grands établissements d'eaux minérales d'Europe.

La population européenne assise en Algérie n'est pas assez considérable pour alimenter des établissements thermaux présentant tous les raffinements de luxe et de confortable qui sont aujourd'hui à l'ordre du jour. Quant aux étrangers qui viendraient continuer en Algérie pendant l'hiver un traitement d'eaux thermales commencé en Europe pendant l'été, le nombre ne saurait en être assez grand pour couvrir les dépenses nécessaires à l'entretien des établissements thermaux d'Afrique pendant l'hiver.

L'embouteillage et le pastillage des eaux thermales ou minérales sont des industries qui ont pris en France un très-grand développement. On comprend que de pareilles industries ne peuvent s'appliquer qu'aux eaux minérales dont l'efficacité pour certaines maladies est bien reconnue par une longue expérience. Nous citerons les eaux de Vichy et certaines eaux de la chaîne des Pyrénées qui donnent lieu à un commerce important. En Algérie, les industries de ce genre n'ont pu prendre encore un grand développement, parce que l'efficacité des eaux minérales de l'Algérie n'est pas suffisamment appréciée et reconnue par le public. Plusieurs sources alcalines et ferrugineuses ont donné lieu à l'embouteillage pour la vente des eaux au dehors. Nous citerons entre autres la source d'Arcole aux environs d'Oran, les sources minérales du Frais-Vallon aux environs d'Alger, la source minérale acidule de Mouzaïa-les-Mines; mais le débit jusqu'ici en a été fort peu considérable.

Quant au pastillage, c'est-à-dire à la fabrication des pastilles avec le résidu de l'évaporation des eaux minérales, il n'a pu se faire encore en Algérie. L'efficacité de nos eaux thermo-minérales doit nécessairement être consacrée par une longue expérience, avant que l'industrie du pastillage appliquée à ces eaux ait quelques chances de succès.

Il est bien difficile de dire, parmi les nombreuses sources minérales de l'Algérie, quelles sont celles qui sont similaires des sources minérales si variées de la France. Les analyses chimiques manquent encore pour un grand nombre de nos sources. Du reste, ces analyses ne suffisent pas toujours pour se prononcer sur le rôle qu'une source minérale peut jouer dans la thérapeutique. Ainsi la chaîne des Pyrénées renferme un très-grand nombre de sources thermales sulfureuses, dont les compositions chimiques diffèrent très-peu, et dont cependant les propriétés curatives sont très-variables. Des faits analogues se reproduisent nécessairement en Algérie. Il paraît donc plus prudent de laisser à l'expérience de nos médecins le soin de faire connaître le rôle thérapeutique spécial, que chacune de nos sources minérales peut remplir.

CHAPITRE IV.

SONDAGES ET RECHERCHES D'EAU EN ALGÉRIE.

Les recherches d'eaux potables et d'eaux d'irrigation ont une grande importance en Algérie, où l'on trouve souvent de vastes espaces complètement dépourvus d'eau à la surface. On sait combien le sol de l'Algérie est fertile, lorsque l'action de l'eau vient s'ajouter à celle du soleil; mais sans eau, les rayons brûlants du soleil dessèchent la terre qui devient alors d'une stérilité désolante: aussi, de tout temps, les populations qui ont occupé le sol de l'Algérie ont-elles recherché avec ardeur les moyens de ramener à la surface du sol l'eau que recèlent les couches plus ou moins profondes des terrains. Plusieurs moyens très-différents les uns des autres ont été employés selon les localités. Ainsi dans l'oued Rhir et à Ouargla, les indigènes font depuis un temps immémorial des puits artésiens qui ont de 40 à 60 mètres de profondeur. On exécute ces puits artésiens comme des puits ordinaires, on leur donne une section carrée de 1 mètre environ de côté, et l'on a soin de soutenir avec des cadres en bois de palmier refendu les parties ébouleuses des parois. Lorsque le mineur est arrivé tout près de la nappe et qu'il suffit de frapper un dernier coup de pic pour donner issue à l'eau jaillissante, il se fait

attacher sous les aisselles à l'aide d'une corde, et on le remonte avec rapidité, dès qu'il a fini son œuvre; mais souvent l'eau jaillissante se précipite avec une telle violence dans la nouvelle issue qui lui a été ouverte, que le mineur est asphyxié, et l'on ne remonte au sol qu'un cadavre; d'autres fois l'art du mineur indigène est arrêté devant l'affluence des eaux d'infiltration, ou devant la dureté de la roche; et l'on doit abandonner un puits creusé à grands frais, lorsqu'il ne reste que quelques mètres à faire pour arriver jusqu'à l'eau jaillissante. L'introduction de la sonde dans l'Oued-Rhir a donc été un véritable bienfait pour ces populations laborieuses et tranquilles. Les dangers d'exécution ont disparu, et la sonde a eu facilement raison de la dureté de toutes les roches de cette région.

Dans les oasis plus reculées de l'empire du Maroc, la nature perméable du sol a donné lieu à un autre genre de travaux. On creuse dans le terrain qui domine la plaine qu'on veut arroser des puits verticaux séparés par une distance de 8 à 10 mètres d'axe en axe. On réunit le fond de tous ces puits par une galerie presque de niveau et d'où s'échappe un cours d'eau plus ou moins considérable, selon la perméabilité du sol, la quantité de pluie tombée dans l'année, et le développement donné aux travaux souterrains. La galerie reçoit dans le pays le nom de Foggara.

Des travaux semblables ont été exécutés avec succès par les maures de Tlemcen, et pourraient être entrepris en d'autres points de l'Algérie. A Alger, les maures se sont procuré de nouvelles sources ou ont augmenté le débit de sources existantes, en exécutant des galeries à la séparation d'une couche d'argile imperméable, et des terrains qui la recouvraient. Ce système a été appliqué en plusieurs points du Sahel, pour donner aux centres européens l'eau d'alimentation qui leur faisait défaut.

On a multiplié de tous côtés les puits ordinaires; et lorsque la déclivité du terrain le permettait, on a exécuté, à partir du fond des puits, une galerie débouchant au jour et donnant ainsi écoulement à une source; d'autres fois il a suffi d'exécuter une galerie de niveau recoupant une série de couches perméables pour se procurer ainsi de l'eau en abondance. C'est ce qui a été fait à la smala de Berouaguia et dans le ksar de Chellala (province d'Alger).

L'administration algérienne a fait exécuter de nombreux sondages dont la plus grande partie a été couronnée de succès. On voit par là que l'on peut employer en Algérie des moyens très-variés de se procurer des eaux. Indigènes et européens ont été forcés par les circonstances climatériques de l'Algérie, de recher-

cher les moyens les plus simples ou les plus efficaces de se procurer l'eau qui leur faisait si souvent défaut, et l'on peut affirmer que de part et d'autre, l'on a obtenu des résultats très-satisfaisants.

Nous allons donner quelques détails sur les sondages exécutés dans les trois provinces.

1° Province d'Oran.

Trois grands sondages ont été exécutés dans cette province, pendant ces dernières années.

Le premier a été foré à l'extrémité occidentale du grand lac d'Oran, à 3 kilomètres N.-E. du village d'Er Rached. Il a été suspendu à la suite d'un accident à la profondeur de 383^m, 65 (1). On n'a pas encore trouvé d'eau jaillissante.

Le second a été creusé, dans la plaine d'Éghris, auprès de Mascara. Il a été abandonné à la profondeur de 256 mètres, sans qu'on ait trouvé d'eau jaillissante.

Le troisième a été creusé à Mou-el-Guetouta, dans la région des steppes, à l'ouest du bassin du Zahrez Rharbi. Il a été suspendu à la profondeur d'environ 150 mètres, par suite de l'insurrection de 1864 : il n'a rencontré aucune nappe jaillissante.

Les sondages de la province d'Oran sont exécutés par des ingénieurs de la maison Degousée et Ch. Laurent, sous la direction du service des mines de cette province.

La province d'Oran est celle où il tombe le moins de pluie et par suite celle qui a le plus besoin d'eaux d'irrigation. Il est à désirer que les nouveaux essais qui seront tentés, amènent des résultats plus heureux que ceux obtenus jusqu'à ce jour.

2° Province d'Alger.

Vingt-deux sondages ont été exécutés par le service des mines de la province d'Alger dans la plaine de la Mitidja et le Sahel. La plupart ont donné des eaux jaillissantes qui sont d'une grande ressource, soit pour l'irrigation des terres, soit pour l'alimentation domestique. Le bassin de l'Oued-el-Aleug est celui qui donne les

(1) Ce sondage est aujourd'hui, 25 août 1869, à la profondeur de 552 mètres et n'a pas encore donné d'eau jaillissante.

plus beaux débits. Ceux-ci varient de 20 à 50 litres par seconde.

Six sondages ont été exécutés dans la région des steppes. Deux seulement ont donné de l'eau jaillissante. Le débit le plus considérable est celui d'Aïn Malakoff qui débite 7 litres environ par seconde à la profondeur de 81 mètres. Le sondage de Chabounia a été poussé dans la plaine du Haut-Chelif à la profondeur de 380^m, 18, et n'a rencontré que des eaux ascendantes de qualité médiocre.

Le premier matériel employé dans la province d'Alger a été fourni par M. Kind. Il a été modifié plus tard et complété par les outils ordinaires destinés à attaquer les terrains tendres par rotation, à des profondeurs qui ne dépassent pas 60 à 80 mètres.

MM. Saury et Clément Purtschet, maîtres-sondeurs, employés dans la province d'Alger, ont inventé chacun de leur côté un outil à chute libre, d'une grande simplicité et qui remplace avec avantage l'outil à chute libre de Kind.

L'outil de M. Saury a été décrit dans les *Annales des mines*, 6^e série, tome V, pages 345 et suivantes.

L'outil de M. Cl. Purtschet a été décrit dans les *Annales des mines*, 6^e série, tome IX, 2^e livraison de 1866.

La grande sécheresse de l'hiver de 1866 à 1867 a diminué beaucoup le débit des sources ordinaires; aussi plusieurs sondages seront exécutés en 1867, pour trouver des eaux ascendantes, sinon jaillissantes jusqu'au niveau du sol, et qui seront destinées à l'alimentation publique.

Pour encourager l'exécution des sondages, l'administration accorde aux colons à titre de subvention la fourniture gratuite des tubes de retenue en tôle nécessaires pour maintenir les parois du trou de sonde, et le prêt du matériel de sondage appartenant à l'État.

3° Province de Constantine.

De nombreux sondages ont été exécutés dans le bassin du Hodna et dans l'oued Rhir (province de Constantine). Ces derniers qui ont une profondeur moyenne d'environ 68 mètres, et dont le nombre est d'environ 80, ont donné la plupart des volumes d'eau considérables, qui dans quelques-uns s'élèvent à 50 litres par seconde. Plusieurs de ces sondages ont rappelé à la vie des oasis qui étaient envahies par les sables, et dont les habitants auraient été obligés de se disperser dans un avenir peu éloigné.

Dans le Hodna, les sondages ont une profondeur moyenne d'environ 131 mètres, et sont au nombre de 20 environ. Les sources

jaillissantes ont un débit qui est en général moins considérable que dans l'oued Rhir.

Tous ces sondages ont été exécutés avec le matériel fourni par la maison Degousée et Ch. Laurent. Ils ont été dirigés, soit par des officiers de l'armée, soit par M. Jus ingénieur de la maison Degousée.

Dans le Tell de la province, il n'a pas encore été fait de sondages pour la recherche des eaux jaillissantes.

Paris, le 7 juillet 1867.

La situation des mines a peu changé depuis la date de la rédaction de cette notice; quant aux sondages, ils ont été continués dans les trois provinces.

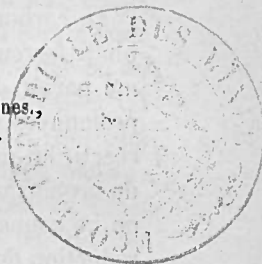
L. VILLE.

Alger, le 16 Juillet 1869.

EXAMEN

DU PROCÉDÉ HEATON.

Par M. L. GRUNER, inspecteur général des mines,
Professeur de métallurgie à l'École des mines.



INTRODUCTION.

1. Tout le monde connaît les défauts des grosses pièces de fer produites par soudage. Aux barres soudées, qui manquent d'homogénéité, on cherche à substituer du fer ou de l'acier en lingots.

Les procédés Bessemer et Martin fournissent ces lingots homogènes, le premier en affinant la fonte par l'air seul, le second en faisant réagir du fer doux sur la fonte. Mais les deux méthodes supposent des fontes *pures*, et sont par ce motif d'une application limitée. Obtenir aussi de l'acier fondu, ou du fer homogène, avec les minerais communs, voilà, pour le moment, le grand desideratum de toutes les personnes qui travaillent le fer.

Les deux éléments qui nuisent le plus à la ténacité du fer, ou du moins ceux qui souillent le plus souvent les minerais communs, ce sont le phosphore et le soufre. Enlever ces deux substances, soit aux minerais, soit à la fonte, tel est le problème qu'il s'agit de résoudre.

Le soufre, on le sait, n'est pas en général difficile à éliminer; les meilleurs minerais de Suède sont pyriteux et donnent, malgré cela, d'excellents fers. Il suffit de les griller avec soin, puis de les traiter, au haut fourneau, avec excès de castine et, au besoin, avec addition de manganèse.

La difficulté est plus grande lorsqu'il s'agit d'enlever le phosphore. L'extraire du minerai même ne paraît pas im-

possible, théoriquement parlant, du moins dans le cas le plus fréquent où cet élément s'y trouve à l'état de phosphate de fer.

Le carbonate de soude décompose à la longue le phosphate ferreux. Mais si le procédé est possible en théorie, il me paraît difficile à pratiquer en grand. Les lixiviations prolongées d'aussi grandes masses, sans parler du prix du réactif lui-même, causeraient des embarras et des frais hors de proportion avec le bas prix actuel des fers. D'autre part, on ne connaît aucun réactif qui puisse empêcher, lors de la réduction des minerais, l'union du phosphore et du fer. On est donc amené à tenter la déphosphoration de la fonte elle-même. On y parvient partiellement, soit dans le puddlage, soit dans le mazéage, mais à la condition d'opérer toujours sous un bain de scories *basiques*. Dès que les scories renferment 40 p. 100 de silice, les bases ne retiennent plus l'acide phosphorique; il se reforme sans cesse du phosphore de fer. C'est ce qui arrive dans la cornue Bessemer et dans le réverbère Martin, où les scories, grâce à la température élevée et aux parois argileuses des appareils, sont toujours extrasiliceuses. S'il n'en est pas ainsi au four à puddler et même dans le feu de finerie, il faut surtout l'attribuer aux parois *métalliques refroidies* de ces appareils qui permettent la formation de scories à la fois basiques et suroxydées. Au four à puddler, la déphosphoration est en outre facilitée par les garnitures de la sole et du cordon qui fournissent aux scories du peroxyde de fer: Dans le feu de finerie, l'action réductrice du coke est plus que compensée par la vive action du vent qui, non-seulement agit directement sur la fonte, mais encore suroxyde sans cesse le protoxyde de fer de la scorie, et la rend, par cette double action, plus ou moins basique. Cette influence des parois des fours sur la déphosphoration de la fonte, vient d'être confirmée de nouveau par des essais faits à Königshütte en Silésie. Un appareil Bessemer fut établi dans cette usine en 1865. On

essaya d'y traiter les fontes du pays qui sont plus ou moins phosphoreuses. Le produit obtenu put se laminer, se marteler, se souder, mais il ne put résister à froid aux essais de rupture par le choc; on dut renoncer à s'en servir pour bandages, essieux, etc.; mais on reconnut qu'on eût pu en faire des rails (*). On chercha donc à se débarrasser du phosphore par un mazéage préalable; on choisit pour cela le four à gaz bien connu de M. Eck. C'est, comme on sait, un four à réverbère à sole concave, chauffé au gaz et pourvu de tuyères qui projettent directement plusieurs jets de vent sur le bain de fonte. La fonte, soumise à l'essai, contenait un demi p. 100 de phosphore (0,00497). Un premier essai, pris immédiatement après la fusion proprement dite, donna 0,00514 de phosphore; un second, pris à la suite de trois heures de finage, 0,00570. Comme dans l'appareil Bessemer, le phosphore se concentra donc en entier dans le métal finé, et cela en proportion du déchet causé par le mazéage. M. Wedding, qui rend compte de ces expériences, ne donne pas la composition de la scorie produite, mais il est évident qu'elle a dû être *siliceuse*, comme les scories que fournit le procédé Martin; et l'on ne peut remédier à cet état de choses par des additions de fer oxydé, car, si la température est élevée, l'oxyde est rapidement réduit par la fonte, ou scorifié par les parois du four. La nature argilo-siliceuse de la sole et des parois empêche complètement l'élimination du phosphore. C'est aussi, pour le rappeler en passant, le défaut capital des soles *en sable* des anciens fours à puddler.

Au mazéage on substitua alors le puddlage proprement dit, mais on eut le tort de puddler *chaud* (dans un four de fer à grains), au lieu d'appliquer le puddlage *sec*. Aussi le fer brut retint-il encore 0,001 de phosphore, ce qui est trop

(*) *Journal des mines de Prusse*, tome XIV, p. 155. — Mémoire sur la déphosphoration de la fonte, par M. le D^r Wedding.

pour du bon acier Bessemer. Le fer brut ainsi obtenu fut néanmoins refondu au cubilot, selon la méthode du Dr Parry, et le métal, recarburé par cette refonte, directement coulé dans la cornue Bessemer. L'opération ainsi conduite n'est pas impraticable; toutefois la fonte manque de silicium, et les frais sont trop élevés. Le procédé Parry n'est réellement possible, eu égard aux frais, que si le phosphore est éliminé par voie de *mazéage* ou de *finage*, ainsi que je le proposais dans mon mémoire sur l'acier, en 1867 (page 106); mais ce mazéage, comme je le disais alors, doit se faire *sous une couche de scories basiques*.

Notre savant maître, P. Berthier, a prouvé depuis longtemps que cette épuration est réalisée, *d'une façon au moins partielle*, dans le finage anglais (*Traité de la voie sèche*, tome II, p. 289. Analyse d'une scorie de finesse de Dudley), et le fait a été mis hors de doute, en 1855, aux forges de Decazeville, par M. Thomas, ancien élève de l'École des mines de Paris (*). Il est certain néanmoins qu'il vaudrait mieux encore tenter la déphosphoration dans un réverbère, hors du contact du combustible; seulement il faudrait disposer ce réverbère à la façon des fours à puddler, avec une sole et des parois en fonte, convenablement refroidis et garnis d'oxyde de fer. C'est ce qu'a essayé tout récemment un maître de forges anglais, M. Samuelson de Bambury (brevet du 31 décembre 1868). Le four est muni d'une sole en fonte garnie de riblons. Pour faciliter la coulée du métal finé, la sole est rendue mobile; elle peut pivoter autour d'un axe horizontal et s'incliner vers les lingotières. La sole est renouvelée, ou du moins réparée, toutes les huit charges, par une addition de 50 kilogrammes de riblons neufs. La fonte, refondue au réverbère, ou amenée directement du haut-fourneau, est soumise à la réaction du fer oxydulé riche,

(*) Mémoire sur l'affinage de la fonte, par M. Thomas. *Annales des mines*, 5^e série, tome III, p. 453 (1855).

employé seul, ou de concert avec une dose plus ou moins forte de sel marin. Le métal, ainsi épuré, est ensuite puddlé à la façon ordinaire, ou transformé en acier fondu dans un réverbère Martin-Siemens. Le brevet affirme que 1.000 kilogrammes de fonte, affinée par 150 kilogrammes d'oxyde magnétique, d'une teneur de 58 p. 100 de fer, donnent 965 à 1.025 kilogrammes de fine-métal; que la teneur en phosphore, en traitant la fonte du Cleveland, est ramenée de 0,012 à 0,004, et que le fer en barres, obtenu par puddlage ordinaire de ce fine-métal, ne retient plus que 0,0010 de phosphore et 0,0005 de silicium. Ce résultat, tout incomplet qu'il est, confirme cependant de nouveau la possibilité d'une *déphosphoration au moins partielle* par voie de finage, lorsque le four et le bain de scories remplissent les conditions ci-dessus formulées. Mais, pour arriver à une épuration plus avancée, il faut des réactifs plus énergiques que l'oxyde de fer; il faut de l'oxyde de manganèse et des matières alcalines. On sait, au reste, que ces réactifs furent essayés à diverses époques; dans le mémoire ci-dessus cité de M. Thomas, il est question de chaux et d'oxyde de manganèse, employés dans les fineries de la forge de Decazeville. On constata dans ces essais que les deux substances favorisent l'élimination du soufre, du phosphore et du silicium; mais rappelons à ce sujet que si le phosphore a été enlevé d'une façon énergique, et si les scories tenaient 4 et 5 p. 100 d'acide phosphorique, c'est uniquement grâce à leur état basique. La proportion de silice n'y était pas supérieure à 50 p. 100; c'est du reste aussi la teneur en silice des scories phosphoreuses de Dudley ci-dessus mentionnées d'après Berthier.

On connaît encore, comme agent épurateur, la poudre du docteur Schafhäütl, de Munich, composée de sel marin et de peroxyde de manganèse, et longtemps employée dans le puddlage pour acier. Vers la même époque, dans mon *Cours lithographique de métallurgie de l'École des mineurs*

de Saint-Étienne, 1841 (page 191), je proposai, pour l'épuration des fontes, l'emploi du tartre brut et des carbonates alcalins. Plus tard, MM. Fontaine et du Motay recommandaient, dans le même but, les hypochlorites (*). Mais tous ces réactifs sont difficiles à employer dans les fours à réverbère; leur légèreté relative et leur volatilité rendent la réaction très-imparfaite. Le contact entre ces matières et la fonte est purement superficiel, le brassage de l'ouvrier puddleur ne saurait y remédier d'une façon suffisante. Rendre ce contact plus intime, tel est le but qu'il s'agit de réaliser. Parmi les tentatives, faites en Angleterre dans cette voie, nous devons citer celles de M. Korshunoff, et plus particulièrement le procédé si simple de M. Heaton. M. Korshunoff, jeune ingénieur russe établi à Birmingham, a pris en Angleterre un premier brevet le 26 septembre 1865, et un second le 10 novembre 1866. Il propose divers appareils qui ont tous pour but de faire réagir sur le fer ou la fonte plusieurs réactifs, les uns carburants, les autres oxydants, tels que les huiles minérales, les vapeurs nitreuses, quelques sels, l'acide chlorhydrique, etc. Mais ces appareils sont tous assez compliqués, et me semblent ne devoir remplir qu'imparfaitement le but proposé. Celui auquel M. Korshunoff paraît attacher le plus de prix est une sorte de cornue Bessemer, peu haute, disposée de façon à pouvoir fonctionner comme four de puddlage lorsqu'elle est couchée horizontalement. On commence le travail comme dans l'appareil Bessemer, sauf à ajouter, mêlés au vent, les divers réactifs, gazeux, liquides ou solides, que je viens de nommer; puis on achève le travail en soumettant le métal ainsi raffiné au puddlage ordinaire. Le produit serait, par suite, une *loupe* et non un *lingot*; c'est un pas rétrograde,

(*) En Angleterre, M. Knowles prit, en 1851, un brevet (n° 1921) pour l'emploi, dans le puddlage, de divers réactifs, tels que les nitrates, et plusieurs autres sels de soude, de chaux, etc.

lorsqu'on compare ce mode de travail aux procédés Bessemer et Martin; et, quant à l'épuration par les réactifs chimiques, les mémoires ou brochures, publiées par l'inventeur, ne citent aucune expérience tendant à établir l'efficacité des moyens proposés.

Les brevets anglais de M. Heaton sont du 17 mars 1866 (n° 798) et du 3 mai 1867 (n° 1295). M. Heaton se sert spécialement de nitrate de soude, sans exclure cependant d'autres réactifs; mais ce qui caractérise spécialement le procédé, c'est l'artifice ingénieux qui fait passer les éléments du nitrate, en jets minces, au travers de la fonte, de façon à multiplier les points de contact.

On pourrait se demander si ce contact intime ne pourrait pas être réalisé aussi dans l'appareil Bessemer par voie d'insufflation, puisqu'à Neuberg, en Styrie, on a pu insuffler avec succès du poussier de charbon (*). On pourrait, en effet, injecter ainsi, comme le propose au reste M. Korshunoff, divers sels alcalins, tels que les nitrates, carbonates, etc.; et c'est là aussi le but d'un récent brevet de M. Bessemer lui-même (pris le 31 décembre 1868). Mais dans les conditions où fonctionne l'appareil Bessemer, je crois pouvoir affirmer que l'épuration, au point de vue du phosphore, serait tout à fait illusoire. La base alcaline s'emparerait de la silice, et laisserait libre l'acide phosphorique qui serait de nouveau réduit par le fer; d'autre part, si, pour y remédier, on augmentait la proportion de base, pour ramener la scorie à 50 p. 100 de silice, on entamerait infailliblement les parois de la cornue. A ces hautes températures, les garnitures réfractaires ne résistent pas à l'action corrosive des scories basiques, les seules, je le répète, qui permettent l'expulsion efficace du phosphore sous forme de phosphates.

(*) Voir la notice de M. Clérait, dans le tome XV des *Annales des Mines*, page 289.

PROCÉDÉ HEATON.

2. L'épuration de la fonte, par le procédé Heaton, est fondée sur la réaction, à la fois oxydante et basique, du nitrate de soude. L'acide nitrique oxyde de silicium, le phosphore, le soufre; la soude s'empare des acides ainsi formés, et les soustrait à l'action réductrice du fer. Ces réactions sont complètes; mais la difficulté, en opérant sur de grandes masses, est d'arriver à un contact assez intime de la fonte et du nitrate, pour produire une épuration efficace, sans pourtant amener une action trop vive, qui pourrait occasionner de violentes explosions.

M. Heaton a essayé successivement diverses dispositions qu'il me paraît inutile de passer en revue. Il suffit d'indiquer celle à laquelle il s'est arrêté, et qui a le grand mérite d'être simple et peu coûteuse.

L'appareil se compose d'une cuve cylindrique à creuset mobile, sorte de cubilot sans tuyères, dans lequel on coule la fonte à épurer (Pl. I, fig. 5 à 9). En Angleterre on l'appelle *converter*, comme la cornue Bessemer. Le creuset mobile est un chaudron cylindrique en tôle, pourvu de deux tourillons, qui permettent de le saisir à l'aide d'un levier fourchu, porté sur deux roués; on peut ainsi, pour chaque opération, l'enlever et le remettre en place à volonté. L'intérieur du chaudron est garni de briques, ou de pisé réfractaire, disposé en forme de bassin hémisphérique. Le creuset et la cuve, pourvus de brides, peuvent être assemblés pour chaque opération, à l'aide de crampons et de cales en fer; la cuve elle-même est revêtue de briques et surmontée d'une cheminée comme un cubilot. Au haut de la cheminée se trouve un chapeau en tôle, destiné à rabattre les matières incandescentes, qui pourraient être projetées par le fait de la déflagration trop vive du réactif nitreux. La fonte est versée dans la cuve par une sorte de bec ou de

tubulure latérale, que l'on peut fermer à volonté au moyen d'un clapet en tôle ou d'une simple brique. Les dimensions varient avec le poids de fonte que l'on se propose de traiter par opération; l'usine de Langley-Mill renferme quatre *convertors*, deux petits et deux grands. Les premiers reçoivent des charges de 7 à 800 kilogrammes; les grands, un poids double. Mais ce n'est pas là une limite supérieure, on peut les agrandir à volonté comme les cornues Bessemer, et, comme dans ces dernières, à cause de la chaleur absorbée par les parois de l'appareil, l'opération, entre certaines limites, est d'autant plus régulière que la masse de fonte est plus forte; l'opération réussit cependant encore avec des appareils dont la charge n'est que de 100 kilogrammes. Les convertors pour 7 à 800 kilogrammes ont un diamètre intérieur de 0^m,75 et un creuset dont la profondeur est de 0^m,50 à 0^m,55. La distance de la tubulure de coulée au fond du creuset est de 1^m,30 et celle de cette même tubulure au sommet de la cuve, de 0^m,90. Au-dessus vient une simple gaine en tôle, légèrement conique, dont la hauteur dépend de celle de la toiture de l'usine.

Les grands appareils pour 1.500 kilogrammes ont une cuve dont le diamètre intérieur mesure 1 mètre, et la hauteur, depuis la tubulure de coulée jusqu'au fond du creuset, 1^m,90 à 2 mètres.

La fonte que l'on veut épurer peut être prise directement au haut fourneau, et en réalité on devrait toujours opérer ainsi, à moins d'adopter la modification dont je parlerai vers la fin de ce mémoire. C'est le cas de l'usine de Stanton, située entre Langley-Mill et Trent, sur le chemin de fer de l'Erewash-Valley; tandis qu'à Langley-Mill même, où il n'y a pas de haut fourneau, on refond la fonte dans un cubilot ordinaire(*). Mais cet établissement est une simple usine d'essai, qui ne peut servir de modèle comme installation.

(*) M. Heaton a fait construire, pour ses deux grands conver-

L'invention de M. Heaton consiste surtout dans la disposition spéciale de la boîte à nitrate. Pour que ce sel ne soit attaqué par la fonte en fusion que d'une façon *graduelle*, il faut qu'il soit fortement comprimé dans le creuset mobile et, en outre, protégé par une cloison perforée. Si le jet de fonte tombait directement sur le nitrate, elle l'entamerait immédiatement dans toute son épaisseur; l'action serait des plus vives au premier instant, et bientôt le sel alcalin surnagerait sans réagir efficacement sur les divers parties du métal à épurer. Pour éviter cela, on place, dans le creuset, sur le nitrate tassé, la cloison perforée dont je viens de parler; c'est une plaque mince de fonte ou de tôle, percée d'un très-grand nombre de trous de 0,010 à 0,015 de diamètre. M. Heaton se sert habituellement d'une plaque en fonte de 0^m,020 à 0^m,025 d'épaisseur, mais une feuille de tôle de quelques millimètres me semble plus commode et réussit mieux dans le petit appareil d'essai pour 100 kilogrammes que M. Sharpe vient de faire établir à la Villette (Paris). Pour empêcher l'irruption trop vive de la fonte, on assujettit le disque perforé au moyen de cales en fer ou en briques. On place ces cales entre la plaque et deux barres de fer plat, posées en travers sur le haut du creuset et pincées entre la bride saillante de ce dernier et la cuve. En outre, pour éviter toute fuite, on garnit le joint, entre le creuset et la cuve, au moyen de sable argileux légèrement humecté; enfin on place, pour relier le tout, les crampons et les cales.

Lorsque l'appareil est ainsi disposé, il est prêt à recevoir la fonte qu'il s'agit d'épurer.

Ayant assisté à une douzaine d'opérations, je vais en in-

tors, un cubito spécial dans lequel le vent est amené par simple *aspiration* comme dans les fours de *Gran-tiro* d'Espagne. La fusion paraît se faire facilement, mais sous le rapport du déchet et de la consommation, ce mode de fusion doit, ce me semble, laisser à désirer.

diquer d'abord la marche générale; je ferai connaître ensuite les résultats fournis par les fontes de la Moselle; puis je citerai les analyses qui permettent d'apprécier le degré d'épuration qu'il est possible de réaliser à l'aide de ce procédé (*).

3. Le réactif dont se sert M. Heaton est essentiellement le nitrate de soude du Pérou, mais il y ajoute habituellement une certaine proportion de sable quartzeux, et parfois aussi de la chaux, du peroxyde de manganèse, du spath fluor, etc. Nous verrons que de plus souvent le sable quartzeux et la chaux sont plus nuisibles qu'utiles, mais que l'on peut, avec avantage, associer au nitrate du peroxyde de manganèse, du carbonate de soude, du sel marin, etc. M. Heaton a, du reste, reconnu lui-même les inconvénients de la chaux; il se contente maintenant en général de 6 à 12 parties de nitrate par 100 de fonte et de 1 à 1 1/2 p. 100 de sable quartzeux. Les deux matières sont intimement mélangées, puis fortement tassées dans le creuset froid préalablement desséché.

Le nitrate est employé tel qu'on le rencontre dans le commerce; il renferme 5 à 6 p. 100 d'eau et 3 à 4 p. 100 de matières étrangères. Un échantillon que j'ai rapporté de Langley-Mill a donné, au laboratoire de l'École des mines :

Eau.	5,88
Sable.	0,28
Sulfate de chaux.	0,22
Chlorure de sodium.	2,75
Nitrate de soude pur.	90,89
	100,00

(*) J'ai visité l'usine de Langley-Mill, en décembre 1868, en société de M. Sharpe, ingénieur anglais, représentant de M. Heaton en France, de M. le baron d'Adelswärd fils et de M. Thiéblemont, ingénieur de la maison de Wendel. Nous nous rendîmes tous quatre à Langley-Mill, spécialement en vue des essais auxquels on devait soumettre les fontes de la Moselle.

On y a cherché l'acide phosphorique ; il en contient de simples traces. D'après cela, 100 de nitrate brut renferment 33,27 de soude, ou plutôt 54,7, si l'on y comprend celle qui s'y trouve à l'état de chlorure de sodium.

La fonte à épurer est percée, du haut fourneau ou du cubilot, dans un chaudron de coulée de capacité connue, donnant le poids sur lequel on opère. A l'aide d'une grue, ou d'un chemin de fer suspendu, on amène le chaudron sur la tubulure de coulée, et on verse la fonte, par cette ouverture, dans le convertor. Si celle-ci est chaude et fluide, la réaction commence aussitôt. La plaque perforée laisse passer la fonte, le nitrate est graduellement attaqué ; les gaz oxydants, mêlés de filets de soude, s'élèvent au travers du bain de fonte, et déterminent ainsi une ébullition plus ou moins vive, qui va parfois jusqu'à faire trembler l'appareil, et se manifeste en tout cas par un bruit pareil à celui d'une cornue Bessemer de faibles dimensions.

Pendant toute la durée de l'opération, des vapeurs denses se dégagent en abondance par le haut de la cheminée. A l'origine elles sont blanches, puis jaune orange ou grises, selon les fontes, et finalement presque noires. A ce moment, si l'opération est un peu vive, les vapeurs s'enflamment au haut de la cheminée et y brûlent pendant quelques instants, avec une flamme jaune des plus intenses (*). Lorsque la réaction est moins vive, les gaz ne brûlent qu'à l'intérieur : alors des jets de flamme s'échappent assez souvent avec force par les joints de la tubulure de coulée. Lorsque la réaction est plus vive encore, ou lorsque la fonte n'est pas assez fluide, il peut aussi se produire, comme dans l'appareil Bessemer, quelques projections ; ce sont des scories rouges et des jets de fonte, accompagnés d'étincelles, mais

(*) Les gaz s'enflamment presque toujours à Langley-Mill, tandis que dans le petit appareil de la Villette, la chaleur n'est pas assez vive au haut de la cheminée pour que les vapeurs puissent y brûler.

il n'y a jamais de détonations proprement dites. Dans certaines opérations, la marche est d'abord languissante, l'attaque semble presque nulle ; puis tout à coup la réaction se manifeste avec force, il y a combustion et projections vives. Cette allure par soubresauts provient, sans nul doute, de ce que la plaque perforée éclate ou se fend sous l'action de la chaleur et laisse alors passer la fonte avec trop de violence. Cet accident se manifeste, en effet, lorsque la plaque est mal assujettie ou formée de fonte par trop cassante. Sous ce rapport, une feuille de tôle de 5 à 4 millimètres est certainement préférable à une plaque en fonte (*).

La durée entière de l'opération varie de deux minutes et demie à cinq. Il en est cependant qui vont à huit ou dix minutes, lorsque la fonte est très-peu chaude et ne peut franchir la plaque perforée dès le début de l'opération. La période de flamme vive, au haut de la cheminée, dure au maximum une à deux minutes. Dès que la flamme a disparu, les vapeurs s'éclaircissent et passent rapidement du noir au gris clair, puis au blanc. On peut alors ouvrir la trappe qui ferme la tubulure, et l'on peut observer sans danger le métal, en ébullition faible, au fond de l'appareil. Il en sort des jets de flamme jaune, et l'on peut constater avec un ringard le degré de chaleur et de fluidité du produit affiné. Ces deux éléments, la chaleur et la fluidité, varient surtout avec la nature chimique de la fonte. Nous verrons que les fontes siliceuses développent en s'affinant, comme dans l'appareil Bessemer, une chaleur très-grande. En tout cas, lorsqu'on opère sur des charges de plus de 500 kilogrammes, le métal épuré semble assez fluide pour être coulé en gueusets ou lingots, si le creuset du convertor était pourvu d'un trou de percée. Cela ne

(*) Dans le petit appareil de la Villette, où l'on opère sur 100 kilogrammes, la fonte tend à se figer dans les trous de la plaque, lorsque celle-ci n'est pas en tôle mince.

se fait pas à Langley-Mill, et au fond il n'y aurait aucun profit à le faire, car le lingot serait entièrement boursoufflé, à cause des gaz qui persistent à se dégager en abondance tant que le métal est encore pâteux ; mais ce point n'en est pas moins important à noter, car il permettrait d'amener directement le métal épuré dans un autre four pour en achever l'affinage.

A Langley-Mill, on laisse le métal se figer dans le creuset même. Lorsque le bouillonnement a sensiblement diminué et que la masse commence à s'épaissir, on enlève les crampons, on retire le creuset de dessous la cuve, à l'aide du chariot à deux roues ci-dessus mentionné, et dès que le métal est complètement figé, on renverse le tout sens dessus dessous sur le sol dallé de l'usine. Avec des crochets on sépare la scorie du métal figé, et on concasse ce dernier à coups de maillet. A ce moment même on voit encore se dégager de la masse incandescente d'abondantes flammèches jaunes.

Après refroidissement complet, le métal épuré est plus ou moins tenace ou aigre, selon les proportions de nitrate employés et la nature primitive de la fonte. La masse est boursoufflée comme une éponge grossière ; elle ressemble au fer à demi affiné que l'on soulève du fond d'un foyer comtois, à l'origine de la deuxième période, pour le soumettre au *travail* proprement dit. Dans les cassures fraîches, le métal est blanc, semi-cristallin, ou plus ou moins grenu, selon le degré de décarburation ; les bulles sont parfois irisées ou même tapissées d'une croûte noire quelque peu scoriacée. En tout cas, comme le prouvent le grain et surtout les analyses, la masse est loin d'être homogène ; certaines parties sont presque du fer ou de l'acier sauvage, le *Wildstahl* des Allemands, qui peut se marteler, tandis que d'autres se rapprochent davantage de la fonte à demi affinée ou du fine-métal plus ou moins décarbure. C'est la matière que M. Heaton appelle acier brut (*crude steel*).

Les scories varient aussi de nature avec les fontes. Lors-

que ces dernières contiennent du silicium en proportion élevée, la scorie coule et se file comme du verre ; elle est à cassure conchoïde, noire en masse, transparente et d'un beau vert de bouteille en éclats minces. Par contre, lorsque la fonte fournit peu de silice, la scorie est courte, et se fige vite comme tous les silicates basiques. Après refroidissement c'est une masse opaque, terne, d'un brun noir ou brun vert foncé, à surface manelonée inégale et à cassure rude, quelque peu bulleuse à l'intérieur. Dans les deux cas, la scorie est criblée de globules métalliques, et produit sur la langue l'impression bien connue des lessives alcalines. L'eau les attaque et les dissout partiellement.

4. La fonte raffinée (*crude steel*) est traitée à Langley-Mill de deux façons différentes : on en fait du *fer doux* ou de l'*acier*. Dans le premier cas, on en charge quelques cents livres dans un four de puddlage, dont on a surélevé la sole en vue d'une simple chaude soudante. A cet effet, on couvre la sole du four, sur 0^m,15, à 0^m,20 de hauteur, d'un mélange, par parties égales, de sable et de scories de forge fortement battu, et l'on garnit les côtés d'un cordon ordinaire d'hématite rouge du Cumberland. Une charge de 700 lb (315 kilog.), rapidement chauffée, est presque immédiatement soudée en balles, puis cinglée en massiaux sous le marteau-pilon. C'est une sorte de puddlage rapide, réduit à la période de la formation des loupes. Les scories que renferme le métal brut s'écoulent par liquation et l'affinage s'achève par le simple fait de la chaude soudante. La chaude proprement dite ne dure qu'une demi-heure ; mais comme on reporte chaque massiau pour quelques minutes au four, afin de lui faire subir une sorte de ballage avant de l'étirer en barres marchandes, l'opération entière exige en réalité plus d'une heure. Grâce à ce ballage, on peut supprimer le corroyage proprement dit ; mais lorsqu'on veut obtenir du fer supérieur, on étire de suite les massiaux pilonnés en barres plates, brutes, sans les re-

porter au four, puis on cisaille, paquette, corroie et lamine comme à l'ordinaire. Le déchet total est de 25 à 30 p. 100 dans ce dernier cas; de 20 à 25 p. 100 dans le premier. Le fer est tenace et nerveux lorsqu'il est corroyé; peu homogène, moitié à nerfs, moitié à facettes lorsqu'il a été soumis au simple ballage (*). M. Heaton appelle ce fer du *steel-iron* (acier ferreux); mais au fond c'est du fer doux ordinaire qui, le plus souvent, est fort peu acier-tenace. En tout cas, pour obtenir du fer doux plus ou moins tenace, ce mode de traitement est certainement trop coûteux. L'épuration par le nitrate n'est possible, au point de vue économique, que si le métal brut est transformé en *fer homogène* ou *acier fondu*, et non en *fer à loupes*. C'est le second mode de traitement suivi à Langley-Mill.

5. Le produit brut, venant du Converter, est, comme je l'ai dit, de l'acier sauvage, tenant encore 1 à 2 p. 100 de carbone. Pour le transformer en acier fondu, ou fer homogène, il faut achever l'affinage et enlever du même coup l'excès de carbone. Pour cela, on peut se servir de creusets ou du four à reverbère. Jusqu'à présent on s'est contenté, à Langley-Mill, de la fusion au creuset, parce qu'il fallait étudier avant tout la nature des produits. Mais ce procédé est fort dispendieux; aussi M. Heaton se proposa-t-il, dès l'origine, d'opérer la fusion par grandes masses dans un reverbère. Dans ce but, il avait fait construire un four spécial, à deux chauffes, qui fut mis en feu à l'époque de notre visite des lieux, en décembre dernier. La chaleur développée était plus que suffisante pour la fusion du métal, mais l'air, admis en excès, scorifiait le fer. On réussirait mieux avec le four du commandant Alexandre (**), et en tout cas avec le reverbère Siemens,

(*) J'entends par *fer à facettes* du fer à cassure *lamelleuse* que l'on confond trop souvent avec le véritable *fer à grains*. Ce dernier est du fer acier-tenace; le premier, du fer mal épuré, presque toujours quelque peu cassant.

(**) *De l'acier et de sa fabrication* (p. 74).

dont se sert M. Martin de Sireuil, et dont nous donnons ci-joint le plan (Pl. III.). A Langley-Mill, la fusion se fait donc, jusqu'à présent, dans de simples fours à vent, pareils à ceux que l'on emploie à Sheffield. Chaque four reçoit deux creusets, tenant ensemble 40 à 45 kil. Pour pouvoir les charger plus commodément et apprécier mieux, en vue des mélanges à faire, la qualité du métal raffiné, on transforme ce dernier en disques plats de 0^m,010 à 0^m,015 d'épaisseur, que l'on concasse à froid en fragments de quelques centimètres carrés, pareils aux morceaux d'acier cémenté dont on remplit les creusets dans les fonderies. On prépare ces disques (*cakes*) en portant le métal brut au rouge dans un reverbère ordinaire et le soumettant, en cet état, à l'action du marteau-pilon.

Comme l'acier brut renferme un excès de carbone, et qu'il importe surtout de préparer du fer homogène ou de l'acier peu dur, on mélange aux *cakes* des morceaux de fer doux. On prend, à cet effet, les bouts de barres provenant du ballage dont je viens de parler, ou tout autre fer de bonne qualité que l'on a sous la main. L'acier fondu s'obtient donc ici, en définitive, par voie de *réaction*, en mêlant à la fonte raffinée une certaine proportion de fer doux. L'affinage ne peut s'achever, dans les creusets, à l'abri de l'air, que par les éléments que le métal brut renferme en lui-même, ou que l'on ajoute à la charge. Il faut surtout citer ici le sodium, qui existe toujours en faible proportion dans la fonte épurée du converter Heaton, et le manganèse métallique que l'on mêle assez souvent, en faible dose, à la charge des creusets, sous forme de fonte spéculaire. En sus de ces corps, on dispose au reverbère de l'action de l'air, en sorte que ce four a sur les creusets le double avantage de l'économie et de l'affinage plus complet du métal brut. Mais, pour le moment, nous n'avons à nous occuper que de la fusion au creuset. Cette opération se pratique, au reste, à la façon ordinaire; puis vient le

martelage et l'étirage des lingots, qui n'offrent également rien de spécial, en sorte que je puis passer immédiatement à l'examen plus détaillé des opérations faites, à Langley-Mill, sous mes yeux.

I. — DÉRHOSPHORATION DES FONTES.

6. Les fontes essayées proviennent, les unes, des hauts fourneaux de Hayanges (Moselle) appartenant à M. de Wendel, les autres, des hauts fourneaux du Prieuré de M. le baron d'Adelswärd, près de Longwy, dans le même département. Dans les deux usines on traite exclusivement les minerais oolitiques bien connus du lias supérieur de cette partie de la Brance. On y marche au coke, à l'air chaud, et à haute production. Mais les fontes envoyées à Langley-Mill, de ces deux usines, provenaient d'allures tout à fait différentes. Celle de Hayanges était une fonte de moulage très-chaude, grise, à gros grains, très-graphiteuse. Dans la classification anglaise en six numéros, elle occuperait le n° 2, ou mieux encore le n° 1 à 2. La fonte du Prieuré était blanche rayonnée, avec légère tendance au truité; c'est une fonte de forge qui peut être classée sous le n° 5. Elle avait été coulée en coquille et aspergée d'eau.

Les deux fontes furent refondues séparément dans un cubilot ordinaire, avec addition de 1/2 p. 100 de spath-fluor, pour mieux scorifier les cendres du coke. Au moment de la coulée dans le convertor, on prit des barres d'essai en vue des analyses à faire. Voici les résultats que donnèrent ces analyses :

	FONTE GRISE de Hayanges refondue.	FONTE BRUTE, blanche lamelleuse de Longwy.	FONTE REFONDUE, blanche fibreuse de Longwy.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silicium	3,024	1,050	1,045
Soufre	0,090	0,350	0,333
Phosphore	1,275	1,650	1,485

Je n'ai pas recherché les autres éléments, mais j'ai constaté dans les trois échantillons la présence du manganèse et même une proportion assez notable de vanadium. On voit, par les deux analyses de la fonte de Longwy, que la fonte au cubilot n'a pas sensiblement modifié la composition du métal, mais il y a pourtant une légère épuration.

7. *Essais sur la fonte de Longwy.* — Pour chaque opération on chargeait le cubilot de 14 1/2 quintaux de fonte de 112 lb, soit 1,624 lb anglaises ou 735 kil. La fonte refondue n'a pu être pesée avant son introduction dans le convertor, mais on peut admettre au cubilot un déchet de 7 p. 100 (par scorification, grenailles, coulures et carcasses perdues), ce qui réduit la charge du convertor à 684 kil. ou même à 665^{kil.},75 si l'on défalque le quart du résidu trouvé dans le cubilot à la suite de quatre opérations pareilles.

A ces 665^{kil.},75, il faut ajouter la plaque perforée qui pèse 120 lb (*) et les deux barres de fer du poids de 12 lb, soit ensemble 132 lb ou 60 kil. Le poids total, soumis à l'expérience, était, par suite, de 725^{kil.},75 dont 720^{kil.},50 de fonte et 5^{kil.},45 de fer.

On fit d'abord quatre opérations successives sur la fonte de Longwy. Le poids du métal à épurer fut chaque fois,

(*) La plaque perforée avait été préparée avec de la fonte de *Clay-Lane* (Cleveland), dont la composition est à peu près celle de la fonte grise de Hayanges, d'après les analyses publiées en Angleterre.

comme je viens de le dire, de 725^{kil.}.75, mais on modifia les doses de nitrate.

Je vais indiquer, pour chacune d'elles, les proportions chargées et les phénomènes spéciaux, qu'offrit la marche de chaque opération.

Première opération. — La charge du creuset fut de :

Nitrate de soude 150 lb., ou 68^{k.}, soit environ 9 1/2 p. 100 du poids de la fonte.

Sable quartzeux. 20 lb., ou 9 kil.

La fonte coule chaude dans le convertor; aussi la réaction est-elle immédiatement très-vive. Presque dès l'origine, les gaz brûlent au haut de la cheminée. La flamme jaune dure deux minutes, puis apparaît la fumée noire qui s'affaiblit graduellement, ainsi que l'énergie du bouillonnement. En quatre minutes tout est terminé. Le gaz nitreux est peu apparent, il semble voilé par les vapeurs noires et la flamme vive du sodium. En moins d'un quart d'heure, le métal épuré se fige dans le creuset; on le renverse sur le sol et on sépare les scories pâteuses qui sont opaques et ternes. On n'en peut isoler que 56 lb (25 kil.), tandis que le métal raffiné pèse 659 kil., ce qui, comparé aux 725^{kil.}.75, correspondrait à un déchet total de 12 p. 100; mais, en réalité, il est moindre, car il faudrait ajouter au métal pesé les plaquettes métalliques, projetées par l'ébullition contre les parois de l'appareil, et que l'on n'en détache que tous les deux ou trois jours. En en tenant compte, le déchet réel se réduit à 7 ou 8 p. 100; mais, pour le connaître exactement, il faudrait prendre la moyenne de plusieurs opérations. En tous cas, l'analyse des scories prouve que le fer est très-peu oxydé.

Deuxième opération. — La charge du creuset fut de :

Nitrate de soude. 158 lb., ou 62^{k.}.5, soit 8 1/2 p. 100

Sable quartzeux. 20 lb., ou 9^{k.}

La fonte est peu chatide, la réaction languissante. Les gaz ne s'enflamment pas au haut de la cheminée. Les vapeurs, d'abord blanches, puis grises, enfin noires, redevennent blanches vers la fin. L'opération entière dure quatre minutes et demie. Malgré cela, le produit raffiné semble aussi fluide que la première fois et a le même aspect. Il n'a pas été pesé. La scorie est également pareille à celle de la première opération. Elle pesait 51 lb, ou 23 kil.

Troisième opération. — La charge du creuset fut de :

Nitrate de soude. 130 lb., ou 59^{k.}, soit 8 p. 100

Sable quartzeux. 20 lb., ou 9^{k.}

La fonte est très-peu chaude. Pendant cinq minutes la réaction est nulle. La fonte a dû se figer dans les trous de la plaque perforée. Pour déterminer la réaction, il a fallu briser la plaque à coups de ringard, par la tubulure de coulée. Même alors la réaction fut lente, car elle dura six minutes, soit onze en tout à partir du moment de la coulée. Les vapeurs furent surtout noires; on ne vit au haut de la cheminée ni flamme ni gaz nitreux. La chaleur développée fut cependant assez grande pour maintenir le métal entièrement fluide. Finalement l'opération réussit comme les précédentes, mais on ne peut se dissimuler que l'homogénéité du produit ne doive souffrir du manque de chaleur initiale. Le métal et la scorie ressemblent aux produits des opérations précédentes. Celle-ci pesait 77 lb. ou 55 kil. Le métal lui-même n'a pas été pesé.

Quatrième opération. — La charge du creuset fut de :

Nitrate de soude. 115 1/2 lb., ou 51^{k.}.40, soit environ 7 p. 100

Sable quartzeux. 16 lb., ou 7^{k.}.25.

La fonte était chaude. La flamme a paru dans le bas de l'appareil dès le commencement, et, au haut de la cheminée, vers la fin de la deuxième minute. L'opération

entière n'a duré que trois minutes. Comme dans les essais précédents, les vapeurs sont peu nitreuses, et surtout noires tant que la flamme ne se montre pas. M. Heaton considérait comme normale la marche de cette dernière opération. Le métal et les scories ressemblent encore aux produits des opérations précédentes. L'épuration est cependant moins complète; pourtant le métal peut encore s'aplatir, aurougé sombre, sous le marteau, sans se briser. L'eau jetée sur le métal incandescent provoque l'odeur de l'hydrogène sulfuré. Comme le déchet ne peut se déduire d'une opération isolée, on renonça au pesage du métal et de la scorie.

8. *Essais sur la fonte de Hayanges.* — La fonte de Hayanges fut traitée comme celle de Longwy, si ce n'est que l'on força la dose de nitrate. On a aussi augmenté la proportion de sable, tandis qu'en réalité, comme nous le verrons, on aurait dû le supprimer entièrement, à cause des 3 p. 100 de silicium que contient la fonte. Cette teneur élevée en silicium se manifeste par une action plus vive et un métal plus chaud. L'ébullition et les projections sont plus fortes. Le gaz rouge nitreux n'est plus ici voilé par la fumée noire. La scorie est plus abondante et plus siliceuse, et, par cela même, moins riche en acide phosphorique. L'épuration est moins parfaite, et l'on voit déjà que la déphosphoration est, en général, d'autant moins complète que les fontes sont plus siliceuses; ou du moins il faudrait, pour atteindre le même résultat, une proportion bien plus forte de sel alcalin.

Pour calculer le métal sur lequel on a opéré, je supposerai, comme ci-dessus, un déchet de refonte de 7 p. 100; et du chiffre restant, il faut encore retrancher ce qui est demeuré dans le cubilot lui-même à la fin de la journée; c'est 72 lb par opération.

Cinquième opération. — La charge du cubilot fut de 1.626 lb. soit 736^k,6; ce qui donne 685 kilogrammes, de-

falcation faite des 7 p. 100. Il faut de plus en déduire les 72 lb ou 32^k,6 trouvés dans le cubilot.

Il reste donc.	652 ^k ,4, auxquels il faut ajouter,
Pour la plaque perforée.	54 ^k ,4
Soit en fonte.	706 ^k ,8
Et pour les barres de fer.	5 ^k ,4
Total.	712 ^k ,2,

Le creuset reçut pour cette première opération :

Nitrate de soude.	148 lb., ou 67 ^k , soit 9,4 p. 100
Sable quartzeux.	23 lb., ou 10 ^k ,4.

La fonte coule chaude dans le convertor; aussi la réaction se produit-elle de suite. On voit apparaître d'abondantes vapeurs jaunes. Au bout d'une minute, les fumées passent au noir; trente secondes après, celles-ci s'enflamment: la lumière est vive, d'un jaune éclatant, le bruit intense. Cela dure trente secondes, puis la flamme s'éteint, les vapeurs passent au blanc, et s'affaiblissent rapidement. En deux minutes tout est terminé.

La masse métallique fut extrêmement chaude et fluide. Le creuset ne fut détaché que trente minutes après la coulée, et pourtant scorie et métal étaient encore fluides à ce moment. La scorie pouvait s'étirer comme du verre et donnait de minces fils d'un beau vert d'émeraude; du métal se dégageait, avec des jets de flamme jaune, de fines étincelles de fer en combustion, pareilles à celles que fournit l'acier fondu au moment de la coulée. Le métal raffiné n'est complètement figé qu'une heure après la coulée de la fonte dans le convertor. Grâce à la chaleur développée, les deux barres de fer de la plaque perforée avaient entièrement disparu, tandis que dans des quatre essais de la fonte de Longwy, on a toujours retrouvé une partie au moins de ces fers, simplement empâtés au milieu du magma raffiné. Cette première opération a donné :

Métal raffiné. 1.548 lb.
 Plaquettes projetées contre les parois du convertor (*) 80

Total. 1.428 lb., ou 647 kil.

Le déchet est par suite de 65^k,2
 Soit 9 p. 100 de la fonte soumise à l'action du nitre.

Les scories pèsent 255 lb, soit 114^k,6. Elles sont vitreuses, à cassure conchoïde, noires en masse, d'un beau vert sombre en éclats minces. On y voit des grenailles métalliques. Le métal raffiné est bulleux, blanc argentin, comme à l'ordinaire ; mais sa dureté et son aspect cristallin dénotaient, comme l'analyse l'a confirmé depuis, une dose insuffisante de l'agent oxydant. C'est le motif qui a fait augmenter la proportion de nitrate dans les essais suivants :

Sixième opération. — Le convertor reçut en :

Fonte refondue. 1.438 lb.
 Plaque perforée. 120 lb.
 Soit en fonte. 1.558 lb., ou 705^k,7
 Barres de fer. 12 lb., ou 5,4
 Total. 1570 lb., ou 711^k,1

La charge du creuset fut de :

Nitrate de soude. 170 lb., ou 77^k, soit 10,8 p. 100
 Sable quartzeux. 20 lb., ou 9.

La fonte fut peu chaude au sortir du crible, à cause d'un dérangement du ventilateur soufflant. L'action est presque nulle à l'origine ; il se dégage à peine quelques vapeurs blanches, provenant sans doute de l'eau du nitrate. Au bout d'une minute trois quarts, on voit cependant de

(*) C'est le tiers de ce que l'on trouve en nettoyant le convertor après les trois premières opérations faites sur la fonte de Hayanges.

faibles vapeurs nitreuses. A deux minutes trois quarts, les gaz brûlent dans l'appareil même, mais les flammes n'atteignent pas le haut de la cheminée, les vapeurs nitreuses persistent sur ce point. A trois minutes un quart, ces vapeurs jaunes sont plus fortes encore ; il y a bruit intense. A quatre minutes un quart, les scories sont en partie projetées par l'orifice de coulée ; il y a ébullition vive. La flamme s'éteint dans l'appareil, et au même moment les fumées passent du jaune au noir. A quatre minutes trois quarts, les vapeurs s'éclaircissent, puis deviennent blanches. A cinq minutes, tout est terminé. En résumé, malgré la lenteur relative de l'opération, la chaleur développée paraît aussi forte que dans le premier essai. Le métal est chaud ; il faut une heure pour figer la masse, et, comme toujours, on voit s'en dégager des flammèches jaunes. Les scories filent et ressemblent de tous points à celles de l'opération précédente. Elles pèsent 255 lb., ou 115^k,5.

Le poids du métal raffiné est de. 1.475 lb.,
 Celui des plaquettes attachées aux parois de l'appareil. 80

Total. 1.555 lb., ou 705^k,5
 Le déchet ne serait donc que de. 7,6

Soit moins de 1,1 p. 100, ce qui évidemment ne saurait être exact. Il faut que les plaquettes, figées contre les parois de l'appareil, ne se soient pas réparties également entre les trois opérations, ou que le chaudron de coulée se soit trouvé plus rempli que de coutume. Le déchet réel, comme je l'ai déjà dit, ne peut se déduire que de la moyenne de plusieurs opérations et de la nature chimique des scories.

Septième opération. — La charge se compose, comme dans le précédent essai,

En fonte de. 705^k,7
 En fer de. 5,4
 Total. 711^k,1

Le creuset reçut :

Nitrate de soude.	200 lb., ou 96 ^k ,6, soit 112, 7 p. 100
Sable quartzeux.	24 lb., ou 10 ^k ,9.

La fonte est plus chaude que dans la deuxième opération, mais pas autant que dans la première.

Voici la succession des phénomènes observés.

D'abondantes vapeurs nitreuses apparaissent dès le début, puis faiblissent un instant ; mais, au bout d'une minute un quart, vif dégagement de gaz jaunes et fortes projections de scories et de métal par la tubulure de coulée. A deux minutes un quart, les gaz brûlent au haut de la cheminée ; la flamme dure une demi-minute ; vers la fin de la troisième minute tout est terminé. Le métal est très-chaud, très-fluide, les scories pareilles aux précédentes ; elles pèsent 210 lb ou 95 kilogrammes. Le métal raffiné n'a pu être pesé.

Huitième opération. — Les conditions de charge sont les mêmes que dans l'essai précédent, à savoir :

Fonte et fer.	711 ^k ,1
Nitrate de soude.	90,6
Sable quartzeux.	10,9

La fonte est moyennement chaude au moment de la coulée. La marche de l'opération diffère peu de celle de la première. Il se dégage immédiatement des vapeurs nitreuses, quoique un peu faibles au premier instant. Vers la fin de la première minute, les gaz brûlent partiellement à l'intérieur, il se produit quelques projections, et bientôt la fumée passe au noir. Vers une minute et demie la fumée s'enflamme au haut de la cheminée, et peu après bruit assourdissant, projections abondantes, panache lumineux extrêmement vif au sommet de l'appareil. A deux minutes et demie tout est fini. Il ne se dégage plus, comme à l'ordinaire, qu'une faible vapeur blanche.

Le métal reste longtemps fluide ; il l'est encore au bout de quarante minutes, au moment où l'on détache le creuset de la cuve, et l'on ne peut le renverser figé sur le sol de l'usine qu'une heure après le moment de la coulée.

Le métal raffiné pèse.	1.458 lb., ou 660 kil.
Les scories.	252 lb., ou 123 kil.

D'après cela, le déchet serait de 64 kil. soit 7,2 p. 100. Le métal et les scories ressemblent aux produits des opérations précédentes.

Nous ne pouvons calculer le déchet moyen des quatre opérations, puisque le poids du métal raffiné de la troisième opération nous manque. Mais en prenant le poids des deux premières et de la quatrième, nous trouvons :

Fonte traitée.	2.154 ^k ,5
Métal raffiné produit.	2.101 ^k ,5
Déchet.	124 ^k , soit 6 p. 100

Ce qui, comme nous le verrons, s'accorde à peu près avec la teneur en fer des scories produites.

Avant de parler de la transformation finale du produit brut en fer ou acier, ajoutons que les fontes anglaises du Cleveland, dont nous avons vu également traiter plusieurs charges dans le convertor Heaton, tiennent le milieu entre les deux extrêmes que je viens de mentionner. Elles sont moins graphitiques que les fontes de Hayanges, plus grises que celles de Longwy. Il en résulte, dans le convertor, des réactions intermédiaires. Ainsi les fumées, avant leur inflammation, sont moitié nitreuses, moitié noires, mais le noir domine pourtant. Les scories sont plus vitreuses et plus siliceuses que celles de Longwy, plus opaques et plus ternes que celles de Hayanges. En résumé les réactions, dans le Convertor Heaton, dépendent surtout, comme dans l'appareil Bessemer, des proportions de silicium. Mais la

marche de l'opération se ressent aussi de la température initiale de la fonte et du soin qui a présidé à l'arrangement du creuset.

II. TRANSFORMATION DU MÉTAL RAFFINÉ EN FER DOUX.

9. Le métal raffiné est transformé en fer doux, comme je l'ai dit ci-dessus, par une sorte de puddlage abrégé, réduit à la période de la formation des loupes. On a traité ainsi une partie du métal épuré des quatre opérations de la fonte de Longwy, et de trois des quatre opérations de la fonte de Hayanges. Voici le détail des essais en question.

1° Fer doux de la première opération (fonte de Longwy).

Une charge de 592 lb (177 kil. 5), fut transformée, en moins de trois quarts d'heure, en quatre loupes, dont l'une fut pilonnée en massiaux, les trois autres pilonnées et laminées en barres plates brutes. Leur poids réuni fut de 315 lb, d'où déchet 79 lb., ou 20 p. 100.

Une seconde charge pareille donna cinq barres brutes, avec un déchet de 20 1/2 p. 100.

Le massiau de la première charge fut réchauffé au blanc soudant, puis laminé en barre plate marchande de 3 pouces sur 3/8 de pouce (n° 1) (*).

Les trois barres brutes de la première charge furent cisailées, paquetés, corroyés et laminés en barres marchandes de 2 pouces sur 3/8 de pouce (n° 2).

Les cinq barres brutes de la seconde charge furent de même cisailées, paquetées et corroyées, mais on les étira en rails Brunel de faibles dimensions (*bridge rails*), dont la section transversale est de 2 pouces carrés (n° 3).

(*) Les numéros entre parenthèses servent à désigner les barres dans le tableau des essais de traction rapportés ci-après, page 232.

Le déchet du corroyage ne fut pas déterminé, mais on peut l'évaluer, comme à l'ordinaire, à environ 10 p. 100.

J'indiquerai ci-après les résultats des essais de traction auxquels on soumit les fers; je dirai seulement, dès à présent, que ces barres de la première opération semblent accuser un puddlage trop prolongé. La cassure à demi lamelleuse et feuilletée annonce un fer brûlé. Le rail se casse, après entaille, au premier choc. L'oxydation trop avancée fut alors attribuée, à tort comme nous le verrons, à un excès de nitre. C'est le motif qui fit réduire la dose du réactif alcalin dans les opérations suivantes. Le fer brut était criqué sur les arêtes.

2° Fer doux de la deuxième opération (fonte de Longwy).

Une première charge de 250 lb (117 kil.) fut traitée en trente minutes. Chaque massiau pilonné fut remis au four pendant cinq minutes, puis martelé une seconde fois. Réchauffés ensuite au blanc fondant, ils furent directement laminés en *bridge rails* pareils aux précédents (n° 7); les rails sont nets, sans criques et supportent à froid de nombreux coups de mouton sans se briser. L'un d'eux, frappé à outrance, ne se casse que lorsque les deux moitiés font entre elles l'angle de 75°. La cassure est nerveuse, mais les fibres sont un peu courtes.

Une seconde charge de même poids fut traitée en vingt-cinq minutes. On pilonna et lamina de suite en fer plat brut, qui montra moins de criques que les barres de la première opération. Le fer brut ainsi obtenu fut cisailé, paqueté, corroyé, et finalement laminé en *bridge rails* (n° 4). L'un de ces rails, éprouvé à outrance sous le mouton, ne s'est cassé que lorsque les deux branches furent sensiblement repliées sur elles-mêmes.

3^e Fer doux des troisième et quatrième opérations (fonte de Longwy).

Une partie du métal raffiné des troisième et quatrième opérations fut transformée en bridge rails, en suivant la marche de la deuxième charge précédente (nos 5 et 6). Les rails, ainsi obtenus par paquetage et corroyage ordinaires, ressemblent aux rails corroyés de la deuxième opération. La cassure montre cependant moins de nerfs. L'affinage ne semble pas parfait. La cassure dénote un certain défaut d'homogénéité.

4^e Fer doux de la cinquième opération (fonte de Hayanges).

On a traité au four de puddlage 257 lb du métal raffiné de la cinquième opération. On a fait deux massiaux qui furent réchauffés au blanc soudant, puis laminés pour bridge rails. Ils présentent quelques criques, preuves certaines d'une épuration incomplète. Une autre partie fut traitée à la façon ordinaire : les barres brutes sont cisailées, paquetées, corroyées, puis laminées en fers plats de 2 pouces sur 5/8 de pouce (n^o 8).

5^e Fer doux des sixième et huitième opérations (fonte de Hayanges).

On a soumis au même travail quelques cents livres du métal raffiné des sixième et huitième opérations. On a ainsi obtenu, après paquetage et corroyage, des barres plates, laminées, de 2 pouces sur 5/8 de pouce (nos 9 et 10) ; et des barres quarrées, étirées au marteau, de 1/2 pouce de côté (n^o 12).

Deux loupes de la huitième opération furent, en outre, pilonnées en massiaux et réchauffées au blanc soudant sans paquetage. Après ce réchauffage, l'un d'eux fut étiré au marteau en barres quarrées de 1/2 pouce de côté (n^o 13) ; l'autre, laminé en fer plat de 2 pouces sur 5/8 (n^o 11). Je passe

rapidement sur ces détails parce que le métal Heaton ne saurait être travaillé économiquement pour fer doux, comme je l'ai déjà dit. L'épuration au nitre est trop coûteuse, et le déchet du travail des loupes trop considérable.

La qualité des fers n'est d'ailleurs pas aussi satisfaisante qu'on pourrait le désirer ; mais à cet égard il ne faut pas oublier que, dans les essais en question, la proportion de nitre fut en quelque sorte fixée au hasard, et en tous cas sans analyse préalable des fontes ; de plus, les ouvriers puddleurs ne connaissaient pas la matière qu'ils traitaient. La ténacité des barres ressort, jusqu'à un certain point, des essais de rupture au choc dont je viens de parler, mais se trouve établie plus exactement par les expériences faites dans les ateliers bien connus de l'ingénieur Kirkaldy à Londres.

III. — ESSAIS DES FERS PAR TRACTION.

10. Les barres de fer furent toutes éprouvées telles qu'elles arrivaient de la forge. La longueur soumise à la traction était de 10 pouces anglais (0^m, 254). Je résume les résultats dans le tableau suivant qui contient, outre les données en mesures anglaises, une colonne avec la charge de rupture en kilogrammes par millimètre quarré de la section primitive. Les numéros des expériences correspondent aux numéros placés ci-dessus ; entre parenthèses, en regard des opérations d'où proviennent les barres essayées.

Tableau des essais de rupture par traction des fers doux de Longwy et de Hayanges, faits dans les ateliers de l'ingénieur Kirkaldy à Londres.

ORIGINE et nombre des barres.	Dimensions des barres en pouces anglais.	Section primitive des barres en pouces carrés.	CHARGE opérant la rupture.		Rapport de la section de rupture à la section primitive.	Extension de la barre en centièmes de la longueur primitive.	OBSERVATIONS.	
			En tonnes par pouce carré de la section primitive.	En kilog. par millimètre carré.				
N° 1. Barres plates des fontes de Longwy, obtenues directement avec le métal de la première opération, sans paquetage. (Moyenne de six essais.)	3 pouces sur 3/8 de pouce	p. q. 1,125	tonnes. 19,7	kilog. 29,4	On n'a pas déterminé la section de rupture.	7,0	Cassure à nerfs.	
N° 2. Barres plates des fontes de Longwy, de la première opération, après paquetage. (Moyenne de six barres.)	2 pouces sur 3/8 de pouce	0,768	19,7	30,4		7,4	Idem.	
N° 3. Bridge-rail des fontes de Longwy de la première opération.	"	2,08	19,3	30,4		9,0	Les essais n° 1 ont été faits sur seul rail.	
N° 4. Bridge-rail des fontes de Longwy, de la deuxième opération.	"	2,03	19,9	31,3		10,8	Les quatre rails ont été laminés après paquetage du fer brut.	
N° 5. Bridge-rail de la troisième opération.	"	2,08	19,0	29,9		8,6	Cassure molle, moitié crénelée.	
N° 6. Bridge-rail de la quatrième opération.	"	2,08	19,6	30,8		10,6		
N° 7. Bridge-rail de la deuxième opération, laminé, sans paquetage.	"	2,08	18,8	29,6		7,1	Cassure molle, moitié crénelée.	
N° 8. Barres plates de la cinquième opération (Hayanges), après paquetage. (Moyenne de quatre barres.)	2 pouces sur 3/8 de pouce	0,768	21,1	33,2		0,84	10,1	Cassure à nerfs.
N° 9. Barres plates de la sixième opération (Hayanges), après paquetage. (Moyenne de quatre barres.)	Id.	0,768	22,2	31,9		0,77	15,3	Idem.
N° 10. Barres plates de la huitième opération (Hayanges), après paquetage. (Moyenne de quatre barres.)	Id.	0,713	20,5	32,3		0,85	12,3	Idem.
N° 11. Barres plates de la huitième opération (Hayanges), non paquetées. (Moyenne de quatre barres.)	Id.	0,768	21,6	34,0		0,86	6,1	Idem.
N° 12. Barres carrées de la huitième opération (Hayanges), étirées au marteau après paquetage. (Moyenne de quatre barres.)	1/2 pouce sur 1/2 pouce	0,278	23,1	36,4		0,77	13,9	Idem.
N° 13. Barres carrées de la huitième opération (Hayanges), étirées au marteau sans paquetage. (Moyenne de quatre barres.)	1/2 pouce sur 1/2 pouce	0,278	27,5	43,3		0,81	10,8	Cassure molle, moitié crénelée.

Que doit-on conclure de ce tableau ?

A ne considérer que les charges de rupture, on pourrait dire que la résistance des fers doux de Longwy et de Hayanges, préparés au nitre, est à peu près celle des fers ordinaires de pareilles dimensions, et que les barres n° 12 et 13 se rapprochent même des fers supérieurs. Mais cet élément seul ne suffit pas pour apprécier la valeur d'un métal au point de vue du travail qu'il est appelé à supporter. Les fers *aigres* ou *secs* sont, sous ce rapport, égaux, sinon supérieurs, aux bons fers doux. C'est leur *résistance vive* qu'il faudrait pouvoir calculer, c'est-à-dire, le travail des barres soumises à des charges n'ayant pas atteint la limite d'élasticité. A défaut de ces éléments qui nous manquent ici, il convient au moins, pour se faire une idée plus nette de la valeur des fers, de comparer l'allongement aux poids qui déterminent la rupture (*), ou de rapporter ces poids, comme le propose M. Kirkaldy, non à l'aire de la *section primitive*, mais bien à celle de la section de *rupture*.

En partant des nombreuses expériences, publiées par M. Kirkaldy (**), on peut dresser le tableau résumé suivant :

(*) M. Edwin Clark, dans son ouvrage sur les ponts tubes de Britannia et de Conway, avait déjà montré qu'une mauvaise tôle, très-cassante et cristalline, peut résister à 22 tonnes par pouce carré, *mais sans allongement*; tandis que la moyenne des bonnes tôles de chaudière est de 19 tonnes seulement, mais avec des allongements qui varient de 5 à 12, 5 p. 100.

(**) Experiments on Wrought-iron and steel (2^e édition 1866).

ORIGINE DES FERS en barres.	CHARGES DE RUPTURE en kilogrammes par millimètre carré de la section de rupture.	CHARGES DE RUPTURE en kilogrammes par millimètre carré de la section primitive.
	kilog.	kilog.
Fer doux de Suède (R. F.) de Ekman et comp. de Gottenbourg (1).	100 à 112	33 à 35
Fer homogène de Fagersta, à 0,001 de carbone pour fil de fer fin (2).	125 à 141	32 à 38
Fer de Lowmoor	90 à 100	40 à 45
Meilleurs fers du Staffordshire	80 à 88	41 à 43
Best-Best écossais.	60 à 70	42 à 46
Fer commun écossais.	50	42

(1) Le fer doux de Suède se contracte, avant de se rompre, dans le rapport de 100 à 30 et 25; le fer de Lowmoor dans le rapport de 100 à 47, et le fer commun écossais à peine dans le rapport de 100 à 85.

(2) Les chiffres concernant Fagersta sont extraits des notes publiées, à l'occasion de l'Exposition de 1867, par M. Kirkaldy. (Rapport du commissaire américain M. Hewitt, p. 73).

Or, si l'on compare les chiffres des deux colonnes, on voit que, d'après la première, le fer doux de Suède est bien en tête de la liste, tandis que, d'après la seconde, il se trouverait même inférieur au fer commun écossais. On voit aussi que, d'après les chiffres de la dernière colonne, le fer si justement apprécié de Lowmoor ne serait pas supérieur au fer commun écossais. Pour apprécier la valeur des fers, il faut donc surtout consulter les charges rapportées à la section de rupture. Eh bien ! si nous calculons, pour les barrés plates de la Moselle, dont nous connaissons les sections de rupture, les charges par millimètre carré, nous trouverons les chiffres suivants :

NUMÉROS DES BARRES.	CHARGES DE RUPTURE en kilogrammes par millimètre carré de la section de rupture.
	kilog.
N° 8 de la cinquième opération.	39,3
N° 9 de la sixième opération.	43,3
N° 10 de la huitième opération (après paquetage).	37,9
N° 11 de la huitième opération (sans paquetage).	39,6
N° 12 Barres carrées de la huitième opération (après paquetage).	47,3
N° 13. Barres carrées huitième opération (sans paquetage).	53,2

En comparant ces résultats aux précédents, on voit que les fers de Hayanges, préparés au nitre, peuvent être assimilés aux fers communs écossais. On arrive à la même conclusion, lorsqu'on consulte la colonne relative à l'allongement des barres. Les fers de Suède et les bons fers anglais s'allongent avant de se rompre, de 25 à 50 p. 100 de leur longueur primitive, tandis que l'allongement des fers communs écossais, ne dépasse pas 10 à 12 p. 100, et descend parfois à 6 ou 7 p. 100, ce qui est aussi, d'après le tableau de la page 52, l'allongement des fers de la Moselle préparés au nitre, car les chiffres trouvés sont tous compris entre 6 et 15 p. 100. Ces fers sont, par suite, de *qualité ordinaire*. Ils sont tendres et s'allongent peu; et cette observation s'applique surtout aux fers de Longwy, dont l'allongement est encore moindre que celui des fers de Hayanges. Doit-on attribuer cette infériorité des fers de Longwy, et en général la médiocre qualité des fers traités au nitre, à l'inefficacité du mode d'affinage nouveau? Je ne le pense pas. On déjà vu, en ce qui concerne le fer doux de Longwy, que le puddlage, ou réchauffage, a été mal fait. Les fers ont été brûlés; la décarburation est trop avancée, comme nous le verrons. De plus, la cassure des barres dénote un métal peu homogène; les parties scoriacées ne sont pas suffisamment expulsées; on y voit des parties sombres et ternes. Les chaudes ont été insuffisantes et pourtant les gaz du four trop oxydants.

Le tableau des essais de M. Kirkaldy, sur les fers de la Moselle traités au nitre, montrent encore que le paquetage n'a pas amélioré les produits.

Enfin, si les nos 12 et 13 sont plus tenaces que les autres barres, il faut l'attribuer à leurs dimensions et à l'emploi du martinet. On sait que les fers martelés sont plus résistants que les fers laminés, et que la ténacité croît lorsque la section des barres devient moindre.

IV. TRANSFORMATION DU MÉTAL RAFFINÉ EN ACIER FONDU.

11. L'acier fondu est préparé jusqu'à présent à Langley-Mill, comme nous l'avons dit, au creuset par simple réaction. Le métal brut est martelé au rouge faible en disques minces, appelés *cakes*, puis concassé et classé, d'après le grain, en numéros de dureté, à la façon de l'acier cimenté. A ces *cakes* on mêle au creuset plus ou moins de fer doux et de fonte blanche spéculaire, selon le produit que l'on se propose de fabriquer. Le fer règle le degré de dureté, la fonte spéculaire achève l'affinage par le manganèse. On a traité ainsi une partie du métal raffiné des sept dernières opérations.

Voici le détail des essais :

1° Aciers de la deuxième opération (fonte de Longwy).

Deux creusets reçurent chacun :

Métal raffiné en cakes.	55 lb.
Fer doux de la première opération.	12
Total.	45 lb., soit 20 ¹ / ₄
Fonte spéculaire de Siegen.	5/4 lb.

Chaque creuset a fourni un lingot hexagonal de 0^m,06 de diamètre. La fusion a duré quatre heures. L'acier était très-fluide et avait peu de tendance à monter. La cassure du lingot est à gros grains et dénote un acier doux, ce qui s'accorde avec la teneur en carbone, qui ne dépasse pas 0,0036, d'après le tableau que je donnerai ci-après. L'éti-rage des lingots se fait au rouge faible, sous le martinet, sans apparence de criques. Le grain des barres étirées est fin, homogène, gris clair, mais un peu brillant; les faces extérieures sont lisses. Six barres carrées de 1/2 pouce de

côté, ont été soumises, à Londres, aux essais de traction chez M. Kirkaldy. D'autres barres furent envoyées à Longwy, pour y être essayées pour outils sous les yeux de MM. d'Adelswärd. On en a fait des burins, des outils de tours, des tranches à froid. Lorsqu'on trempe à la façon ordinaire, les burins refoulent; lorsqu'on trempe fort, l'outil résiste, mais les tranches à froid tendent à s'ébrécher sous le choc: ce n'est pas de l'acier supérieur; il n'est pas complètement épuré. Un acier pur à 0,0036 de carbone ne se tremperait pas. S'il se trempe malgré cela, c'est qu'il renferme d'autres éléments; on y trouve, outre le carbone, du silicium et du phosphore. Cependant, comme l'acier Bessemer ordinaire renferme aussi des éléments étrangers, il ne serait pas impossible qu'on pût s'en servir, malgré cela, pour rails et fers à plancher. Il ne cède que sous la charge de 78 kilogram. par millimètre carré, avec allongement de 12,5 p. 100.

2° Aciers de la troisième opération (fonte de Longwy).

Les creusets reçurent les mêmes charges que les précédents, et l'on coula de même un lingot par creuset. Le grain est plus fin, plus serré, les soufflures moins nombreuses. L'acier est, en effet, plus carburé (0,0055 de carbone au lieu de 0,0036). Le forgeage est plus difficile. Lorsqu'on chauffe trop, il se produit des criques, mais on obtient facilement des barres saines de 1/2 pouce de côté; et les essais pour outils ont donné des résultats peu différents de ceux de la deuxième opération. La ténacité est cependant plus grande, 82 kil. au lieu de 78 par millimètre carré, comme on devait s'y attendre d'après le degré plus élevé de carburation. Mais les barres subissent, avant de céder, une extension moindre, ce qui annonce une certaine aigreur, due certainement aux éléments étrangers. L'allongement est réduit à 4 p. 100.

3^e Aciers de la quatrième opération (fonte de Longwy).

La charge des creusets fut de :

Métal raffiné en cakes.	30 lb.
Fer doux de la première opération.	15
Total.	45 lb., soit 20 ^k ,94
Fonte spéculaire.	1/2 lb.

Les lingots ressemblent aux aciers de la deuxième opération. Malgré la moindre proportion de nitre, la teneur en carbone est la même, 0.0035 à 0.0036, à cause de la proportion plus forte de fer doux ajouté. Mais l'épuration est cependant moins avancée; l'acier est moins pur. A la vérité, la charge de rupture est peu inférieure à celle du n^o 2, mais la présence des matières étrangères se manifeste par le faible allongement qui est de 6 p. 100 au lieu de 12, 5. Les outils refoulent, lorsque la trempe est faible, ils éclatent lorsqu'elle est forte. On voit par cet essai, comparé à celui de la deuxième opération, qu'il vaut mieux, pour avoir de l'acier sain, épurer davantage, en forçant, au convertor, la dose de nitrate, et, au creuset, celle du fer doux pur, sauf à recarburer le métal, comme dans la cornue Bessemer, par une addition plus forte de bonne fonte spéculaire.

Observons enfin que le lingot de la quatrième opération n'est pas plus de l'acier proprement dit que celui de la seconde; ou, du moins, que ce n'est pas de l'acier au carbone; car 0.00055 à 0.0036 de carbone ne suffisent pas pour aciérer le fer. C'est du fer *homogène* qui durcit par la trempe, grâce au silicium et au phosphore qu'il retient encore; mais ce fer impur, peu carburé, a moins de corps que l'acier proprement dit; il résiste à la traction lente, mais se brise sous un effort brusque et s'allonge peu.

4^e Acier de la cinquième opération (fonte de Hayanges).

On a chargé par creuset :

Métal raffiné en cakes.	34 lb.
Fer doux préparé avec le métal raffiné de la même opération.	14
Total.	48 lb., soit 21 ^k ,75
Fonte spéculaire.	1/4 lb.

Les lingots dénotent, par leur cassure à gros grains, un acier peu carburé. Ils se forgent sans peine au rouge faible; quelques criques se montrent cependant lors de la première chaude. Pour avoir un acier moins chargé d'éléments étrangers, on a fondu, en outre, en cinq creusets, des charges ainsi composées :

Cakes.	50 lb.
Fer doux.	14
Total.	44 lb., soit 19 ^k ,90
Fonte spéculaire.	1/2 lb.

Les cinq charges furent coulées dans une seule lingotière, pour un lingot de 100 kil. Ce grand lingot devait être laminé pour rails à Hayanges même; il y fut envoyé, mais on renonça depuis à l'essai en question, parce que les laminoirs n'y sont pas installés pour le travail de l'acier.

Les petits lingots des deux premiers creusets ont été étirés en barres carrées de 1/2 pouce de côté et soumis, à Londres, aux essais de traction dans les ateliers Kirkaldy. La moyenne de quatre barres a donné, comme charge de rupture, 80,1 kil. par millimètre carré, mais l'allongement fut de 3,1 p. 100 seulement. C'est un métal *plus sec* encore que les précédents. Quant à la dose de carbone, elle est de 0,0037; ce n'est donc pas de l'acier proprement dit, mais du fer homogène, plus ou moins durci par le

phosphore et le silicium. Les outils, faits à Hayanges avec le premier lingot, refoulaient sur la fonte dure, même en allant jusqu'à la trempe sèche. Ainsi, sous le rapport de la dureté après trempe, comme sous le rapport de la résistance vive, le phosphore ne remplace le carbone que d'une façon imparfaite.

5° Acier de la sixième opération (fonte de Hayanges).

On a préparé deux lingots, composés chacun de :

Métal raffiné.	54 lb.
Fer doux provenant de ce même métal raffiné.	14
Total.	48 lb., soit 21 ¹ / ₂
Fonte spéculaire.	1/4 lb.

La cassure des lingots annonce un métal fort peu carburé. L'acier étiré ne retient que 0,0032 de carbone. A chaud, le métal se travaille sans peine, il s'étire sans criques. Mais les burins refoulent plus encore que ceux de la cinquième opération. C'est donc aussi du fer homogène, simplement durci par le phosphore, mais non de l'acier.

On a soumis aux essais de traction des barres carrées de 3/4 de pouce. La moyenne de quatre barres et de 59 kil. 5, par millimètre carré avec allongement de 1,3 p. 100. C'est moins que le chiffre fourni par les barres de la cinquième opération, malgré la dose plus forte de nitre, mais la différence provient surtout ici des dimensions plus fortes des barres. Leur section transversale est double. Un troisième lingot de 100 kil. fut coulé avec les charges réunies de cinq creusets, ainsi composées.

Cakes.	30 lb.
Fer doux.	15
Total.	45 lb., soit 20 ¹ / ₂
Fonte spéculaire.	1/2 lb.

Ce grand lingot, comme le précédent, devait être laminé pour rail, mais ne put l'être par les motifs ci-dessus indiqués.

6° Produits de la septième opération (fonte de Hayanges).

Le métal raffiné de la septième opération devait être traité au réverbère à deux chauffes de M. Heaton; mais le produit, comme nous l'avons dit, fut entièrement scorifié, par suite de la disposition peu rationnelle du four.

7° Acier de la huitième opération (fonte de Hayanges).

On a chargé par creuset ;

Cakes.	30 lb.
Fer doux provenant de la même opération.	15
Total.	45 lb., soit 20 ¹ / ₂
Fonte spéculaire.	1/2 lb.

La cassure des lingots est à grains plus fins que les précédents. L'acier se forge facilement; les outils de tours et les burins résistent assez bien, lorsqu'on leur fait subir une trempe moyenne; mais ils s'ébrèchent lorsqu'on dépasse le but, et refoulent dans le cas contraire. Des trois aciers préparés avec la fonte grise de Hayanges, c'est le plus carburé. J'y ai trouvé 0,0048 de carbone, et même 0,0062 dans le lingot; c'est la limite entre les fers durs et les aciers.

Les essais de traction, sur quatre barres carrées de 1/2 pouce de côté, ont donné sensiblement les mêmes résultats que les barres de la sixième opération. La rupture s'est faite sous la charge moyenne de 79^{kl}, 2 avec allongement de 5,2 p. 100. C'est encore un acier, ou fer homogène durci, qui manque de corps. On voit que les aciers de Hayanges s'allongent moins que ceux de Longwy. Or les analyses, comme

nous le verrons, montrent précisément que cela est dû à la différence de teneur en phosphore, et que la déphosphoration est d'autant moins complète, toutes choses égales d'ailleurs, que les fontes sont plus siliceuses.

V. ESSAIS DES ACIERS PAR TRACTION.

12. J'ai cité, dans les paragraphes précédents, quelques-uns des résultats des essais, par voie de traction, auxquels on a soumis les aciers de la Moselle, dans les ateliers de l'ingénieur Kirkaldy. Je les réunis dans le tableau ci-joint, pour que les comparaisons soient plus faciles; j'y ajoute les résistances rapportées à l'aire de la section de rupture, ainsi que les teneurs en carbone des barres soumises à l'essai, teneurs que j'ai déterminées par le procédé Eggertz.

ORIGINE et nombre des barres.	Dimensions des barres en pouces anglais.	CHARGES opérant la rupture.				Rapport de la section de rupture à la section primitive.	Allongement de la barre en centièmes de la longueur primitive.	Proportion de carbone dans les barres étirées.
		Autres des sections primitives en pouces carrés.		de la section primitive.				
		En tonne par pouce carré	En kilog. par millimètre carré	En tonne par pouce carré	En kilog. par millimètre carré			
N° 14. Acier fondu de la deuxième opération. (Longwy.) Moyenne de six barres étirées au marteau.	1/2 pouce par 1/2 pouce	p. q. 0,267	tonnes. 49,5	kilog. 77,90	kilog. 109,7	0,71	12,5	0,0033
N° 15. Acier fondu de la troisième opération. (Longwy.) Moyenne de six barres étirées au marteau.	Idem.	0,267	52,0	81,9	87,1	0,94	4,0	0,0055
N° 16. Acier fondu de la quatrième opération. (Longwy.) Moyenne de six barres étirées au marteau.	Idem.	0,266	49,1	77,3	84,9	0,91	6,0	0,0035
N° 17. Acier fondu de la cinquième opération. (Hayanges.) Moyenne de quatre barres martelées.	Idem.	0,279	50,9	80,1	84,3	0,95	3,1	0,0037
N° 18. Acier fondu de la sixième opération. (Hayanges.) Moyenne de quatre barres martelées.	3/4 pouce par 3/4 pouce	0,562	37,8	59,5	61,1	0,97	1,3	0,0032
N° 19. Acier fondu de la huitième opération. (Hayanges.) Moyenne de quatre barres martelées.	1/2 pouce par 1/2 pouce	0,275	50,3	79,2	83,9	0,91	3,2	0,0048

Note. La cassure de toutes les barres présente, à très-peu près, le même aspect. Elle est grenue, moins fine, mais plus cristalline et plus brillante que celle de l'acier supérieur. Un caractère particulier de la cassure, qui me paraît spécial au métal en question, c'est que, sur le fond blanc brillant, ressortent deux bandes plus sombres et plus ternes le long des diagonales du carré de la section.

Pour pouvoir apprécier la signification réelle des chiffres de ce tableau, il faut la comparer aux résultats fournis par des aciers, dont l'emploi est depuis longtemps connu dans les arts. Le tableau (F) de l'ouvrage déjà cité de M. Kirkaldy (page 145) nous fournit les données suivantes :

ORIGINE DES ACIERS.	CHARGES de rupture en kil. par mill. carré de la section primitive (moyennes de plusieurs essais).	CHARGES de rupture en kil. par mill. carré de la section de rupture (moyennes de plusieurs essais).	ALLONGEMENT en centièmes de la longueur primitive.
	kilog.	kilog.	
Acier fondu de Turton pour outils (forgé).	93	98	5,4
Acier fondu de Jowitt pour cis-seaux (forgé).	88	105	7,1
Acier fondu de Krupp pour boulons (laminé).	60 à 67	97	15,3
Métal homogène de Shortbridge (forgé).	59 à 66	85	11,9
Acier fondu pour ressort de Jowitt (forgé).	45 à 48	67	18,0
Acier puddlé de la Mersey Cie (forgé).	47 à 53	77	19,1

Note La cassure des deux premiers aciers est extrêmement grenue et très-fine, celle des trois suivants, en partie fibreuse avec bel éclat soyeux, celle du dernier surtout fibreuse. Le diamètre ou le côté des échantillons varie en général entre 1/2 et 3/4 de pouce.

Les teneurs en carbone ne sont pas indiquées, mais on sait, par l'usage auquel ces aciers sont destinés, que les deux premiers sont des aciers durs dont la teneur est de 0,006 à 0,010, les quatre derniers des aciers *doux*, ou fers homogènes, qui ne tiennent guère plus de 0,005 à 0,005 de carbone. D'après cela, on voit que les aciers de Longwy, provenant de fontes peu siliceuses, seraient des aciers doux assez tenaces, mais dont l'allongement est un peu faible, surtout en ce qui concerne les échantillons n^{os} 15 et 16, obtenus avec des doses trop faibles de nitrate. Les aciers de Hayanges sont moins tenaces, et s'allongent surtout d'une façon insuffisante. Ils sont *secs*, tout en étant fort peu carburés, défaut qui provient, comme nous le verrons, d'un reste de phosphore non enlevé par le nitre.

Comparons aussi les aciers de la Moselle aux aciers Bessemer de Suède et d'Autriche. D'après les essais de M. Kirkaldy, les aciers, préparés à Fagersta par le procédé Bessemer, ont donné les résultats suivants (*).

(*) J'extraits ces chiffres des notices publiées à l'occasion de l'ex-

CHARGES de rupture en kil. par millim. carré de la section de rupture (1).	CHARGES de rupture en kil. par millim. carré de la section primitive.	RAPPORT de la section de rupture à la section primitive.	ALLONGEMENT en centièmes de la longueur primitive.	TENEUR en carbone.
kilog.	kilog.			
93 à 109	89 à 103	0,91 à 0,95	2 à 6 p. 100	0,0100
86 à 102	71 à 92	0,80 à 0,92	4 à 6 p. 100	0,0070
90 à 103	70 à 73	0,68 à 0,82	9 à 10 p. 100	0,0045
133 à 134	48 à 49	0,36 à 0,37	12 p. 100	0,0035
105 à 119	42 à 44	0,37 à 0,40	11 à 22 p. 100	0,0030

(1) J'ai déjà cité les chiffres de la première colonne dans mon mémoire sur l'acier, p. 181; mais, j'ai omis de dire alors que les poids, opérant la rupture, se rapportaient à la section *contractée* et non à la section primitive.

Les aciers de Neuberg, essayés à Vienne, ont fourni d'autre part les chiffres que voici :

CHARGES de rupture par millim. carré de la section primitive.	ALLONGEMENT en centièmes de la longueur primitive.	TENEUR en carbone.	OBSERVATIONS.
kilog.			
89 à 105	5 p. 100	0,0088 à 0,0112	Devient aigre lorsqu'on trempe trop fort.
73 à 89	5 à 10	0,0062 à 0,0088	Se trempent très-bien.
56,5 à 73	10 à 20	0,0038 à 0,0062	
48 à 56,5	20 à 25	0,0015 à 0,0038	Durcit faiblement par la trempe.
40 à 48	25 à 30	0,0005 à 0,0015	Ne durcit pas du tout.

En comparant ces tableaux, on constate d'abord le plus complet accord entre les résultats des deux contrées. D'une part, l'allongement croît à mesure que l'acier tient moins de carbone, et d'autre part, les charges de rupture, rapportées à la section primitive, décroissent avec la dose de carbone, mais varient peu lorsqu'on les rapporte à la section de rupture.

Et si maintenant nous rapprochons ces chiffres de ceux

position de 1867. On les trouve résumés, entre autres, dans le rapport du commissaire des États-Unis M. A. Hewitt p. 100.

que nous ont donnés les aciers de la Moselle, nous verrons que l'allongement est de 9 à 10 p. 100 pour les aciers de Suède et d'Autriche, tenant 0,0045 à 0,0060 de carbone, tandis qu'il n'est que de 3 à 4 p. 100 pour les aciers de la Moselle (n° 15 et 19). La charge de rupture, rapportée à la section primitive, est de 80 à 82 kil. pour ces deux échantillons de la Moselle, tandis que celle des aciers de Suède et de Neuberg est au maximum de 73 kil. La roideur est augmentée par le silicium et le phosphore; mais l'infériorité des aciers de la Moselle se montre de nouveau, lorsqu'on compare les charges calculées par millimètre carré de la section de rupture. En Suède les charges dépassent 90 et bien souvent 100 kil., tandis que l'acier n° 15 de Longwy n'atteint que 87 kil., et celui de Hayanges (n° 19), seulement 84 kil.

Enfin, lorsqu'on compare les aciers peu carburés, tenant 0,0032 à 0,0057 de carbone, on voit que l'allongement peut atteindre, en Suède et en Autriche, 12 et parfois même 20 p. 100. A Hayanges il ne va qu'à 3 p. 100. Ceux de Longwy, mieux épurés, sont aussi plus ductiles. Le n° 14, obtenu avec le maximum de nitre, s'allonge de 12,5 p. 100.

Quant aux charges de rupture, rapportées à la section primitive, elles sont généralement supérieures dans les échantillons de la Moselle, soit 60 à 80 kil. au lieu de 48 à 56 kil.; mais, rapportées à la section de rupture, le n° 14 seul peut se comparer aux aciers de Suède. C'est 109^k.7 contre 105 à 134 kil., tandis que les aciers moins épurés n° 16 et 17 ne vont qu'à 84 ou 85 kil. et même le n° 18 à 61 kil. seulement.

En résumé, on peut conclure de tout ce qui précède que les fontes phosphoreuses semblent devoir donner difficilement, par le procédé Heaton, des aciers *durs* ayant du *corps*, mais que l'on peut préparer des aciers *doux* et du *fer homogène*, qui ne diffèrent des aciers ordinaires, obtenus à l'aide du procédé Bessemer, que par une roideur un peu plus

grande et une moindre tendance à s'allonger sous de fortes charges. Il nous reste à montrer jusqu'à quel point ce défaut est dû au phosphore et à quel degré d'épuration il est possible d'arriver par le procédé Heaton. J'observerai seulement, avant de quitter le sujet de la qualité des aciers, que, pour l'apprécier d'une façon sûre, il faudrait pouvoir les comparer, comme les fers doux, sous le rapport de la *résistance vive*. On ne connaîtra bien la valeur relative des divers aciers qu'en déterminant, par des expériences précises, le travail des barres soumises à des charges ne dépassant pas la limite d'élasticité.

VI. EXAMEN CHIMIQUE DES PRODUITS DE L'AFFINAGE AU NITRE.

13. J'ai déjà donné page 19 la composition des fontes de la Moselle. Voici celle du nitre brut qui a servi aux essais de Langley-Mill. Il était important de connaître les doses de soufre et de phosphore provenant du réactif essayé. Le sel est jaune, en grumeaux cristallins; on le conservait, à l'usine, dans un caveau humide.

Nitrate de soude.	90,89		
Chlorure de sodium.	2,73	tenant chlore.	1,64
Sulfate de chaux.	0,22	tenant SO ³	0,12
Sable.	0,28		
Eau.	5,88		
Acide phosphorique.	traces.		
			100,00

Le nitrate pur renferme 36,61 p. 100 de soude; par suite, le sel brut, 33,27 p. 100; ou bien, en y comprenant la soude du chlorure, 34,7 p. 100.

Les produits de l'affinage Heaton sont le métal raffiné (*Crude-Steel*) et les scories. Le métal raffiné lui-même est transformé ensuite, partie en *fer doux*, partie en *acier*. Examinons successivement ces quatre produits.

14. *Métal raffiné.*—Le métal raffiné est une masse spongieuse, grenue ou cristalline, une sorte de fine métal boursoufflé, dont les diverses parties sont inégalement épurées. Ce défaut d'homogénéité est sensible à l'œil nu. Le grain varie de grosseur. Je possède un fragment de quelques centimètres de la deuxième opération, dont les parties à gros grains m'ont donné, par la méthode Eggertz, 0,0024 de carbone, les parties à grains fins, 0,0125, et un mélange des deux 0,0045. Les analyses que je vais citer prouvent également la répartition parfois un peu inégale du silicium et du phosphore. Au moment où l'on renverse le creuset du convertor, sens dessus dessous, sur le sol de l'usine, on voit souvent couler de la masse déjà figée certaines parties encore fluides, qui s'en séparent par une sorte de liquation. Ces parties plus fusibles renferment toujours plus de silicium et de phosphore que la masse figée, et on les reconnaît au laboratoire par la difficulté plus grande de leur attaque par l'acide nitrique. Pour se faire une idée exacte du degré d'épuration du produit, il ne faut donc pas s'en rapporter à un examen isolé de quelques parcelles du métal raffiné; il convient plutôt de soumettre à l'analyse les lingots d'acier, provenant de la refonte du métal raffiné au creuset. Une autre circonstance encore tend à fausser les résultats de l'analyse. Le métal boursoufflé renferme toujours, intimement empâtées, ou sous forme de mince pellicule à l'intérieur des ampoules, des éléments scoriacés dont l'existence est constatée par l'analyse, mais que l'on ne peut séparer rigoureusement du métal lui-même.

Cela dit, donnons les résultats de quelques analyses du métal raffiné et voyons les conséquences qu'on peut en déduire. Mais notons encore que, pour avoir des résultats plus comparables, j'ai préféré analyser les *cakes*, c'est-à-dire, le métal raffiné soumis au réchauffage et cinglage rapide dont j'ai parlé, que la masse spongieuse proprement dite telle qu'elle sort du convertor. Celle-ci, je le répète,

est toujours peu homogène et plus ou moins mêlée de parties scoriacées. *Les cakes*, il est vrai, laissent encore à désirer sous ce double rapport, mais ils sont pourtant de nature plus uniforme.

Les *cakes* ont été analysés, comme les fontes, en attaquant 5 à 10 grammes par l'acide nitrique, évaporant à sec, calcinant le produit, pour rendre la silice insoluble, reprenant les oxydes par l'acide chlorhydrique, précipitant le fer à l'état de sulfure, et dosant le phosphore à l'état de phosphate magnésien. On a repris et reprécipité, bien entendu, ce phosphate pour en vérifier la pureté, et l'on a déterminé la silice soluble, toujours entraînée en faible dose par le sulfure de fer et le phosphate magnésien. On a cherché séparément le soufre, soit par la méthode ordinaire, soit par le procédé Eggertz. Enfin le carbone a été évalué par la méthode Eggertz. Je n'ai pas cherché les autres éléments, si ce n'est le sodium, dans l'un des échantillons. J'ai d'ailleurs constaté des traces très-prononcées de vanadium dans les fontes, et l'on en retrouve jusque dans les aciers, quoique la majeure partie passe sous forme de vanadite de soude dans les scories.

Les *cakes* analysés sont au nombre de quatre; ils proviennent des deux premières opérations, faites sur les fontes de Longwy, et des deux premiers essais sur les fontes de Hayanges. Les *cakes* de Longwy s'aplatissent à froid sous le marteau et s'attaquent facilement par l'acide nitrique. Les *cakes* de Hayanges sont plus durs et à grains plus fins; ils ne s'aplatissent pas à froid et ne sont attaqués par l'acide qu'à l'aide de la chaleur. Ces circonstances indiquent déjà, dans ces derniers, un affinage moins avancé: ce que les analyses confirment en effet.

Voici les chiffres :

ÉLÉMENTS cherchés.	Opération n° 1.	Opération n° 2.	Opération n° 5.	Opération n° 6.	OBSERVATIONS.
Scorie non attaquée.	0,0020.	0,0006	0,0025	0,0078	Toute la silice figure ici comme silicium, quel- que une partie ait dû être fournie par la scorie mé- lée au métal.
Silicium	0,0016	0,0014	0,0053	0,0045	
Phosphore	0,0064	0,0059	0,0092	0,0078	
Soufre	0,0019	non dosé	0,0001	non dosé	
Carbone	0,0120	0,0125	0,0121	0,0152	

Observons de suite que les chiffres, placés en regard du mot de *scorie non attaquée*, ne représentent pas le poids total de la scorie mêlée au métal. La scorie est décomposée, lors de l'analyse, par des acides; ils en séparent une partie basique qui est dissoute, tandis que le reste est un silicate acide, que l'on isole de la silice proprement dite, en enlevant celle-ci par une solution aqueuse de potasse caustique. La partie attaquée par les acides est d'autant plus considérable que la scorie elle-même est plus basique. Or, sous ce rapport, il y a une grande différence, comme nous allons le voir, entre les scories des opérations n° 1 et 2 et celles des opérations n° 5 et 6. Ces dernières tiennent plus de 50 p. 100 de silice, les premières environ 50 p. 100. Celles-ci laissent, par suite, un moindre résidu, et comme elles renferment 15 à 16 p. 100 d'acide phosphorique, tandis que les scories des opérations n° 5 et 6 n'en contiennent pas 2 p. 100, il en résulte qu'une partie appréciable du phosphore, que donne l'analyse du métal raffiné des n° 1 et 2, doit provenir des scories adhérentes. Il suffirait de 1 p. 100 de scorie proprement dite, mêlée au métal, pour fournir à l'analyse des cakes 0,0016 d'acide phosphorique, ou 0,0007 de phosphore. Il suit de là que dans le métal raffiné, provenant des opérations n° 1 et 2, les proportions de phosphore seraient en réalité d'environ 0,0055 ou 0,0050 au lieu de 0,0064 et 0,0059.

Cela établi, on voit, en comparant ces analyses à celles des fontes, que les fontes grises siliceuses sont bien moins

épurées que les fontes blanches; que le silicium subit l'oxydation avant le phosphore, et que le carbone résiste plus que les autres substances. Mais on voit malheureusement que, même dans le cas le plus favorable, la déphosphoration est bien incomplète. Le produit épuré retient encore 0,005 de phosphore, lorsqu'on opère sur des fontes qui en renferment 0,014 à 0,015. Pourtant cette conclusion ne saurait être absolue. L'épuration dépend des proportions de nitre dont on s'est servi; puis il faut se rappeler que le métal raffiné est peu homogène, et que, pour mieux connaître le degré de la déphosphoration, il faut surtout consulter les analyses des lingots d'acier. On trouve une preuve du manque d'homogénéité dans ce fait, que le métal n° 1 retient plus de phosphore que le n° 2, tandis que ce devrait être l'inverse d'après les doses respectives de nitre employées dans les deux opérations. En tout cas, si l'on se reporte aux observations faites à Königshütte, sur l'affinage des fontes phosphoreuses par le procédé Bessemer, on ne doit pas s'étonner que même l'acier fondu à 0,005 de phosphore puisse se travailler à chaud presque aussi bien que l'acier pur. (Voyez ci-dessus, page 5.)

M. le docteur Miller, de Londres, indique, dans le métal raffiné, comme nous le verrons, 0,0014 de sodium. Je crois en effet qu'il en renferme toujours; la soude, en traversant la fonte en fusion, est, aussi bien que l'acide nitrique, partiellement désoxydée par le carbone et le fer, mais il est impossible de doser exactement le métal alcalin à cause des scories mêlées au fer. J'ai bien cherché, en traitant l'acier brut par l'eau bouillante, à enlever la soude provenant de la scorie, mais celle-ci ne cède à l'eau qu'une partie de l'alcali, en sorte que quand on dose ensuite le sodium, dans le métal lavé, on ne peut savoir s'il provient, ou non, de l'acier brut ou de la scorie adhérente. Quoi qu'il en soit, le métal raffiné de la troisième opération m'a donné 0,0006 de sodium, après avoir été privé, autant que possible, des sco-

ries adhérentes par un lavage à l'eau bouillante, au risque, il est vrai, d'attaquer aussi de cette façon une partie du sodium proprement dit. En tout cas, le métal alcalin doit exercer sur le produit final une heureuse influence; au moment de la refonte pour acier, il doit agir de nouveau sur le phosphore et le soufre.

15. *Scorie*. — Le deuxième produit de l'affinage Heaton, est la *scorie* alcaline, provenant de l'action du nitrate de soude. Je me suis borné à analyser d'une façon complète deux échantillons, la scorie de la première opération et celle de la cinquième. Mais je me suis assuré que les scories des quatre premières opérations sont presque identiques entre elles, ainsi que celles des quatre dernières. On a déjà vu que ce sont deux types bien distincts, dus aux proportions si différentes de silicium dans les deux fontes.

Voici les résultats :

ÉLÉMENTS DOSÉS.	SCORIE	
	de la 1 ^{re} opération. (Fonte blanche de Longwy.)	de la 5 ^e opération. (Fonte grise de Hayanges.)
Silice	0,310	0,540
Acide phosphorique	0,158	0,016
Acide sulfurique	0,007	0,005 } Soufre, en très-faible partie, à l'état d'a- cide sulfurique.
Soufre	0,006	
Chlore	0,007	0,002
Soude	0,304	0,290
Chaux	0,010	0,008
Magnésie	traces	0,004
Protoxyde de fer	0,144	0,080
Protoxyde de manganèse	0,046	0,041
Oxyde de vanadium	0,005	0,006
	0,997	0,992

La scorie de la huitième opération, partiellement analysée, m'a donné :

Silice	0,545
Acide phosphorique	0,018
Soude	0,305
Protoxyde de fer	0,080
Protoxyde de manganèse	0,034
Chaux	0,005
Soufre, chlore, vanadium, magné- sine, etc., par différence	0,015
	1,000

Les scories, provenant des deux fontes, renferment les mêmes éléments et à peu près la même proportion de soude, mais les scories opaques et ternes de la fonte blanche de Longwy sont riches en acide phosphorique, tandis que les scories vitreuses des fontes grises de Hayanges sont siliceuses, en sorte que la nature des scories vient à l'appui des conclusions précédentes sur la déphosphoration moins avancée des fontes siliceuses. La proportion d'oxyde de fer est également moindre dans les scories siliceuses de la fonte de Hayanges que dans celle de la fonte de Longwy, mais dans les deux cas, la teneur en fer est faible, et le déchet tout à fait minime. Dans les opérations, faites sur la fonte de Longwy, le poids de la scorie est, en effet, comme nous le verrons, d'environ 60 kil., c'est-à-dire moins de 9 p. 100 du poids de la fonte soumise à l'affinage. Or les 0,144 de protoxyde de fer correspondent à 0,112 de fer métallique, dont les 9 p. 100 forment 0,0101; ce qui prouve que, par l'action du nitre, ou n'a pas oxydé au delà de 1 p. 100 du fer de la fonte. D'autre part, en traitant la fonte de Hayanges, le poids des scories est au maximum de 85 kil., soit 12 p. 100 du poids de la fonte, et comme la scorie ne contient que 0,08 de protoxyde de fer ou 0,062 de fer métallique, la fonte n'a également cédé à la scorie que 0,062 des 12 p. 100, soit 0,0086 de fer métallique, c'est-à-dire moins de 1 p. 100. On voit donc que dans ce procédé la perte sur le fer est presque nulle, et que le déchet n'est dû qu'à l'oxydation des matières étrangères. Cela confirme le

chiffre de 6 p. 100, trouvé ci-dessus comme moyenne des opérations faites sur la fonte de l'usine de Hayanges.

Les scories renferment des grenailles métalliques. On les a séparées avec soin, à l'aide du barreau aimanté, avant de soumettre la matière à l'analyse. La scorie de la première opération a donné 8,3 p. 100 de grenailles; celles des cinquième et huitième opérations, entre 5 et 6 p. 100; mais ces chiffres sont variables; ils dépendent du choix des échantillons, et, en général, comme nous le verrons, la proportion des grenailles est plus forte.

Les fontes de Longwy et de Hayanges, ainsi que nous venons de le dire, donnent des scories tout à fait différentes. L'eau et les acides ne les attaquent pas de la même façon.

L'eau décompose facilement les scories de la fonte de Longwy. Il en résulte à froid une dissolution verte qui passe au jaune par la séparation d'un léger dépôt noir. La liqueur renferme du sulfure de sodium qui noircit l'argent, et c'est ce composé qui retient d'abord un peu de sulfure de fer, et conserve en dissolution le sulfure vanadique. L'eau n'enlève cependant qu'une partie de la soude; elle transforme le silico-phosphate en un composé basique, soluble dans l'eau, formé surtout de phosphate de soude, et en un résidu insoluble, retenant la majeure partie de la silice, un tiers environ de l'acide phosphorique et la totalité des bases non alcalines. Le vanadium aussi est en partie retenu par le silicate insoluble.

Lorsqu'on humecte la scorie et qu'on l'abandonne à l'air, elle se décompose en partie; le silicate de soude se transforme en carbonate.

En traitant par l'eau la scorie de la première opération, on en dissout les 0,586, et l'on trouve, dans la partie soluble, 8 à 9 p. 100 de silice, 25 p. 100 d'acide phosphorique et 62 p. 100 de soude; tandis que le résidu insoluble est formé de 50 p. 100 de silice, 9 à 10 p. 100 d'acide phos-

phorique, 10 à 11 p. 100 de soude et environ 30 p. 100 d'oxydes de fer, de manganèse, etc. Si l'on compare ces chiffres à l'analyse proprement dite, on voit que l'eau enlève à peu près les 5/6 de la soude, le 1/10 de la silice et les 2/3 de l'acide phosphorique.

L'acide chlorhydrique attaque complètement la scorie de la fonte de Longwy. Il y a dégagement d'hydrogène sulfuré. En évaporant à sec et reprenant par l'acide, il reste en général de la silice pure; mais si l'on chauffe trop et si l'acide employé n'est pas très-concentré, il peut arriver aussi que la silice retienne divers phosphates à excès d'acide (*). Le vanadium se concentre surtout dans la dissolution alcaline, mais se trouve aussi partiellement entraîné par le phosphate magnésien. La nuance bleue des sels et la coloration rouge du sulfo-vanadate ammoniacal ne laissent à cet égard aucun doute. Par des attaques au nitre, j'ai d'ailleurs constaté l'absence du chrome et vérifié la formation de l'acide vanadique.

L'eau attaque aussi les scories de la fonte de Hayanges. A chaud, la liqueur est colorée en brun par du sulfo-vanadate sodique, mais la dissolution se compose surtout de silicate de soude à excès de base. La scorie n° 5 abandonne à l'eau les 0,59 de son poids; la scorie n° 8, les 0,54. Dans les deux cas, le résidu insoluble se ramollit au rouge sombre. La dissolution aqueuse renferme les 2/3 de la soude, la moitié de l'acide phosphorique, et près du tiers de l'acide silicique.

Ni l'acide chlorhydrique ni l'acide sulfurique n'attaquent entièrement la scorie de la fonte de Hayanges; elle est trop siliceuse pour cela. Il reste un silicophosphate, à excès d'acide, formant les 0,25 à 0,50 de la scorie primitive. Pour doser la silice, on a attaqué la matière au carbonate

(*) H. Rose observe, dans son Traité d'analyse, que beaucoup de phosphates acides calcinés ne sont pas solubles dans les acides.

de soude mêlé de nitre. On obtient alors de la silice, quelque peu jaunée par l'acide vanadique. Pour le dosage de la soude, on s'est servi d'acide fluorhydrique et d'acide sulfurique.

Dans toutes les scories, mais surtout dans celles des fontes de Hayanges, le soufre est peu oxydé; il s'y rencontre surtout combiné au sodium, en sorte que, malgré la présence de l'acide nitrique, la soude abandonne également une partie de son oxygène aux éléments oxydables de la fonte.

16. Cherchons maintenant, en partant des analyses dont je viens de parler, à fixer le degré d'affinage qu'il est possible de réaliser par le procédé en question. A cet effet, calculons d'abord la quantité d'oxygène que le nitre peut fournir. En admettant que l'acide azotique soit simplement ramené à l'état de deutoxyde d'azote, mais que l'eau du nitrate soit entièrement décomposée, 100 kil. de nitrate du Pérou dégrageraient :

Par les 90 ^g ,89 de nitrate pur.	25 ^g ,5 d'oxygène
Et par les 5,88 d'eau.	5,2
Total.	30,7

Si, au contraire, l'acide azotique était complètement réduit, on aurait :

Par les 90 ^g ,89 de nitrate.	42 ^g ,5 d'oxygène
Et par les 5,88 d'eau.	5,2
Total.	47,7

Comparons à ces chiffres l'oxygène qui serait nécessaire pour oxyder complètement les éléments étrangers des fontes de la Moselle.

Prenons d'abord la fonte de Longwy de la première opération. Le poids traité est de 720 kil. abstraction faite des deux barres de fer. En admettant, d'après l'analyse précédente,

0,9 p. 100 de silicium, 1,42 p. 100 de phosphore, 1/3 p. 100 de soufre et 3 p. 100 de carbone, dont la moitié environ devrait être expulsée, il faudrait, pour opérer l'oxydation de ces divers éléments :

Pour 0,9 p. 100 ou 6 ^g ,48 de silicium.	7 ^g ,02 d'oxygène
— 1,42 p. 100 ou 10,22 de phosphore.	15,01
— 1/3 p. 100 ou 2,40 de soufre.	2,40
— 1,5 p. 100 ou 10,80 de carbone transformé en oxyde de carbone.	14,40
Total.	36,83 d'oxygène

Or on a pris, pour la première opération, 68 kil. de nitrate de soude qui pouvaient donner :

Dans la première hypothèse.	20 ^g ,88 d'oxygène.
Dans la seconde.	52 ^g ,44 —

On voit donc que, même dans le cas le plus favorable, la proportion d'oxygène fournie par le nitre était insuffisante pour oxyder la totalité des éléments étrangers. A plus forte raison en est-il ainsi, dans la pratique, puisque d'une part, sans parler du fer, il faudrait aussi tenir compte de l'oxygène absorbé par le manganèse, le vanadium, les métaux terreux, etc., que renferment les fontes, et que, d'autre part, le gaz nitreux, que l'on voit se produire pendant l'opération, prouve qu'une partie au moins de l'acide nitrique est simplement ramené à l'état de deutoxyde d'azote. Il n'est donc pas étonnant, d'après cela, que le métal raffiné retienne encore du phosphore et du silicium, et qu'une dose très-faible de fer ait été oxydée. On conçoit aussi que la soude elle-même puisse être réduite partiellement dans ces circonstances.

Calculons, d'après l'analyse des cakes de la première opération, l'oxygène nécessaire pour achever l'affinage du métal raffiné.

Le poids de ce produit, en y comprenant les plaquettes projetées, fut, dans cette opération, de 669 kil., ou plutôt, en y ajoutant les 8 p. 100 de grenailles retenues par les scories, de 671 kil. D'après cela, on trouve :

Pour les	0,0016 de silicium, ou 1 ^k ,07.	1 ^k ,16 d'oxygène
—	0,0064 de phosphore ou 4,29.	5,46
—	0,0009 de soufre ou 0,60.	0,60
	Total.	7,22

Or ce chiffre est un minimum puisque les cakes, par suite du réchauffage oxydant, sont plus purs que le métal bulleux au sortir du convertor. En retranchant les 7^k.22 des 56^k.83, on voit que, pour arriver au résultat réalisé, le nitre a dû fournir 29^k.60 d'oxygène, soit 44 p. 100; par suite, la majeure partie de l'acide nitrique a dû être ramenée à l'état d'azote ou de protoxyde d'azote.

On voit également que, pour atteindre la dose indispensable d'oxygène, il eût fallu augmenter la charge de nitrate d'au moins 15 kil. Cependant même alors, l'épuration n'eût pas été complète, puisqu'une partie de l'oxygène en question eût également réagi sur le fer et le carbone. Si donc le fer en barres, préparé avec le métal raffiné des premières opérations, montre les défauts du *fer brûlé*, il faut l'attribuer au travail des chaudes suivantes et non à l'excès de nitre dans le convertor. Les analyses et les fusions pour acier prouvent, en effet, que les cakes de la première opération étaient suffisamment carburés. Au reste, je ne craindrais pas, même à ce point de vue, un excès de nitre. Il sera toujours facile de restituer au métal raffiné le carbone voulu; il suffit d'ajouter, lors de la refonte pour acier, une proportion suffisamment élevée de fonte spéculaire pure, ainsi que cela se pratique dans la cornue Bessemer et le réverbère Martin.

L'excès de nitre offrirait cependant un double inconvénient. On peut craindre, malgré le surcroît de chaleur qui doit

en résulter, que le métal ne reste pas fluide jusqu'à la fin, et qu'alors surtout il ne soit dépourvu d'homogénéité. En second lieu, on doit redouter l'augmentation des frais. Au lieu de 68 kilog. de nitre, il en faudrait 85 à 85 kilog., soit 11 1/2 à 12 p. 100 au lieu de 9 1/2.

Le produit raffiné n'est pas homogène et le serait, sans doute, d'autant moins que la décarburation est plus avancée. Mais ce défaut me paraît au fond peu à redouter, puisque, en tout cas, le produit raffiné devra être refondu au réverbère. Il est évident toutefois que la marche la plus économique, celle vers laquelle il convient de tendre, consisterait à couler le métal raffiné directement du convertor dans le réverbère, ce qui me paraît facile à réaliser.

Quant aux frais, résultant de ces fortes doses de nitre, on ne peut se dissimuler qu'ils ne soient élevés, surtout au prix actuel du nitrate de soude. Mais à cet égard, je me réserve d'exposer, dans un paragraphe suivant, une formule de traitement un peu modifiée, qui permettrait de réduire la dose de nitrate dans de notables proportions.

Répetons les mêmes calculs pour la fonte grise de Hayanges. D'après l'analyse, précédemment citée, la fonte refondue de Hayanges contient 3 p. 100 de silicium, 1,275 p. 100 de phosphore, 0,1 p. 100 de soufre et 3 p. 100 de carbone. En se proposant, comme ci-dessus, de n'enlever que la moitié du carbone, il faudrait, pour l'oxydation de ces divers éléments, sur un poids de fonte de 705,7 kil., (charge des trois dernières opérations), les quantités d'oxygène que voici :

Pour 3 p. 100 ou 21 ^k ,17 de silicium.	22 ^k ,87 d'oxygène
— 1,275 ou 9,00 de phosphore.	21,45
— 0,10 ou 0,71 de soufre.	0,71
— 1,50 ou 10,59 de carbone.	14,12
Total.	49 ^k ,15 d'oxygène

En admettant que l'acide nitrique cède tout son oxygène ces 49^k. 15, eussent exigé 103 kil. de nitrate de soude; or on en a pris au maximum 90^k. 6; l'épuration ne pouvait donc être complète et cela d'autant moins que l'acide nitrique n'est pas réduit en entier, et que le fer, le manganèse et d'autres éléments absorbent pour le moins 5 kil. d'oxygène, ou 11 kil. de nitre, d'après la proportion des oxydes métalliques contenus dans les scories. A plus forte raison, ne doit-on pas s'étonner si le métal produit par les cinquième et sixième opérations retient encore de notables proportions de silicium et de phosphore, puisque le nitre chargé pesait 67 kil. seulement dans la cinquième opération, et 77 kil. dans la sixième.

Calculons, pour le métal de la cinquième opération, la quantité d'oxygène qu'il eût fallu employer pour achever l'affinage.

Le métal raffiné pesait 647 kil. ou, en y ajoutant les 5,2 p. 100 de grenailles des 114 kil. de scories, 653 kil. Or, en partant de l'analyse des cakes ci-dessus rapportée (page 50), les 653 kil. renferment :

0,0055 ou 5 ^k ,46 de silicium qui auraient demandé	3 ^k ,75 d'oxyg.
0,0092 ou 6,01 de phosphore.	7,69
0,0001 ou 0,06 de soufre.	0,06
Total.	11 ^k ,50

Et ces 11^k. 50 sont un minimum puisque le métal raffiné sortant du convertor est moins pur que les cakes. D'après cela, et en se rappelant que le sel alcalin n'est pas réduit complètement, on voit qu'il eût fallu augmenter la quantité de nitre de 30 à 35 kil., ce qui nous ramène à peu près au chiffre précédemment trouvé de 103 kil., et nous montre, en tout cas, qu'au lieu de 9,4 p. 100 de nitre, il eût fallu en employer 14 à 15 p. 100.

Il suit de là que l'affinage des fontes *siliceuses*, par le

procédé Heaton, serait trop coûteux et qu'il faut, en tout cas, se borner à traiter ainsi les fontes blanches, dont le prix de revient est, d'ailleurs, comme on sait, moins élevé que celui des fontes grises.

17. Voyons maintenant, d'après les analyses, ce que deviennent, dans le convertor, la soude du nitre et le phosphore des fontes. Si nous connaissons le poids exact des scories, et si elles étaient homogènes, aussi bien que les cakes, nous pourrions calculer, en partant des analyses, les quantités d'acide phosphorique et de soude qu'emportent les scories, et comparer ce poids aux éléments fournis par la fonte et le nitre. Cela est possible, d'une façon approximative, en ce qui concerne les fontes de Hayanges. Cela est plus difficile pour les opérations où l'on a traité les fontes de Longwy; les scories qui en proviennent sont peu homogènes et peu fluides. Une partie notable adhère aux parois de l'appareil et ne peut être pesée.

Montrons d'abord ce que nous apprennent les scories de la cinquième opération.

Elles pèsent 114 kil., ou plutôt 108 kil., si nous en défalquons les 5,2 p. 100 de grenailles, trouvées dans l'échantillon analysé. Mais il est facile de voir que ce chiffre de 108 kil. est trop élevé, car les scories renfermeraient plus de soude que le nitre n'a pu en donner. Il en est de même des poids que l'expérience a donnés pour les scories des trois dernières opérations. La masse pesée retient certainement plus de grenailles que l'échantillon choisi pour l'analyse. Le calcul, au surplus, conduit au même résultat.

Comme les parois de l'appareil ne sont guère attaquées par le nitre, on peut évaluer approximativement le poids des scories, d'après la silice que donnent la fonte et le sable quartzeux mêlé au nitre.

Nous avons vu ci-dessus que les 706^k. 8 de fonte, soumise à la cinquième opération, renferment 5 p. 100 de silicium

Soit.	21 ^k .20
Les cakes en retienent, d'après l'analyse citée.	5.46
La différence, soit.	17 ^k .74
représente le silicium cédé à la scorie.	
Le poids de silice qui lui correspond est de.	56 ^k .96
Il faut y ajouter la silice du sable quartzeux mêlé au nitre, soit les 0.9 de 10 ^k .4 (*).	9 ^k .56
Ce qui donne pour la silice des scories.	46.52

Et comme, d'après l'analyse, les scories tiennent 0,54 de silice, on trouve finalement pour le poids des scories

$$46.52 \times \frac{100}{54} = 85 \text{ kil.}$$

Ce poids est même probablement encore trop élevé, parce que le silicium, retenu par le métal raffiné, est, en réalité, un peu plus considérable que celui que nous donne l'analyse des cakes.

Si nous admettons néanmoins ce chiffre, nous trouverons pour la soude, en partant de l'analyse, $0,29 \times 85 = 24^k,65$; d'autre part, comme 100 de nitre brut, donnent au maximum 54,7 de soude, on voit que les 67 kil. de nitrate, dont on s'est servi dans cette opération, n'ont pu fournir que 25^k.25 de soude. L'accord n'est donc pas complet, et cela doit provenir, comme je viens de le dire, de ce que le poids des scories ne doit guère dépasser, en réalité, 80 kil. Nous pouvons néanmoins conclure de là que peu de soude a dû échapper à l'action de la silice, qu'il s'en est peu perdu par volatilisation, ou sous forme de sodium dans le métal raffiné.

Appliquons le même calcul au phosphore :

La fonte traitée renferme.	9 ^k .01 de phosphore
Les cakes en retienent.	6.01
Le poids enlevé au fer est de.	5 ^k .00

(*) Je prends les 90 p. 100 du sable quartzeux, à cause des matières étrangères (fer, alumine, etc.) que renferme le sable.

qui auraient dû donner 6^k.80 d'acide phosphorique. Or, d'après la teneur de 0,016, les 85 kil. de scories n'en renferment que 1^k.560, c'est-à-dire, le *cinquième* seulement du phosphore abandonné par le fer ! L'écart est si grand, qu'il faut bien en conclure qu'en présence de l'excès de silice, la majeure partie du phosphore a dû se volatiliser, soit sous forme de phosphore libre, soit à l'état d'acide phosphoreux ou d'acide phosphorique.

Nous n'avons pas tous les éléments pour refaire ces calculs sur les sixième et huitième opérations. On peut toutefois constater que le poids des scories doit être compris entre 80 et 100 kil., que la soude s'y retrouve aussi presque en entier, tandis que le phosphore éliminé a disparu en majeure partie par volatilisation.

Si maintenant nous répétons ces calculs sur les scories peu *siliceuses* des fontes de Longwy, nous trouverons des résultats assez différents. Considérons en particulier la première opération.

Les 720 ^k de fonte soumise à cette opération renferment, comme on l'a vu, 0.009 de silicium, soit.	6 ^k .48
Les cakes, à 0.0016, en retienent.	1.07
Reste, cédé à la scorie.	5 ^k .41
qui correspondent à.	11.27
de silice. Il faut y ajouter les 0.9 des 9 kilogrammes de sable, soit.	8.10
d'où, total de la silice des scories.	19 ^k .57

Et, par suite, comme les scories renferment 0,51 de silice, on a, pour poids de ces scories, $19,57 \times \frac{100}{51} = 62 \text{ kil.}$

Ce chiffre est de beaucoup supérieur aux 25 kil. fournis par l'expérience, mais j'ai déjà observé que ces scories *basiques sont très-pâteuses* et qu'il en reste figées, en notable proportion, contre les parois de l'appareil. D'un autre côté, le chiffre de 62 kil. est pourtant un peu élevé, par la raison,

déjà indiquée, que le métal raffiné doit retenir plus de silicium que les cakes. On doit donc considérer ces 62 kil. comme un *maximum*; par suite, comme les scories, d'après l'analyse, renferment 0,504 de soude, nous aurons également, pour la base alcaline, un chiffre maximum, en multipliant les 62 kil. par 0,504, ce qui donne 18^k.85.

Or, d'autre part, les 68 kil. de nitre ont dû fournir le chiffre, plus élevé encore, de 23^k.60 de soude, preuve, à n'en pas douter, qu'une partie notable de la soude, mal retenue par la silice, a disparu, pendant l'opération, sous forme de vapeurs, ou a dû se combiner au fer à l'état de sodium.

Enfin, en ce qui concerne le phosphore, on trouvé les résultats suivants :

Phosphore de la fonte.	10 ^k .22
Phosphore retenu par les cakes. . . .	4,29
Phosphore éliminé.	5 ^k .93,

poids qui correspond à 13^k.48 d'acide phosphorique. Or les 62 kil. de scories, à 0,158 d'acide phosphorique, en renferment 9^k.80, et ce chiffre aussi est plutôt un maximum. Ainsi les deux tiers au plus du phosphore sont réellement retenus par la scorie. Il y a, par suite, encore perte par volatilisation, mais elle n'est pas à beaucoup près aussi forte que dans le cas des fontes de Hayanges, où la soude, davantage liée par la silice, agit moins fortement sur l'acide phosphorique. Nous avons donc ici une nouvelle preuve de l'influence des scories siliceuses, sur les composés phosphorés aux températures élevées.

18. Ce qui précède nous permet d'étudier les réactions chimiques qui paraissent en jeu dans le convertor Heaton, et d'expliquer les phénomènes si divers qui s'y manifestent.

Lorsque la fonte arrive sur le nitre, celui-ci se décompose immédiatement; l'acide azotique est ramené surtout à l'état d'azote et de protoxyde d'azote, mais il se forme aussi un

peu de deutoxyde, que l'on reconnaît aux vapeurs rutilantes qui s'échappent de l'appareil.

L'oxygène du nitre se porte de préférence sur le silicium; le phosphore et le soufre résistent davantage, le carbone encore plus; une partie du soufre passe dans la scorie à l'état de sulfure de sodium. Parmi les métaux, le manganèse et sans doute aussi les métaux terreux sont en grande partie oxydés; le fer est peu atteint, tant que le nitre n'est pas en excès.

Quant aux produits oxydés, on ne les retrouve qu'en partie dans les scories. Le carbone s'échappe sous forme d'oxyde de carbone; la scorie ne renferme pas trace de carbonate de soude. Le silicium, bien entendu, transformé en silice, est complètement retenu dans les scories par la soude et les autres bases. Le phosphore tient le milieu entre ces deux corps, tant sous le rapport de sa répartition parmi les produits oxydés qu'au point de vue de son oxydabilité propre. Une partie forme du phosphate de soude, une autre s'échappe sous forme de vapeurs plus ou moins oxydées. Les quantités relatives de phosphate et de vapeurs dépendent du degré de saturation de la soude par la silice, et probablement aussi de la température. Si l'on veut retenir l'acide phosphorique, il ne faut pas mêler au nitre du sable siliceux.

Mais l'acide azotique n'est pas seul réduit dans le convertor. Une partie de la soude se transforme en sodium au moment où l'alcali passe en filets minces au travers du bain de fonte. Le sulfure de sodium et le sodium même, que l'on trouve allié au fer dans le métal raffiné, ne peuvent à cet égard laisser le moindre doute. Mais on peut citer à l'appui quelques autres faits. Les jets de flamme jaune qui s'échappent du métal raffiné doivent provenir de vapeurs de sodium. La fumée noire, qui apparaît au sommet de l'appareil dès que les vapeurs ne sont pas enflammées, doit aussi, en grande partie du moins, se composer de sodium; je dis en grande

partie, parce que la fumée noire fut surtout abondante dans les essais de la fonte de Longwy, d'où la soude, comme nous venons de le prouver, disparaît partiellement parce que les scories sont très-peu siliceuses. La fumée noire du convertor Heaton est de la vapeur condensée; c'est une poussière métallique comme la fumée ordinaire est de la poussière de carbone, et la vapeur d'eau condensée une poussière d'eau liquide. La fumée du convertor est nécessairement complexe; on doit y retrouver les composés phosphorés volatils, mêlés au sodium, et probablement aussi, comme dans l'appareil Bessemer, des particules ferreuses et manganésées; mais il n'en est pas moins évident que, de toutes ces substances, le sodium est certainement l'élément le plus abondant, dès que la soude n'est pas saturée par la silice. C'est ce qui distingue précisément les essais des fontes de Longwy des opérations faites sur les fontes grises de Hayanges. Dans ces dernières, la fumée noire fut peu abondante; les vapeurs rutilantes prédominaient; et le calcul vient de nous montrer que, dans ce cas, la soude est presque intégralement retenue par la silice, tandis qu'elle disparaît en partie lorsqu'on traite des fontes peu siliceuses.

Rappelons enfin, que la chaleur développée, pendant la réaction, dépend surtout, comme dans la cornue Bessemer, de la proportion de silicium que renferme la fonte. Les charges en nitre étaient les mêmes dans la première et la cinquième opération, ou même un peu supérieures dans la première (68 kil. contre 67 kil.). Eh bien! la chaleur fut beaucoup plus élevée dans la dernière; le métal raffiné, provenant de cet essai, était encore à demi-fluide au bout d'une heure, tandis que le produit de la fonte de Longwy se trouvait figé en moins d'un quart d'heure. Or la seule différence entre les deux fontes est que l'une renferme 5, l'autre seulement 0,9 p. 100 de silicium.

Lorsqu'au nitrate de soude on ajoute de la chaux, celle-ci aussi est partiellement réduite par la fonte comme la

soude. Cela résulte de l'expérience dont a rendu compte M. le Dr Miller, de Londres, dans son rapport du 14 octobre 1868.

L'essai dont il a analysé les produits provient de l'affinage d'un mélange, par portions égales, de fontes n° 4 de Clay-Lane et de Stanton, résultant l'une et l'autre de minerais oolitiques du lias supérieur. La charge en fonte était pareille à celles des opérations précédentes, mais le creuset recut :

169 lb de nitrate de soude
40 lb de sable siliceux
et 20 lb de chaux éteinte à l'air.

Il en est résulté des scories pâteuses, plus difficiles à séparer du métal raffiné que celles des opérations ordinaires.

L'analyse a donné à M. le Dr Miller les résultats suivants :

ÉLÉMENTS DOSÉS.	FONTE REFONDUE dans le cubilot.	MÉTAL RAFFINÉ.
Carbone	0,02830	0,01800
Silicium	0,02950	0,00266
Phosphore	0,01455	0,00298
Soufre	0,00133	0,00018
Arsenic	0,00041	0,00039
Manganèse	0,00318	0,00090
Calcium	"	0,00319
Sodium	"	0,00144

Le métal raffiné renferme, par suite, à la fois du sodium et du calcium; seulement, il convient de rappeler de nouveau à ce sujet que, dans le métal raffiné, on trouve toujours un peu de scorie et qu'une partie du calcium et du sodium devraient figurer ici comme silicates de chaux et de soude.

M. le Dr Miller n'a pas analysé l'acier fondu préparé avec les cakes; mais les échantillons furent essayés par traction, dans les ateliers de M. Kirkaldy, comme les produits des fontes de la Moselle.

M. R. Mallet donne, comme moyennes des résultats obtenus en août et septembre 1868, les chiffres suivants : charge de rupture par pouce carré anglais de la section primitive, 41^{ton},75, soit 65^k,68 par millimètre carré, avec un allongement de 7,20 p. 100.

D'autres expériences, faites plus tard sur des aciers provenant des fontes anglaises d'origines diverses, ont donné les résultats suivants :

ORIGINE DES ACIERS.	CHARGE opérant la rupture		ALLONGEMENT de la barre en centièmes de la longueur primitive.
	en tonnes par pouce carré anglais	en kilogrammes par millimètre carré	
Acier fondu préparé avec de la fonte n° 3 de Dowlais et 10 p. 100 de nitre.	tonnes. 42,2	kilog. 66,00	1,4
Acier fondu préparé avec de la fonte n° 4 de Middlesboro.	47,1	74,00	6,3
Acier fondu préparé avec de la fonte n° 2 de Glengarnock (Écosse).	41,1	65,00	6,3
Acier fondu préparé avec de la fonte d'hématite de Workington et 7 1/2 p. 100 de nitre.	48,4	76,00	2,7

On voit, en comparant ces chiffres au tableau des aciers de Suède et de Neuberg (page 245), que l'allongement est faible eu égard aux charges de rupture, et que, par suite, tous ces aciers, comme ceux de la Moselle, pèchent par défaut de résistance vive.

Il nous reste à examiner, au point de vue chimique, les produits marchands du métal raffiné, c'est-à-dire le *fer doux* et l'*acier*. Le fer doux, je l'ai déjà dit, offre peu d'intérêt au point de vue partique, parce que l'affinage Heaton est trop coûteux pour un pareil produit. Par ce motif, je me suis borné à soumettre à l'analyse deux échantillons.

19. *Fer laminé*.— J'ai analysé les deux barres n° 1 et 2 de la première opération. (Voir le tableau de la page 52). On a suivi le même marche que pour les cakes, et en opérant aussi sur 10 grammes. Voici les résultats trouvés :

ÉLÉMENTS CHERCHÉS.	BARRE PLATE de Longwy n° 1 obtenue directement, sans paquetage, avec du métal de la première opération.	BARRE PLATE de Longwy n° 2 obtenue, après paquetage, avec du métal de la première opération.
Silicium.	0,0023	0,0021
Phosphore.	0,0022	0,0016
Soufre.	au plus 0,0002	au plus 0,0002
Carbone.	0,0006	0,0008

En comparant ces chiffres à l'analyse des cakes de la première opération, on voit que l'épuration a fait des progrès, sauf en ce qui concerne le silicium. Le phosphore est descendu de 0,0064 à 0,0022 et 0,0016; le soufre de 0,0009 à 0,0002, et le carbone de 0,012 à 0,0006 et 0,0008. Le silicium semble au contraire avoir augmenté. Mais, à ce sujet, il importe de remarquer que la moitié au moins du chiffre qui figure ici comme silicium provient de la scorie mêlée au fer, en sorte qu'en réalité l'affinage a fait aussi des progrès sous ce rapport. Néanmoins le fer est encore impur, et surtout, comme on l'a déjà dit, il a été *brûlé* par les ouvriers. Il contient trop peu de carbone, tout en retenant beaucoup de phosphore : ce qui explique le faible allongement de 7 p. 100 qu'il éprouve avant de se rompre. Le paquetage n'a d'ailleurs produit, au point de vue de la pureté chimique comme au point de vue de la résistance vive, qu'une amélioration assez faible.

M. le Dr Miller a analysé le fer doux, préparé avec le métal raffiné de Clay-Lane et de Stanton ci-dessus mentionné; il y a trouvé les éléments suivants :

Carbone.	0,00993
Silicium.	0,00149
Phosphore.	0,00292
Soufre.	traces.
Arsenic.	0,00024
Manganèse.	0,00088
Calcium.	0,00310
Sodium.	traces.

Le fer n'est pas brûlé, il semble même fortement carburé, mais par cela même l'épuration a fait moins de progrès que dans le cas du fer de Longwy. La proportion de phosphore n'a presque pas diminué.

20. *Lingots d'acier.* — Pour l'analyse des lingots d'acier, j'ai suivi la même marche que pour les fontes, les fers et les cakes, de façon à obtenir des résultats comparables. Quatre lingots furent ainsi analysés. Voici les chiffres auxquels je suis arrivé :

ÉLÉMENTS CHERCHÉS.	LINGOT de l'opération n° 2.	LINGOT de l'opération n° 3.	LINGOT de l'opération n° 6.	LINGOT de l'opération n° 8.
Silicium.	0,0014	0,0018	0,0021	0,0017
Phosphore.	0,0038	0,0025	0,0034	0,0050
Soufre.	0,0003	0,0005	traces	0,0003
Carbone.	0,0036	0,0055	0,0035	0,0062

En comparant ces chiffres aux analyses des cakes (p. 250), on voit de suite que l'épuration a fait des progrès, soit par l'atmosphère plus ou moins oxydante des creusets, soit par l'addition du fer doux et de la fonte miroitante. La teneur en phosphore a surtout diminué, quoique d'une façon assez inégale. Dans le lingot de la deuxième opération, elle est descendue de 0,0059 à 0,0038, tandis que le silicium est resté stationnaire. Dans le lingot de la sixième opération, j'ai trouvé pour le phosphore 0,0034, au lieu de 0,0078, et pour le silicium 0,0021, au lieu de 0,0045. Cet écart plus grand provient en partie de la proportion plus

forte de fer doux ajouté aux cakes dans ce dernier cas. On a pris 14 lb de fer pour 34 lb de cake, tandis que dans la deuxième opération, la proportion était de 12 sur 55. Cependant cette différence de charge ne suffit pas pour expliquer complètement la moindre teneur en phosphore du n° 6. Il y a là anomalie évidente, due probablement, comme je l'ai déjà dit, au défaut d'homogénéité des cakes. L'anomalie est plus grande encore entre les aciers des n° 2 et 3. Les cakes de la troisième opération ont été obtenus avec moins de nitre que ceux de la seconde, et cependant nous trouvons dans le lingot n° 3 moins de phosphore que dans le n° 2; par contre il renferme bien, comme on devait s'y attendre, plus de silicium et de carbone.

En tous cas, il ressort de l'ensemble de ces analyses que les lingots provenant des fontes blanches, comme nous l'avons déjà prouvé pour les cakes, sont mieux affinés que ceux des fontes grises. Et ce résultat général des analyses concorde, soit avec les résistances rapportées à la section de rupture, soit avec le degré d'allongement qu'éprouvent les barres avant de se rompre. Lorsque nous comparons, d'après le tableau des charges de rupture (page 45), les aciers d'égal degré de carburation, provenant de fontes différentes, nous trouvons que l'acier peu carburé de la seconde opération s'allonge de 12,5 p. 100 tandis que les barres de la sixième opération, dont la grosseur est double il est vrai, s'allongent à peine de 1,3 p. 100. De même l'acier de la huitième opération s'allonge moins que celui de la troisième.

En résumé, on voit que l'acier en lingots, préparé dans les conditions ci-dessus indiquées, renferme :

0,0025 à 0,0058 de phosphore
et 0,0014 à 0,00018 de silicium,

lorsqu'on affine les fontes blanches de Longwy, et

avec 0,0017 à 0,0024 de silicium
lorsqu'on traite les fontes grises de Hayanges.

On peut d'ailleurs ajouter que tel doit être également le degré de pureté des aciers étirés, car le simple réchauffage au rouge faible, suivi d'un rapide martelage, ne saurait amener de changement sensible sous ce rapport. Le tableau suivant des teneurs en carbone, déterminées par la méthode Eggertz, suffit pour le prouver.

ORIGINE DES ACIERS.	CARBONE dans les lingots.	CARBONE dans les barres étirées.
Acier de la deuxième opération . . .	0,0036	0,0033
Acier de la troisième opération . . .	0,0053	0,0054
Acier de la cinquième opération . . .	0,0035	0,0032
Acier de la huitième opération . . .	0,0052	0,0048

21. Il suit de là, en définitive, ainsi que cela a été constaté déjà à Königshütte (page 5), que 0,003 à 0,005 de phosphore ne s'opposent pas au travail de l'acier fondu ou du fer homogène à chaud; seulement ce métal, dont la résistance à la traction lente est souvent aussi grande que celle des bons aciers, manque en réalité de corps. Il est aigre ou sec, il ne possède pas la résistance vive des bons aciers.

Faut-il en conclure que le procédé Heaton n'a aucune valeur, que son application semble ne devoir offrir aucun avantage? Telle n'est pas ma conclusion. Sans doute on ne peut espérer obtenir, par ce moyen, des aciers supérieurs. Laissons cette spécialité aux minerais non phosphoreux tels que les fers spathiques et les fers oxydulés magnétiques. Mais, d'autre part, n'employons pas les minerais rares et chers pour les rails. Que ferait-on, je le demande, des minerais communs?

L'affinage au nitre enlève le phosphore, au moins en partie, et mieux encore le silicium et le soufre. Le degré d'épuration dépend des proportions de nitre; c'est une question de

frais. Il s'agit de savoir si, en affinant ainsi les fontes blanches de forge provenant de minerais communs, on peut obtenir un métal suffisamment tenace pour les rails et les fers à plancher, et dont le prix de revient soit d'ailleurs inférieur aux rails Bessemer actuels. Les expériences citées ne suffisent pas pour répondre catégoriquement à la première question, celle du travail résistant des barres. Aux essais de traction, il faudrait substituer des essais par le choc, ou, mieux encore, des essais de flexion poussés jusqu'à la limite d'élasticité et pareils aux épreuves rapportées dans mon mémoire sur l'acier (pages 54 et suivantes). Il faudrait constater jusqu'à quelle dose de phosphore et de silicium on peut aller sans compromettre la résistance des rails. Ces expériences me paraissent importantes, et j'espère être bientôt en mesure de pouvoir m'en occuper.

En second lieu, il s'agit de montrer que l'emploi du nitre ne conduit pas à un prix de revient par trop élevé. Mais d'abord, il faut dire comment je comprends la mise en pratique du procédé Heaton. Le métal raffiné n'est pas de l'acier et encore moins du fer homogène; c'est une fonte simplement épurée, qui doit subir un nouveau traitement, pareil à l'affinage par réaction du four Martin-Siemens. Par suite, c'est aux fontes pures, que l'on traite au four Martin, qu'il convient de comparer le métal raffiné Heaton. Mais on a vu que, pour épurer les fontes par le procédé nouveau, il faudrait arriver aux doses de 10, 12 et 15 p. 100 de nitre. Ce serait, par tonne de métal raffiné, au prix actuel du nitrate, une dépense qui atteindrait, pour le nitre seul, 40 à 60 fr. ou, en tous cas, 25 à 37^f.50, si nous admettons que le prix du nitrate puisse descendre de 400 à 250 francs la tonne, ce qui paraît possible par une meilleure organisation de l'exploitation et par des moyens perfectionnés de transport depuis les mines jusqu'à la côte du Pacifique (*). Au reste,

(*) La possibilité de la mise en pratique du procédé Heaton dé-

même au taux de 250 à 300 francs, le prix de revient serait encore élevé si le phosphore et le silicium devaient être oxydés exclusivement par le nitre. Mais à cet égard il y a mieux à faire.

J'ai rappelé ci-dessus que le mazéage et le puddlage, en présence de scories basiques, enlèvent facilement à la fonte la majeure partie du silicium et du phosphore. Entre les deux moyens, il n'y a d'ailleurs pas à hésiter. Le mazéage mérite la préférence au point de vue des frais, et ce mazéage peut se faire à volonté au bas foyer ou au réverbère. Seulement il faut, dans les deux cas, des appareils à parois métalliques refroidies et des scories fortement basiques. On peut donc avoir recours au *feu de finesse anglais*, en se servant de coques aussi purs que possible et en rendant les scories extra basiques par des additions répétées de minerais de fer ou de manganèse riches et purs. Ou bien, si l'on redoutait le contact d'un combustible sulfureux et réducteur, on pourrait se servir du *four à réverbère*, à courant d'air naturel ou soufflé, chauffé à la houille ou au gaz, système Siemens ou autre, n'importe (*). Mais, en tous cas, la condition *sine qua non* de succès, c'est de munir le four de parois en fonte convenablement refroidies, comme les fours *bouillants* de puddlage, et de garnir les parois à l'intérieur de riblons grillés ou de fer oxydé riche.

pend en grande partie du prix du nitrate. — Ce prix était d'environ 300 francs la tonne avant le tremblement de terre qui bouleversa les mines du Pérou l'année dernière. — Il est monté à 400 francs par suite de ces dégâts. — Les dépôts du nitrate de soude au Pérou et dans le nord du Chili sont fort étendus et encore inexploités en grande partie. — Une consommation plus considérable, loin de produire la hausse, semble plutôt devoir abaisser le prix de revient par le développement des exploitations et l'établissement de chemins de fer économiques du plateau vers la côte.

(*) Le four à sole pivotante de M. Samuelson, dont j'ai parlé au commencement de ce mémoire, remplirait également le but en question.

On a vu ci-dessus, par l'exemple du four Eck à Königshütte, à quoi aboutit le mazéage sur sole en *sable*. Le phosphore se concentre dans le métal affiné, parce que les scories deviennent siliceuses. Il en est de même au four Martin dont le bassin est en sable. Le phosphore ne peut être enlevé à cause de la nature siliceuse des scories, et l'on ne peut, dans ce cas, les rendre basiques sans percer le four. Le sable et les briques sont rapidement fondus par l'oxyde de fer. Mais ce qui ne peut se faire dans un réverbère ordinaire réussit dans un four à parois métalliques refroidies, disposé à la façon des fours *bouillants*. La fonte y serait fondue, ou plutôt, y arriverait fondue du creuset des hauts fourneaux. Là elle serait mazée entre une sole en oxyde de fer et une couverte de scories ferrugineuses, maintenues basiques par des additions répétées de minerai riche, et, au besoin, comme dans le four Eck, en faisant aussi intervenir des tuyères plongeantes à courant d'air forcé. L'opération serait arrêtée avant la décarburation; puis, pour achever l'épuration, le métal finé serait directement amené dans le convertor Heaton, où une faible dose de nitrate enlèverait facilement la presque totalité du silicium, du phosphore et du soufre restant. De là enfin le métal raffiné viendrait au four Martin, où le travail pour acier, ou fer homogène, serait finalement complété par voie de réaction.

22. A cette occasion, je ne puis m'empêcher de remarquer que le procédé Martin ordinaire devrait être modifié de la même manière. Quel est le vice du procédé Martin? C'est son extrême lenteur dès que les fontes sont un peu siliceuses. Dans cette méthode, on obtient l'acier par voie de *réaction*, c'est-à-dire en mêlant simplement du fer doux à la fonte; mais si la fonte renferme du silicium, comment l'enlever, si ce n'est par oxydation? Et comment oxyder, sans attaquer les parois par les oxydes ajoutés? Dès que les fontes sont siliceuses, on procède par voie de fusion prolongée pour oxyder le silicium par l'action de l'air. Au lieu de chauffer

les gueusets de fonte, dans un réverbère ordinaire, pour es fondre ensuite au four Martin, il vaudrait certainement mieux les mazer d'abord dans un four bouillant et les couler de là directement dans le four Martin pour y recevoir le fer doux.

23. Mais revenons au procédé Heaton pour le traitement des fontes inférieures. Voici, en résumé, la formule de traitement qui, à mon avis, permettrait son application, d'une façon utile, en vue de produire avec ces fontes un métal propre à donner des rails.

1° La fonte, ainsi que cela se pratique dans un certain nombre d'usines de pays de Galles (*), serait directement amenée du haut fourneau au feu de finerie, ou mieux encore, dans un four bouillant, pour y être mazée par le vent et l'oxyde de fer.

2° De là, la fonte mazée coulerait dans le convertor Heaton pour y subir l'action du nitre (**).

3° Enfin le métal, doublement raffiné, se rendrait directement, à l'état fluide ou solide, dans le four Martin-Siemens, pour y être transformé, par des additions de fer doux et de fonte spéculaire, en acier fondu peu carburé ou fer homogène. Ajoutons, que si l'on poussait l'affinage, dans le convertor, jusqu'à la décarburation proprement dite, le métal raffiné pourrait même être chargé au four Martin en remplacement du fer doux. Cela dépend du degré d'épuration auquel on sera parvenu.

On voit que, par ce mode de traitement, on mettrait en pratique le principe si fécond de l'affinage *progressif*, que je recommandais déjà, dans mon précédent mémoire sur l'acier (page 106), en vue du traitement des fontes impures.

Inutile d'ajouter que, si les fontes ne renfermaient que

(*) *État présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, p. 489.

(**) On sait que dans quelques forges du pays de Galles, la fonte mazée se rend directement, pour être affinée au bois, dans un bas foyer comtois.

1 p. 100 de silicium et $1/4$ à $1/3$ p. 100 de phosphore, on pourrait alors supprimer le mazéage et amener directement la fonte du haut fourneau au convertor Heaton.

24. Il nous reste à montrer que les frais de ce double affinage ne seraient pas hors de proportion avec la valeur des produits que l'on peut en espérer.

Le déchet ordinaire du mazéage est de 8 à 10 p. 100; mais ce déchet peut être réduit si l'on ajoute à la fonte du minerai riche. Je le suppose ici ramené à 5 p. 100. D'autre part, la consommation est, en Angleterre, de 200 à 250 kil. de coke par tonne de fine métal, lorsque la fonte vient directement des hauts fourneaux, et serait de 400 kil. de houille si l'on opérait de la même façon au réverbère. Quant à la main-d'œuvre et aux frais accessoires, ils varient, comme on le sait, entre 3 et 4 francs. D'après cela, en partant du prix actuel de la fonte de forge dans la Moselle, on aurait, par tonne de fonte mazée :

	francs.
1.050 kilog de fonte de forge à 60 francs.	63,00
250 kilog. de coke à 30 francs.	7,50
Main-d'œuvre et frais accessoires.	4,00
Total.	74,50

Au réverbère, on aurait 400 kil. de houille à 12 francs, soit 4,80 au lieu de 7,50; ce qui abaisserait le prix de la fonte mazée à 71,90, ou environ 72 francs. C'est le prix que nous admettrons, parce que le mazéage au réverbère est, en tous cas, plus efficace que la finage au foyer.

La fonte ainsi mazée éprouverait un faible déchet au convertor, puisque le silicium et le phosphore seraient déjà en grande partie éliminés. Nous pouvons admettre 5 p. 100 comme un maximum. Si nous supposons, d'autre part, que l'on ait à oxyder 0,003 à 0,004 de silicium, autant de phosphore et de soufre, et environ 1 p. 100 de carbone, il faudra, par tonne de fonte mazée, 20 à 22 kil. d'oxygène, ce

qui suppose 50 kil. de nitrate. D'après cela les frais seraient :

Pour 1.050 kilog. de fonte mazée à 72 francs.	francs. 75,60
Pour 50 kilog. de nitrate à 400 francs.	20,00
Main-d'œuvre et entretien de l'appareil au plus.	4,00
Total.	99,60

Avec les frais généraux et les droits à payer pour le brevet, on arriverait ainsi finalement, pour les fontes raffinées, au prix de revient maximum de 110 francs, chiffre qui descendrait à 100 francs environ, si le prix du nitrate venait à baisser à l'avenir, comme cela est probable, ou si le nitrate pouvait être remplacé en partie par d'autres réactifs moins chers. Or, on sait qu'en France les fontes, pour les procédés Martin et Bessemer, coûtent en général 115 à 120 francs. Il y aurait donc encore un certain avantage à soumettre la fonte inférieure à l'action du nitre. Il reste à prouver par de nouvelles expériences que les rails ainsi préparés jouiront réellement, comme je le crois, d'une résistance vive suffisamment élevée.

25. Je viens de dire que le prix de revient des fontes raffinées pourrait être abaissé si l'on parvenait à remplacer une partie du nitre par d'autres réactifs d'un prix moins élevé. Entrons à ce sujet dans quelques détails.

On peut d'abord remplacer partiellement le nitrate par le carbonate de soude. Ce dernier se agit comme oxydant par son acide carbonique qui se réduit en oxyde de carbone. L'oxygène utile est de 15 p. 100 au lieu de 44. Mais la proportion de base, qui retient les acides, est de 58 au lieu de 34 p. 100. À ce point de vue, il y aurait un certain avantage à faire usage d'un mélange des deux sels. L'expérience a été tentée, sur mon invitation, à l'usine d'essai de la Villette. Au lieu de 10 p. 100 de nitrate, on a pris successivement 9, 8, 7 p. 100 de nitrate avec 1, 2, 3 p. 100 de carbonate. La marche de l'opération reste la même, mais la vivacité

des réactions est moindre, et le métal aussi paraît moins modifié. L'analyse du produit n'est pas encore achevée; je ne puis donc rien affirmer quant au résultat final, mais, en tous cas, l'opération n'est pas impossible (*).

Pour augmenter de nouveau la proportion d'oxygène, tout en réduisant les frais, j'ai fait ajouter aussi du peroxyde de manganèse, soit au nitrate seul, soit au mélange de nitrate et de carbonate. Ce réactif oxydant avait, du reste, déjà été essayé par M. Heaton à Langley-Mill. On y renonça parce que la chaleur développée n'est pas toujours suffisante pour fondre le protoxyde et qu'il se produit alors dans le creuset un magma pâteux de métal et de scorie fort peu homogène. L'oxygène dégagé est, en effet, au maximum, de 18 p. 100, et parfois seulement de 12 à 15 p. 100. Malgré cela, l'opération réussit également lorsqu'on se contente de remplacer le tiers ou le quart de la charge en nitre par un poids égal de peroxyde. Il faut toutefois que le minerai soit finement broyé et intimement mêlé au nitre ou au mélange de nitre et de carbonate.

M. Heaton se servait, à l'origine, d'un mélange de nitre et de chaux éteinte. C'était le cas, en juillet 1868, lorsque M. le Dr Miller et M. R. Mallet se sont rendus à Langley-Mill pour y étudier le procédé nouveau. La chaux agit comme base forte, mais rend la scorie plus ou moins pâteuse. C'est un inconvénient. Si l'on veut arriver à couler directement le métal raffiné du convertor dans un réverbère Siemens, il faut avoir, au contraire, des silicates fluides afin que le métal se sépare des scories. On atteint ce but en remplaçant la chaux par du spath-fluor, ainsi que M. Heaton vient de le constater lui-même, il y a peu de semaines à Langley-Mill. Je crains seulement que ce fluorure n'introduise parfois dans le métal raffiné un peu de soufre, à

(*) Il faut seulement s'assurer que le carbonate ne renferme pas de sulfate de soude.

cause de la baryte sulfatée qui se trouve presque toujours associée au spath fluor.

On peut rendre les scories tout à fait fluides, sans avoir à redouter le même inconvénient, en mêlant au nitre du sel marin ordinaire. Les essais que je viens de faire tenter à l'usine de la Villette, prouvent l'efficacité du chlorure de sodium. Avec des mélanges de 7 à 10 p. 100 de nitre et 1 à 2 p. 100 de sel marin, les scories deviennent fluides comme de l'eau. L'opération marche comme à l'ordinaire, si ce n'est un abondant dégagement de vapeurs suffocantes. Le sel marin se volatilise en partie avec d'autres chlorures. Mais ces chlorures mêmes provoquent peut-être une certaine épuration du métal à affiner. C'est une question qui est encore à l'étude. En tous cas, 1 à 2 p. 100 de sel marin seront toujours fort utiles pour accroître la fluidité des scories du convertor.

On voit, en résumé, qu'il y a là encore des recherches à faire et qu'au nitre il peut y avoir convenance à ajouter d'autres réactifs, soit comme fondants, soit comme oxydants.

26. Il me reste à parler d'un dernier point, de la disposition de l'appareil lui-même. Le convertor est fort simple. La fonte peut y être amenée facilement, soit par un conduit spécial, soit par un chaudron de coulée, suspendu à une grue, ou placé sur un chariot roulant sur rails. Ce qui est plus embarrassant, dans le cas du moins où l'on voudrait opérer sur de grandes masses, c'est la manœuvre et la mise en place du creuset. Mais, ici encore, un petit chemin de fer, passant sous le convertor, permettrait le transport à l'aide d'un chariot, et au lieu de fixer le creuset au convertor au moyen de crampons, on pourrait installer un élévateur hydraulique qui viendrait presser de bas en haut le creuset contre la cuve fixe. — L'opération terminée, le creuset serait transporté de la même façon, avec sa charge, au réverbère Siemens, où le traitement pour acier devra être achevé.

Arrivé au terme de cette longue étude, je crois devoir en résumer les principaux résultats.

27. *Conclusions.* — Le procédé Heaton ne saurait, à aucun point de vue, remplacer les procédés Martin ou Bessemer. Ceux-ci préparent, avec des fontes *pures*, des lingots d'acier ou de fer homogène. L'appareil Heaton s'attaque aux fontes *impures*, et cherche à les transformer en une sorte de *fine-métal*, plus ou moins épuré, dont le traitement pourra être achevé au réverbère Siemens. Il a pour but de conserver aux minerais communs la place que tendent à usurper, depuis quelque temps, les minerais *purs*. A ceux-ci, les fers et les aciers pour essieux, bandages de roues, canons de gros calibre, plaques de blindage, etc. Aux minerais *communs*, les rails et barres ordinaires en fer homogène plus ou moins dur.

L'épuration est basée sur l'emploi du nitrate de soude venant du Pérou. L'appareil est simple, ingénieux, fort peu coûteux. Le travail est rapide, facile à conduire, sans chances d'explosion.

L'affinage par le nitre procède comme les méthodes ordinaires fondées sur l'emploi de l'air ou des oxydes métalliques. Le silicium et le manganèse sont oxydés d'abord, le phosphore et le soufre sont enlevés ensuite, le carbone est éliminé le dernier.

Le degré d'épuration dépend, bien entendu, de la proportion de nitre. Toutefois, même en allant jusqu'à des doses de 12 à 15 p. 100, on ne doit guère pouvoir réaliser l'épuration absolue.

Pour réduire les frais, il faut opérer sur des fontes *peu siliceuses* et substituer, le plus souvent, aux fontes *brutes* les fontes *mazées*. Le mazéage doit avoir pour but l'élimination préalable de la majeure partie du phosphore et du silicium. On devra le pratiquer au bas foyer, ou mieux dans un réverbère; en tout cas, dans un appareil à pa-

rois de fonte convenablement refroidies, et avec le concours de riblons grillés ou d'oxydes de fer naturels, de façon à laisser la fonte toujours exposée à l'action de scories fortement basiques. On devrait d'ailleurs mazer même les fontes pures, siliceuses, que l'on cherche à transformer directement en acier fondu par le procédé Siemens-Martin.

Les fontes de la Moselle furent épurées, à Langley-Mill, sans mazéage préalable et avec une proportion de nitre insuffisante. Il en est résulté un métal raffiné, retenant encore, dans le cas le plus favorable, jusqu'à 0,005 de phosphore, 0,0014 de silicium et 0,012 de carbone. Ce métal a été transformé, partie en fer doux par puddlage rapide, partie en acier fondu par voie de réaction dans des creusets. Ni l'un ni l'autre de ces modes de traitement n'est économique. La seule voie qui puisse offrir des avantages est la refonte du métal dans un four Siemens, pour fer homogène ou acier peu carburé, selon la méthode de M. P. Martin.

L'acier fondu, préparé au creuset avec le métal *insuffisamment* raffiné des fontes de la Moselle, retient encore 0,002 à 0,004 de phosphore, 0,0014 à 0,0018 de silicium, 0,005 à 0,004 de carbone et des traces de soufre. Malgré cela, cet acier se travaille sans difficultés à chaud et supporte bien les essais par traction lente; mais il s'allonge peu, et ne semble pas posséder, par ce motif, une résistance vive suffisamment élevée.

En modifiant le traitement, d'après la formule que je viens de rappeler, les résultats seraient probablement différents. Toutefois de nouveaux essais sont nécessaires avant de pouvoir se prononcer d'une façon certaine sur la résistance vive des barres ainsi préparées, et, d'autre part, il est positif que le procédé Heaton, convenablement appliqué, sensible à réaliser, mieux que toute autre méthode connue, l'épuration des fontes ordinaires. On ne saurait pourtant affirmer dès maintenant, que cette épuration ne laisse plus rien à désirer.

NOTICE

SUR QUELQUES PROCÉDÉS NOUVEAUX DE FABRICATION DE LA FONTE, DU FER ET DE L'ACIER.

Par M. L. GRUNER, inspecteur général des mines,
Professeur de métallurgie à l'École des mines.

1. Les travaux de Chenot et de M. Bessemer ont provoqué dans les forges de nombreux essais qui tous ont pour but de modifier, d'une façon plus ou moins complète, le travail du fer.

Je ne propose, dans cette courte notice, de les passer rapidement en revue, ou d'en signaler du moins les traits les plus saillants.

Je citerai en premier lieu les travaux de MM. Siemens frères, de Birmingham.

On connaît leur four à chaleur régénérée. Outre les avantages bien connus des fours à gaz, il offre celui de températures extrêmement élevées, que l'on réalise en chauffant les gaz carburés, aussi bien que l'air qui doit les brûler avec la chaleur perdue des produits de la combustion.

Dans les forges à fer, on se sert de ces fours pour le puddlage (*), le corroyage, la fusion de l'acier, le chauffage du vent, etc. Mais on apprécie surtout les avantages

(*) Plusieurs forges adoptent le four Siemens pour le puddlage des fontes. Les usines de M. de Wendel sont dans ce cas. Comme four à gaz, il y a économie; le déchet aussi est moindre, parce qu'on peut modifier à volonté et instantanément l'atmosphère du four.

du four Siemens dans les usines qui préparent l'acier au réverbère, suivant la méthode de M. Martin de Sireuil.

Nous donnons Pl. III, *fig. 1 à 5*, les plans du four Martin ordinaire, que je n'avais pu joindre à mon mémoire sur l'acier. On voit qu'il se compose d'un four ovale, dont la sole en sable est supportée par des plaques en fonte, convenablement refroidies par la vapeur ou l'air. Sous la sole se trouvent les quatre chambres à briques, deux pour l'air, et deux pour le gaz. Le générateur, qui n'est pas figuré, est à gradins comme celui du système Boëtius, représenté Pl. III, *fig. 6*. Entre la cheminée et le four se trouvent les deux valves et les deux clapets, qui permettent de renverser périodiquement le courant des gaz et des produits de la combustion. Le four est à une seule porte, placée dans le milieu de l'une des parois longitudinales. Du côté opposé se trouve le trou de coulée qui aboutit à un chenal, amenant l'acier fondu dans les lingotières. Celles-ci sont placées sur un long chariot à crémaillère qui permet de les amener toutes successivement sous l'extrémité du chenal de coulée. La sole est concave, à la façon de tout four de fusion, avec pente légère vers le milieu de la face de coulée. La couche de sable réfractaire n'a pas au delà de 0^m,15 d'épaisseur, et la distance de la voûte au bain métallique est de 0^m,30. La sole a 3 mètres de longueur sur 1^m,60 de largeur maximum. Chacune des chambres à briques mesure 2 mètres cubes. Les charges du fourneau sont de trois tonnes.

L'acier Martin s'obtient en dissolvant le fer doux dans la fonte pure et en opérant l'affinage par le contact de l'air. Le plus souvent on ajoute le fer doux en paquets, ou morceaux de faible longueur, préalablement

Mais il faut renoncer aux chaudières à vapeur, placées à la suite des fours ordinaires. C'est un inconvénient que ne présentent pas les réverbères chauffés par le gazogène Boëtius (Pl. III, *fig. 6 à 9*), dont je dirai quelques mots dans cette notice même.

chauffés dans un réverbère spécial. M. Siemens a cherché à éviter le découpage et le réchauffage isolé des barres en disposant, le long de la face opposée à celle de la coulée, trois manchons inclinés en terre réfractaire, par lesquels on peut charger de longues barres, telles que de vieux rails. Le pied des barres baigne dans la fonte fondue, et s'y dissout graduellement; elles descendent ainsi d'elles-mêmes, tandis que le haut s'échauffe peu à peu, grâce au faible jet de flamme qu'on laisse échapper par l'orifice supérieur, incomplètement fermé, des manchons. Le reste du four diffère peu de celui de M. Martin. Il est représenté Pl. I, *fig. 1 à 4*. Les différences me paraissent d'ailleurs peu justifiées. Outre les manchons et le trou de culée, le four est pourvu de six portes, trois pour les réparations de la sole, dans la face de coulée, et trois plus petites pour le chargement de la fonte, dans la face opposée. C'est trop pour un four qui doit être amené à la chaleur de fusion du fer doux.

L'affinage de la fonte se fait en général par l'air seul, comme chez M. Martin, et au fond le travail est le même. Cependant M. Siemens, dans un mémoire lu à la société chimique de Londres le 7 mai 1868, parle d'essais faits avec divers agents oxydants, tels que la litharge et les nitrates, chromates, stannates, titanates de soude ou de potasse, etc., tous plus ou moins propres à enlever les substances nuisibles que pourraient contenir la fonte et le vieux fer. La plupart de ces réactifs sont énergiques, et pourtant je crois peu à leur efficacité lorsqu'on les emploie dans les conditions que je viens de formuler. Je dois rappeler ce que j'ai dit à ce sujet dans mon mémoire sur le procédé Heaton. Les réactifs alcalins agissent peu au réverbère parce qu'ils restent à la surface du bain et se volatilisent rapidement; de plus, ils attaquent les parois du four, lorsqu'on les emploie à hautes doses. Il vaudrait mieux épurer d'abord la fonte dans le convertor Heaton, et ne l'amener qu'épurée au réverbère Siemens.

2. *Four de réduction de M. Siemens.* — Au lieu de fer doux, on peut faire réagir sur la fonte des *éponges* de fer, ou du *minerai plus ou moins réduit*. M. Siemens a essayé, dans ce but, divers appareils. L'un d'eux ressemble au four dont je viens de parler. Au lieu de manchons à faible section, pour le passage des barres de fer, on peut installer des moufles plus larges, que l'on charge d'un mélange de minerai et de charbon. C'est le système Chenot ou Renton appliqué au four de fusion pour acier. Malheureusement les moufles ne résistent guère à ces températures élevées. Le minerai forme des silicates et perce les moufles avant que la réduction ne soit achevée. Si, au contraire, on veut employer des éponges déjà réduites, il vaut mieux alors, ce me semble, les préparer à part en se servant de cornues verticales, pareilles à celles que Chenot père avait jadis installées à l'usine de Baracaldo, près Bilbao, et à Hautmont près de Maubeuge (*). C'est une sorte de four Appolt, chauffé au rouge par des foyers spéciaux, et dont les cornues, au lieu d'être remplies de houille menue, reçoivent un mélange de minerai pur et de fraïsil de charbon de bois ou d'anhracite.

3. *Four nouveau de M. Siemens.* — M. Siemens a enfin imaginé un appareil plus compliqué qu'il a récemment installé dans son usine de Swansea. C'est celui qui est représenté Pl. II, fig. 1 à 5. Je dois le dessin à l'obligeance de M. Boistel, agent de M. Siemens à Paris. Le réverbère de fusion est surmonté d'une cornue presque horizontale, ou faiblement inclinée, à laquelle on peut imprimer un mouvement de rotation fort lent autour de son axe. La cornue se compose d'un cylindre en forte tôle, garni à l'intérieur d'un revêtement en briques creuses réfractaires, au travers desquelles on fait circuler, soit une partie des flammes du réverbère de fusion, soit un double courant de gaz et d'air qui permet

(*) Voir la description de ces fours dans la revue de Liège. M. Mussy vient d'en parler aussi dans son récent mémoire sur Vicdessos.

de chauffer les parois au rouge. La cornue elle-même reçoit, à l'aide d'une trémie fixe, la charge de minerai et de charbon, et l'on y fait passer en outre, pour hâter la réduction, un courant d'oxyde de carbone venant du gazogène. Le minerai réduit tombe, d'une façon plus ou moins continue, de l'extrémité de la cornue dans le bain du four. C'est, comme on voit, bien compliqué, et, pour peu que la réduction soit incomplète, ce qui en tout cas est difficile à régler, on fournit au four un excès d'éléments oxydés qui doivent rapidement en corroder les parois. A mon avis, il y a plus d'inconvénients que d'avantages à vouloir réaliser ainsi, dans un même appareil, deux réactions directement opposées. C'est contraire au principe, si fécond en industrie, de la division du travail.

4. *Four de M. Chenot fils.* — Je ferai le même reproche au petit haut fourneau de la Ramadé (Ariège) que M. Mussy vient de faire connaître dans le dernier volume des *Annales des mines* (page 544), et que MM. Chenot fils et de Héripont ont établi, près de Rancié, pour la production de fers pareils à ceux des forges catalanes. C'est un demi-haut fourneau, de 4 mètres à 4^m,50 de hauteur, dont le creuset est mobile comme celui de l'appareil Heaton. A mesure que la fonte se produit dans l'ouvrage, on l'affine à l'aide de la tuyère inclinée qui fournit le vent au niveau du plan de jonction du creuset mobile et de l'ouvrage fixe. On produit ainsi une série de loupes, que l'on cingle, puis corroie au feu de houille, à la façon ordinaire. Ici aussi la marche du four est difficile à régler. Les loupes se suivent et ne se ressemblent pas. De l'aveu même de M. Mussy (page 555), elles renferment souvent, à la fois, des parties douces ou crues, plus ou moins aciéreuses.

5. *Appareil Sievier.* — Un appareil analogue, mais plus sujet encore à critique, fut établi en 1865, à titre d'essai et aux frais de S. M. l'empereur, aux forges de Guérigny, par un inventeur anglais, M. Sievier. Le four se composait de

deux parties, comme celui de la Ramade : une cuve fixe et un creuset mobile, destiné aux loupes. Le bas de la cuve se termine par un ouvrage rétréci, à parois de fonte convenablement refroidies comme les tuyères à eau. Le gueulard du four est fermé et en communication avec un ventilateur aspirant. Le creuset mobile se place à quelques centimètres au-dessous de l'ouvrage fixe. C'est par l'espace annulaire, laissé libre entre deux, que l'air aspiré pénètre dans le four et y développe la chaleur nécessaire au traitement du fer. Le minerai, chargé à la façon ordinaire avec du coke, devait se réduire dans la cuve et entrer en fusion à l'entrée de l'ouvrage. L'inventeur espérait que les gouttes de fonte s'affineraient, sous l'influence de l'air aspiré, pendant leur rapide chute au travers de l'ouvrage, et arriveraient finalement dans le creuset sous forme de grumeaux de fer décarburé. Les défauts du système sautent aux yeux ; il me paraît superflu de les signaler. J'ajouterai seulement que, lors de sa mise en train, on a produit plus de scories que de fer et que tout l'appareil fut bientôt engorgé.

6. *Essais de M. Ponsard.* — Les travaux de MM. Martin et Siemens, sur la fabrication de l'acier fondu au réverbère, à l'aide de minerai plus ou moins réduit, ont conduit M. Ponsard, l'ancien directeur des usines de Follonica et Piombino, à tenter, au réverbère même, la réduction du minerai et sa transformation en fonte ou acier. Les essais se font, depuis quelques mois, à Paris, avenue de Suffren, aux abords du champ de Mars. M. Ponsard se sert du four Siemens. Au centre du réverbère se trouve un bassin pour la fonte ; à droite et à gauche, deux banquettes, légèrement inclinées vers le bassin central, supportent des moufles ou creusets verticaux, destinés au minerai. Les tubes traversent la voûte du four et se chargent par le haut, comme les cornues inclinées de M. Siemens. On les maintient constamment pleins. Vers le bas, un orifice latéral donne écoulement aux matières fondues, qui de là se rendent directement dans le bassin central. La sole

est en *graphite*, comme celle du four à acier du commandant Alexandre. C'est un mélange battu de graphite ordinaire et de 30 p. 100 d'argile réfractaire. M. Ponsard se proposait d'abord d'opérer la réduction du minerai et la carburation du fer dans les moufles mêmes dont je viens de parler. On les remplissait d'un mélange d'oxydes riches et de charbon en excès. Tout allait bien tant que le four n'était pas trop chaud. La réduction s'y faisait comme dans l'appareil Chenot. Mais lorsqu'on élève la température jusqu'au point de fusion de la fonte, alors le minerai, à demi réduit, se transforme en silicates et corrode les moufles. L'opération ne peut plus alors être continue, puisque, une fois en marche, il faut bien que le four soit toujours chauffé à blanc pour la fusion de la fonte. Il fallut donc installer un four spécial pour la réduction ; ce sont des cornues verticales, système Chenot, d'où le minerai, transformé en éponges à demi réduites, passe avec une nouvelle dose de charbon dans les moufles du four de fusion. Si les éponges étaient complètement réduites, les tubes seraient en réalité de simples récipients pour les matières à fondre, et au fond, on pourrait alors s'en passer. Il suffirait, dans ce cas, de charger les éponges carburées sur les banquettes elles-mêmes, sauf à maintenir l'atmosphère du four constamment neutre ou légèrement réductrice.

Mais comme la température est peu élevée dans le four de réduction, il reste toujours un peu d'oxyde mêlé au métal. Il faut donc conserver les tubes dans le four de fusion, et ajouter encore du charbon au minerai partiellement réduit. Dans ces conditions, on obtient sans peine de la fonte blanche, et même de la fonte grise, lorsque la température est suffisamment élevée et la dose de charbon (anthracite) d'environ 15 p. 100. Cette fonte est peu chargée en matières étrangères et peut se puddler facilement. Elle pourrait même être transformée en acier fondu, soit directement en carburant moins dans les tubes, soit par réaction, selon la méthode

de M. Martin. Reste la question des frais. M. Ponsard assure pouvoir obtenir, avec les minerais riches de l'île d'Elbe ou du Sommo-Rostro, environ 2,000 kil. de fonte par 24 heures, en ne consommant que 900 à 1000 kil. de houille, par tonne de fonte, tant pour la réduction que pour la fusion. Je ne conteste pas ces chiffres; ils me paraissent admissibles. Mais l'avantage résultant de cette faible consommation ne serait-il pas plus que compensé par l'entretien des appareils et l'élévation de la main-d'œuvre?

M. Ponsard évalue, il est vrai, à douze jours la durée moyenne d'un tube, ou à environ mille kil. la production de la fonte par chaque tube. Mais, à cet égard, une expérience plus prolongée est nécessaire pour pouvoir se prononcer. Le four Siemens lui-même exige également des réparations fréquentes; la sole, au contact des laitiers, devra souvent être renouvelée. Malgré cela je ne veux pas condamner d'avance le système nouveau. Pour les cas ordinaires, c'est-à-dire pour les minerais communs, et lorsque le coke ou le charbon de bois ne sont pas très-chers, le système des hauts fourneaux ne me semble pas pouvoir être détrôné par ce procédé de réduction en vase clos. Mais là où le coke et le charbon manquent, et lorsque les minerais sont riches, fusibles et réductibles, je ne crois pas le procédé impossible, si d'ailleurs on avait à sa disposition des tourbes, des lignites, des houilles sèches, ou même des déchets de bois. Ces combustibles inférieurs ne peuvent être employés dans les hauts fourneaux, tandis qu'ils peuvent alimenter les fours Siemens à l'aide d'un gazogène. Ainsi M. Rinman vient de m'apprendre qu'à Nora, à l'aide du gazogène *Lundin*, il est parvenu à préparer l'acier fondu, par la méthode Martin, en ne faisant usage que de sciure de bois de pin. A plus forte raison le même combustible, ou la tourbe ordinaire, pourrait facilement donner de la fonte par le système nouveau de M. Ponsard.

7. *Procédé Ellershausen.* — Une question plus importante et plus grave, surtout au point de vue de l'hygiène et de la conservation des hommes, est celle de la suppression du puddlage. Les procédés Bessemer et Martin pour les fontes pures, le mazéage et le procédé Heaton pour les fontes ordinaires, ont déjà restreint le domaine du puddleur. D'autre part, le puddlage mécanique tend à rendre moins pénible le travail de l'ouvrier. Un nouveau pas vient d'être fait dans cette voie par un ingénieur allemand, M. Ellershausen, établi à Pittsburg, aux États-Unis. Le procédé consiste à mêler mécaniquement du minerai riche à la fonte en fusion, et à soumettre directement le mélange figé au corroyage ordinaire. Le procédé est pratiqué déjà dans plusieurs forges des environs de Pittsburg, et se trouve mis à l'essai, en ce moment même, à l'usine de Dowlais, dans le pays de Galles. Les détails dans lesquels je vais entrer sont en partie extraits d'un journal américain, le *New-York Semi-Weekly Times*, et en partie fournis par MM. Blair et Gillon, qui connaissent de visu le système en question. M. Gillon, professeur de métallurgie à l'école de Liège, a visité Dowlais, dans le courant de juin, et y a vu fonctionner l'appareil Ellershausen. M. Blair, ingénieur américain, parcourt l'Europe, en vue d'y installer le nouveau procédé pour le compte de l'inventeur.

Le procédé consiste à préparer des briquettes avec un mélange intime de fonte granulée et de minerai broyé. Cela rappelle, à quelques égards, le procédé d'affinage par granulation du baron de Rostaing; mais la proportion d'oxyde est plus forte dans les briquettes américaines et assure mieux l'épuration de la fonte.

L'appareil, à l'aide duquel on obtient le mélange, consiste en un grand anneau horizontal en fonte, soutenu par des galets, et recevant, à l'aide d'un pignon, un mouvement lent autour de son axe (Pl. III, fig. 10 à 12). Le diamètre extérieur atteint parfois 5 à 6 mètres, et la vitesse de rotation est au maximum, à la circonférence, de 0^m.40 à

0^m.50 par seconde. L'anneau est cloisonné de façon à présenter une série de compartiments, ou de caissons contigus, dans lesquels coulent pêle-mêle le minerai et la fonte pour s'y mouler. A Dowlais, d'après les renseignements que m'a fournis M. Gillon, l'anneau a 4^m.80 de diamètre extérieur. Les caissons sont au nombre de soixante, et chacun d'eux mesure 0^m.60 dans le sens du rayon, 0^m.25 de largeur et 0^m.15 de profondeur. En cinq minutes l'anneau parcourt sept à huit tours.

Au-dessus de l'anneau, on fixe un bassin plat avec déversoir légèrement incliné qui conduit la fonte en nappe mince dans les moules de l'anneau cloisonné. Le bassin et le déversoir sont garnis d'argile à la façon des chaudrons de coulée des ateliers de moulage. La fonte y est amenée du haut fourneau, en filet régulier, pour qu'à chaque tour les compartiments reçoivent rigoureusement le même poids de fonte. A la fonte liquide on mêle, au moment de sa chute, une nappe de minerai broyé. Celui-ci sort, en courant continu, d'une trémie à fente mince et glisse le long d'un plan fortement incliné vers le jet de fonte. La fonte se trouve plus ou moins grenillée par ce mélange, et se fige, en tout cas, immédiatement au fond des moules. A chaque passage d'un compartiment sous le déversoir, il se forme ainsi une briquette mince de fonte et de minerai d'au plus 0^m.01 d'épaisseur. Ces briquettes se superposent, à chaque tour de roue, sans se souder. Lorsque les moules sont à peu près pleins, on arrête le mouvement et l'on enlève les soixante pièces, toutes formées d'une série de plaquettes pareilles. On les porte au four de puddlage ou même, si tout va bien, au four de corroyage. A la chaleur blanche, le minerai réagit sur la fonte et l'on opère l'affinage; les scories s'écoulent, et l'on peut de suite procéder au cinglage et au laminage du paquet soudé. Si, par contre, la fonte est moins pure, ou le mélange peu intime, le métal fond en partie, ce qui oblige de procéder alors par voie de puddlage rapide et de faire

des balles comme à l'ordinaire. Le procédé, comme on le voit, est assez difficile à régler, et le succès dépend en grande partie de la nature de la fonte et de celle du minerai. Il faut que le minerai soit aussi fin, aussi riche, aussi pur et aussi réductible que possible. Tout gangue peu fusible, l'alumine et la chaux en particulier, rend les scories pâteuses et réfractaires. Leur expulsion par simple corroyage et cinglage devient alors impossible; il en résulte des fers pailleux et cassants. D'autre part, les minerais compactes et denses, comme les fers oxydulés, agissent difficilement sur la fonte. Il faut, au préalable, les griller ou calciner. Les meilleurs minerais pour ce mode d'affinage sont les hématites brunes manganésifères, qui conviennent aussi pour les foyers catalans. Ils sont à la fois faciles à réduire et à fondre.

En résumé, le procédé encore à l'essai à Dowlais, paraît être pratiqué, depuis quelques mois, d'une façon courante, aux environs de Pittsburg. En Amérique, où la main-d'œuvre est fort élevée, la méthode nouvelle doit certainement offrir des avantages, lorsque les fontes sont faciles à épurer et les minerais riches et fusibles. Mais lorsque les minerais sont peu riches et les fontes difficiles à affiner, l'épuration ne peut guère être complète. Il doit rester des crasses au milieu des barres. Toutefois, en mêlant ainsi du minerai à la fonte, on abrège au réverbère la période du brassage proprement dit, et l'on diminue le déchet de la fonte. La proportion de minerai est d'environ 50 p. 100; mais ce chiffre doit nécessairement varier avec sa nature et celle de la fonte.

8. *Four Böttius*. — L'emploi des fours à gaz se répand de jour en jour dans les forges. On commence à apprécier les avantages de ces appareils qui permettent l'emploi des combustibles les plus inférieurs, tels que les tourbes, les lignites, les anthracites terreux, etc. On connaît en particulier, depuis l'Exposition de 1867, le four Lundin de Suède, dans lequel on peut brûler les combustibles les plus aqueux,

comme la sciure de bois et les tourbes. M. Vicaire en a fait ressortir les avantages dans un article récent (*), et nous venons de rappeler que M. Rinman est parvenu à fondre l'acier en combinant ce gazogène Lunding avec le générateur Siemens. Mais le four Siemens est coûteux et supprime du même coup les chaudières à vapeur à chaleur perdue. C'est ce qui me fait craindre que son emploi, dans les forges anglaises et pour le puddlage surtout, ne soit pas aussi utile qu'on pourrait le croire au premier abord.

Le four *Boëtius* me paraît devoir être préféré au régénérateur Siemens, lorsque les combustibles sont peu humides et que la chaleur perdue peut facilement être utilisée pour le chauffage des chaudières. Ce four est un gazogène à grille de mâchefer, dont les gaz sont immédiatement brûlés au moyen d'air, chauffé par les parois mêmes du gazogène. Il se compose d'une cuve prismatique, dont la base est formée par la grille, et dont le haut débouche directement dans le réverbère qu'il s'agit de chauffer. La cuve prismatique est entourée d'une série de carneaux, ou mieux, d'une enceinte étroite, et continue, comme les compartiments des fours Appolt. Cette enceinte sépare le gazogène du massif extérieur. L'air y pénètre par le bas, s'échauffe en montant, et rencontre le courant combustible dans le conduit même qui relie le gazogène au réverbère. Pour que les parois du gazogène puissent être minces, sans perdre de leur solidité — n'avoir par exemple pour épaisseur qu'une largeur de brique — il suffit de placer de distance en distance, en quinconces, comme dans les fours Appolt, des briques de liaison à la fois engagées dans le massif intérieur et l'enveloppe extérieure. Cette disposition fort simple offre tous les avantages des gazogènes ordinaires et présente, en outre, celui d'augmenter la température en chauffant l'air de combustion à l'aide de la chaleur perdue des gazogènes

(*) *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, t. XIII, p. 653.

mêmes. En augmentant ou diminuant l'accès de l'air, on peut rendre à volonté la flamme du réverbère plus ou moins oxydante ou réductrice. Le four *Boëtius* offre, sur les chauffés ordinaires, une économie que l'on estime à 30 ou 35 p. 100. C'est le chiffre constaté dans plusieurs verreries et les fours à zinc de Viviez (Aveyron). Ce système si simple est d'une application moins coûteuse que le four Siemens, lorsque la température ne doit pas être poussée jusqu'à la fusion de l'acier, et que la chaleur perdue du réverbère trouve son emploi sous des chaudières à vapeur comme dans les fours de puddlage et de réchauffage.

La Pl. III, fig. 6 à 9, représente un gazogène *Boëtius*, pour four à réchauffer. Dans cet exemple, la face de chargement est libre et inclinée, comme dans les Siemens ordinaires; les trois autres faces sont seules ici pourvues de carneaux à air. Les dimensions du générateur dépendent, comme toujours, de celles du réverbère qu'il s'agit de chauffer. Pour un four de réchauffage, la section transversale est à peu près celle d'une grille de réchauffage ordinaire, 0^m,75 sur 0^m,90; sa hauteur est de 1^m,80 à 2 mètres. Dans l'exemple des fig. 6 à 9, les carneaux à air débouchent par le pont et la voûte du four. Par contre, lorsque le générateur doit chauffer un four de galère, destiné à la fusion du verre ou au traitement de la calamine, l'air chaud arrive plutôt dans le conduit vertical qui amène les gaz combustibles au centre du four. Il y pénètre par une série de carneaux horizontaux, placés sous les banquettes mêmes, qui portent les pots à verre ou les moules à zinc. Dans l'un et l'autre cas, on peut aisément régler la combustion par des registres, ou de simples briques, fermant plus ou moins les carneaux par où l'air extérieur est aspiré.

LÉGENDE DES PLANCHES.

Pl. I. Fig. 1 à 4. Four Siemens, pour la fusion de l'acier.

Fig. 1. Coupe verticale suivant AB du plan.

Fig. 2. Élévation et coupe suivant EF de fig. (1).

Fig. 3. Plan et coupe horizontale du four suivant MN de fig. (1).

Fig. 4. Élévation de la face de coulée.

- a, a, a. Portes pour le chargement de la fonte; celle de gauche est figurée fermée; les deux autres sont représentées ouvertes.
- b, b, b. Portes de la face de coulée pour les réparations de la sole.
- c, c, c. Manchons en terre réfractaire pour l'introduction des barres de fer.
- d. Trou de coulée.
- e, e. Chambre à briques pour la régénération de la chaleur.
- f, f. Plate-forme pour le chargement des manchons.
- g, g. Canaux d'écoulement servant tout à tour au gaz ou à l'air, et aux produits de la combustion.
- h. Soupape pour l'arrivée de l'air.
- i. Soupape pour l'arrivée du gaz.
- k. Tringles et leviers pour la manœuvre de la soupape i.
- l, l. Valves qui opèrent le renversement des courants gazeux.
- m, m. Tringles et leviers pour la manœuvre des valves.
- n. Registre réglant l'écoulement des produits de la combustion.
- p, p. Tringles et leviers pour la manœuvre du registre n.
- q, q. Portes des chambres à briques pour l'air.
- r, r. Portes des chambres à briques pour le gaz.
- s, s. Conduits pour les gaz combustibles.
- t, t. Conduits pour l'air comburant.

Pl. I. Fig. 5 à 9. Convertor Heaton.

Fig. 5. Élévation de l'appareil du côté de la tubulure de coulée, avec coupe du chapeau qui couvre la cheminée.

Fig. 6. Coupe verticale de l'appareil, par la tubulure de coulée.

Fig. 7. Coupe horizontale par GH.

Fig. 8. Élévation du chariot et du creuset mobile.

Fig. 9. Plan du chariot et du creuset mobile.

- a. Creuset du convertor.

- b, b. Cuve du convertor.
- c, c. Cheminée du convertor en tôle.
- d, d. Chapeau couvrant la cheminée et golet pour retenir les matières projetées.
- e, e. Tubulure de coulée.
- f, f. Colonnes et poutres supportant le convertor à l'aide de cornières boulonnées.
- h, h. Chariot pour le transport du creuset mobile.

Pl. II. Fig. 1 à 5. Four Siemens pour l'affinage de la fonte par du minerai de fer réduit.

Fig. 1. Coupe verticale par l'axe longitudinal du four.

Fig. 2. Plan du four.

Fig. 3. Coupe transversale du four et coupe longitudinale de la cornue de réduction.

Fig. 4 et 5. Coupes transversales des cornues de réduction.

- a, a, a. Portes pour la réparation de la sole.
- b, b, b. Portes de chargement de la fonte.
- c. Trou de coulée.
- d, d. Chambres à briques pour le chauffage de l'air.
- e, e. Chambres à briques pour le chauffage des gaz.
- f, f. Carneaux à gaz.
- g, g. Carneaux à air.
- h. Soupape à air.
- i. Soupape pour le gaz.
- k. Valve pour l'inversion du courant d'air.
- l. Valve pour l'inversion du courant de gaz.
- m. Registre pour l'écoulement de la fumée.
- n. Canal conduisant à la cheminée.
- p. Canal amenant les gaz combustibles.
- q, q. Cornue mobile pour la réduction du minerai.
- r, r. Trémie de chargement du minerai.
- s, s. Conduit qui amène le minerai réduit dans le four de fusion.
- t, t. Conduit qui amène le gaz réducteur.
- u, u. Ouvreaux pour l'entrée de l'air, qui doit être chauffé avant de brûler le gaz qui circule le long de l'espace annulaire intérieur.
- v, v. Ouvreaux donnant passage à l'air comburant chauffé.
- x, x. Galets portant la cornue mobile.
- y, y. Conduit qui amène à la cheminée les gaz brûlés qui ont chauffé la cornue.

Pl. III. Fig. 1 à 5. Four Martin pour acier fondu.

Fig. 1. Élévation de la face de coulée et du chariot à lingotières.

Fig. 2. Coupe transversale par le trou de coulée.

- Fig. 3.* Coupe longitudinale du four par la boîte à gaz.
Fig. 4. Double plan, passant par le four lui-même et par les carneaux souterrains d'air, de gaz et de fumée.
Fig. 5. Coupe passant par les boîtes et les clapets à gaz et à air.
a, a. Porte de chargement.
b, b. Ouverture de coulée.
c, c. Chambres à briques.
d. Emplacement du clapet à air.
e. Emplacement du clapet à gaz.
f. Conduit à gaz venant du générateur.
g. Conduit allant à la cheminée.
m. Valve pour l'inversion du courant gazeux.
n. Valve pour l'inversion du courant d'air.
q, q. Manette et tringle pour la manœuvre de la valve à gaz.
p. Manette pour la manœuvre de la valve à air.
h, h, h. Carneaux pour le passage de l'air, du gaz et de la fumée.
k, k. Chariot à lingotières.

Pl. III. *Fig. 6 à 9.* Générateur Böttius pour four à réchauffer.

- Fig. 7.* Plan.
Fig. 6. Coupe longitudinale.
Fig. 8. Coupe verticale par le générateur et la grille.
Fig. 9. Coupe verticale par les carneaux à air du pont.
a, a. Grille à mâchefer.
b, b. Four à réchauffer.
c, c. Orifice de chargement du combustible.
m, m. Enceinte avec briques de liaison en quinconces pour le chauffage de l'air par la chaleur perdue des parois du générateur.

Pl. III. *Fig. 10 à 12.* Croquis de l'appareil *Ellershausen*.

- Fig. 11.* Plan de l'appareil.
Fig. 10. Coupe verticale de l'appareil suivant AB.
Fig. 12. Coupe par *ab*, montrant l'arrivée de la fonte et du minerai.
c, c. Anneau à compartiments.
d, d. Galets supportant l'anneau.
e. Pignon qui met l'anneau en mouvement.
f. Chenal d'arrivée de la fonte.
g, g. Conduit qui amène la fonte dans les caissons de l'anneau
h, h. Trémie et plan incliné qui fournit le minerai.

RECHERCHES

SUR L'EMPLOI AGRICOLE DES RÉSIDUS DE QUELQUES USINES.

Par MM. EDMOND NIVOIT, ingénieur des mines,

ET

ÉDOUARD LÉTRANGE, ingénieur civil.

INTRODUCTION.

En présence des étonnants progrès qu'a accomplis dans ces dernières années, sous l'influence de la chimie, la science agronomique, il serait hors de propos d'insister sur l'utilité des analyses d'engrais. La terre étant une usine à laquelle on livre des matières premières pour en obtenir des produits utiles, il est de toute évidence que l'agriculteur a autant d'intérêt à connaître la composition chimique des engrais dont il se sert qu'en a l'industriel à connaître celle des matières qu'il met en œuvre. Acheter un engrais sans savoir quelles sont les proportions des éléments qui le constituent, c'est agir en aveugle et s'exposer à de graves mécomptes. L'agriculture est entrée dans une voie de progrès qui ne permet plus désormais ces tâtonnements d'une pratique peu éclairée.

Cependant les analyses complètes d'engrais ne sont encore qu'en très-petit nombre. Les chimistes se sont le plus souvent bornés à déterminer l'azote et l'acide phosphorique, les deux éléments les plus rares et les plus chers, et ils ont reculé devant les difficultés ou la longueur du dosage d'autres éléments, tels que les alcalis, la magnésie, etc.

Dans nos travaux du laboratoire départemental de chimie de Mézières, nous avons eu l'occasion d'étudier des sub-

stances de diverses natures employées comme engrais dans le département des Ardennes, et surtout des résidus d'usines. Des renseignements que nous avons recueillis auprès d'agronomes éclairés nous ont mis à même de nous rendre compte du mode d'action de ces matières sur la végétation et de saisir, dans quelques cas, la relation qui existe entre leur composition chimique et les effets produits.

Il nous a paru qu'il ne serait pas sans intérêt de réunir ici, dans un premier mémoire, une partie des résultats auxquels nous ont amenés nos recherches et nos observations. Nous n'avons la prétention de signaler aucun fait nouveau; nous nous contentons de donner des analyses exactes et généralement complètes de quelques matières propres à être appliquées à l'agriculture, et de rapporter des faits bien constatés, en nous abstenant le plus possible de toute considération théorique.

I. RÉSIDUS DE LA FABRICATION DE LA COLLE.

La tannerie, qui a une si grande importance dans la ville de Givet, a donné naissance à une industrie qui en utilise les résidus, tels que débris de cuirs et rognures de peaux: c'est la fabrication de la colle-forte. La production annuelle moyenne des six fabriques de colle de Givet peut être évaluée à 450.000 kilogrammes qui représentent une valeur de 740.000 francs.

On prépare aussi à Sedan, avec des débris de matières animales, de la colle-forte qui est destinée à encoller les fils de chaîne avant le tissage; mais cette fabrication, qui n'a pas d'autres débouchés que les manufactures de drap de la localité même, ne donne qu'une faible quantité de produits.

Les procédés de fabrication sont assez simples. Les *colle-matières* (muscles, tendons, rognures de peaux, etc.) sont traitées par l'hydrate de chaux, qui opère le débouillage des parties couvertes de poils, saponifie les corps gras

et rend la gélatine attaquable à l'eau bouillante. Les substances alcalines et acides, qui nuisent à la propriété gélatineuse, sont éliminées par des lavages à grande eau, alternant avec l'aération des colle-matières; enfin celles-ci sont portées dans les chaudières où l'on procède à la fonte en présence de l'eau bouillante.

Ces manipulations laissent comme résidus: 1° des *sels calcaires à acides gras*, qui viennent nager à la partie supérieure des chaudières; 2° des *eaux de lavage*; 3° des matières solides déposées par ces eaux dans les bassins qui servent au lavage; 4° des *marcs de colle* ou *fonds de colle*, recueillis au fond des chaudières.

Sels calcaires à acides gras. — Les sels calcaires à acides gras étant toujours imprégnés de gélatine, on les soumet d'abord à la presse et l'on repasse dans les chaudières le liquide obtenu. La matière exprimée est ensuite traitée par l'acide sulfurique qui sature la chaux et met la graisse en liberté. Cette graisse est très-appreciée pour le graissage des machines.

Eaux de lavage. — Tous les autres produits que nous venons d'énumérer peuvent être employés comme engrais par l'agriculture. Les eaux de lavage s'utilisent sur place, lorsque la fabrique peut les déverser immédiatement sur les terres voisines. Nous les avons vu appliquer avec grand succès par M. Albéric Parent, à l'irrigation d'une prairie qui autrefois ne rapportait presque rien, et qui, en 1865, année très-sèche, a donné 7.000 kilogrammes de foin par hectare; le sol de cette prairie est argilo-sableux et repose sur le diluvium.

La faible proportion des substances organiques et minérales que contiennent les eaux de lavage, ne légitimerait pas des frais coûteux de transport, si l'on ne les considérait que comme engrais. Il n'en est pas de même des dépôts des eaux de lavage et surtout des marcs de chaudières.

Boues de lavage et marcs de colle. — Les boues recueil-

lies dans les bassins de dépôt contiennent, outre une grande quantité de chaux provenant de la préparation des collematières, des poils qui s'en sont détachés, les morceaux les plus ténus des rognures de peaux qui ont traversé les grilles des bassins, des matières grasses, etc.

Les marcs sont essentiellement composés de chaux et de matières organiques. Quoiqu'ils aient été soumis à l'action de la presse, au sortir de la chaudière, ils recèlent encore une certaine quantité de colle. Cette observation a son importance, comme on le verra plus loin.

Nous avons soumis à l'analyse un échantillon de boues de lavage, recueilli dans une usine de Givet, et deux échantillons de marcs de chaudières recueillis, le n° 1 à Givet, et le n° 2 à Sedan.

Voici quels sont les résultats que nous avons obtenus :

Boues de lavage.

Sur 100 parties humides :	
Perte à la dessiccation à 100 degrés.	33,10
Azote.	1,20

Cette proportion d'azote correspond par suite à 1,79 p. 100 du poids des boues supposées sèches.

Sur 100 parties séchées à 100° :		
Perte à la calcination	{ Matières organiques et eau combinée. } 25,00 Acide carbonique. } 17,89	
Sable.		7,85
Silice soluble dans la potasse.		3,50
Acide sulfurique.	0,49	
Acide phosphorique.	traces.	
Chlore.	traces.	
Peroxyde de fer et alumine.	3,22	
Chaux.	41,90	
Potasse.	0,05	
Soude.	0,10	
	100,00	

Marcs de colle.

Sur 100 parties humides :			
		N° 1.	N° 2.
Perte à la dessiccation à 100 degrés.	7,715		12,600
Azote.	3,121		3,218
Azote de la matière supposée sèche	3,382		3,682
Sur 100 parties séchées à 100 degrés :			
Perte à la calcination	{ Matières organiques et eau combinée. } 53,50 Acide carbonique. } 12,26	76,50	
Sable.		7,32	5,95
Silice soluble dans la potasse.	1,49	0,65	
Acide sulfurique.	0,58	0,33	
Acide phosphorique.	2,45	0,83	
Chlore.	0,04	0,05	
Peroxyde de fer et alumine.	1,65	0,55	
Chaux.	20,29	15,14	
Magnésie.	»	traces.	
Potasse.	0,17	fortes traces	
Soude.	0,25	Id.	
	100,00	100,00	

Le n° 2 est plus riche en matières organiques et par suite en azote que le n° 1; cela tient à ce qu'à Sedan la préparation de la colle-forte se fait avec moins de soins qu'à Givet.

Méthode d'analyse. — L'analyse de ces produits a été faite de la manière suivante :

On a déterminé l'eau hygrométrique par la dessiccation de 5 grammes de matière à la température de 100 degrés. On n'arrive pas ainsi à un chiffre très-exact, car à 100 degrés les substances organiques de l'engrais sont partiellement décomposées; mais le but principal de l'opération étant de rapporter à la matière sèche la détermination de l'azote faite sur la matière pesée à l'état humide, on peut considérer le chiffre obtenu comme suffisamment approximatif.

Pour doser l'azote, on a décomposé 1 gramme d'engrais par la chaux sodée, dans un tube de verre, et l'on a reçu les gaz qui se sont dégagés dans de l'acide chlorhydrique étendu. L'ammoniaque formée a été précipitée par le chlorure de platine.

Nous avons calciné sous la moufle du four de coupelle 2 grammes séchés à 100 degrés, jusqu'à décomposition complète du carbonate de chaux; la perte de poids représente l'eau combinée, les matières organiques et l'acide carbonique.

La détermination des principes minéraux a été faite sur l'engrais privé préalablement de ses matières organiques par une calcination au rouge sombre. Nous avons d'abord attaqué 5 grammes par l'acide chlorhydrique étendu, puis évaporé à sec, repris par le même acide, et la dissolution a été étendue d'eau. Dans le résidu insoluble, nous avons séparé la silice gélatineuse du sable à l'aide d'une dissolution faible de potasse caustique chauffée à 80 degrés.

La liqueur, après avoir été soumise à un courant de chlore, a été traitée par l'ammoniaque en excès, puis par l'acide acétique. Nous avons ainsi obtenu un précipité de phosphate de fer et d'alumine que nous avons redissous dans l'acide chlorhydrique après l'avoir calciné et pesé. A cette dissolution, nous avons ajouté de l'acide tartrique en quantité suffisante pour retenir le fer et l'alumine, et nous avons précipité l'acide phosphorique par l'ammoniaque et le sulfate de magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Pour purifier ce précipité, nous l'avons lavé par décantation, redissous une seconde fois dans l'acide chlorhydrique et reformé de nouveau en ajoutant de l'ammoniaque à la liqueur. La proportion de fer et d'alumine a été obtenue par différence.

La liqueur acétique a été ensuite partagée en deux parties égales. Dans l'une, on a précipité par l'acétate d'urane l'acide phosphorique restant et qui n'avait pas été préci-

pité à l'état de phosphate de fer et d'alumine. Le phosphate d'urane, qui est très-gélatineux, a été lavé par décantation et l'on a eu soin de faire bouillir l'eau de lavage à chaque décantation; il a été ensuite séché et calciné sur la lampe à alcool, après avoir été toutefois imprégné de quelques gouttes d'acide azotique qui s'opposent aux influences réductrices des gaz. Ce précipité a pour formule $2\text{Ur}^2\text{O} \cdot 3\text{PhO}^5$; il contient 19,99 p. 100 d'acide phosphorique.

Dans la seconde partie de la liqueur acétique, nous avons dosé la chaux et la magnésie en séparant la première par l'oxalate d'ammoniaque, et, après saturation de l'acide libre par l'ammoniaque, en précipitant la seconde par le phosphate de soude. Nous devons faire observer que le précipité d'oxalate de chaux contient un peu de magnésie, mais comme, d'un autre côté, l'oxalate de chaux n'est pas rigoureusement insoluble dans l'acide acétique, on peut admettre qu'il se fait une sorte de compensation. En tout cas, l'approximation avec laquelle on détermine ainsi ces substances est suffisante, car elles n'ont qu'une importance secondaire dans les engrais dont il s'agit.

Pour faire la détermination de l'acide sulfurique et des alcalis, on a fait une nouvelle attaque par l'acide chlorhydrique sur 10 grammes d'engrais incinéré. On a d'abord séparé l'acide sulfurique à l'aide du chlorure de baryum en très-faible excès; dans la liqueur filtrée on a ajouté du perchlorure de fer, puis, après évaporation de l'excès d'acide, du carbonate de baryte; après quelques heures de repos, on a filtré la liqueur et l'on a précipité la chaux et la baryte par le carbonate et l'oxalate d'ammonique. Pour séparer la magnésie et les dernières traces de baryte, on a évaporé à sec dans une capsule de platine et l'on a calciné; le chlorure de magnésium s'est transformé complètement en carbonate de magnésie que l'on a isolé en reprenant la matière par l'eau bouillante. On a ajouté à la dissolution

quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on a évaporé à sec et l'on a pesé les alcalis à l'état de chlorure.

On a fait la séparation de la potasse et de la soude à l'aide du chlorure de platine.

On a dosé le chlore à l'état de chlorure d'argent dans la liqueur obtenue en faisant agir sur 2 grammes d'engrais de l'eau distillée aiguisée de quelques gouttes d'acide nitrique.

Enfin nous avons déterminé directement l'acide carbonique en attaquant 2 grammes de matière par l'acide chlorhydrique étendu et recevant les produits gazeux dans une dissolution ammoniacale de chlorure de baryum. Du poids du carbonate de baryte, on a déduit celui de l'acide carbonique.

Production des marcs de colle et leur emploi par l'agriculture. — Nous devons à M. Albéric Parent, de Givet, fabricant de colle-forte et agriculteur, sur la production et le commerce de ces engrais, d'intéressants renseignements que nous consignons ci-après.

La production annuelle des marcs de colle sortant des presses, c'est-à-dire avec une quantité d'eau interposée qui est à peu près double de celle de l'échantillon n° 1, est environ de 240.000 kilogr. pour les six fabriques de Givet. Jusqu'en 1864, tous les marcs de colle ont été employés exclusivement par l'agriculture du pays, qui les payait 4 à 5 francs le mètre cube (600 à 700 kilogr.) En 1864, la totalité de la production a été enlevée par des acheteurs de Bruxelles au prix de 20 fr. les 1.000 kilogr. mis en wagon à Givet. En 1865, cet engrais fut moins recherché; une partie seulement fut expédiée sur Bruxelles, Marly près Valenciennes, et Saint-Avoid (Moselle). Actuellement, il est presque entièrement consommé sur place, et il se vend 5 francs le mètre cube.

Cette dépréciation d'un engrais aussi riche en matières organiques au moment de sa production, a sa raison d'être dans la putréfaction rapide de ces dernières. La fermenta-

tion fait disparaître la substance azotée pour ne laisser bientôt qu'un résidu appauvri et n'agissant plus guère que par ses éléments minéraux. Desséché, cet engrais se conserverait plusieurs années; il est vrai que l'on perdrait, par l'opération de la dessiccation, une partie de l'azote à l'état d'ammoniaque.

Le principal obstacle que l'on rencontre dans l'emploi des marcs de colle, c'est la difficulté avec laquelle ils se désagrègent. Cela s'explique tout naturellement, car ces matières contiennent toujours une certaine proportion de gélatine interposée qu'une forte compression à la presse hydraulique ne réussit pas à enlever complètement; elles se présentent sous la forme de gâteaux compactes, dont toutes les parties sont solidement agglutinées, et qui, si on les répandait dans cet état sur la terre, ne produiraient aucun résultat et laisseraient perdre tous leurs principes fertilisants sans profit pour les plantes.

M. Henry de Charleville, ancien ingénieur des ponts et chaussées, qui fait un grand usage de cet engrais sur les terres argileuses des environs de Givet, a cherché à vaincre cette difficulté. Dans le principe, il faisait couper les marcs de colle avec des hachoirs, soit mécaniquement, soit à la main; il obtenait ainsi de très-petits morceaux, mais qui étaient encore d'une assimilation difficile. Il est arrivé à de meilleurs résultats par la dessiccation, en ayant soin de laisser se développer préalablement une légère fermentation, afin de décomposer le peu de colle interposée qui s'opposerait à la réduction en poussière.

Le procédé qui paraît le plus convenable consiste à mélanger les fonds de colle avec de la tannée, substance qui se trouve en abondance à Givet et que l'on peut obtenir à très-bas prix. De cette manière, on n'a aucune déperdition des principes fertilisants; l'ammoniaque absorbée par le tan, au fur et à mesure de sa formation, est mise en réserve. La tourbe jouerait le même rôle que la tannée. On pourrait

aussi employer des substances charbonneuses et pulvérisées, telles que des résidus de noirs d'os provenant des fabriques et raffineries de sucre, ou stratifier les marcs avec du fumier. Enfin, quand toutes ces substances font défaut, la terre serait susceptible de les remplacer jusqu'à un certain point, en raison de son pouvoir absorbant.

M. Henry nous a adressé, pour en faire l'analyse, un engrais fabriqué d'après ces principes avec parties égales de marcs de colle et de tannée. Cet engrais, qui avait fermenté, était sous forme pulvérulente et pouvait par conséquent être répandu facilement à la surface de la terre.

Nous l'avons trouvé composé de :

Eau hygrométrique.	11,25
Matières organiques et eau combinée.	54,92
Acide carbonique.	16,53
Cendres calcinées.	57,50
	<hr/>
	100,00

La proportion d'azote est de 1,70 p. 100, soit 1,91 p. 100 dans l'engrais supposé séché à 100 degrés.

On a cherché s'il existait de l'ammoniaque libre en traitant 5 grammes de cet engrais par la magnésie calcinée et recevant les produits de la décomposition dans de l'acide chlorhydrique étendu. En ajoutant du chlorure de platine dans cette liqueur, on n'a obtenu qu'un très-faible précipité qui correspond à 0,04 p. 100 d'ammoniaque.

M. Albéric Parent prépare un engrais analogue en stratifiant, par couches alternatives, du tan épuisé et des fonds de colle. Une fermentation, accompagnée d'une assez grande chaleur, ne tarde pas à se développer dans la masse; mais, comme aucune odeur ammoniacale ne se produit, on est en droit de conclure que l'ammoniaque qui se forme est fixée par l'acide tannique. Les proportions moyennes des deux substances sont de 2 parties de tannée pour 1 de fonds de colle.

Nous avons pris un échantillon six semaines environ après la préparation de cet engrais. Comme la composition en est assez hétérogène, nous avons fait donner un coup de bêche sur toute la hauteur du tas, qui était de 2 mètres, nous avons bien mélangé le tout et nous avons prélevé 1 kilogramme de matière.

Nous avons pesé 250 grammes, que nous avons fait sécher à 100 degrés dans une grande capsule de porcelaine, pour chasser la plus grande partie de l'eau hygrométrique, après avoir eu la précaution de répandre sur la matière une dissolution de 1 gramme d'acide oxalique destiné à retenir les produits ammoniacaux.

La matière, partiellement desséchée, a été réduite en poudre fine à l'aide d'une égrugette, et c'est cette poudre qui a été soumise à l'analyse.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Eau hygrométrique.	23,50
Matières organiques et acide carbonique.	52,70
Cendres calcinées.	23,80
	<hr/>
	100,00
Azote.	2,46 p. 100

Cette quantité d'azote correspond à une proportion de 3,22 dans l'engrais privé d'eau hygrométrique.

Si l'on compare la composition des marcs de colle à celle du fumier d'étable, on verra que, sauf l'humus, ils contiennent tous les principes constitutifs de ce dernier. Il ne faut cependant pas en conclure qu'ils remplaceraient complètement le fumier. On a constaté que, quand on les emploie exclusivement sur les céréales, la végétation herbacée se développe très-rapidement au détriment de la graine. On a vu, sous l'influence de ces matières, des blés versés au mois de juin, sans pluie et avant que l'épi fût sorti de la paille. Cet effet, qui peut paraître singulier au premier abord, puisque la graine a besoin pour son développement

de phosphates et que les fonds de colle en contiennent une plus forte proportion que le fumier, s'explique si l'on réfléchit à l'origine de ces phosphates. La chair musculaire et les poils en contiennent un peu; la plus grande partie provient des petits os interposés dans les colle-matières, et par conséquent ils ne sont pas d'une assimilation très-facile et ne produisent d'effet qu'au bout de plusieurs années. La matière organique, au contraire, quand on a laissé se développer une fermentation préalable, agit immédiatement et rapidement.

Les considérations précédentes font voir pourquoi cet engrais est de peu de durée. Il faut avoir la précaution de l'enterrer, afin de retenir l'ammoniaque autant que possible, et ne l'employer qu'avec une extrême modération (tout au plus 500 à 600 kilog. par hectare), en renouvelant fréquemment les doses.

On pourrait peut-être remédier au manque de phosphates immédiatement assimilables, en mélangeant cet engrais avec des nodules de chaux phosphatée finement pulvérisés.

Sur les prairies, les marcs de colle produisent des effets surprenants. M. Henry les emploie à la dose de 4 mètres cubes par hectare.

Les boues de lavage ne sont recueillies que dans trois ou quatre usines de Givet; dans les autres usines, les eaux se rendent directement à la rivière sans passer par des bassins de dépôt. Elles durcissent à la longue, au point d'être enlevées facilement à la pelle. Quoique bien moins riches que les marcs de colle, elles se payent presque aussi cher (4 francs le mètre cube); elles fournissent ainsi de l'azote à 0^f,42 le kilogramme, tandis que les marcs, achetés à raison de 5 francs, le donnent à 0^f,25 (1). Elles procurent à peu près les mêmes résultats; seulement, à cause de

(1) Rappelons que le kilogramme d'azote du fumier se paye en moyenne 1^f,65.

leur moindre richesse, elles doivent être employées en plus forte proportion, et elles ne sont pas susceptibles d'un aussi long transport.

II. RÉSIDUS DES SUCRERIES.

La fabrication du sucre de betterave se développe rapidement dans le département des Ardennes, et l'on y compte déjà neuf usines importantes dont la plus grande partie se sont élevées dans ces dernières années: deux à Charleville et les autres à Acy-Romance, Eclly, Saint-Germainmont, Vauzelles, Douzy, Attigny et Chatel-Chéhéry.

Nous avons à examiner les résidus que cette industrie peut livrer à l'agriculture. Pour en faire comprendre la nature, nous jetterons d'abord un coup d'œil rapide sur les opérations qui les produisent.

Les betteraves sont arrachées en octobre, époque à laquelle leur richesse en sucre est la plus grande. On en sépare les feuilles, à la naissance de la tige, et l'on abandonne celles-ci sur le terrain à titre d'engrais, ou on les donne comme aliments aux bestiaux, quand on manque de fourrages verts.

Les racines, débarrassées sur place de la plus grande partie de la terre adhérente, subissent encore dans les usines un lavage qui achève de les nettoyer. Les eaux de lavage se rendent dans des bassins où elles déposent une partie des matières qu'elles tiennent en suspension.

La betterave à sucre contient, en moyenne, 10 p. 100 de sucre et 85 p. 100 d'eau; le surplus est représenté par du ligneux, des matières azotées telles que l'albumine, des acides organiques libres ou combinés à la chaux, la potasse, la soude, du chlorhydrate d'ammoniaque, des phosphates, sulfates, azotates à base terreuse ou alcaline, des chlorures alcalins, des matières colorantes, des matières grasses, etc.

La betterave, réduite en pulpe sous la râpe, puis soumise

à la presse, fournit, en même temps qu'une pulpe épuisée, le jus saccharifère. Ce dernier est soumis à la défécation, qui s'opère par une addition de lait de chaux. La chaux sature les acides libres qui tendraient à transformer le sucre cristallisable en sucre de raisin; elle s'unit à plusieurs corps, entre autres à l'albumine; elle décompose les sels ammoniacaux, et enfin l'excédant se combine au sucre en formant du sucrate de chaux. Le jus est alors traité par un courant d'acide carbonique; le sucrate est décomposé et le sucre devient libre.

Les marcs, ou résidus qui se forment dans les chaudières à défécation, constituent cet engrais connu sous le nom d'*écume de défécation*.

Il y a peu de temps encore, on évitait d'introduire dans le jus une trop grande quantité de chaux; aujourd'hui, au contraire, on en introduit à dessein un fort excès, afin de convertir tout le sucre en sucrate non altérable, que l'on décompose ensuite par l'acide carbonique à deux reprises, et c'est ce traitement nouveau auquel on donne le nom de *traitement par double carbonatation* ou *par saturation*.

Telle est en grande partie l'origine des différences que l'on peut remarquer dans la composition chimique des écumes dont nous donnons plus loin l'analyse.

Le jus déféqué est amené à l'état de sucre cristallisable après diverses opérations consistant en filtrations sur le noir animal en grain, évaporation et concentration; puis le clairçage à la turbine ou à la toupie en sépare les mélasses.

En laissant de côté les vapeurs ammoniacales qui se dégagent pendant la fabrication et qui ne sont pas recueillies, nous avons à examiner comme résidus: 1° les feuilles; 2° les boues et les eaux de lavage; 3° les pulpes épuisées; 4° les écumes de défécation; 5° les noirs d'os hors de service; 6° les mélasses.

Feuilles de betteraves. — Nous avons dit que les feuilles sont abandonnées sur le terrain à titre d'engrais, ou don-

nées comme nourriture aux animaux. Le premier emploi paraît le plus avantageux, et c'est aussi le plus fréquent. La quantité d'azote contenue dans 100 parties de feuilles vertes est de 0.50. En admettant que le produit en feuilles soit le quart du poids des racines et le rendement moyen d'un hectare de 40.000 kilogrammes de betteraves, on obtient 10.000 kilogrammes de feuilles, représentant 50 kilogrammes d'azote, soit les $\frac{5}{12}$ de la quantité d'azote contenue dans 30.000 kilogrammes de bon fumier de ferme, ce dernier chiffre admis comme étant la fumure moyenne d'un hectare de terre tous les trois ans.

Boues et eaux de lavage. — Les boues de lavage sont essentiellement composées de terre et de quelques débris organiques en fermentation, comme des radicules et des queues de racines, des débris parenchymateux de la plante, des matières albuminoïdes coagulées, etc.; elles dégagent une forte odeur de fumier.

Nous en avons recueilli trois échantillons, en novembre 1867, dans le bassin de dépôt qui reçoit les eaux provenant du débouillage des betteraves, à la sucrerie de Tivoli (Charleville); c'est dans ce bassin que se rendent également les eaux qui ont servi au lavage des appareils, des sacs à pulpes, etc. L'échantillon n° 1 a été pris à la tête du bassin, le n° 2 vers le milieu, et le n° 3 près de la sortie.

On a préalablement desséché ces échantillons pour enlever la plus grande partie de l'eau qu'ils contenaient. Le n° 1 et le n° 3 analysés rapidement ont présenté la composition suivante :

Eau.	1,50	2,50
Matières organiques.	7,50	12,50
Sable et argile.	70,00	65,90
Silice soluble dans la potasse.	4,60	3,46
Oxyde de fer.	5,20	6,75
Alumine.	1,40	1,25
Carbonate de chaux.	9,80	7,64
Id. de magnésie.	traces	fortes traces
	100,00	100,00
Azote.	0,235	0,560
Quantité qui correspond, dans la matière supposée séchée à 100 degrés, à une proportion de.	0,238	0,574

Le n° 2 a été analysé avec plus de soin; la détermination des substances minérales a été faite après incinération des matières organiques. 100 parties séchées à l'air libre contiennent :

Eau.	8,50
Matières organiques.	8,70
Parties fixes.	82,80
	100,00
Azote.	0,392
Quantité qui correspond, dans la matière supposée séchée à 100 degrés, à une proportion de.	0,475
Composition du résidu calciné, sur 100 parties :	
Charbon.	1,24
Sable et argile.	72,00
Silice soluble dans la potasse.	11,00
Acide sulfurique.	0,17
Id. phosphorique.	0,19
Chlore.	traces
Alumine.	3,00
Peroxyde de fer.	9,00
Carbonate de chaux.	3,21
Id. de magnésie.	0,15
Perte	0,06
	100,00

On remarquera, ce que l'on pouvait d'ailleurs prévoir, que la quantité d'azote contenue dans 100 parties de chacun de ces trois échantillons va en augmentant de l'entrée à la sortie du bassin; en outre les premiers dépôts sont beaucoup plus sableux que les derniers.

Les eaux, en sortant du bassin, tiennent encore en suspension des matières très-ténues qui ne se sont pas déposées dans le bassin et qui les rendent troubles et noirâtres. Elles ont une odeur repoussante.

Nous avons recueilli 4,75 litres de ces matières liquides immédiatement au sortir du bassin, et, après les avoir additionnées de 1 gramme d'acide oxalique pour retenir l'ammoniaque libre, nous les avons rapprochées par l'évaporation, et nous les avons passées sur un filtre pesé. Nous avons ainsi obtenu un résidu qui, séché à 100 degrés, pesait 3^e,288, déduction faite du poids de l'acide oxalique ajouté. Un litre de liquide renferme donc 0^e,57 de matière solide.

Nous avons pris 1 gramme de cette matière, et nous y avons cherché l'azote en la décomposant par la chaux sodée et recevant les gaz dans de l'acide sulfurique titré. Nous avons trouvé 1,01 d'azote pour 100, soit 0^e,00576 dans un litre.

Le reste de la matière solide a été incinéré, puis attaqué par l'acide chlorhydrique; on a trouvé :

Matières organiques.	0,1574,	soit p. 100	24,10
Substances solubles dans l'acide chlorhydrique.	0,1574,	id.	24,10
Substances insolubles dans l'acide chlorhydrique.	0,2952,	id.	51,80
	0,5700,		100,00

La liqueur filtrée avait une teinte jaune sale et était légèrement trouble; cet effet était dû à la présence d'une faible proportion de matières organiques.

On a cherché l'ammoniaque toute formée qui pouvait rester dans cette liqueur, en l'attaquant par une dissolution faible de potasse et recevant les gaz dans une liqueur sulfurique titrée. On a ainsi trouvé, pour les 5,75 litres, 0^e,00578 d'ammoniaque, soit 0^e,001 par litre.

En résumé, on voit que les eaux de lavage, à la sortie du bassin, contiennent par litre :

	grammes.
Matières organiques.	0,1374
Matières minérales.	0,4526
Ammoniaque libre.	0,0010
Azote.	0,00576

Il résulte de nos analyses que les boues de lavage ne sont pas très-riches et qu'elles ne doivent pas exercer une action bien sensible sur la végétation. Elles sont cependant employées, dans quelques parties du département des Ardennes, par les cultivateurs voisins des sucreries, et elles sont répandues sur le sol ou mêlées au fumier. Leur effet principal doit être d'amender les terres, car la quantité d'azote qu'elles contiennent est trop faible pour qu'elles méritent le nom d'engrais.

Les eaux de lavage sont également d'une valeur médiocre; leur teneur en azote est inférieure à celle de certaines eaux de pluie. Elles ne sont guère propres qu'à l'irrigation de prairies voisines, quand la situation topographique de l'usine s'y prête. Tel est le cas de la sucrerie de Tivoli, qui pourrait envoyer ses eaux de lavage sur les prairies de la vallée de la Meuse.

Pulpes de betteraves. — Les pulpes de betteraves sont réservées pour la nourriture des bestiaux. Comme elles contiennent encore un peu de sucre non décomposé ou en voie de décomposition et de l'acide acétique, elles constituent un aliment très-salubre.

La production des pulpes est, au sortir des presses, d'environ 22 p. 100 du poids des betteraves; leur valeur

moyenne comme aliment est de 10 francs les 100 kilogrammes. Elles contiennent, sur 100 parties, 70 d'eau et 0,38 d'azote, ce qui, en calculant l'azote au prix de 1^f,65 le kilogramme, leur donne une valeur comme engrais de 6^f,10; il y a donc avantage à réserver les pulpes pour la nourriture des bestiaux.

Écumes de défécation. — Les écumes de défécation sont principalement composées de chaux, combinée ou mélangée avec les matières organiques du jus, ou à l'état de carbonate de chaux. Dans ce mélange, la matière azotée se décompose facilement et entraîne la fermentation des diverses matières organiques solides, telles que les petits débris de ligneux qui ont été séparés du jus. On les emploie très-avantageusement comme engrais; dans ce but, il faut les diviser par la dessiccation, ou bien en les délayant dans l'eau et les jetant sur la paille, ce qui donne bientôt une espèce de fumier propre à être utilisé de suite; la paille, par ses débris organiques, apporte au sol l'humus qui lui est nécessaire.

Nous avons analysé trois échantillons d'écumes de défécation, en suivant le procédé que nous avons décrit à propos des fonds de colle. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
<i>Sur 100 parties humides :</i>			
Perte à la dessiccation à 100 degrés à l'air libre.	41,00	39,50	31,60
Azote.	0,62	0,65	0,35
<i>Sur 100 parties sèches :</i>			
Azote.	1,06	1,04	0,51
Matières organiques et eau combinée.	31,21	13,86	12,13
Acide carbonique.	18,88	33,15	35,24
Cendres (par calcination).	49,88	52,99	52,63
Total.	100,00	100,00	100,00
<i>Composition des cendres :</i>			
Sable.	4,08	1,07	0,50
Silice soluble dans la potasse.	6,17	2,48	2,49
Acide sulfurique.	0,63	0,37	0,37
Acide phosphorique.	1,60	1,52	0,85
Chlore.	0,05	0,06	0,02
Oxyde de fer et alumine.	3,32	4,31	1,93
Chaux.	32,34	41,98	45,48
Magnésie.	0,98	0,59	0,41
Potasse.	0,07	0,19	0,06
Soude.	0,23	0,40	0,04
Perte.	0,41	0,02	0,48
Total.	49,88	52,99	52,63

N° 1. — Écumes du Petit-Bois (Charleville).

N° 2. — Id. de Tivoli (Charleville).

N° 3. — Id. d'Écly.

Il ressort de ces analyses que les écumes d'Écly, dans l'état où elles ont été analysées, ne contenaient sensiblement pas de chaux libre, tandis que celles de Tivoli en contenaient environ 8 p. 100 et celles du Petit-Bois 15 p. 100. Nous avons déjà indiqué quelle pouvait être la cause principale de ces différences. Mais en même temps il ne faut pas perdre de vue que les écumes recèlent encore une petite quantité de sucre altéré, susceptible de fournir par la fermentation de l'acide carbonique. Suivant donc que les marcs sont analysés à une époque plus ou moins éloignée de leur production, on peut y rencontrer une moindre ou

une plus grande quantité de chaux non carbonatée. Une observation analogue est à faire à l'égard de la proportion d'azote, à cause de l'ammoniaque formée par la fermentation et qui est volatilisée en partie.

Au nombre des éléments qui constituent les écumes de défécation, il s'en trouve une grande partie qui, ayant appartenu à la betterave elle-même, jouent un rôle important dans la culture de cette plante. Mais il ne faut pas croire qu'avec cet engrais seul on puisse rendre au sol tout ce qu'en a extrait la culture de la betterave; car la plus forte proportion des substances minérales passées du sol aux racines reste dans le jus déféqué, pour entrer, après avoir traversé toute la fabrication, dans la composition des mélasses; tels sont surtout les alcalis. Les analyses précédentes ne peuvent pas servir pour déterminer d'une manière rigoureuse quelles quantités d'alcalis et d'acide phosphorique ont passé dans les écumes, parce que la chaux employée à la défécation n'a pas été analysée d'abord et qu'elle contenait peut-être une proportion sensible de ces substances.

Les expériences de M. Dutrochet ont prouvé que le sucre dissous dans l'eau est très-nuisible aux plantes. Il convient par suite de n'employer les écumes de défécation qu'après qu'elles ont subi une première fermentation ou catalyse. C'est à ce moment qu'il sera utile de les dessécher pour arrêter la fermentation et conserver l'ammoniaque, à moins que l'on n'ait l'emploi de ces matières sur les champs.

Cet engrais convient à beaucoup de cultures et surtout aux céréales et à la betterave elle-même; il agit notamment avec avantage dans les terrains argileux et froids qui manquent de calcaire. On le répand uniformément sur la terre, avant l'ensemencement, et on l'enterre à 10 ou 15 centimètres de profondeur. Toutefois, on a remarqué que dans les années sèches, quand les pluies viennent à manquer, ainsi que les sources et filtrations souterraines, il faut l'engrais

ployer avec ménagement, sous peine d'être privé de toute récolte; il arrive alors que les terres *s'effritent* et ne possèdent plus de terreau. Cet effet se produirait également avec un trop grand excès d'écumes de défécation appliquées à des sols très-perméables. Aussi on trouve avantageux de mélanger cet engrais avec des pailles ou des débris ligneux, si le sol est pauvre en matières propres à fournir du terreau.

On traite annuellement dans le département des Ardennes 150 millions de kilogrammes de betteraves. Avec le système de la double saturation, qui est suivi maintenant dans presque toutes les usines, on peut compter sur une production de 50 mètres cubes (pesant 1.200 kilog. environ le mètre cube) d'écumes de défécation par 1.000 tonnes de betteraves traitées, soit en tout 7.500 mètres cubes pesant 9 millions de kilogrammes à l'état humide, ou 6 millions de kilogrammes à l'état sec.

Admettons que la proportion d'azote ne soit que de 0.51, chiffre que nous a donné l'analyse des écumes d'Écly; on trouvera que la fabrication du sucre de betteraves dans le département des Ardennes livre annuellement à l'agriculture 30.600 kilogrammes d'azote.

Ce chiffre montre que les chaux de défécation ont une très-grande importance agricole. Cette importance augmente encore si l'on tient compte de l'état de facile assimilation sous lequel se trouve l'azote, et si l'on considère toutes les autres substances, telles que l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie, les alcalis, dont l'influence est loin d'être négligeable.

Les propriétés fécondantes des écumes sont d'ailleurs parfaitement connues des cultivateurs qui ont observé depuis longtemps que ces matières agissent avec une remarquable facilité sur la végétation; malheureusement elles sont souvent appliquées d'un manière vicieuse.

Dans le département des Ardennes, le prix de vente des écumes est de 3 à 5 francs le mètre cube, suivant les loca-

lités, soit en moyenne 4 francs. D'après ce chiffre, le prix du kilogramme d'azote de ces matières est de 0',94, tandis que le kilogramme d'azote du fumier coûte 1',65. De plus, comme ce dernier engrais ne contient que 0.004 d'azote, il suffira d'employer 784 kilogrammes d'écumes de défécation pour remplacer l'azote de 1.000 kilogr. de fumier.

A une fumure de 30.000 kilogrammes de bon fumier de ferme par hectare tous les trois ans, répondra une fumure de 24.000 kilogr. d'écumes, soit 20 mètres cubes.

D'après les renseignements que nous avons recueillis, on emploie généralement dans les Ardennes 30 à 35 mètres cubes pour quatre années, soit pour trois années une moyenne de 24 mètres cubes, chiffre sensiblement d'accord avec le calcul ci-dessus.

Dans l'arrondissement de Valenciennes, les écumes de défécation se vendent beaucoup plus cher que dans le département des Ardennes; le prix en atteint souvent le chiffre élevé de 12',50 le mètre cube.

En Allemagne, on attribue aussi à ces matières une grande valeur agricole. Nous trouvons, dans le *Journal des fabricants de sucre*, 7^e année, n^o 49, une analyse d'écume faite par le professeur Wicke, sans indication de provenance. Nous donnons ici les résultats de cette analyse, qui ne s'éloignent pas beaucoup de ceux que nous avons obtenus :

Sur 100 parties humides :	
Eau.	57,24
Azote.	0,37
Sur 100 parties sèches :	
Azote.	0,59
Matières organiques et eau combinée.	18,60
Acide carbonique.	26,96
Cendres (par calcination)..	54,44
	100,00

Composition des cendres :

Sable et silice.	2,64
Acide sulfurique.	0,45
Id. phosphorique.	1,10
Oxyde de fer et alumine.	1,90
Chaux.	44,85
Magnésie.	2,52
Potasse.	0,54
Soude.	0,46
	54,44

La quantité de chaux libre, c'est-à-dire non combinée aux acides carbonique, sulfurique et phosphorique, est de 9,02. Une très-faible partie de la chaux est à l'état d'oxalate.

Noir animal. — Le noir animal en grain est employé dans la fabrication et le raffinage du sucre, pour la décoloration des sirops. Au bout d'un certain temps, il perd ses propriétés, et, pour les lui rendre en partie, on lui fait subir une préparation qui comprend : 1° un lavage, par lequel on sépare d'abord les matières solubles ou délayables dans l'eau ; 2° une calcination, qui carbonise les substances organiques adhérentes et met les surfaces charbonneuses à découvert ; 3° enfin un blutage énergique, destiné à enlever les matières trop fines pour être employées dans les filtres.

Le noir peut être *revivifié* jusqu'à 20 ou 25 fois, la perte qu'il éprouve chaque fois étant de 4 à 5 p. 100.

Le noir animal ne décolore pas seulement les jus sucrés ; il se charge encore d'une proportion de chaux qu'il enlève au jus et qui varie suivant la période de travail.

Nous avons déterminé la composition de deux échantillons de noir qui proviennent de la sucrerie de Tivoli :

	N° 1.	N° 2.
Eau.	1,80	3,50
Charbon.	2,00	1,10
Sable.	2,60	5,75
Silice soluble dans la potasse.	1,60	2,60
Acide carbonique et matières organiques.	9,50	26,63
Acide phosphorique.	29,92	19,03
Id. sulfurique.	0,51	traces
Chlore.	0,05	traces
Oxyde de fer.	2,10	2,20
Alumine.	1,90	1,40
Chaux.	47,91	37,56
Alcalis.	0,17	traces
	99,86	99,77
Azote.	0,59	1,176

N° 1. — Noir animal de blutage.

N° 2. — Id. de lavage.

La proportion d'azote est notablement plus élevée dans le noir animal de lavage que dans le noir du blutage. On le comprend sans peine, car ce premier n'a pas été soumis à la calcination, et il est plus riche en matières organiques. Par contre, la proportion de phosphate de chaux est moindre dans cette première espèce de noir.

Voici, en peu de mots, quelle est la méthode d'analyse que nous avons suivie :

Pour déterminer l'eau hygrométrique, nous avons desséché 5 grammes de matière à 100 degrés.

Nous avons dosé les matières organiques et l'acide carbonique en calcinant 3 grammes à l'abri de l'air au rouge vif ; en chauffant sous la moufle le résidu de cette calcination, nous avons brûlé le charbon.

L'azote a été dosé par la méthode ordinaire.

Nous avons épuisé 10 grammes de noir par l'eau distillée bouillante, et nous avons divisé la liqueur en trois parties dans chacune desquelles nous avons dosé l'acide sulfurique, le chlore et les alcalis.

Enfin nous avons déterminé les autres substances par la

méthode des sulfates insolubles dans l'alcool décrite dans le *Traité de docimasie* de M. Rivot (tome II, p. 253).

Le noir animal des sucreries est beaucoup moins riche en matières organiques azotées que celui des raffineries; car il n'est pas, comme ce dernier, mêlé de sang de bœuf. Il contient toujours un peu de sucre qui exercerait une action nuisible sur la végétation; aussi il faut avoir soin de le faire fermenter avant de le répandre sur les terres.

La production des résidus de noir est du reste très-faible dans le département des Ardennes; elle peut être évaluée à environ 8 à 900 hectolitres par an, soit 80 à 90.000 kilogrammes. Le prix moyen en est de 7 francs les 100 kilog. Presque toute cette production est expédiée sur Nantes pour être utilisée par les cultivateurs de l'ouest de la France.

Ce n'est pas ici le lieu de décrire le mode d'emploi du noir animal dont les effets remarquables sur les terres froides, humides et argileuses sont universellement reconnus. Au point de vue de la fabrication des engrais, nous dirons seulement que l'on pourrait employer utilement les parties fines du noir animal comme excipient des urines et des engrais liquides, ou pour diviser les écumes de défécation.

Mélasses. — L'utilisation des mélasses constitue une industrie spéciale dont nous n'avons pas à nous occuper. On peut les faire servir à la fabrication de l'alcool, et les vinasses donnent ensuite de la potasse. C'est en effet dans les mélasses que se concentre la plus grande partie des alcalis de la betterave. On a vu que les chaux de défécation n'en renferment qu'une assez faible proportion.

III. RÉSIDUS DU ROUISSAGE ET DU TEILLAGE DU LIN.

Le procédé que l'on emploie le plus fréquemment pour détruire les matières gommeuses et résineuses qui agglu-

minent les fibres des plantes textiles consiste dans le rouissage à l'eau courante ou à la mare. Cette opération, telle qu'elle se pratique dans les campagnes, est très-dangereuse pour la salubrité publique, et un routoir est un véritable foyer d'émanations putrides; en outre, les matières enlevées par l'eau sont complètement perdues pour l'agriculture.

Eaux et boues de rouissage. — Il n'existe dans le département des Ardennes qu'une seule usine où l'on pratique industriellement le rouissage du lin: c'est l'usine d'Attigny. Les eaux impures provenant des routoirs ne sont rendues à leur cours naturel que quand elles ont déposé dans des canaux la plus grande partie des matières solides qu'elles tiennent en suspension.

Nous avons recueilli un litre de cette eau trouble au sortir des routoirs. Par l'évaporation lente, nous avons obtenu un résidu solide pesant 30^{gr},85 qui, par la calcination au rouge sombre, a donné :

Matières organiques et eau combinée.	15 p. 100
Matières minérales.	85

Nous avons déterminé l'azote, et nous en avons trouvé 0.802 p. 100 du résidu sec, soit 0^{gr},247 pour un litre.

Les substances minérales ont été attaquées par l'acide chlorhydrique, évaporées à sec et reprises par l'acide. Dans le résidu insoluble, on a séparé la silice gélatineuse par une dissolution faible de potasse chauffée à 80 degrés, puis on a analysé le mélange de sable et d'argile restant, après attaque au carbonate de soude.

Dans la liqueur, on a dosé le peroxyde de fer, l'alumine, la chaux et la magnésie, par les procédés ordinaires. On a séparé l'alumine du fer par une dissolution concentrée de potasse.

Pour déterminer l'acide sulfurique, le chlore et les alcalis, on a suivi le procédé décrit à propos de l'analyse des marcs

de colle. L'acide carbonique a été déterminé directement.

On a constaté l'absence de l'acide phosphorique à l'aide du molybdate d'ammoniaque.

Nous sommes ainsi arrivés à la composition suivante des boues de rouissage :

Charbon.	2,07
Sable	50,44
Silice soluble dans la potasse	7,86
Chlore.	0,14
Acide sulfurique.	0,94
Acide carbonique.	10,00
Peroxyde de fer.	6,76
Alumine.	9,54
Chaux.	10,72
Magnésie.	traces
Potasse.	0,22
Soude.	0,40
Perte.	0,91
	<hr/>
	100,00

La grande quantité d'alumine que l'on remarque dans cette analyse vient sans doute de la terre adhérente aux tiges de lin.

Les eaux de rouissage conviendraient pour l'irrigation des prairies voisines, sur lesquelles elles agiraient surtout par la grande quantité d'azote, facile à assimiler, qu'elles leur apporteraient.

Les boues de dépôt constitueraient aussi un très-bon engrais.

Nous devons dire qu'à Attigny ces matières sont restées jusqu'à présent sans emploi.

Residus du teillage du lin. — Le *teillage* du lin, opération qui a pour but de détacher des fibres la matière ligneuse, ou *chênevotte*, donne lieu à des résidus, que l'on utilise pour le chauffage de la chaudière à vapeur de l'établissement.

Nous avons constaté que ces résidus contiennent :

Eau hygrométrique.	9,80 p. 100
Cendres.	5,60
Azote.	0,26

Nous avons cherché leur pouvoir calorifique en brûlant dans un creuset 1 gramme de matière réduite en poussière fine et intimement mélangée avec 40 grammes de litharge; nous avons obtenu un culot de plomb pesant 13^{gr},83, ce qui correspond à un pouvoir calorifique de 3179 calories.

A l'aide de ces chiffres, on peut s'assurer qu'il est plus avantageux d'employer les résidus de teillage comme combustible que comme engrais.

En effet, 1.000 kilogrammes de résidus de teillage développent la même quantité de chaleur que 400 kilogr. de houille et représentent par conséquent une valeur de 12 fr. (la houille valant 30 francs la tonne à Attigny). En ne tenant compte que de l'azote et en estimant la valeur à 1^f,65 le kilogramme, on verra au contraire que 1.000 kilogrammes de ces matières ne valent pas plus de 4^f,29 pour le cultivateur.

Cendres de lin. — Les cendres produites par la combustion des résidus de teillage restent d'ailleurs à la disposition de l'agriculture. Nous avons recueilli un échantillon de ces cendres; mais, avant de les analyser, nous les avons passées au tamis de crin, afin de séparer les cailloux, les débris de briques, les matières ligneuses, etc., qui s'y trouvent mêlés.

L'analyse nous a donné les résultats suivants :

Matières non brûlées et charbon.	9,75
Sable.	59,54
Silice soluble dans la potasse.	7,83
Acide carbonique.	2,54
Chlore.	traces
Acide sulfurique.	0,94
Acide phosphorique.	traces
Oxyde de fer.	7,67
Chaux.	11,28
Magnésie	traces
Potasse.	0,07
Soude.	0,78
	<hr/>
	100,00

Ces cendres sont mêlées d'une assez grande quantité de sable qui en diminue la valeur ; comme d'ailleurs, elles ne sont pas très-riches en alcalis, et qu'elles ne contiennent que des traces de phosphates, elles ne constituent pas un engrais très-énergique et il faut les employer à hautes doses.

On peut déduire de notre analyse la composition des cendres de tiges de lin, en retranchant le poids du sable et des matières non brûlées. On trouve ainsi les chiffres suivants :

Silice soluble dans la potasse.	25,54
Acide carbonique.	7,56
Chlore.	traces
Acide sulfurique.	5,04
Acide phosphorique.	traces
Oxyde de fer.	24,82
Chaux.	36,50
Magnésie	traces
Potasse.	0,22
Soude.	2,52
	<hr/>
	100,00

Les cendres de lin sont donc composées essentiellement de silice, de chaux et d'oxyde de fer ; les autres éléments

n'y entrent que dans de faibles proportions. Ces résultats sont conformes aux lois de la distribution des substances minérales dans les diverses parties d'une plante, lois d'après lesquelles les alcalis et surtout les phosphates n'existent qu'en petite quantité dans les tissus dont la végétation est accomplie.

IV. RÉSIDUS DE BRASSERIES.

La fabrication de la bière donne lieu à trois espèces de résidus : 1° les *touraillons*, radicelles qui se détachent de l'orge germée, quand on la dessèche sur les tourailles ; 2° les *marcs de drêche*, malt épuisé ; 3° les *marcs de houblon*, ou houblon épuisé.

Nous avons recueilli trois échantillons de ces matières dans une brasserie située à Mohon, près Mézières. En suivant le procédé d'analyse que nous avons déjà décrit au sujet des marcs de colle, nous sommes arrivés aux chiffres suivants :

	Touraillons.	Marcs de drêche
Eau hygrométrique.	17,50	10,00
Cendres.	11,88	5,00
Azote de la matière humide.	4,78	2,54
Id. de la matière sèche.	5,78	2,82

Composition des cendres.

Charbon.	5,96	1,69
Sable.	20,10	52,51
Silice soluble dans la potasse.	12,70	14,10
Acide carbonique.	0,50	1,00
Acide phosphorique.	12,40	24,89
Acide sulfurique.	5,80	0,56
Chlore.	2,01	1,20
Oxyde de fer.	7,22	5,51
Manganèse.	» » »	traces
Chaux	13,70	5,00
Magnésie.	2,52	10,64
Potasse.	12,42	2,00
Soude.	6,90	0,61
	<hr/>	
	100,35	99,71

Marc de houblon non fermentés.

Eau hygrométrique	70,33
Cendres.	1,50
Azote de la matière humide,	0,26
Id. de la matière sèche.	8,877

Composition des cendres.

Charbon.	1,51
Sable.	22,83
Silice soluble dans la potasse.	10,60
Acide carbonique.	9,20
Acide phosphorique.	8,72
Acide sulfurique.	6,03
Chlore.	1,08
Oxyde de fer et alumine.	5,47
Oxyde de cuivre.	0,98
Chaux.	22,47
Magnésie.	5,46
Potasse.	0,79
Soude.	2,92
	98,03

Les grains d'orge ayant été épuisés par l'eau bouillante, on comprend que les alcalis ont dû être dissous en grande partie, et qu'il ne s'en trouve plus qu'une proportion relativement faible dans les marcs de drèche. On ne peut donc pas déduire de notre analyse la composition des cendres d'orge.

Le cuivre qui se trouve dans les marcs de houblon provient des chaudières.

Par suite de leur teneur élevée en azote, en phosphate et en alcalis, les touraillons et les marcs de drèche agissent avec une grande énergie sur la végétation. On réserve généralement ces derniers pour l'engraissement des bestiaux, car on trouve plus d'avantage à les employer à cet usage qu'à les porter sur les terres.

Les touraillons produisent surtout d'excellents effets sur les prairies; dans le département des Ardennes, on les jette à la volée, à la dose de 40 à 50 hectolitres par hectare. On les emploie aussi pour la culture de l'orge et du froment. En raison de leur grand pouvoir absorbant pour les matières liquides, on pourrait les appliquer à la solidification des vidanges ou d'autres engrais liquides.

Les touraillons se vendent bien au-dessous de leur valeur agricole. Les brasseurs les livrent au prix de 0,30 l'hectolitre pesant 15 kilogrammes; c'est de l'azote à 0,42 le kilogramme.

Quant aux marcs de houblon, ils sont très-inférieurs aux touraillons, et leur mode d'action ne diffère guère de celui des détritux végétaux ordinaires. Le plus souvent, on les laisse sans emploi; quelquefois on les mélange au fumier, ou on les porte sur les terres après les avoir abandonnés quelque temps à eux-mêmes pour les dessécher; ils éprouvent alors une fermentation.

V. RÉSIDUS DE LA FABRICATION DU GAZ A ÉCLAIRAGE.

Si l'on excepte le coke et le goudron, les produits accessoires de la préparation du gaz de l'éclairage sont le plus souvent considérés comme inutiles et encombrants dans les petites usines du département des Ardennes. C'est à tort; car, en dehors des usages industriels auxquels ils sont propres, ces produits sont susceptibles de rendre de grands services à l'agriculture.

Ainsi les eaux ammoniacales, après avoir été concentrées à l'aide de la chaleur perdue des foyers, pourraient être envoyées dans les fabriques de produits chimiques où elles serviraient à la préparation des sels ammoniacaux. Dans les usines à gaz, où la production a trop peu d'importance pour donner lieu à cette opération, les eaux ammoniacales, au lieu d'être abandonnées, devraient au moins être utili-

sées comme engrais. Il en est de même des chaux d'épuration, dont l'emploi pour le chaulage des terres et la confection des composts a fourni de bons résultats dans plusieurs contrées.

Nous avons cherché à nous rendre compte de la valeur agricole de ces résidus en les soumettant à l'analyse.

Chaux d'épuration. — Un échantillon de chaux d'épuration, recueilli à l'usine à gaz de Charleville, a présenté la composition suivante :

Eau hygrométrique.	15,70
Eau combinée et matières organiques.	6,25
Oxyde de fer.	2,30
Sable quartzeux.	1,20
Sulfate de chaux.	1,37
Sulfure de calcium.	6,70
Carbonate de chaux.	43,98
Chaux caustique.	19,60
Carbonate de magnésie.	2,01
Acide phosphorique.	traces

99,11

Azote : 1,033 p. 100.

Nous n'avons aucune observation particulière à faire sur cette analyse, qui a été exécutée suivant les procédés ordinaires. Nous dirons seulement quelques mots sur le dosage du soufre.

Nous avons supposé que le soufre qui n'était pas à l'état de sulfate se trouvait dans la matière sous forme de sulfure de calcium. Nous avons mêlé 1 gramme de chaux d'épuration avec du carbonate de soude et du nitrate de potasse, et nous avons chauffé le mélange au rouge dans un creuset de platine. Tout le soufre ayant été ainsi transformé en acide sulfurique, celui-ci a été précipité par l'azotate de baryte qui a servi à le doser. Comme nous avons déterminé précédemment le poids du sulfate de chaux, nous avons

obtenu par différence le poids de l'acide sulfurique correspondant au soufre combiné au calcium.

La supposition que nous avons faite n'est pas rigoureusement exacte, car une faible partie du soufre est à l'état de sulfite ou d'hyposulfite; mais la détermination de ces deux composés n'avait pas une grande importance pour le but que nous nous proposons.

Les proportions de sulfure de calcium et de chaux caustique dans les chaux d'épuration doivent nécessairement varier avec l'époque à laquelle on fait l'analyse. Les chiffres que nous donnons se rapportent à une substance qui était sortie depuis huit jours des épurateurs.

Les résultats ci-dessus montrent que les chaux d'épuration ne devraient pas être dédaignées par les cultivateurs, surtout en présence du prix modique (0^f,20 à 0^f,40 l'hectolitre) auquel ils pourraient se les procurer. Dans un grand nombre de localités, ces matières seraient même livrées aujourd'hui gratuitement à l'agriculteur par les industriels, qui n'en tirent aucun parti.

Mais il faut avoir soin de ne pas employer la chaux d'épuration immédiatement au sortir des épurateurs, car elle agirait comme un désoxydant énergique et nuirait singulièrement à la végétation. On doit la laisser exposée pendant plusieurs semaines à l'air et à la pluie, et retourner le tas de temps à autre; le sulfure se transforme alors complètement en sulfate de chaux.

L'inobservation de cette précaution et les résultats fâcheux qui en ont été la conséquence sont sans doute cause de la défaveur marquée avec laquelle les cultivateurs ardennais accueillent cette matière. Quand elle est complètement oxydée, elle contient pourtant une proportion notable de sulfate de chaux, élément précieux dans un pays qui ne renferme pas de gisements de gypse, et qui est obligé de l'emprunter à des cendres minérales pyriteuses.

Une des propriétés les plus remarquables et les mieux

constatées par l'expérience, que possèdent les chaux d'épuration, c'est celle de détruire ou d'éloigner les insectes nuisibles, et entre autres les larves de hannetons qui, dans certaines années, produisent des ravages considérables. Cette propriété, due principalement à l'odeur désagréable de ces matières, les rend très-utiles pour la culture des racines auxquelles s'attaquent de préférence les larves.

On s'est assuré que, dans les endroits où la chaux d'épuration est répandue, même après son exposition à l'air, toute végétation de graminées paraît détruite ou du moins suspendue pendant un certain temps; nous pensons que cet effet est dû à ce que l'azote, qui existe presque entièrement à l'état d'ammoniaque dans l'engrais, se dégage rapidement; or, d'après M. de Liebig (*Lettres sur l'agriculture moderne*, p. 99), beaucoup de plantes périssent comme atteintes d'un souffle empesté dans une atmosphère qui renferme l'ammoniaque libre au delà de certaines proportions. M. Ville a prouvé qu'il suffit d'une dose de 0,004 de vapeur ammoniacale dans l'air pour faire mourir les plantes (*Comptes rendus, de l'Académie des sciences*, tome XXXV, p. 650).

Il faut donc ajouter aux prescriptions que nous avons indiquées celle d'enfourir cet engrais dans le sol; l'ammoniaque libre entre alors en combinaison avec la terre, et elle est absorbée par les plantes au fur et à mesure de leurs besoins.

En Belgique, on emploie les chaux d'épuration en mélange avec des cendres de foyer; elles perdent ainsi en grande partie leur odeur désagréable et sont vendues comme engrais.

Quelques cultivateurs du département de l'Aube les mêlent avec un compost de boues de rues et s'en servent pour fumer leurs vignobles et leurs jardins (*Annales de la Société d'horticulture*).

Eaux ammoniacales. — Les eaux ammoniacales ont une

couleur jaunâtre; elles sont chargées d'huiles empyreumatiques qui leur communiquent une odeur pénétrante, et elles présentent une réaction alcaline très-prononcée.

Les usines les produisent à peu près dans la proportion de 6 à 7 litres par hectolitre de houille soumise à la distillation.

Nous avons déterminé la composition de deux échantillons d'eaux ammoniacales, recueillies à deux époques différentes dans les condenseurs de l'usine à gaz de Charleville. Voici quels ont été les résultats obtenus sur un litre :

	N ^o 1. grammes.	N ^o 2. grammes.
Acide carbonique.	14,288	10,303
Acide sulfhydrique.	0,854	0,270
Ammoniaque.	0,450	0,574

On voit que la composition de ces matières est assez variable. On peut cependant admettre qu'en moyenne elles contiennent un demi-gramme d'ammoniaque par litre, chiffre qui s'accorde avec ceux qui ont été trouvés par plusieurs expérimentateurs.

Nous avons dosé l'acide carbonique en décomposant la liqueur par l'acide chlorhydrique étendu et recevant les produits gazeux dans une dissolution ammoniacale de chlorure de baryum. Le précipité obtenu a été transformé en sulfate de baryte et pesé.

Pour doser l'acide sulfhydrique, nous avons suivi deux procédés : 1^o Nous avons transformé l'acide sulfhydrique en sulfure d'arsenic jaune, à l'aide d'une dissolution chlorhydrique d'acide arsénieux versé goutte à goutte dans la liqueur n^o 1; nous avons pesé le précipité et nous en avons vérifié la composition. 2^o Nous avons décomposé le liquide n^o 2 par l'acide chlorhydrique étendu. L'acide sulfhydrique, conduit dans une dissolution ammoniacale de chlorure de cuivre, a donné un précipité noir de sulfure de cuivre que nous avons dissous dans l'eau régale; le cuivre, précipité

ensuite par le fer après séparation du soufre, puis calciné, a été pesé à l'état d'oxyde noir de cuivre; on en a déduit la proportion d'acide sulfhydrique correspondante.

Enfin, pour doser l'ammoniaque, nous avons d'abord chassé de la liqueur l'acide carbonique et l'acide sulfhydrique, en y ajoutant de l'acide chlorhydrique étendu. Nous avons fait bouillir la liqueur et nous l'avons filtrée; après quoi nous l'avons décomposée par une dissolution de potasse et nous avons reçu les gaz dans de l'acide chlorhydrique étendu. L'ammoniaque a été précipitée à l'état de chlorure double de platine et d'ammonium.

Tout le monde sait que les sels ammoniacaux activent puissamment la végétation, et, à ce titre, les eaux ammoniacales ont une grande importance. Ajoutons que, de même que les chaux d'épuration, elles jouissent de la propriété de détruire les insectes nuisibles.

Au sortir des condenseurs, ces eaux sont trop riches pour être employées immédiatement sur les terres; on doit les étendre de huit à dix fois leur volume d'eau pour éviter l'action trop énergique et corrosive qu'elles ne manqueraient pas d'exercer sur les plantes. Néanmoins, même affaiblies, les eaux ammoniacales produisent toujours des effets rapides et peu durables.

Un emploi plus judicieux des eaux ammoniacales consisterait à les solidifier à l'aide de matières solides douées d'un pouvoir absorbant élevé, telles que les touraillons, la tourbe, la tannée, les débris de laine, etc. On pourrait aussi, comme on le fait pour les urines, absorber tout l'ammoniaque qu'elles contiennent avec du plâtre en poudre ou une solution de sulfate de fer; il suffirait d'ajouter 4 à 5 grammes de sel à 1 hectolitre de liquide. Le mélange des résidus avec des nodules de chaux phosphatée des Ardennes, réduits en poudre, donnerait lieu à un excellent engrais, d'une assimilation facile. On sait en effet que le

phosphate de chaux passe facilement dans les végétaux en présence des sels ammoniacaux.

A défaut d'autre substance, on pourrait employer la terre végétale elle-même pour la fixation des principes ammoniacaux. Mais, au lieu d'une terre quelconque qui apporterait à la masse une grande quantité de matières inertes, il faudrait alors choisir une terre contenant déjà des principes fertilisants, comme les marnes argileuses ou les cendres minérales qui se trouvent en si grande abondance dans le département des Ardennes.

VI. DÉCHETS DE LAINE.

L'action de la laine sur la végétation a depuis très-longtemps frappé les observateurs. L'illustre Chaptal, dans son *Traité de chimie appliquée à l'agriculture*, rapporte que les Génois recueillaient avec soin, dans le midi de la France, tout ce qu'ils pouvaient trouver de retailles et de débris de tissus de laine pour les faire pourrir au pied de leurs oliviers. Les Provençaux utilisent également ces résidus pour la culture de la vigne et de l'olivier.

La laine est en effet une des matières organiques les plus riches en azote, car elle ne contient pas moins de 16 à 18 p. 100 de cet élément si important de la nutrition végétale. Son action sur les plantes est très-durable, à cause de la lenteur de sa décomposition.

Quoique les déchets de laine ne soient plus livrés à l'agriculture en aussi grande quantité, depuis que l'industrie a trouvé le moyen d'en tirer parti jusqu'à un certain point, ils constituent encore une source d'engrais d'une notable importance. Pour bien faire comprendre quelles sont la nature et l'origine de ces résidus, il est essentiel que nous disions quelques mots des principales opérations auxquelles est soumise la laine pour être transformée en étoffes.

La laine, telle que la fournit le mouton, est enduite d'une

matière grasseuse appelée vulgairement *suint*, dont on ne peut la débarrasser complètement que par une opération chimique. Les proportions de cette matière sont très-variables; ainsi, certaines laines n'en contiennent que 20 p. 100, tandis que d'autres en renferment jusqu'à 80 p. 100; en général, les laines les plus fines sont celles dans lesquelles il y a le plus de *suint*.

On commence par laver la toison à dos en faisant passer le mouton dans une rivière et lui frottant le corps dans toutes ses parties. On enlève ainsi une grande partie des principes solubles du *suint*, et, en même temps, les matières étrangères qui peuvent se trouver dans la laine, comme les poussières, les parcelles de fumier, les débris végétaux provenant des champs où les moutons ont séjourné, etc. Cette opération, qui se pratique dans les campagnes, est très-vicieuse, car elle fait perdre des matières douées d'une grande valeur agricole; au lieu de faire passer les moutons dans une rivière, on devrait les laver dans des cuves où l'on recueillerait les substances abandonnées par la laine et qui s'élèvent souvent à plus de la moitié du poids de cette dernière.

La plupart des laines que l'on met en œuvre à Sedan, centre très-important pour la fabrication des draps, ont été lavées à dos. On les dégraisse en les faisant passer dans des bains chauds de savon ou de carbonate de soude. Au fond de la cuve, il se dépose une boue noire et épaisse, riche en matières animales, et qui constitue les *fonds de cuve*. Les eaux qui ont servi au lavage contiennent, avec du savon et du carbonate de soude, des substances grasses et quelques filaments enlevés à la laine. Tantôt, et c'est malheureusement le cas le plus fréquent, elles sont envoyées à la rivière et par suite complètement perdues; tantôt elles sont utilisées comme nous le verrons plus loin.

Les laines non lavées à dos, qu'on appelle *laines en suint*

ou *laines surges*, sont traitées de la même manière; on les mélange généralement avec les laines lavées.

Autrefois on se servait exclusivement à Sedan, pour le dégraissage des laines, d'urine putréfiée qui a la propriété de former avec les substances grasses du *suint* un savon soluble. Ce procédé, qui n'est plus suivi que dans deux ou trois dégraisseries de Sedan, et qui ne tardera sans doute pas à disparaître, laisse comme résidu un engrais très-riche.

A Reims, où l'on traite plus de laines surges qu'à Sedan, ces laines sont préalablement lavées à l'eau claire qui dissout, entre autres matières solubles, des sels de potasse dans lesquels domine le carbonate. Il existe à Reims une importante usine où l'on traite les eaux pour la préparation de la potasse, d'après le procédé de MM. Rogelet et Maumenée.

Après le désuintage, la laine contient encore des impuretés qui consistent surtout en poussières. On l'en débarrasse en la soumettant à un battage mécanique qui donne comme résidus des poussières mêlées de filaments courts de laine.

La teinture de la laine, surtout quand elle est faite sur les flocons, fournit des résidus qui, quoique peu abondants, méritent de fixer notre attention. Considérons par exemple la teinture au bleu d'indigo. Pour préparer une cuve d'indigo, on commence par faire dissoudre dans de l'eau des cristaux de soude, puis on y introduit, suivant des proportions déterminées, du son, du pastel et de l'indigo broyé; il se produit bientôt une fermentation que l'on modère par une addition de chaux, ou que l'on active au besoin à l'aide d'un peu de son et de mélasse; par suite des réactions chimiques qui se développent, l'indigo est dissous.

C'est alors que l'on introduit dans la cuve la laine en flocons, en fils ou en pièce, pour la teindre. Il se produit au fond de la cuve un dépôt que l'on enlève tous les dix-huit

mois, et qui se compose des substances introduites dans le bain et de quelques débris de laine.

Dans les filatures et les ateliers de tissage, les déchets sont très-nombreux; ce sont les *débours*, filaments de laine courte provenant du nettoyage des cardes; les *corons*, fils qui se cassent aux métiers à filer ou à tisser; les balayures d'ateliers, etc. Ces déchets sont toujours gras, parce que, pour faciliter le glissement des fibres textiles à la filature, on a préalablement imprégné la laine d'huile d'olive ou d'oléine.

Enfin, toutes les opérations principales qui suivent le tissage, c'est-à-dire le foulage, le lainage, le tondage, donnent des débris de laine très-courts appelés *nopes*. Les résidus de la tonte des draps portent plus particulièrement le nom de *tontisses*.

Ainsi que nous le disions au commencement de cet article, on trouve avantage à traiter industriellement une grande partie des déchets de laine, et l'on est parvenu à en extraire des filaments que l'on peut filer et tisser, et faire ainsi rentrer dans la fabrication des étoffes. Nous dirons en passant que les tontisses servent à la fabrication des papiers de tenture dits *veloutés*.

Il y a à Sedan quelques usines qui traitent des déchets de laine, tels que les débours, les corons, les balayures d'ateliers, les nopes, etc. Ces matières sont d'abord triées à la main sur des grilles au travers desquelles passent les corps étrangers; puis elles sont soumises au battage, qui sépare les poussières, et, quand cela est nécessaire, au dégraissage qui se fait de la même manière que pour les laines et les *blouses* (*).

(*) Les *blouses* sont les filaments courts que l'opération du peignage, dans les filatures de laine peignée, sépare des filaments longs ou *cœur* de la laine; elles ne sont plus propres qu'à être soumises au cardage.

Les eaux de dégraissage sont conduites dans des bassins où on les additionne d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique étendu; il se sépare alors une graisse, mêlée de quelques filaments de laine, qui vient surnager et que l'on sépare avec des cuillers. Cette graisse, après avoir été épurée, entre dans la fabrication du savon. Si l'on extrayait encore, comme cela devrait être, la soude contenue dans l'eau de dégraissage qui a été traitée par l'acide, on se procurerait toutes les matières premières nécessaires à la confection du savon.

Débris de laine. — Six échantillons des déchets de laine provenant des usines de Sedan ont donné à l'analyse les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.
Eau hygrométrique.	6,50	17,20	6,20	5,10	11,00	13,83
Perte à la calcination (matières organiques, acide carbonique et eau combinée)	62,95	73,20	70,20	71,02	75,20	55,13
Cendres calcinées.	30,55	9,60	23,60	23,88	13,80	31,04
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Azote p. 100 de la matière humide.	3,84	4,34	4,03	3,90	4,13	5,88
Azote p. 100 de la matière sèche.	4,10	5,24	4,32	4,11	4,64	6,83

Dans les cendres, on s'est contenté de déterminer les matières solubles dans l'acide chlorhydrique et les matières inattaquables par cet acide.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Partie soluble dans l'eau.	7,69	12,92	7,03	8,74	8,24	7,86
Idem dans l'acide chlorhydrique.	40,28	37,28	35,34	9,90	35,58	24,10
Résidu insoluble.	52,03	49,80	57,63	81,36	56,21	68,04
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1. — Ordures de triage.
2. — Dessous de batteries maigres.
3. — Dessous de batteries gras.
4. — Id.
5. — Ordures de nopes.
6. — Résidus de tondeuses.

La proportion de l'azote contenu dans ces matières ne varie pas dans de très-larges limites. Il n'en est pas de même des cendres, dont la composition est naturellement très-variable avec la nature des poussières mélangées à la laine. Nous devons faire observer que, dans les parties solubles dans l'eau, est comprise la chaux qui a été réduite à l'état caustique par la calcination.

L'analyse complète des cendres ne présentant pas un très-grand intérêt, puisqu'elles sont surtout composées de sable, d'argile ou autres matières inertes, nous ne l'avons exécutée que sur l'échantillon n° 4. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Sur 100 parties de déchets à 100°.	Sur 100 parties de cendres.
Sable siliceux.	20,47	81,56
Acide sulfurique.	0,45	1,71
Id. phosphorique.	traces	traces
Chlore.	0,12	0,48
Peroxyde de fer.	2,39	9,49
Chaux.	1,59	6,31
Magnésie.	traces	traces
Alcalis.	0,06	0,24
Perte.	0,10	0,41
	<u>25,16</u>	<u>100,00</u>

La quantité relativement considérable d'acide sulfurique que l'on remarque dans cette analyse provient de l'oxydation, pendant la calcination, d'une partie du soufre qui entre dans la constitution de la laine.

Dépôt de cuve de teinture. — Un dépôt de cuve au bleu d'indigo, recueilli dans une teinturerie de Sedan, nous a présenté la composition suivante :

Eau hygrométrique.	57,78
Perte à la calcination (matières organiques, acide carbonique et eau combinée.)	17,45
Cendres calcinées.	<u>24,77</u>
	100,00
Azote de la matière humide.	0,64
Id. de la matière sèche.	1,52

En reprenant successivement les cendres par l'eau et l'acide chlorhydrique, on a trouvé :

Parties solubles dans l'eau.	6,73
Id. dans l'acide chlorhydrique.	70,10
Résidu insoluble.	<u>25,17</u>
	100,00

Fonds de cuve de dégraissage. — Enfin nous avons analysé deux échantillons de fonds de cuve et les eaux alcalines provenant du dégraissage de la laine.

L'analyse des fonds de cuve a donné les chiffres suivants :

	N° 1.	N° 2.
Eau hygrométrique.	6,25	59,40
Perte à la calcination (matières organiques, acide carbonique et eau combinée).	52,00	28,57
Cendres calcinées.	<u>41,75</u>	<u>32,03</u>
	100,00	100,00
Azote de la matière humide.	2,74	1,75
Id. de la matière sèche.	2,92	2,86

Composition des cendres.

	N° 1.	N° 2.
Parties solubles dans l'eau.	4,40	11,50
Id. dans l'acide chlorhydrique.	26,25	6,74
Résidu insoluble.	<u>69,35</u>	<u>81,96</u>
	100,00	100,00

Nous avons fait la détermination complète des éléments contenus dans les cendres de l'échantillon n° 2.

	Sur 100 parties de fonds de cuve à 100°	Sur 100 parties de cendres.
Sable siliceux.	45,52	81,96
Acide sulfurique.	0,99	1,87
Id. phosphorique.	traces.	traces.
Chlore.	0,07	0,15
Oxyde de fer.	3,00	5,67
Chaux.	4,62	8,74
Potasse.	0,05	0,09
Soude.	0,25	0,47
Perte.	0,57	1,07
	<hr/> 52,85	<hr/> 100,00

Eaux de dégraissage. — Les eaux qui ont servi au dégraissage de la laine sont troubles et ont une couleur blanc sale; elles contiennent en suspension ou en dissolution des matières grasses, des alcalis, des poussières, des débris de laine, etc. On comprend que la composition en est extrêmement variable suivant l'origine de la laine traitée, suivant les proportions de suint et de substances étrangères qu'elle contient, et enfin suivant la proportion de savon ou de carbonate de soude que l'on a introduite dans le bain. Les résultats que donne l'analyse chimique n'ont donc aucun caractère de généralité, et ils ne s'appliquent qu'au cas considéré; toutefois il résulte des expériences que nous avons faites que ces eaux contiennent encore une quantité notable de substances fertilisantes.

Dans une première expérience, nous avons analysé un litre d'eau de dégraissage, recueilli au sortir d'une cuve dans laquelle on avait introduit du savon et du carbonate de soude. Ce volume de liquide, ayant été évaporé lentement, nous a donné un résidu pâteux pesant 47 grammes et présentant la composition suivante :

Eau hygrométrique.	8,86
Matières organiques.	31,20
Matières minérales.	6,94
	<hr/> 47,00

Ce résidu contenait 1,24 p. 100 d'azote, quantité qui correspond à 0^{sr},61 pour un litre.

Les matières minérales, traitées successivement par l'eau distillée et par l'acide chlorhydrique, ont donné :

Parties solubles dans l'eau.	4,98
Id. dans l'acide chlorhydrique.	1,16
Résidu insoluble.	0,80
	<hr/> 6,94

Les parties solubles dans l'eau se composent presque exclusivement d'alcalis.

Une seconde expérience se rapporte à une eau provenant d'un bain de dégraissage au carbonate de soude seul. Un litre de ce liquide, évaporé à sec, a donné un résidu de 39^{sr},50 dont voici la composition :

Eau hygrométrique.	6
Matières organiques.	32
Matières minérales.	62
	<hr/> 100
Azote.	0,47 p. 100
	<hr/> grammes
Soit pour un litre	0,18

Composition des matières minérales.

Partie soluble dans l'eau.	8,80
Id. dans l'acide chlorhydrique.	14,59
Résidu insoluble.	38,81
	<hr/> 62,00

Nous dirons de suite que, si l'on excepte l'application

industrielle, dont nous avons parlé précédemment, de ces eaux à l'extraction des graisses, les eaux de dégraissage des laines sont presque toujours perdues. Il serait cependant facile d'en extraire la plus grande partie des principes utiles, soit en les faisant déposer dans des bassins, soit en les épurant par diverses matières solides. C'est une question sur laquelle nous reviendrons.

Importance des déchets de laine et de leur emploi par l'agriculture. — Les usines de Sedan traitent environ, chaque année, 260.000 kilogrammes de déchets de toutes sortes, desquels elles retirent à peu près $\frac{1}{3}$ de laine utilisable par l'industrie. Les dépôts de batteries sont livrés à l'agriculture au prix moyen de 5 francs les 100 kilogr., et les fonds de cuve au prix de 1 franc. Les cultivateurs peuvent encore employer comme engrais les dépôts de cuve de teinture et les résidus de triage. Ces derniers sont souvent mélangés aux fonds de cuve de dégraissage.

Ces engrais sont presque entièrement utilisés sur place, dans les environs de Mézières et de Charleville; de petites quantités ont été exportées en Belgique et même en Algérie. Ils sont surtout appliqués à la culture maraîchère.

La dose à laquelle on emploie les poussières de batterie pour les céréales est d'environ 4.000 kilogrammes par hectare. Ils conviennent surtout aux terres fortes; dans les terres légères, ils produisent un effet trop immédiat. On leur reproche d'aider au développement des insectes nuisibles.

Pour la culture maraîchère, les doses varient suivant les plantes cultivées et l'activité qu'on veut donner à la pousse; toutefois, au Fond-de-Givonne, près Sedan, on ne s'écarte guère des limites de 30 à 50 kilogrammes par are.

Les fonds de cuve agissent avec une plus grande rapidité que les poussières de batterie, ce qui tient sans doute à ce qu'ils sont imprégnés d'alcalis qui en facilitent la décomposition.

Les déchets de laine doivent leur efficacité à leur richesse

en azote et en soufre. Les alcalis y sont en faible proportion, et encore la petite quantité de soude constatée dans les fonds de cuve provient-elle surtout de la lessive de carbonate de soude. Quant à l'acide phosphorique, il n'existe qu'en traces indosables.

Ces matières ne constituent donc pas un engrais complet, et, comme tout engrais incomplet, il ne faut les employer qu'avec modération, sous peine de graves mécomptes. Si on stimule le développement de la végétation à l'aide d'un engrais simplement azoté ou phosphaté, la plante empruntera au sol les autres éléments qui lui sont nécessaires, et on arrivera ainsi à un appauvrissement progressif de la terre.

Quelques cultivateurs mêlent les déchets de laine au fumier et font fermenter ce mélange avant de le porter sur les terres. C'est une bonne méthode, car l'humus manque aux débris laineux, et le fumier de ferme en est toujours amplement pourvu.

C'est ce que les cultivateurs des environs de Reims ont très-bien compris, et, en employant les déchets de laine, concurremment avec le fumier, ils ont obtenu des résultats merveilleux. M. Rohart rapporte (*Guide de la fabrication économique des engrais*, p. 382), que les terrains les plus incultes des communes de Vitry, Berru, Cernay, Pommacle, etc., qui, il y a vingt-cinq ans à peine, ne se révélaient que par une déplorable stérilité, produisent maintenant les plus belles récoltes et donnent les rendements les plus élevés.

Cette transformation est uniquement due aux soins que les paysans ont mis à porter sur leurs terres les balayures des filatures et les déchets des tissus de laine de Reims.

Les déchets de laine de toute nature sont encore une matière précieuse pour la fabrication artificielle des engrais. Les résidus de batteries surtout conviennent parfaitement, à cause de leur état pulvérulent qui leur permet d'absorber une grande quantité de substances liquides.

VII. RÉSIDUS DE TANNERIES.

Tannée. — L'écorce de chêne, lorsqu'on la retire des fosses où s'opère le tannage des cuirs, ne contient plus qu'une quantité d'acide tannique trop faible pour qu'elle puisse encore servir à la préparation des peaux. Elle constitue une matière appelée *tannée*, que l'on ne peut plus utiliser que comme combustible ou comme engrais.

Au sortir des fosses, la tannée contient une forte proportion d'eau qui, ainsi que nous nous en sommes assurés, peut s'élever jusqu'à 80 p. 100. Quand elle a été exposée à l'air, la proportion d'eau est de 20 à 30 p. 100; c'est la quantité qui se trouve généralement dans les *mottes* que l'on confectionne avec le tan épuisé et qui servent au chauffage domestique.

Le pouvoir calorifique de la tannée à 30 p. 100 d'eau est de 2.400; ainsi 1.000 kilogrammes de cette matière développent la même chaleur que 300 kilogrammes de houille; d'où l'on déduit, en admettant que la houille coûte en moyenne 25 francs la tonne, que la valeur de 1.000 kilogrammes de tannée, comme combustible, est de 7^f,50.

Un grand nombre de chaudières à vapeur, dans le voisinage des tanneries, sont chauffées avec de la tannée; on n'attend même pas toujours que la matière combustible soit sèche, et nous avons vu employer de la tannée à 50 p. 100 d'eau, que l'on introduit dans des trémies en forme de tronc de pyramide, où elle se dessèche avant de venir brûler sur la grille.

Au point de vue agricole, les propriétés de la tannée sont faciles à saisir. Elle est essentiellement composée de matières végétales qui, lorsqu'elles ont été abandonnées

quelque temps à elles-mêmes, fournissent un terreau très-riche en humus soluble. En outre, par suite de son contact prolongé avec des substances animales, la tannée s'est enrichie de principes azotés; ainsi, dans un échantillon que nous avons analysé, nous avons trouvé 1,175 p. 100 d'azote (du poids sec), tandis que l'écorce de chêne n'en contient que 0,70 p. 100.

A la vérité, d'après les recherches de plusieurs agronomes, la présence de l'acide tannique libre dans le sol est loin d'être favorable à la végétation, et cet acide est même dangereux pour les plantes, quand il est en proportion notable. Mais on évitera cet inconvénient, si l'on a soin de ne répandre la tannée sur les terres qu'après une fermentation préalable qui détruit l'acide tannique, ou bien qu'après une saturation de l'acide par la chaux.

On peut encore faire disparaître les principes astringents de la tannée et la transformer en un engrais puissant en l'arrosant avec des engrais liquides riches en ammoniacque. En raison de son grand pouvoir absorbant, elle se prête parfaitement à cette opération.

Nous avons dit que la tannée, à l'état sec, contient 1.175 p. 100 d'azote. Dans son état ordinaire, c'est-à-dire avec une teneur de 30 p. 100 d'eau, elle renferme 0.82 p. 100 d'azote, ce qui lui donne une valeur agricole de 13^f,53 les 1.000 kilogrammes. Il y a donc un grand avantage à l'employer comme engrais, car sa valeur vénale est presque nulle.

Les autres principes actifs contenus dans la tannée sont les alcalis; mais ils n'ont qu'une importance secondaire, et l'on doit considérer avant tout cette matière comme une source d'humus.

Nous avons soumis à l'analyse les cendres de deux échantillons de tannée; l'un (n° 1) a été recueilli au sortir des fosses et a donné, à l'état sec, 5.39 p. 100 de cendres; l'autre (n° 2) est une motte à brûler, mêlée d'un peu de

sable et de terre, et qui par suite a donné une plus forte proportion de cendres, 9,75 p. 100.

	Cendres de l'échantillon.	
	N° 1.	N° 2.
Sable et argile.	5,81	} 17,62
Silice soluble dans la potasse.	0,92	
Charbon.	0,16	
Acide carbonique	37,41	32,54
Acide sulfurique.	0,58	1,42
Acide phosphorique.	»	0,20
Chlore.	0,26	0,61
Chaux.	39,44	41,19
Magnésie.	1,53	» »
Oxyde de fer et alumine.	6,22	1,61
Potasse.	4,70	3,78
Soude.	2,54	0,71
	99,17	99,68

La méthode d'analyse est la même que celle qui a été suivie pour l'analyse des marcs de colle.

On remarquera que la tannée ne contient presque pas, ou même pas du tout, d'acide phosphorique. C'est un résultat qui a été signalé par Berthier pour l'écorce de chêne.

D'après M. Liebig, la potasse entre pour une proportion de 6 à 9 p. 100 dans les cendres de l'écorce de chêne. On ne doit pas s'étonner si nous avons trouvé une quantité moindre de potasse dans les cendres de la tannée; car un contact prolongé avec l'eau a dû nécessairement faire disparaître une partie de l'alcali.

Bourres courtes. — Les tanneries donnent encore lieu à une autre espèce de résidus; ce sont les *bourres courtes*, ou poils qui sont détachés des peaux d'animaux. L'action de ces matières sur la végétation est très-énergique, et elle est tout à fait comparable à celle de la laine. On les emploie surtout pour la culture maraîchère. Dans les environs de Givet, par exemple, un grand nombre de cultivateurs ne plantent pas de pommes de terre sans mettre, au fond

de chaque trou, une petite poignée de poils au-dessous du tubercule.

Comme, pour faciliter l'enlèvement des poils, on a fait passer les peaux dans des *pelains*, ou laits de chaux, il en résulte que les bourres courtes sont généralement mêlées d'une certaine quantité de chaux caustique, qui jouerait un rôle fâcheux au moment de la décomposition des matières animales. On remédie à cet inconvénient en exposant les poils au contact de l'air, pour carbonater complètement la chaux, et les battant ensuite avec des baguettes, pour séparer la plus grande partie du carbonate de chaux.

Un échantillon de bourres courtes, que nous avons analysé, nous a donné :

Eau hygrométrique.	17,60
Matières organiques.	78,23
Cendres (par calcination).	4,17
	100,00
Azote p. 100.	12,60
Soit, sur la matière supposée sèche.	15,29

Les cendres sont composées en grande partie de carbonate de chaux resté adhérent aux poils (4,02). Les cendres proprement dites qu'aurait données la combustion des poils complètement débarrassés de matières étrangères sont donc en très-faible proportion, et c'est pourquoi nous n'avons pas cru utile, au point de vue agronomique, de les soumettre à l'analyse.

Les bourres courtes sont aussi employées par les plafonneurs pour lier la chaux et les mortiers. Elles lieraient aussi bien toute espèce de matières pâteuses, et cette propriété les rend propres à entrer dans la fabrication des engrais industriels.

Les bourres courtes se vendent en moyenne 2',50 les 100 kilogrammes, tandis que leur valeur agricole peut être

estimée à 20',80. A Givet, le prix en est beaucoup plus élevé; lorsqu'elles sont bien nettoyées et bien lavées, elles se vendent jusqu'à 20 francs.

Rognures de peaux et de cuirs. — Nous citerons enfin, comme résidus des tanneries, les écharnures ou rognures de peaux et de cuirs. A Givet et à Sedan, on les utilise pour la fabrication de la colle-forte; dans les autres localités du département, on les laisse sans emploi, ou on les porte sur les fumiers ou sur les terres. Ces matières renferment de 8 à 9 p. 100 d'azote.

VIII. PAINS DE CRETON.

Les *pains de creton* sont les marcs qui se déposent au fond des chaudières dans lesquelles on fait fondre des graisses de bœufs, de veaux et de moutons. Ce résidu est composé en grande partie des membranes de tissus adipeux auxquelles sont mêlées de petites quantités de sang, de muscles et d'os; il reste toujours imprégné d'une proportion de graisse plus ou moins forte.

D'après MM. Boussingault et Payen, les pains de creton contiennent 11.875 p. 100 d'azote. Deux dosages d'azote que nous avons effectués sur deux échantillons de ces matières, recueillis dans une fonderie de suif de Charleville, nous ont donné, l'un 2.13 p. 100, et l'autre 2.27 p. 100, soit en moyenne 2.20 p. 100 (la matière étant supposée sèche). M. Bénard, d'Amiens, a trouvé de son côté une proportion d'azote de 2.50 p. 100 dans un échantillon de pain de creton.

Cette grande divergence entre ces derniers nombres et celui qui a été donné par MM. Boussingault et Payen, correspond sans doute à une différence notable dans la composition des pains de creton soumis à l'analyse. Ainsi, par exemple, une forte proportion de graisse et d'os, matières

privées d'azote, abaissera la teneur de l'échantillon en azote.

A l'état ordinaire, les pains de creton contiennent 9 p. 100 d'eau interposée et 8.45 de cendres. L'analyse de ces cendres nous a donné les résultats suivants :

Sable	8,00
Charbon.	7,20
Silice soluble dans la potasse.	1,28
Acide carbonique.	2,46
Id. sulfurique.	0,68
Id. phosphorique.	21,65
Chlore.	16,18
Oxyde de cuivre.	0,14
Peroxyde de fer.	1,50
Chaux.	19,75
Potasse.	2,67
Soude.	17,10
	<hr/>
	98,61

L'oxyde de cuivre provient de la chaudière dans laquelle a été opérée la fonte.

Les pains de creton sont presque exclusivement employés pour l'engraisement des porcs. Quand on veut les faire servir comme engrais, on les divise préalablement en petits fragments que l'on détrempe dans l'eau chaude avant de les porter sur les terres. La dose généralement adoptée est de 800 à 900 kilogrammes par hectare.

IX. SCIURE ET CENDRES DE BOIS.

Les effets de la sciure de bois sur la végétation, comme ceux des engrais verts, sont assez prompts. En présence de l'humidité, elle ne tarde pas à entrer en fermentation, et elle est assimilée facilement par les plantes. Elle laisse en outre dans le sol un terreau riche en humus.

La sciure de bois ne contient jamais une forte proportion

d'azote. Dans un échantillon que nous avons analysé, et qui était un mélange de sciure de bois de chêne, de peuplier et de sapin, nous n'avons trouvé que 0.17 p. 100 d'azote à l'état sec; la proportion de cendres a été de 0.87 p. 100.

En traitant un gramme de cette sciure dans son état ordinaire, c'est-à-dire contenant 12 p. 100 d'eau, par la litharge, nous avons obtenu un culot de plomb de 11^{sr},80, ce qui correspond à un pouvoir calorifique de 2712. Si l'on recommence, à l'aide de ces chiffres, le calcul que nous avons fait à propos des débris de teillage du lin (page 327), on verra qu'il y a plus d'avantage à employer la sciure de bois comme combustible que comme engrais. On l'applique d'ailleurs à ce premier usage pour la production de la vapeur qui active les scieries du département des Ardennes.

Nous avons recueilli des cendres produites sur une grille de chaudière à vapeur, dans une scierie de Mohon, par un mélange de résidus de bois de chêne, de peuplier et de sapin, et nous avons trouvé la composition suivante :

Charbon.	3,20
Sable.	22,90
Silice soluble dans la potasse.	19,10
Acide carbonique.	11,70
Id. phosphorique.	1,77
Id. sulfurique.	0,17
Chlore.	0,41
Oxyde de fer et alumine.	4,38
Chaux.	52,00
Magnésie.	1,18
Potasse.	1,80
Soude.	1,24
	<hr/>
	99,85

Les effets des cendres de végétaux sont trop connus pour que nous insistions ici sur ce point.

X. CENDRES DE HOUILLE.

Nous avons analysé un échantillon de cendres de houille, blanches et assez bien incinérées, recueillies sous la grille d'un *four dormant*, dans l'usine métallurgique de Messempré. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Eau hygrométrique et eau combinée.	4,65
Argile et sable.	60,50
Silice soluble dans la potasse	4,75
Oxyde de fer et alumine.	26,75
Carbonate de chaux.	1,86
Chaux libre.	0,55
Sulfate de chaux.	1,00
Chlorures alcalins.	0,16
Traces de magnésie et de soufre.	»
	<hr/>
	100,22

Ces cendres, mêlées avec de la chaux, sont employées avec grand succès sur les terres fortes et argileuses des environs.

On voit, d'après cette analyse, que les cendres de houille ne renferment que fort peu de matières salines, et qu'elles agissent plutôt comme un amendement que comme un engrais.

L'argile calcinée et le sable qui s'y trouvent en forte proportion les rendent très-propres à diviser les terrains argileux.

Elles paraissent surtout produire de bons effets sur les prairies artificielles et sur les pâturages, à la dose de 40 à 50 hectolitres par hectare. Cette dose doit être renouvelée fréquemment, car on a remarqué dans les Ardennes que l'action ne s'en fait pas sentir très-longtemps.

XI. DES CENDRES MINÉRALES DU DÉPARTEMENT DES ARDENNES ET DE LEUR EMPLOI POUR LA SOLIDIFICATION DES ENGRAIS LIQUIDES.

Les marnes argileuses se rencontrent dans un grand nombre d'étages de la formation géologique du département des Ardennes, mais surtout dans le *lias*, le *fullers-earth*, l'*oxford-clay*, le *calcaire à astartes*, le *kimmeridge-clay*, les *sables verts* et les *terrains tertiaires*.

Cendres du lias. — Le *lias* se compose de grès calcaire, de calcaire argileux et sableux, de marne et de sable micacé, dont l'épaisseur totale est de 570 mètres. MM. Sauvage et Buvignier (*Statistique géologique et minéralogique du département des Ardennes*) y distinguent cinq étages : le *calcaire à gryphées arquées*, le *calcaire sableux*, la *marne moyenne à ovoïdes*, le *calcaire ferrugineux*, et la *marne supérieure à posidonies*.

Le troisième étage, dont la puissance est de 70 mètres environ, est constitué par une argile marneuse grise ou noire, souvent onctueuse et d'une grande consistance. On y trouve des cristaux de gypse, des pyrites de fer, des fragments de bois fossile, des lignites et de nombreuses empreintes de fossiles, surtout d'ammonites. Les caractères physiques sont à peu près constants sur toute son épaisseur. Quelquefois cependant l'argile est sableuse et micacée.

La marne supérieure a une épaisseur de plus de 80 mètres; elle possède à peu près les mêmes caractères que la précédente. Cependant, à la base, elle est plus schisteuse et elle est assez tenace pour se laisser diviser en petits feuillets qui se délitent bientôt et tombent en poussière après avoir été exposés à l'air. Elle est aussi plus riche en sulfates et en pyrites que la marne moyenne.

La composition chimique de l'argile marneuse varie nécessairement d'un point à l'autre. La partie inférieure paraît

être en général plus noire et plus riche en principes organiques que la partie supérieure qui, en revanche, est plus chargée de matières sulfureuses.

En dehors du 3^e et du 5^e étages du lias, la marne se rencontre encore dans les trois autres, en lits minces intercalés entre les bancs de calcaire; mais ces lits sont généralement trop peu importants pour donner lieu à une exploitation spéciale, et on ne peut les utiliser que quand on les trouve dans des carrières ouvertes en vue de l'extraction de la pierre calcaire.

Voici quelle est la composition de six échantillons de ces marnes, recueillis en différents points du département :

	1	2	3	4	5	6
Eau hygrométrique.	2.30	4.05	4.43	5.10	4.20	12.10
Eau combinée et matières bitumineuses.	2.88	1.50	4.17	9.63	15.10	12.23
Sulfate de chaux.	1.12	0.73	1.69	0.72	1.18	1.92
Id. de magnésie.	"	"	0.29	traces	"	"
Id. de fer et d'alumine.	0.21	"	0.20	0.32	"	"
Carbonate de chaux.	20.43	13.75	37.65	16.61	11.85	5.10
Id. de magnésie.	"	"	0.16	1.06	"	"
Peroxyde de fer.	2.10	4.66	2.70	4.37	1.60	4.25
Alumine.	2.20	"	0.60	0.70	"	"
Argile et silice.	66.69	74.19	45.92	60.00	64.27	62.94
Pyrite de fer.	2.07	1.12	2.18	1.44	1.80	1.46
Acide phosphorique.	"	"	0.01	0.02	"	traces
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1. Marne intercalée entre les lits du calcaire à gryphées, exploité pour chaux hydraulique, au Bois-en-Val, près Mézières;

2. Marne grisâtre du 3^e étage du lias, exploitée à Signy-le-Petit;

3. Marne grisâtre du 5^e étage du lias, exploitée depuis peu à Mouzon;

4. Marne feuilletée, contenant de nombreuses empreintes de fossiles, surtout d'ammonites et de posidonies, provenant d'une marnière exploitée à Amblimont, sur le bord de la route;

5. Marne schisteuse de Saint-Aignan, dure à l'air, mais se délitant très-facilement, en présence de l'humidité;

6. Marne exploitée à Fresnois (5^e étage du lias).

L'azote n'a été cherché que dans l'échantillon n° 4; on en a trouvé 0.181 p. 100.

La marne, avant d'être répandue sur les terres, est souvent calcinée à l'air libre. Il suffit pour cela de la placer sur quelques fagots auxquels on met le feu, et la combustion se propage dans la masse qui brûle d'elle-même, à la faveur des pyrites et des matières organiques qu'elle contient. On obtient ainsi, après une combustion lente, une matière rougeâtre très-légère et très-hygrométrique, dans laquelle la proportion de sulfates a notablement augmenté.

Nous avons soumis à l'analyse un échantillon de marne calcinée d'Amblimont, et nous avons obtenu les résultats suivants :

Eau hygrométrique et combinée.	3,36
Sulfate de chaux.	5,06
Id. de magnésie.	traces
Id. de fer et d'alumine.	0,50
Carbonate de chaux.	37,85
Id. de magnésie.	0,95
Peroxyde de fer.	5,40
Alumine.	1,90
Argile et silice.	44,90
Acide phosphorique.	0,01
	99,91

Dans la marne calcinée de Fresnois, nous avons simplement cherché l'acide sulfurique, et nous en avons trouvé 3.58 p. 100, correspondant à 6.12 de sulfate de chaux.

Méthode d'analyse des cendres minérales. — Avant d'aller plus loin, nous dirons quelques mots sur le dosage des sulfates, des pyrites et de l'acide phosphorique. Les autres éléments ont été dosés suivant les procédés que nous avons déjà décrits.

Nous avons traité 10 grammes de marne par l'eau bouillante, puis, après filtration, nous avons ajouté à la liqueur quelques gouttes d'acide azotique, et nous l'avons rapprochée par l'évaporation. Les traitements successifs d'une partie de cette liqueur par l'ammoniaque, l'oxalate d'ammoniaque et le phosphate de soude, nous ont donné le fer et l'alumine, la chaux, la magnésie. Dans l'autre partie de la liqueur, nous avons précipité, à l'aide de l'azotate de baryte, l'acide sulfurique combiné à ces bases.

Pour doser les pyrites de fer, on a pris 2 grammes de marne que l'on a attaqués par l'eau régale bouillante et quelques cristaux de chlorate de potasse. Dans la liqueur filtrée, on a précipité l'acide sulfurique, et, en retranchant du poids obtenu celui que l'on a déterminé précédemment, on a conclu le poids de l'acide provenant de l'oxydation des pyrites.

On a cherché l'acide phosphorique à l'aide du molybdate d'ammoniaque. Comme vérification, on a redissous le précipité obtenu dans l'ammoniaque, puis on a précipité l'acide phosphorique à l'aide du sulfate de magnésie.

Cendres du fullers-earth. — Le *fullers-earth* n'a qu'une épaisseur de 2 à 3 mètres dans le département des Ardennes; c'est une couche de marne de couleur grise ou bleuâtre, qui repose sur l'*oolithe inférieure*, et dans laquelle on observe souvent en grande abondance des *avicules* et des *ostrea acuminata*. A la demande de M. Henry, nous avons analysé un échantillon de marne provenant de Fagnon, et nous avons trouvé la composition suivante :

Eau hygrométrique.	3,50
Eau combinée et matières organiques.	2,85
Sulfate de chaux.	0,48
Carbonate de chaux.	25,40
Peroxyde de fer.	3,46
Alumine.	9,86

A reporter. 45,55

	Report.	45,55
Argile et silice.	s	52,75
Pyrite de fer.		1,70
Acide phosphorique.		traces
		<hr/>
		100,00

Cendres de l'oxford-clay. — A la base de l'*oxford-clay*, immédiatement au-dessus des calcaires du *cornbrash*, existe une couche d'argile calcaire grisâtre qui contient des pyrites de fer, du gypse en petits cristaux et du bois fossile. Elle est exploitée pour l'amendement des terres dans plusieurs localités, entre autres à Poix, à Villers-sur-le-Mont, à Terron-les-Vendresse, etc. Un échantillon, recueilli à Terron, a présenté la composition suivante :

Eau hygrométrique.	4,00
Matières organiques et eau combinée.	9,50
Sulfate de chaux.	7,60
Carbonate de chaux.	0,28
Peroxyde de fer et alumine.	5,15
Pyrite de fer.	1,10
Argile et silice.	74,37
	<hr/>
	100,00

On a constaté l'absence de l'acide phosphorique.

Cendres du calcaire à astartes et du kimmeridge-clay. — On trouve, dans la partie moyenne du *calcaire à astartes*, des bancs minces de marne noire très-coquilliers (*l'ostrea deltoidea* domine), quelquefois pyriteux. Mais ces couches sont généralement trop minces, et la composition, ainsi que nous nous en sommes assurés par quelques essais rapides, en est trop incertaine pour donner lieu à une exploitation régulière. Elles ne sont d'ailleurs utilisées dans aucune localité du département, à notre connaissance du moins.

La même observation s'applique au *kimmeridge-clay*, dans lequel on observe aussi des lits minces de marnes gris clair, très-calcaires et souvent très-bitumineuses.

Sables verts. — Les *sables verts* sont argileux dans certaines parties de la formation et contiennent des pyrites de fer, des cristaux de gypse et de nombreux restes organiques; la chaux ne s'y trouve généralement qu'en traces à peine sensibles; nous ferons observer également que ces matières sont complètement privées d'acide phosphorique, fait d'autant plus remarquable que des nodules de chaux phosphatée existent dans les sables verts.

Voici l'analyse d'un échantillon de sables verts appartenant à la partie supérieure de la formation et recueilli dans les environs de Monthois :

Eau hygrométrique.	5,00
Eau combinée et matières organiques.	4,00
Sulfate de chaux.	2,47
Carbonate de chaux.	traces.
Oxyde de fer et alumine.	2,85
Pyrite de fer.	0,25
Argile et silice.	85,43
	<hr/>
	100,00

Cendres tertiaires. — Dans le bois d'Enelle (commune de Balaives-et-Butz) se trouvent, au milieu du terrain jurassique inférieur, près des gîtes de minerais de fer qui ont été exploités autrefois pour les hauts-fourneaux des environs, des argiles brun foncé, bitumineuses et sulfureuses. Ces argiles, qui reposent sur une marne jaune ou rouge, et qui sont recouvertes d'une faible épaisseur de terrain détritique, remplissent des cavités étroites, d'une profondeur variable, distribuées irrégulièrement dans le calcaire blanc.

Elles paraissent appartenir à l'époque tertiaire, et elles se rattacheraient ainsi à la même formation que les *terres noires* ou *cendres* des départements de l'Aisne et de la Marne. C'est une analogie qui se retrouve d'ailleurs dans la composition chimique.

L'analyse que nous avons faite sur un échantillon de ces marnes nous a fourni les résultats suivants :

Eau hygrométrique.	18,55
Eau combinée et matières organiques.	12,67
Sulfate de chaux.	1,54
Id. de magnésie.	0,15
Id. de fer et d'alumine.	3,00
Carbonate de chaux.	1,11
Id. de magnésie.	0,18
Peroxyde de fer.	0,69
Argile et silice.	56,48
Pyrite de fer.	5,49
Acide phosphorique.	traces
	99,84

En traitant cette matière par une dissolution de potasse caustique, nous avons trouvé 9,63 p. 100 d'humus. L'azote est dans la proportion de 0,693 p. 100.

Emploi des cendres minérales par l'agriculture. — Les cendres du lias sont employées, dans un grand nombre de localités, pour l'amendement des prairies artificielles, surtout des luzernes, des sainfoins et des trèfles; les luzernes paraissent s'en trouver mieux que les autres légumineuses. On les répand sur les terres à la dose de 30 à 80 hectolitres par hectare, suivant la richesse. Le prix des cendres crues, sur place, est de 1 franc à 1^f,50 le mètre cube; les cendres calcinées valent de 2 à 3 francs.

D'après les renseignements que nous avons recueillis, ces matières produisent aussi de bons effets sur les terres que l'on prépare pour y planter des pommes de terre, des betteraves, des rutabagas et autres plantes sarclées; elles réussiraient sans doute également sur les terres ensemencées en céréales, mais ce sont des essais qui n'ont pas encore été tentés.

Quelques cultivateurs emploient les marnes du lias à la confection des engrais. Avant d'enlever le fumier des écuries, ils le recouvrent de marne dans la proportion de 1 partie pour 3 parties de fumier, et ils ne le conduisent sur les terres à fumer que trois semaines après cette opération.

Cette pratique nous paraît excellente: les sulfates retiennent les vapeurs ammoniacales qui se perdraient dans l'atmosphère, et en même temps le fumier se trouve enrichi de principes minéraux utiles à l'alimentation des végétaux.

Les marnes argileuses de l'oxford-clay et les sables verts sont employés de la même manière que les sables du lias; mais, comme elles sont généralement moins pyriteuses et moins sulfatées, les doses doivent en être plus fortes. Dans les environs de Villers-sur-le-Mont, les cendres oxfordiennes ont complètement transformé l'agriculture; les terres légères et caillouteuses de cette contrée, qui, il y a une quarantaine d'années, se faisaient remarquer par leur stérilité, doivent à l'emploi judicieux de la marne d'être devenues très-propres à la culture. Nous pourrions citer une foule d'autres exemples.

Au point de vue chimique, les principes actifs sont les matières organiques, l'acide phosphorique, les sulfates, les pyrites, la chaux et la magnésie. Nous n'insisterons pas sur le mode d'action de ces principes; nous dirons seulement que les pyrites augmentent l'échauffement de la terre par leur combustion lente, facilitée par un grand état de division, et réagissent sur les principes calcaires du sol pour produire du sulfate de chaux qui, à l'état naissant, est bien plus énergique que le plâtre. C'est, du reste, ce que confirme l'expérience, car les cendres produisent une action beaucoup plus sensible sur les légumineuses que la quantité de plâtre correspondant aux sulfates contenus dans ces cendres. L'acide sulfurique provenant des pyrites peut encore réagir sur les alcalis des silicates et les faire ainsi passer dans la végétation.

Outre cette action chimique, les cendres exercent encore une action mécanique sur les terrains. Elles divisent le sol qu'elles rendent plus meuble et plus perméable; par suite de leur porosité, elles retiennent les gaz fertilisants; elles conservent une partie de la chaleur qui s'est accumulée

pendant le jour, et la distribuent aux racines pendant le refroidissement de la nuit.

Dans la marne calcinée, les matières organiques, l'azote et les pyrites ont disparu, mais la proportion de sulfates a beaucoup augmenté. Il faudra donc, suivant les cas, faire un choix entre la marne crue et la marne calcinée. Ainsi cette dernière conviendra surtout aux terres argileuses dont elle diminuera la compacité. La première devra être employée spécialement sur les terres légères auxquelles elle apportera des matières organiques. Ainsi encore, il vaudra mieux répandre les cendres brutes sur les céréales et les plantes sarclées, cultures épuisantes qui ont besoin de trouver dans le sol de l'humus et de l'azote, et réserver les cendres calcinées pour les légumineuses, plantes améliorantes qui empruntent à l'air la plus grande partie de l'azote qui leur est nécessaire et ne demandent guère au sol que des principes minéraux, et surtout du sulfate de chaux.

Tout ce que nous venons de dire s'applique surtout aux cendres du lias, de l'oxford-clay et des sables verts; les marnes du fullers-earth sont trop pauvres pour être recommandées aux cultivateurs, et elles ne peuvent guère produire sur les terres qu'un effet physique.

Les cendres d'Enelle se distinguent de ces matières par leur forte teneur en matières organiques, en azote et en sulfate de fer. La présence de l'azote à la dose de 0.695 p. 100 en fait un véritable engrais; si l'on suppose que les effets soient proportionnels à la quantité d'azote, ce qui, nous le reconnaissons, n'est pas rigoureusement exact, 58 kilogrammes de cendres agiraient aussi énergiquement que 100 kilogrammes de fumier normal. Ajoutons que le kilogramme d'azote de ces cendres ne revient qu'à 0^{fr},36 (le prix de l'hectolitre pesant 70 à 80 kilogrammes est de 0^{fr},175).

Quant au sulfate de fer, il contribue, avec les pyrites, à la formation du sulfate de chaux; il peut même agir direc-

tement, comme ce dernier, sur les fourrages. Des expériences récentes, dues à M. Gris, ont prouvé qu'il fait périr promptement les mauvaises herbes, les mousses, les lichens, etc., ainsi que les insectes ou autres animaux nuisibles aux jeunes plantes.

On voit, d'après notre analyse, que les cendres sulfureuses sont d'une qualité au moins égale à celles des terres noires de la Picardie, que les cultivateurs du département des Ardennes achètent à des prix très-élevés; elles sont même un peu plus riches en azote. Nous en recommandons vivement l'emploi pour les prés et les prairies artificielles, et même pour les céréales et les plantes sarclées.

Il convient de les enterrer de bonne heure, longtemps avant les semailles, afin que les principes solubles n'agissent pas trop activement, et afin de faciliter la réaction des pyrites sur le calcaire du sol. Quand on les emploie sur une terre ensemencée, il faut éviter avec soin qu'elles s'attachent aux jeunes plantes dont elles corroderaient les feuilles.

Mélangées avec de la chaux, du fumier, des terres et cultures de fossés, des cendres de tourbe, etc., elles formeraient d'excellents composts.

En Picardie, on emploie les cendres à la dose de 8 à 10 hectolitres par hectare de prairies, un peu plus pour les pâtures, et la moitié de cette dose pour les cultures de printemps. On évalue la durée de cet engrais-amendant à 4 ou 5 ans. C'est aux agriculteurs à déterminer par l'expérience si ces proportions doivent être modifiées pour les cendres d'Enelle.

Ces cendres pourraient être calcinées comme celles du lias, et elles donneraient une terre rougeâtre, très-riche en sulfates; elles s'enflammeraient d'ailleurs spontanément à l'air. Toutefois, nous ne conseillons pas cette opération qui ferait perdre l'un des principes les plus utiles, l'azote.

Après cette digression sur les propriétés agronomiques

des marnes argileuses, revenons à la question spéciale qui fait l'objet de ce mémoire.

Emploi des cendres pour la solidification des engrais liquides. — Les cendres minérales ne possèdent pas seulement, comme d'ailleurs toutes les terres végétales, la propriété précieuse d'absorber et de fixer dans leurs pores la plus grande partie des substances nécessaires à l'alimentation des plantes; les sulfates qui y sont contenus jouissent d'une grande affinité pour l'ammoniaque avec laquelle ils se combinent chimiquement pour former des sulfates doubles.

D'après M. Girardin (*Faits nouveaux de chimie agricole*, page 5), les pyrites joueraient un rôle important et peu connu dans le mode d'action des cendres. En se suroxydant au contact de l'air humide, et dans l'état de division où ils se trouvent, les sulfures auraient le pouvoir de saisir l'azote de l'air et de le transformer en ammoniaque. On trouverait là l'une des causes de l'efficacité de ces matières comme engrais, que ne suffit pas à expliquer complètement la présence des substances minérales.

Le pouvoir que possèdent les cendres minérales de retenir l'ammoniaque toute formée a attiré l'attention de plusieurs chimistes qui ont basé sur cette propriété tout un système de désinfection ou d'épuration d'eaux-vannes, d'eaux d'égout, d'eaux de ruisseaux, etc.

MM. Houzeau et Devedeix, entre autres, ont cherché à appliquer ce procédé à l'épuration des eaux d'égout de la ville de Reims, et nous allons dire quelques mots des essais qu'ils ont tentés.

Ces eaux se composent des eaux ménagères et des eaux industrielles de plusieurs établissements qui se livrent presque tous au travail de la laine. Elles renferment un grand nombre d'éléments divers, en proportions variables; on peut admettre cependant qu'un mètre cube contient les quantités suivantes de matières en suspension ou en dissolution :

Matières organiques.	2,322
Id. minérales.	1,461
Total.	3,783
Ammoniaque formée.	0,0052
Correspondant à azote.	0,0042
Azote des matières organiques.	0,0300
Azote total.	0,0342

La matière organique étant très-azotée et très-putrescible, l'ammoniaque s'y développe assez rapidement pendant les chaleurs de l'été; ajoutons que les débris de laine, qui forment une partie notable de la matière organique, renferment du soufre qui donne lieu à de l'hydrogène sulfuré; ce gaz peut d'ailleurs provenir encore de la réduction des sulfates par la matière organique. D'après ces détails, on n'aura pas de peine à comprendre que ces eaux soient un foyer d'infection pour la ville de Reims, et que l'on doive se préoccuper de les épurer.

Les cendres pyriteuses dont on s'est servi présentent la composition suivante :

	Tramery.	Vorzenaql
Eau.	19,50	22,10
Matières organiques.	25,45	21,10
Sulfate de fer.	15,78	9,11
Id. d'alumine.	0,60	1,42
Sulfate de chaux, carbonate de chaux, alumine et oxyde de fer.	16,33	12,59
Pyrite.	4,94	0,33
Argile et silice.	21,60	33,55
	100,00	100,00
Azote p. 100.	0,42	0,27

Pour 1 mètre cube d'eau-vanne, on a employé en moyenne 2^l,330 de ces cendres et 0^l,600 de chaux; et l'on a obtenu 6 kilogrammes de boues.

Les sulfates que contiennent les cendres sont certaine-

ment les plus efficaces ; mais, en outre, les matières organiques consistent surtout en charbon dans un état de division tout à fait favorable à la condensation des gaz putrides et des substances organiques en dissolution dans les eaux-vannes. L'oxyde de fer et l'alumine, mis en liberté par le mélange de leurs sulfates avec la chaux, entraînent le reste des principes organiques avec lesquels ils forment de véritables laques.

Quoi qu'il en soit, ce mélange de cendres et de chaux est très-propre à opérer rapidement la précipitation des substances organiques contenues dans l'eau et à lui rendre une limpidité presque égale à celle de l'eau de source.

D'après les expériences qui ont été faites en grand, l'eau sortant des bassins d'épuration était, à part une légère teinte jaunâtre peu perceptible, aussi claire que l'eau de la rivière en amont de Reims.

L'analyse chimique des eaux épurées a prouvé que la proportion de matières organiques qui reste dans l'eau n'est plus que le quart ou le tiers de la quantité primitive, et on s'est d'ailleurs assuré par des expériences diverses que cette matière se trouve dans des conditions qui la mettent à l'abri de la putréfaction. C'est sans doute à la chaux qu'est due cette particularité. On peut aussi supposer que la matière organique contenue dans l'eau épurée a été enlevée à la cendre, qui la renferme à l'état d'acide humique. Dans certaines cendres en effet, la proportion d'acide humique est assez forte. Ainsi nous avons reconnu qu'elle s'élève à 9,63 p. 100 dans la cendre d'Enelle.

La matière solide que l'on obtient par suite de cette opération constitue un engrais présentant la composition suivante, à l'état sec :

Substances organiques. . .	34,80	contenant azote. . .	0,52
Id. minérales. . .	65,20	Id. alcalis. . .	0,21
		et acide phosphorique.	0,15

Les dépenses résultant du traitement de 1 mètre cube d'eau-vanne par les cendres et la chaux s'élèvent en moyenne à 0^f,023, ce qui fixe à 3^f,83 le prix de revient de 1.000 kil. de boues à l'état sec.

Si l'on cherche la valeur agricole de ces boues en prenant pour type le fumier de Bechelbronn, analysé par M. Boussingault, on arrive au chiffre de 20 francs pour 1.000 kilogrammes. On produira donc, par ce procédé, un engrais énergétique dont la valeur agricole sera bien supérieure au prix de vente.

Les expériences qui ont été faites sur le sol crayeux de la Champagne ont donné d'excellents résultats et ont prouvé que les boues provenant de l'épuration des eaux d'égout de la ville de Reims peuvent être employées concurremment avec le fumier de ferme.

Nous n'avons pas fait d'expériences directes sur les cendres minérales du département des Ardennes ; mais, d'après les détails que nous venons de donner, il est incontestable que, en raison de leur prix peu élevé et de leur teneur en sulfates et en matières organiques azotées, il y aurait de grands avantages à les appliquer à la fixation des principes fertilisants contenus dans un grand nombre d'engrais liquides laissés généralement sans emploi, tels que les eaux de lavage des fabriques de colle, les eaux de lavage des sucreries, les eaux de rouissage, les eaux ammoniacales des usines à gaz, les eaux de dégraissage de la laine, etc. Les analyses que nous avons faites de ces eaux montrent qu'elles sont généralement beaucoup plus riches en ammoniaque et en azote que les eaux d'égout de Reims, et elles donneraient par suite un engrais solide d'une valeur agricole plus élevée et que l'on pourrait livrer à bas prix à l'agriculture.

NOTE

SUR L'APPLICATION DU PROCÉDÉ KIND CHAUDRON AU CREUSEMENT
DE LA FOSSE N° 4
DE LA COMPAGNIE DES MINES DE L'ESCARPELLE.

Par M. DE BOISSET, ingénieur, directeur des mines de l'Escarpelle.

Dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, le terrain houiller est recouvert par la formation crétacée, dont le développement varie de 60 mètres à 225 mètres. La craie affleure quelquefois au jour, mais en général elle est recouverte par une faible couche de terrain quaternaire sous laquelle, dans certains endroits, on trouve des argiles de la formation tertiaire.

On peut poser en règle générale qu'en pénétrant dans la craie, on trouve toujours de l'eau, mais en quantité variable, suivant que l'on rencontre ce terrain plus ou moins fendillé. Au delà de 80 à 90 mètres de profondeur on n'a plus à redouter l'eau, la craie devenant alors argileuse. C'est dans cette craie argileuse (dièves) qu'on arrête en général la base du cuvelage en bois qui jusqu'ici a servi à préserver une fosse de l'irruption des eaux de la craie.

Quand le travail de creusement d'une fosse est arrivé à ce point, on dit que le niveau est passé.

Les ingénieurs du pays savent combien sont variables les difficultés que l'on rencontre dans le creusement d'une fosse placée dans les terrains dont il vient d'être parlé.

En général, une forte machine d'épuisement est indispensable pour le passage des niveaux. Et, si quelques fosses ont été creusées sans avoir recours à cet appareil, les cas sont si rares qu'ils ne sont qu'une exception.

Il faut remarquer encore que des points très-rapprochés offrent souvent des difficultés d'exécution très-variables; ainsi, il peut arriver qu'à côté d'une fosse creusée sans machine d'épuisement, une seconde fosse exige une machine d'épuisement capable de faire mouvoir 2, 3 et même 4 pompes de 0^m,50 de diamètre.

Quand le nombre des pompes doit être supérieur à 4, on est toujours conduit à faire une seconde fosse à côté de la première, le creusement des deux fosses devant être simultané, au moins jusqu'à la craie très-consistante.

Ces quelques mots suffisent pour rappeler que le creusement d'une fosse dans les terrains aquifères, est en général le travail le plus difficile pour un ingénieur, et on peut ajouter le plus pénible; surtout, quand au travail lui-même, on joint les préoccupations constantes qu'il donne.

Aussi, est-ce un service à rendre aux ingénieurs que d'essayer de vulgariser un système qui, sortant radicalement de la voie suivie jusqu'à ce jour, est arrivé à simplifier tellement le travail qu'il est devenu élémentaire.

C'est dans cette idée qu'a été rédigée la note suivante. Elle n'aura d'autre mérite que l'exposé exact des faits qui se sont passés à la fosse n° 4 des mines de l'Escarpelle.

Écrite pour les gens du métier, il est inutile de décrire le système ordinaire de creusement des avaleresses; mais il ne sera pas hors de propos d'exposer aussi rapidement que possible tous les faits qui ont conduit la compagnie de l'Escarpelle à abandonner le système ancien de creusement pour adopter le système à niveau plein, c'est-à-dire le procédé Kind-Chaudron.

En 1855 la Compagnie de l'Escarpelle ouvrit sa fosse n° 3 (cette fosse est en exploitation depuis 1858) par le procédé ordinaire, dans des marais situés sur la rive droite du canal de la Haute-Deule, et auprès de cette voie navigable, au point dit le Pont de la Deule.

Malgré cette position au milieu des eaux, une machine

d'épuisement à balancier, faisant mouvoir 4 pompes de 0,50 de diamètre, avec 2 mètres de courses et 10 à 12 coups par minute, fut suffisante pour permettre de passer le niveau, malgré des difficultés assez sérieuses.

Forte de ce succès, lorsque la Compagnie de l'Escarpelle eut l'idée, dix ans plus tard, c'est-à-dire en 1865, d'ouvrir une quatrième fosse à 1.300 mètres au sud de sa fosse n° 3, elle compta que sa machine à balancier lui permettrait de passer facilement le niveau, surtout en observant que le plateau sur lequel elle plaçait sa fosse n° 4, ne présentait pas les difficultés apparentes de la position de sa fosse n° 3.

La fosse fut ouverte le 20 juillet 1865. 8^m,50 de sables coulants furent facilement traversés au moyen d'une trousse coupante en briques et ciment, qui vint s'arrêter sur les argiles tertiaires.

Une première trousse picotée fut placée à 9^m,76 de profondeur, le cuvelage fut fait jusqu'au haut du puits et on suspendit les travaux d'enfoncement, jusqu'à la complète installation de la machine d'épuisement qu'on préparait.

En fin décembre 1865 l'approfondissement put être repris. D'abord deux pompes de 0^m,50 furent mises en jeu, puis quatre. — Mars 1866 était arrivé, on était à 14^m,79 de profondeur, les argiles tertiaires devenaient de plus en plus mauvaises, à cause de la quantité considérable d'eau qui les soulevait. Les quatre pompes de 0,50 étant devenues insuffisantes, on en remplaça deux par deux pompes de 0^m,70, on put arriver ainsi à la profondeur de 15^m,01. Là, on ne fut plus maître des eaux, avec le matériel existant. On fit des travaux de consolidation à la machine d'épuisement, et le 2 juillet on mit en train, avec quatre pompes de 0^m,70; le balancier se rompit, une des flasques de ce balancier étant brisée depuis plusieurs années sans qu'on ait pu s'en apercevoir.

Il fut alors démontré qu'il était imprudent de tenter le passage, sans avoir deux fosses se prêtant mutuellement secours. On ouvrit donc une seconde fosse à 25 mètres d'axe en

axe de la première. Les sables furent passés avec autant de succès qu'à la précédente, et sur cette nouvelle fosse fut établie une machine à traction directe de 1^m,40 au piston et 3 mètres de course.

Cependant on avait construit un nouveau balancier pour remplacer celui brisé, et les deux machines d'épuisement purent fonctionner ensemble au mois d'août 1866.

Il est inutile d'écrire toutes les péripéties de l'enfoncement des deux fosses, l'essentiel consiste à dire que malgré les difficultés dues à l'énorme quantité d'eau et au peu de consistance des terrains, l'enfoncement fut fait sans aucun éboulement ni affouillement, jusqu'aux profondeurs suivantes :

Pour la première fosse jusqu'à 18^m,27;

Pour la seconde fosse jusqu'à 23^m,09.

Les coupes (fig. 1 et 2) des deux fosses indiquent suffisamment les moyens employés pour soutenir les terrains jusqu'aux-dites profondeurs.

Au 23 août 1867, les deux fosses étaient aux profondeurs indiquées, les deux machines fonctionnaient au moyen de dix générateurs, la machine à balancier menait 4 pompes de 0,50; la machine à traction directe menait 4 pompes de 0,70, ce qui correspond exactement à 12 pompes de 0,50 dont 4 à 2 mètres de course et 8 à 3 mètres de course. Ce n'était pas encore assez.

On se trouvait donc en présence d'un cas exceptionnel.

On examina ce qu'il y aurait à faire pour continuer l'enfoncement par le même procédé : une nouvelle machine à traction directe aurait dû remplacer la machine à balancier. Dix nouveaux générateurs étaient indispensables aussi bien que quatre nouvelles pompes de 0^m,70 en remplacement des quatre pompes de 0^m,50.

La compagnie se recueillit, et, après conseil pris, il fut décidé en principe qu'on emploierait le procédé Kind Chaudron et qu'il serait d'abord appliqué au creusement de la seconde fosse commencée.

Cet exposé succinct n'aura pas été inutile, si on a pu par son étude :

1° Saisir toutes les difficultés qui se sont présentées;

2° Apprécier le temps perdu par toutes les manœuvres qui ont dû être faites entre le 20 juillet 1865 et le 23 août 1867.

Si l'on compare ces deux éléments au résultat obtenu, on verra que deux ans ont été employés pour amener la première fosse à 10^m,27 et la seconde à 23^m,09.

Il est vrai de dire que pendant ces deux ans plus de la moitié du temps a été perdu en travaux au jour, sans qu'on abordât le fond, mais pendant ce temps que d'inquiétudes pour la direction et que d'argent englouti malgré la plus suïcte économie apportée dans les dépenses.

Les chiffres suivants donnent une idée de toutes ces dépenses.

Main-d'œuvre.	90.251,47
Transports.	11.526,94
Charbon.	98.728,40
Bois.	45.109,62
Consommations diverses.	45.252,61
Matériel.	138.573,92
	<hr/>
	427.242,96

Avant de se décider à l'emploi du procédé Kind Chaudron, la compagnie de l'Escarpelle fit visiter tous les travaux exécutés d'après ce système, c'est-à-dire les deux fosses de Péronne, celles de la Westphalie, dont une était encore en creusement à cette époque, et les deux puits de la concession de l'Hôpital dans le département de la Moselle.

Ces travaux placés loin du Nord sont trop peu visités, aussi le résultat auquel ils sont arrivés laisse-t-il froids ceux des exploitants qui se contentent d'en lire les comptes rendus. Mais quand on a vu, il est impossible de ne pas reconnaître que dans ce procédé se trouve la vérité, c'est-à-

dire la manière la plus rationnelle de creuser un puits dans les terrains aquifères.

On voit de plus que c'est le seul système qu'on puisse employer avantageusement, non-seulement dans le cas particulier de la compagnie de l'Escarpelle, mais toutes les fois que les terrains aquifères dépassent l'épaisseur de 80 à 100 mètres. En effet, l'examen attentif du système démontrera que son application est sûre à toute profondeur, que des terrains inabordables aujourd'hui, vont devenir d'un facile accès !

La visite de la compagnie de l'Escarpelle sur les lieux enleva ses dernières hésitations, et le 27 novembre 1867 elle entreprit la préparation de l'application du procédé Kind Chaudron sur la seconde fosse qu'elle avait établie à son n° 4.

En choisissant cette fosse, la compagnie faisait preuve de confiance dans la manière dont avaient été exécutés les travaux faits, et elle profitait du passage des sables, passage qu'il aurait fallu recommencer, si on avait été obligé de changer la position de l'axe de la nouvelle fosse.

Deux objections se présentaient cependant pour motiver le déplacement de l'axe de la fosse.

La première consistait dans ce que le fond de la fosse qu'on choisissait était pourvu d'un petit puits excentrique au premier, petit puits armé de deux croisures rigides entourées de palplanches sabottées en fer. Ce petit puits avait toujours précédé l'enfoncement du grand, ce qui avait permis de faire ce difficile travail, sans l'ombre d'un éboulement.

Or on craignit un instant que l'enlèvement pénible et aléatoire de l'armature de ce petit puits, ne fût un obstacle sérieux au jeu du trépan, d'autant plus que l'excentricité de ce puits pourrait provoquer la déviation du trépan.

L'ingénieur de la compagnie affirma que l'enlèvement de l'armature, dont il vient d'être parlé, serait facile, et il

pensa qu'en manœuvrant, dans le commencement du forage, avec certaines précautions, on ne courait aucun danger, relativement à la déviation du trou de sonde.

La bonne exécution du travail a donné raison à cette opinion.

La seconde objection provenait des dimensions restreintes que devait avoir la fosse future, puisqu'il s'agissait de sonder dans une fosse cuvelée jusqu'à 22^m,84 avec cercle inscrit de 4 mètres.

La réflexion et la confiance, dans la réussite économique du nouveau système, devait mettre à néant cette seconde objection.

En effet, les difficultés d'exécution et le coût considérable de l'application de l'ancien système de creusement des fosses, ont été les seules raisons qui ont conduit à donner aux fosses un grand diamètre de 4 mètres et même de 4^m,50.

D'après l'ancien système, il fallait ne faire qu'une fosse, et partant la faire assez grande pour qu'elle satisfit à toutes les exigences de l'exploitation, c'est-à-dire qu'elle fût capable de donner passage :

- 1° A une grande extraction ;
- 2° A la ventilation et à la descente des ouvriers ;
- 3° Enfin, dans certains cas, à un épuisement au moyen d'une machine.

Mais il est facile de reconnaître que les fosses isolées de 4 mètres présentent deux inconvénients très-grands.

1° Le compartiment qu'on crée pour le passage de l'air (Gohiau) est non-seulement d'un entretien coûteux ; mais, de plus, malgré les soins les plus minutieux, il laisse toujours passer une quantité d'air considérable, au détriment de la ventilation des travaux.

2° Si un coup de grisou arrivait dans une fosse isolée, il y aurait peu de chances de sauvetage, le premier effet de

l'explosion pouvant être la destruction de la cloison (Gohiau).

Il est donc indiscutable qu'il vaut mieux faire deux fosses; l'une plus grande, devant servir exclusivement à l'extraction; l'autre plus petite, devant être affectée aux autres exigences de l'exploitation et principalement à la ventilation.

Or, dans un puits commencé comme le n° 4 de l'Escarpelle, on peut faire, par le nouveau système, une fosse de 3^m,20 de diamètre utile, et les plus grandes cages d'extraction en usage passent dans une fosse de cette dimension.

Mais il y aura à faire un second puits pour l'aérage, le diamètre utile de ce puits a été arrêté à 2^m,20.

Tels sont les motifs qui engagèrent la compagnie de l'Escarpelle à déterminer les dimensions des deux puits qu'elle allait creuser.

Le premier est terminé, et elle enfonce le second.

Ces préliminaires, qui ont paru nécessaires, étant posés, il reste à décrire aussi brièvement que possible les opérations du travail qui constituent le procédé Kind Chaudron.

Ces opérations sont au nombre de cinq :

- 1° L'installation pour la manœuvre des outils;
- 2° Le sondage proprement dit;
- 3° La pose du cuvelage;
- 4° Le cimentage du cuvelage;
- 5° La pose de deux picottages et du cuvelage de raccord (ou faux cuvelage) en dessous de la boîte à mousse.

Cette cinquième opération est en dehors du procédé, et elle n'est pratiquée que pour donner pleine sécurité à l'avenir.

1° *Installation.* — Comme on l'a dit plus haut, c'est le 27 novembre 1867 que furent commencés les travaux d'installation pour l'application du procédé Kind Chaudron sur la seconde fosse commencée au n° 4, c'est-à-dire sur la fosse où avait été installée une machine à traction directe.

Rien ne fut démonté de l'installation première, la ma-

chine d'épuisement seule dut disparaître, et la figure n° 2 indique l'aspect des constructions après leur appropriation à la manœuvre des outils.

Trois mois furent employés à ces travaux, la rigueur de l'hiver ayant empêché tout travail pendant trois semaines.

Il est inutile de décrire les outils qu'on allait utiliser; M. Chaudron ayant publié une description détaillée à ce sujet dans le tome XI des *Annales des mines*, page 1 et suivantes.

La compagnie de l'Escarpelle ayant acquis tout le matériel qui avait servi au travail des fosses de l'Hôpital, il fut seulement nécessaire de faire forger une lame pour le grand trépan, celle de l'Hôpital ayant un trop grand diamètre.

La machine cabestan a dû aussi être commandée exprès. L'atelier de construction Le Banneur et compagnie près Douai, a construit cet appareil dans de très-bonnes conditions, Il ne paraît pas utile de joindre à cette note les dispositions de cette machine qui a 0^m,80 de course avec un diamètre de 0,50 au piston.

Après l'installation faite, c'est-à-dire vers la fin de février 1868, et avant de commencer le sondage, on débaya le fond de la fosse, comme on le verra dans la journalière des travaux, au moyen d'un crochet double et de harpons. Cette opération fut faite avec le plus grand succès.

2° *Forage proprement dit.* — Le 1^{er} mars on commença à sonder avec le trépan de 1^m,37 appelé le petit trépan.

Pendant les douze premières journées, on ne travaillait qu'avec un poste de jour, à seule fin de former le personnel. Cette instruction est du reste très-facile à cause de la simplicité des manœuvres et de leur uniformité.

La meilleure manière de décrire le travail est de placer ici la copie exacte du journal de sondage, qu'on fera bien de lire *in extenso*. On y verra que le sondage proprement dit a duré 6 mois et 5 jours, sans qu'un seul accident grave soit venu interrompre le travail.

Cette rapidité exceptionnelle de marche sans accident est due à l'emploi qui a été fait du matériel de l'Hôpital. En effet, l'excessive dureté des terrains de cette localité avait conduit à augmenter successivement le poids des trépan et à renforcer tous les organes des autres outils de sondage. L'emploi de ce matériel pesant dans la craie a démontré que, même dans des terrains relativement tendres, il est utile d'avoir des trépan lourds et de robustes emmanchements.

On voit, par la lecture du journal, que le trépan de 1^m,57 qui fait le petit puits central, précède toujours le grand trépan. Ce puits central a trois buts : 1° Il étudie le terrain ; 2° il prépare et diminue le travail à effectuer par le grand trépan ; 3° il est indispensable pour permettre, au moyen de la cuillère, le curage du trou, c'est-à-dire l'enlèvement des détritius faits plus tard par le grand trépan.

(Voir les détails de la Pl. V qui indique l'installation du procédé Kind-Chaudron).

Récapitulation du travail au petit et au grand trépan.

DATES.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.				SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.				CURAGE.				Ensemble des retards.		Ensemble des temps employés.		Ensemble des temps.			
	Nombre de descentes	à sonder.	à faire les manœuvres.	Retards.	Profondeur totale.	Avancement du muls.	Retards.	Profondeur totale.	Avancement du muls.	Retards.	Nombre de descentes	à faire les manœuvres.	à faire les manœuvres.	à curer.	à faire les manœuvres.	à curer.	à faire les manœuvres.	à curer.		
Creusement déjà fait.																				
1868.																				
Mars.	57	390	61	28,95	53,05	55 1/2	24,10	23,10	1,90	25 "	58	28 3/4	28 3/4	7	6	5	532 1/2	55 1/2	588	
Avril.	26	179	25 1/2	2,10	65,15	5 1/2		45,50	20,50	67 1/2	38	15 1/2	17 1/2	218	97 1/2	95 1/2	647	73	720	
Mai.	17	129	17	10,65	75,80	2 1/2		66 "	20,50	82 1/2	19	9 1/2	10	219	95 1/2	115	659	85	744	
Jun.	76	449 1/2	81	25,60	111,40	89 1/2		"	"	"	99	48 1/2	51 1/2	"	"	"	630 1/2	89 1/2	720	
Juillet.	7	53	7 1/2	3,60	115 "	13		83,40	17,40	115 1/2	7	4	6 1/2	183	82	130 1/2	615 1/2	128 1/2	744	
Août.	"	"	"	"	"	"		100,95	17,55	127	"	"	"	"	"	"	218	121 1/2	744	
Septemb.	"	"	"	"	"	"		3,05	104 "	2	"	"	"	"	"	"	43	24 1/2	127	
	183	1.500 1/2	152	80,90	115 "	166		80,90	104 "	394 1/2	221	106 1/4	114 1/4	918	130	524 1/2	3.819 1/2	560 1/2	4.380	

Le tableau ci-dessus qui condense les travaux d'enfoncement au petit et au grand trépan, mois par mois, montre que l'avancement des deux trépans a été à peu près le même par heure de battage, c'est-à-dire $0^m,0757$ pour le petit trépan et $0^m,0765$ pour le grand. On voit aussi que si 2 heures 24' ont suffi pour le curage de 1 mètre d'avancement du petit trépan, 1 mètre d'avancement du grand trépan a exigé 11 heures 47' de curage.

On jugera encore mieux de l'importance de l'opération du curage, en calculant que si 2.644 heures et demie ont été employées au sondage par les deux trépans, 1.175 heures ont été nécessaires pour le curage. Le curage a donc employé moitié du temps nécessaire au sondage, c'est-à-dire un tiers de tout le temps, en ne tenant pas compte des retards.

C'est ici le lieu de faire remarquer que ces retards ont été insignifiants, car, si du chiffre 560 heures et demie qui les nombre on retranchait les fêtes, et certaines opérations indépendantes du sondage, on verrait que les petits accidents ou réparations n'ont pas pris 200 heures sur les 4.380 heures, chiffre qui représente le total de la durée du sondage, c'est-à-dire $0,045$ du temps, ce qui n'est rien.

5° *La pose du cuvelage.* — Quand le forage fut terminé, c'est-à-dire quand le grand trépan de $3^m,80$ eût atteint la profondeur de 104 mètres dans des terrains imperméables, on se prépara à descendre le cuvelage, dont la *fig. 4* représente les différentes pièces spéciales. Ces travaux furent terminés le 14 septembre, et on commença alors la descente proprement dite du cuvelage.

Cette opération peut, au premier aspect, paraître difficile et même dangereuse, quand on sait que dans le cas particulier de la fosse n° 4, par exemple, le poids du cuvelage à descendre est représenté par 370 tonnes.

Au moyen d'un procédé très-simple, M. Chaudron est parvenu à rendre la descente d'un cuvelage quelconque,

l'opération la plus facile en même temps que la plus sûre; le faux fond placé au-dessus de la boîte à mousse constitue ce procédé. Ce faux fond, en effet, rendant le cuvelage étanche par sa base, il est évident que lorsqu'il sera plongé dans l'eau, le cuvelage se comportera comme un bateau, c'est-à-dire qu'il flottera. Aussi, au fur et à mesure de la superposition des anneaux de cuvelage, est-on obligé de lancer de l'eau sur le faux fond, pour que la cuve puisse descendre. On comprend dès lors qu'un cuvelage de toute hauteur, et par conséquent de tout poids peut être descendu avec autant de facilité qu'un cuvelage très-court et partant relativement très-léger.

Le faux fond porte en son milieu un tube à large section qu'on nomme tube d'équilibre. Cetube, qu'on allonge au fur et à mesure de l'enfoncement du cuvelage, a deux buts :

1° Dans le cas des terrains éboulés il pourrait arriver que pendant la descente du cuvelage, des éboulements vinssent empâter la banquette sur laquelle la boîte à mousse doit s'arrêter.

Quand on redoute ce fait, on descend un grappin sous la boîte à mousse, et, par le tube d'équilibre, on peut faire manœuvrer ledit grappin au moment où la boîte à mousse va arriver au fond. Le nettoyage de la banquette est donc certain au moment opportun.

Les travaux de la fosse n° 4 ont démontré que la craie tenait très-bien après le passage du trépan, il est donc probable que dans le Nord et le Pas-de-Calais, on n'aura pas besoin de faire usage du grappin pour balayer des éboulements.

2° Le second but du tube d'équilibre est d'établir une communication directe entre la surface et le dessous de la boîte à mousse. On comprend en effet que la résistance de l'eau empêcherait le jeu de cet appareil, au point où il doit se produire, c'est-à-dire quand la partie inférieure de la boîte à mousse arrive sur la banquette. Sans tube d'équilibre, l'arrêt de la boîte à mousse aurait lieu à un mètre au

moins au-dessus de la banquette, c'est-à-dire au commencement de la partie rétrécie du sondage, et l'opération serait manquée.

On aura indiqué tous les avantages du tube d'équilibre en disant que c'est sur ce tube qu'on prend l'eau nécessaire à la descente du cuvelage, au moyen de robinets qu'on distance sur sa hauteur.

Il aurait été superflu de donner la description détaillée de toutes les opérations nécessaires à l'emploi du procédé Kind Chaudron, cette description ayant été faite avec les plus grands détails par M. Chaudron lui-même, dans les *Annales des travaux publics de Belgique*, tome XVIII (*), il suffit donc de les indiquer.

Toutefois il est à remarquer que ces opérations, décrites lors du premier foncement exécuté par ce système, sont restées exactement les mêmes, sans que rien y ait été modifié, c'est-à-dire que M. Chaudron est arrivé à la perfection de ces opérations dès son premier travail, ce qui est digne de fixer l'attention. On verra au journal que la descente du cuvelage commencée le 21 septembre a été terminée le 17 octobre suivant.

4° *Le bétonnage.* — Quand le cuvelage est arrivé au fond, et que la boîte à mousse a fonctionné, ce dont on se rend parfaitement compte, par les mesures de hauteur qu'on possède, on doit procéder au remplissage, par un béton, du vide annulaire qui existe entre le terrain et le cuvelage.

Cette opération, pour être bien faite, nécessite beaucoup de soins; il faut suivre exactement les indications données par M. Chaudron, dans le Mémoire déjà cité. La composition des mortiers exige des soins tout particuliers; le malaxage doit être parfait, aussi la compagnie de l'Escarpelle est-elle décidée à employer un malaxeur mécanique pour la préparation des mortiers dont elle aura besoin, pour le

(*) Extrait donné dans le tome XVIII de la 5^e série des *Annales des mines*.

bétonnage de la seconde fosse qu'elle creuse à côté de la première.

Le journal indique que, du 18 octobre au 21 du même mois, on a approprié l'installation à la descente du bétonnage. Cette opération, commencée le 21 octobre, a été terminée le 9 novembre suivant.

On doit faire remarquer que les quinze derniers mètres de remplissage ont été faits avec un mortier de chaux, sable et ciment dans lequel on a mélangé des cassons de briques. On a rempli ainsi plus économiquement, et sans danger pour la réussite du travail, le large espace compris entre le cuvelage en bois et le cuvelage en fonte.

La copie du journal s'arrête où finit le bétonnage, la suite étant sans intérêt. En effet, avant d'extraire l'eau qu'on a fait couler dans le cuvelage, on attend un mois ou six semaines, pour laisser au béton le temps de faire sa prise, et les travaux suivants rentrent dans les travaux ordinaires de foncement d'un puits sans eau.

C'est dans ces conditions qu'on pratique la cinquième et dernière opération.

5° *La pose de deux picottages et du cuvelage de raccord.* — L'épuisement de l'eau contenue dans le cuvelage n'a rien présenté de particulier. Il a été fait au moyen de tonneaux ordinaires mus par la machine à déblais qui avait servi dans le premier travail d'enfoncement, machine qui était restée en place. Au fur et à mesure de l'abaissement des eaux dans le cuvelage, on démontait la colonne d'équilibre, et l'eau ne montant jamais dans cette colonne on était déjà sûr que la boîte à mousse avait très-bien fonctionné.

Quand le faux fond a été découvert, on a procédé à son démontage, et l'épuisement par les tonneaux a continué jusqu'au complet assèchement de la fosse. Il ne restait plus qu'à venir établir sous la boîte à mousse les picottages en fonte que prescrit M. Chaudron, pour assurer la stabilité positive du cuvelage supérieur.

Cette opération aurait pu être entreprise immédiatement après l'épuisement des eaux, et tout le travail, dans ce cas, aurait été terminé le 20 décembre; mais n'ayant pas reçu en temps les pièces de fonte nécessaires à ce travail, force fut d'attendre plus de six semaines. C'est là un retard qu'on peut éviter; il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte, dans la supputation du temps nécessaire pour l'exécution complète de la fosse.

Voici comment on a opéré pour la pose des picottages dont il vient d'être parlé.

On a approfondi 5 mètres au-dessous de la boîte à mousse. Au fond de cet approfondissement, on a posé une roue en bois de chêne de 0^m,20 de hauteur et 0,22 de large. Cette roue a été fortement picottée contre le terrain. Au-dessus, on a fait une maçonnerie de 0^m,36 d'épaisseur; les briques de cette maçonnerie étaient posées dans du mortier composé de deux tiers de sable et un tiers de ciment de Portland. Cette maçonnerie de 2 mètres de hauteur a été couronnée par une nouvelle roue en bois semblable à la précédente. Cette roue a été un véritable picottage sur lequel on a établi successivement deux picottages en fonte boulonnés l'un à l'autre, et, sur le dernier de ces picottages, on a placé quatre couronnes de cuvelage en fonte de 0^m,50 de hauteur chacune. Trois couronnes étaient composées de trois secteurs, et la dernière de quatre, dont un plus petit, formant pièce de la clef.

Toutes ces couronnes sont boulonnées ensemble, et la dernière du bas, est boulonnée aux picottages. L'ensemble forme donc un tout solidaire. On est arrivé ainsi jusqu'à 0^m,05 près de la base de la boîte à mousse, et, entre cette base et le haut de la dernière pièce de cuvelage à secteur (faux cuvelage), on a pratiqué un picottage à face dont l'effet a été de donner pour support à la boîte à mousse la forte assiette picottée qui vient d'être décrite (fig. 5).

Le cuvelage en fonte de la fosse n° 4 se trouve donc au-

jourd'hui aussi solidement assis que tous les cuvelages en bois ordinaires. On dira plus loin les avantages qu'il présente sur ces derniers.

Si l'on se reporte au commencement de cette note, on verra que tout le travail a été terminé en neuf mois, ce qui peut être considéré comme un laps de temps très-court.

Il reste à examiner la dépense occasionnée par l'emploi qui vient d'être fait du procédé Kind Chaudron.

Cette dépense peut être divisée comme il suit :

Main d'œuvre.	25.666,28
Appointements des chefs sondeurs. indemnité mensuelle à M. Chaudron, frais de voyages.	16.369, »
Transports.	4.007,09
Installation, bois, fers, cordes.	14.948,70
Outils de sondage, machine cabestan.	47.354,22
Cuvelage en fonte, boulons, plomb.	81.188,55
Ciment, trass, chaux, sable.	6.093,99
Charbon consommé.	7.403,60
Objets divers de consommation.	5.650,17
	208.681,60

Mais les outils de sondage ont été parfaitement entretenus, et le coût des réparations étant compris dans la dépense générale, ces outils valent aujourd'hui autant que lors de l'ouverture du sondage. On peut donc retrancher leur prix de la dépense; il ne restera donc de réellement dépensé que 161.327^f,58.

Et si l'on remarque que dans cette somme le cuvelage et le cimentage figurent pour 87.282^f,54, il ne restera pour les autres dépenses que 74.044^f,84, c'est-à-dire une somme moins forte que la seule dépense en charbon, faite pour amener les fosses, par le procédé ordinaire, à la profondeur qui a été indiquée au début de cette note.

On le voit, la dépense la plus forte est celle occasionnée par le cuvelage. Mais, si l'on considère que le cuvelage une fois posé n'exige plus d'entretien; que, secondement, sa propriété d'être étanche ne permettra plus à l'eau de le traverser, et dispensera par conséquent d'extraire journal-

lement du fond de la fosse les eaux qui coulent toujours des cuvelages en bois les mieux entretenus; enfin, si l'on réfléchit qu'on est à l'abri des coups de niveau qui, brisant quelquefois des pièces de cuvelage ordinaires exigent des chômages imprévus; toutes ces considérations démontreront que le cuvelage en fonte, malgré son prix élevé, est encore meilleur marché qu'un cuvelage en bois.

La fosse n° 4 de l'Escarpelle a été la neuvième application du procédé Kind Chaudron, et son succès en a constaté la neuvième réussite. L'excellence du système ne paraît donc pas contestable.

Cependant il existe encore des incrédules qui, forcés de reconnaître la puissance des faits accomplis, se retranchent, pour critiquer le procédé, derrière une objection à laquelle malheureusement le temps seul pourra donner une éclatante réponse. A leur point de vue, le cuvelage rigide de M. Chaudron ne pourra pas résister aux mouvements généraux des terrains qu'il traverse, et il sera infailliblement brisé.

On peut répondre que rien n'indique, pour le cuvelage, l'obligation d'être rompu dans un mouvement général de terrain, et que, dans tous les cas, ces mouvements n'étant que la suite d'une mauvaise exploitation du terrain houiller, il suffira de bien exploiter pour éviter l'alea d'un accident. Il faut ajouter que, dans les bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, l'épaisseur considérable des morts terrains est une garantie de plus pour que les mouvements du terrain houiller ne se propagent pas jusqu'à la partie aquifère de la formation crétacée, surtout si l'on prend dans les travaux des souterrains d'exploitation les précautions les plus élémentaires.

On doit donc admettre que le procédé Kind Chaudron est appelé à remplacer, dans tous les cas, le procédé ordinaire pour le creusement des fosses dans les terrains aquifères; car, avec ce procédé, on ne sera jamais entraîné dans des dépenses imprévues et exagérées; on sera toujours

sûr du succès; on ne compromettra la vie d'aucun travailleur, on évitera toute préoccupation.

Si, à tous ces avantages, on ajoute le mérite d'une moindre dépense à faire et une plus grande rapidité dans l'exécution, on sera convaincu de l'excellence du système.

Telle est au moins la conviction que donne l'exécution des travaux de la fosse n° 4 de la compagnie de l'Escarpelle.

10 mars 1869.

Journal des travaux de la Fosse n° 4 (système Kind Chaudron).

DATES.		OBSERVATIONS.
1867.		
Novembre.	27	On commence l'installation du bâtiment pour la machine-cabestan.
—	28	Continuation des mêmes travaux; les maçons sont à l'œuvre.
—	29	Idem.
—	30	Idem.
Décembre.		Du 1 ^{er} au 31 décembre, les travaux d'installation sont continués et poursuivis avec autant d'activité que le permet la mauvaise saison. On cesse jusqu'au 20 janvier à cause du froid intense.
1868.		
Janvier.	20	A dater du 20, on peut monter la machine, mais le travail marche lentement.
Février.	20	Le 20 février, le montage étant terminé, on peut essayer de nettoyer le fond de la fosse.
—	21	On essaie de retirer les croisures avec un crochet, mais il se brise sous l'effort de la machine-cabestan.
—	22	Le premier crochet ayant échoué, on essaie avec un crochet double et on parvient à retirer une première croisure qui remonte d'une seule pièce.
—	23	On retire la seconde croisure aussi heureusement que la première.
—	24	Au moyen d'un harpon pointu on retire treize palplanches.
—	25	On descend la cuillère, mais on ne retire que quelques morceaux de craie: on arrête l'après-midi à cause du mardi gras.
—	26	Le harpon est lancé de nouveau et on retire 22 palplanches. On a donc retiré jusque aujourd'hui 38 palplanches et le harpon ne prend plus rien.
—	27	Le harpon ne prenant plus rien, on essaie au grappin qui ne ramène que des débris de terrain et un morceau de bois. On descend la caracole qui ne prend rien. On fait un voyage de cuillère et un de grappin sans résultat. On doit conclure de là que la fosse est propre.
—	28	On fait encore un voyage de grappin sans résultat, et dans l'après-midi on descend le petit trepan. Cet outil descend jusqu'à la profondeur de 22 ^m , 21 au-dessous du plancher de manœuvre et on sonde pendant une heure.
—	29	On sonde pendant une heure et le trepan remonte avec quelques morceaux de bois calés entre les dents. On fait deux voyages de grappin qui ramènent des éclats de terrain et les ferrements brisés de deux palplanches. Le terrain remonté n'étant pas broyé on redescend le trepan à trois heures après midi, et on bat jusqu'à six heures, puis le trepan est remonté. — Fin des travaux préparatoires.

ANNÉES et mois.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.				SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.					
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.
		à sonder.	à faire les manœuvres.				à sonder.	à faire les manœuvres.		
1868										
Mars. . . .	1	"	"	"	24,10	"	"	"	"	"
—	2	2	7 1/2	2 1/2	0,45	24,55	"	"	"	"
—	3	"	6	"	0,45	25,00	"	"	"	"
—	4	1	7	4	0,75	25,75	"	"	"	"
—	5	1	9	11/2	0,90	26,65	"	"	"	"
—	6	1	10	1	0,75	27,40	"	"	"	"
—	7	1	9	1	0,55	27,95	"	"	"	"
D —	8	1	8 1/2	1	0,50	28,45	"	"	"	"
—	9	1	10 1/2	1	0,60	29,05	"	"	"	"
—	10	1	10	1	0,63	29,70	"	"	"	"
—	11	1	10	1	0,65	30,35	"	"	"	"
—	12	1	10	1	0,70	31,05	"	"	"	"
—	13	3	18 1/2	2 1/2	1,55	32,60	"	"	"	"
—	14	3	17	3	1,10	33,70	"	"	"	"
D —	15	2	16 1/2	1 1/2	1,00	34,70	"	"	"	"
—	16	3	18	3	1,40	36,10	"	"	"	"
—	17	3	17	3	1,40	37,50	"	"	"	"
—	18	3	18	3	1,40	38,90	"	"	"	"
—	19	3	18	3	1,40	40,30	"	"	"	"
—	20	3	18	3	1,40	41,70	"	"	"	"
—	21	3	17	3	1,40	43,10	"	"	"	"
D —	22	2	18	2 1/2	1,25	44,35	"	"	"	"
—	23	2	8	1 1/2	0,30	44,65	"	"	"	"
—	24	3	10	3	1,20	45,85	"	"	"	"
—	25	3	17	3	1,25	47,10	"	"	"	"
—	26	2	20	2	1,40	48,50	"	"	"	"
—	27	3	18	3	1,50	50,00	"	"	"	"
D —	28	3	17 1/2	3 1/2	1,50	51,50	"	"	"	"
—	29	2	18	2 1/2	1,55	53,05	"	"	"	"
—	30	"	"	"	"	"	"	"	23,10	"
—	31	"	"	"	"	"	"	1,90	25,00	"
	57	390	61				1	11	2	

ANNÉES et mois.	CORAGE.				Total des heures par jour.	OBSERVATIONS.
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Retards.		
		à curer.	à faire les manœuvres.			
1868						
—	"	"	"	"	"	On travaille jusqu'à une heure aux tuyaux de conduite de vapeur et on range le chantier.
—	1	1/2	1/2	1	12	Par suite d'une fausse manœuvre le câble tombe dans les bobines.
—	"	"	"	6	12	Le piston de la machine alimentaire exige une séparation terminée à six heures du soir.
—	1	1/2	1/2	"	12	Par suite de l'inadvertance de l'homme de treuil le câble tombe dans les bobines.
—	1	1/2	1/2	1/2	12	A cinq heures et demie on remplace une maille trop longue de la chaîne du balancier. La chaîne est encore trop longue.
—	1	1/2	1/2	"	12	Idem.
—	2	1	1	"	12	Idem.
D —	"	"	"	2 1/2	12	On répare le joint du cylindre batteur et à quatre heures on arrête pour le dimanche.
—	1	1/1	1/4	"	12	Idem.
—	1	1/2	1/2	"	12	Idem.
—	1	1/2	1/2	"	12	Idem.
—	1	1/2	1/2	"	12	On allonge la décharge du cylindre batteur.
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	Les deux postes commencent.
—	3	1 1/2	1 1/2	1	24	On change une tige en bois pour une tige en fer, afin de rendre du poids aux tiges.
D —	2	1	1	4	24	De six à dix heures réparation au cylindre batteur.
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	
—	3	1 1/2	1 1/2	1	24	On répare une dent du trépan et on remplace un bouton à la chaîne du cylindre batteur.
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	
—	4	2	2	"	24	On met un robinet graisseur au cylindre du cahestan.
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	De onze heures à une heure deux voyages de cuillères, dans le premier voyage la cuillère s'étant vidée.
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	De cinq heures et demie à six heures du soir on monte le chariot du grand trépan.
D —	1	1/2	1/2	13 1/2	24	Assemblage du grand trépan et changement de place des tiges.
—	3	1 1/2	1 1/2	"	24	Le forgeron de l'Hôpital est arrivé pour régler les dents du grand trépan.
—	4	2	2	"	24	
—	2	1	1	"	24	
—	3	1 1/2	1 1/2	"	21	Les dents du grand trépan sont arrangées; on dispose les guides. Le forgeron part.
D —	3	1 1/2	1 1/2	"	24	
—	2	1	1	1 1/2	24	On fait une manœuvre de tige et de chariot pour monter le grand trépan.
—	"	"	"	"	24	On monte le grand trépan. Ce travail est terminé à six heures. On ne travaille pas la nuit.
—	"	"	"	"	24	
	65	343/4	333/4	55 1/2	588	

ANNÉES et mois.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.				SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.					
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.
		à sonder.	à faire les manœuvres.				à sonder.	à faire les manœuvres.		
1868.										
Avril. . . .	1	»	»	»	»	2	15 1/2	4	1,90	26,90
—	2	»	»	»	»	2	20 1/2	2 1/2	2,20	29,10
—	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	4	3	7 1/2	2 1/2	»	»	»	»	»	»
D —	5	3	13 1/2	3 1/2	0,40	53,45	»	»	»	»
—	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	7	»	»	»	»	1	9 1/2	1	1,25	31,40
—	8	»	»	»	»	1	10	1	1,30	32,70
—	9	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1,4	34,10
—	10	»	»	»	»	1	10 1/2	1	1,2	35,35
—	11	»	»	»	»	1	11 1/2	1	1,00	36,35
D —	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	13	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	14	»	»	»	»	1	13	1	1,25	37,60
—	15	»	»	»	»	1	13 1/2	1	1,30	38,90
—	16	»	»	»	»	1	12	1	1,20	40,10
—	17	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1,30	41,40
—	18	»	»	»	»	1	10 1/2	1	1,00	42,40
D —	19	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1,00	43,40
—	20	»	»	»	»	1	13	1	1,05	44,45
—	21	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1,05	45,50
—	22	5	10	2 1/2	0,50	53,95	»	»	»	»
—	23	2	17	2	1,05	55,00	»	»	»	»
—	24	2	20	2	1,20	56,50	»	»	»	»
—	25	2	19	2	1,50	57,70	»	»	»	»
D —	26	2	18 1/2	2 1/2	1,50	59,20	»	»	»	»
—	27	3	17 1/2	2 1/2	1,50	60,70	»	»	»	»
—	28	2	18	2	1,40	62,10	»	»	»	»
—	29	2	19	2	1,55	63,65	»	»	»	»
—	30	2	19	2	1,50	65,15	»	»	»	»
		26	179	25 1/2		18	196	20 1/2		

	CURAGE.			Retards.	Total des heures par jour.	OBSERVATIONS.
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé				
		à curer.	à faire les manœuvres.			
	3	1 1/2	»	3	24	De six heures à huit heures la cuiller entre difficilement, trois heures de retard pour visiter l'attache du câble sur le tambour et changer le frein.
	1	1/2	1/2	»	24	On retire le trépan à dix heures et demie pour la visite de M. Chaudron.
	25	13	11	»	24	Le petit puits est rempli de matières, et on cure dans la journée. Les débris de la veille sont bien broyés.
	12	7	7	»	24	Dans le jour on cure à la corde et la nuit au balancier. On ne peut plus curer; après dix voyages de la cuiller on descend le petit trépan et successivement on cure.
	6	2 1/2	2 1/2	2	24	On continue à battre avec le petit trépan, et dans la nuit, le petit puits étant propre, on continue à battre et on approfondit de 0,40.
	3	2 1/2	2	12	24	Dans la matinée on réduit le diamètre du guide suspendu. Dans l'après-midi on met une patte en tôle au câble pour remplacer les presses, mais elle casse; on revient aux presses.
	12	7	4 1/2	2	24	On refait un joint à la machine alimentaire.
	12	7	6	»	24	
	10	6	4 1/2	»	24	
	15	6 1/2	6	»	24	
	11	5	6 1/2	»	24	
	»	»	»	24	24	Chômage pour le jour de Pâques.
	»	»	»	24	24	Chômage. On répare les joints de vapeur et la cuiller.
	11	5	5	»	24	
	10	4	5 1/2	»	24	
	14	5 1/2	5 1/2	»	24	
	12	5	5 1/2	»	24	
	16	6	6 1/2	»	24	Un homme est blessé par le treuil des guides du grand trépan.
	14	4 1/2	6	»	24	
	14	4 1/2	5 1/2	»	24	
	14	4 1/2	5 1/2	1/2	24	A cinq heures et demie on change le grand trépan de place pour prendre le petit.
	16	5	6 1/2	»	24	
	3	1	11/2	2 1/2	24	De douze heures à deux heures et demie le chauffeur dort; on arrête faute de vapeur.
	2	1	1	»	24	
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	4	2	2	»	24	
	2	1	1	2	24	De cinq à sept heures réparation d'un tuyau d'alimentation qui a crevé.
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	2	1	1	1	24	On refait le calfat du cylindre batteur.
256	113	113	73	720		

ANNÉES et dates.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.				SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.					
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.
		à sonder.	à faire les manœuvres.				à sonder.	à faire les manœuvres.		
1868.										
Mai.	1	2	19	2	1,50	66,65	»	»	»	»
	2	3	18	3	1,25	67,90	»	»	»	»
D	3	2	19	2 1/2	1,50	69,40	»	»	»	»
	4	3	19	2	1,45	70,85	»	»	»	»
	5	2	19 1/2	2 1/2	1,55	72,40	»	»	»	»
	6	3	18 1/2	2 1/2	1,70	74,10	»	»	»	»
	7	2	16	2 1/2	1,70	75,80	»	»	»	»
	8	»	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1,25 46,75
	9	»	»	»	»	»	1	14	1	1,25 48
D	10	»	»	»	»	»	1	15	1	1,40 49,40
	11	»	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1,15 50,55
	12	»	»	»	»	»	1	11 1/2	1	1 51,55
	13	»	»	»	»	»	1	11	0 1/2	75 52,30
	14	»	»	»	»	»	1	2	0 1/2	15 52,45
	15	»	»	»	»	»	1	14	1	1 53,45
	16	»	»	»	»	»	1	12 1/2	1	1 54,45
D	17	»	»	»	»	»	»	11 1/2	0 1/2	1,05 55,50
	18	»	»	»	»	»	1	13	1	1,20 56,70
	19	»	»	»	»	»	1	13	1	1,30 58
	20	»	»	»	»	»	1	12	1	85 58,85
	21	»	»	»	»	»	1	13	1	1,05 59,90
	22	»	»	»	»	»	1	11	1	85 60,75
D	23	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	25	»	»	»	»	»	1	22	1	1,25 62
	26	»	»	»	»	»	1	11 1/2	1	80 62,80
	27	»	»	»	»	»	1	13	1	75 63,55
	28	»	»	»	»	»	1	12 1/2	1	80 64,35
	29	»	»	»	»	»	1	13 1/2	0 1/2	85 65,00
	30	»	»	»	»	»	1	13	1	80 66
D	31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	17	129	17				20	26 1/2	19	

ANNÉES et dates.	CURAGE.				OBSERVATIONS.	
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé.		Retard.		Heures par jour.
		à curer.	à faire les manœuvres.			
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	2	1	1 1/2	»	24	
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	2	1	1	»	24	
	3	1 1/2	1 1/2	»	24	
	2	1	1	»	24	
	3	1 1/2	1 1/2	2 1/2	24	
	7	3 1/2	3 1/2	3 1/2	24	
	8	4 1/2	4 1/2	»	24	
	7	4	4	»	24	
	11	5	5 1/2	»	24	
	11	5	5	1 1/2	24	
	11	4	5 1/2	3	24	
	14	6	7 1/2	8	24	
	9	4	5	»	24	
	11	5	5 1/2	»	24	
	14	6	6	»	24	
	11	4 1/2	5 1/2	»	24	
	10	5	5	»	24	
	9	4 1/2	5	1 1/2	24	
	9	3 1/2	5 1/2	1	24	
	14	5	7	»	24	
	12	5	7	12	24	
	»	»	»	1	24	
	13	5	6 1/2	»	24	
	11	4	6	»	24	
	8	4	4 1/2	2	24	
	10	4	5 1/2	0 1/2	24	
	9	4	5 1/2	0 1/2	24	
	»	»	»	»	24	
	238	105	125	85	744	

A trois heures et demie un tuyau d'alimentation crève par la faute du chauffeur.
 A neuf heures et demie le tuyau est réparé et la chaudière remise bonne.
 De quatre à cinq heures et demie, visite du clavetage du grand trepan; on change les boulons des guides.
 A trois heures et demie du matin, le tourne à gauche casse ras de l'érou; la barre de bois, en tombant, casse la cuisse à un ouvrier; le contre-coup casse l'emmanchement de la première tige en bois; on enlève cette tige et on prépare le crochet de salut. On fait deux voyages de crochet de salut; à huit heures du matin le trepan est au jour. On prépare une nouvelle tige en bois et un nouveau tourne à gauche; on n'est prêt qu'à deux heures.
 On change deux boulons au guide du trepan.
 Chômage. Fête de l'Ascension.
 Réparation aux pièces élastiques; deux boulons à serrer.
 Le poste de nuit n'est pas venu pour la ducasse d'Auby.
 De neuf à dix heures on change un boulon usé à la chaîne du balancier, par devant.
 Deux heures de retard pour redresser la première tige en fer au-dessus de la cuiller; cette tige a été faussée à une descente.
 De une et demie à deux heures on resserre les boulons de la tige recevant le contre-coup, au balancier.
 De neuf heures à neuf heures et demie on change un boulon de la chaîne du piston batteur.
 Chômage pour la fête de la Pentecôte.

Journal des travaux de la fosse n° 4.

ANNÉES et mois.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.				SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.					
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.
		à sonder.	à faire les manoeuvres.				à sonder.	à faire les manoeuvres.		
1868.										
Juin	1	»	»	»	75,80	»	»	»	»	66
—	2	3	»	7	»	»	»	»	»	»
—	3	4	15	4	1,80	77,60	»	»	»	»
—	4	4	16	4	1,95	79,55	»	»	»	»
—	5	4	16	4	2,30	81,85	»	»	»	»
—	6	6	11	6	2,80	84,65	»	»	»	»
D —	7	5	14	5	2,25	86,90	»	»	»	»
—	8	3	14	3	1,95	85,85	»	»	»	»
—	9	4	16	4	1,55	90,40	»	»	»	»
—	10	4	16	4	1,90	92,30	»	»	»	»
—	11	1	10 1/2	1	0,50	92,80	»	»	»	»
—	12	2	20	2	0,80	93,60	»	»	»	»
D —	13	1	20 1/2	1 1/2	1,50	95,10	»	»	»	»
—	14	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	15	2	21	2	0,95	96,05	»	»	»	»
—	16	3	18 1/2	2 1/2	1,20	97,25	»	»	»	»
—	17	1	18	1 1/2	0,90	98,15	»	»	»	»
—	18	2	18	2	0,85	99,00	»	»	»	»
—	19	3	18	2 1/2	1,10	100,10	»	»	»	»
—	20	2	17 1/2	2 1/2	1,15	101,25	»	»	»	»
D —	21	3	17 1/2	2 1/2	1,00	102,25	»	»	»	»
—	22	2	19 1/2	2 1/2	1,35	103,60	»	»	»	»
—	23	2	17 1/2	2 1/2	0,60	104,20	»	»	»	»
—	24	2	14 1/2	2	0,90	105,10	»	»	»	»
—	25	3	16 1/2	2 1/2	1,20	106,30	»	»	»	»
—	26	2	20	2	1,00	107,30	»	»	»	»
—	27	2	17 1/2	2 1/2	1,10	108,40	»	»	»	»
D —	28	3	17	3	1,45	109,85	»	»	»	»
—	29	2	19	2	1,00	110,85	»	»	»	»
—	30	1	10 1/2	1	0,55	111,40	»	»	»	»
	76	149 1/2	81							

(Système Kind Chaudron.)

ANNÉES et mois.	CURAGE.				Retards.	Total des heures par jour.	OBSERVATIONS.
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Profondeur totale.			
		à curer.	à faire les manoeuvres.				
1868.							
Juin	1	»	»	»	24	24	Chômage lundi de la Pentecôte.
—	2	3	»	7	»	24	A neuf heures du soir on descend le petit trépan pour battre les boues. On fait cette opération trois fois.
—	3	4	15	4	1,80	77,60	»
—	4	4	16	4	1,95	79,55	»
—	5	4	16	4	2,30	81,85	»
—	6	6	11	6	2,80	84,65	»
D —	7	5	14	5	2,25	86,90	»
—	8	3	14	3	1,95	85,85	»
—	9	4	16	4	1,55	90,40	»
—	10	4	16	4	1,90	92,30	»
—	11	1	10 1/2	1	0,50	92,80	»
—	12	2	20	2	0,80	93,60	»
D —	13	1	20 1/2	1 1/2	1,50	95,10	»
—	14	»	»	»	»	»	»
—	15	2	21	2	0,95	96,05	»
—	16	3	18 1/2	2 1/2	1,20	97,25	»
—	17	1	18	1 1/2	0,90	98,15	»
—	18	2	18	2	0,85	99,00	»
—	19	3	18	2 1/2	1,10	100,10	»
—	20	2	17 1/2	2 1/2	1,15	101,25	»
D —	21	3	17 1/2	2 1/2	1,00	102,25	»
—	22	2	19 1/2	2 1/2	1,35	103,60	»
—	23	2	17 1/2	2 1/2	0,60	104,20	»
—	24	2	14 1/2	2	0,90	105,10	»
—	25	3	16 1/2	2 1/2	1,20	106,30	»
—	26	2	20	2	1,00	107,30	»
—	27	2	17 1/2	2 1/2	1,10	108,40	»
D —	28	3	17	3	1,45	109,85	»
—	29	2	19	2	1,00	110,85	»
—	30	1	10 1/2	1	0,55	111,40	»
	99	48 1/2	51 1/2	89 1/2	720		

Journal des travaux de la fosse n° 4.

ANNÉE et mois.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.				SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.						
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	
		à sonder	à faire les manoeuvres.				à sonder.	à faire les manoeuvres.			
1868.											
Juillet. . .	1	3	16	3	1,35	112,75	»	»	»	»	
—	2	2	17 1/2	2 1/2	1,20	113,95	»	»	»	»	
—	3	1	9	1/2	0,55	114,50	»	»	»	»	
—	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
D —	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	6	1	10 1/2	1 1/2	0,50	115,00	1	6	1/2	0,25	66,23
—	7	»	»	»	»	»	1	15 1/2	1	0,70	66,95
—	8	»	»	»	»	»	1	17	1	0,75	67,70
—	9	»	»	»	»	»	1	17 1/2	1 1/2	0,90	68,60
—	10	»	»	»	»	»	1	15 1/2	1	1,00	69,60
—	11	»	»	»	»	»	1	16	1	0,75	70,35
D —	12	»	»	»	»	»	1	16 1/2	1	0,60	70,95
—	13	»	»	»	»	»	1	16	1	1,05	72,00
—	14	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
—	15	»	»	»	»	»	1	14	1	0,70	72,70
—	16	»	»	»	»	»	1	15	1	0,70	73,40
—	17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
D —	18	»	»	»	»	»	1	11	1	0,80	74,20
—	19	»	»	»	»	»	1	13 1/2	1	1,00	75,20
—	20	»	»	»	»	»	1	6	1/2	0,25	75,45
—	21	»	»	»	»	»	1	13	1 1/2	0,90	76,35
—	22	»	»	»	»	»	1	13	1	0,55	77,20
—	23	»	»	»	»	»	1	11 1/2	1	0,55	77,5
—	24	»	»	»	»	»	1	10 1/2	1	0,35	78,30
D —	25	»	»	»	»	»	1	11 1/2	1	0,70	79,00
—	26	»	»	»	»	»	1	10	1/2	0,50	79,50
—	27	»	»	»	»	»	1	12 1/2	1 1/2	0,75	80,25
—	28	»	»	»	»	»	1	12 7/2	1	0,90	81,15
—	29	»	»	»	»	»	1	11 1/2	1	0,55	81,70
—	30	»	»	»	»	»	1	11	1	0,70	82,40
—	31	»	»	»	»	»	1	11 1/2	1	1,00	83,40
	7	53	7 1/2				24	308	24		

(Système Kind Chaudron.)

ANNÉE et mois.	CURAGE.				Retards.	Total des heures par jour.	OBSERVATIONS.	
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.				Profondeur totale.
		à curer.	à faire les manoeuvres.					
1868.								
Juillet. . .	3	2	3	»	24			
—	3	1 1/2	2 1/2	»	24			
—	1	1/2	1	»	13			
—	»	»	»	»	24			
D —	»	»	»	»	24			
—	3	1 1/2	3	1	24			
—	4	2	4	1 1/2	24			
—	3	2	3	1	24			
—	3	2	3	»	24			
—	5	2 1/2	4	1	24			
—	4	2	3	2	24			
D —	5	2 1/2	4	»	24			
—	4	2	3 1/2	1 1/2	24			
—	6	3	5	16	24			
—	2	1	2	6	24			
—	6	3	5	»	24			
—	22	9	13	2	24			
D —	7	3	5	4	24			
—	8	4	5 1/2	»	24			
—	7	3	6 1/2	8	24			
—	9	4	5 1/2	»	24			
—	9	4	6	»	24			
—	10	5	6 1/2	»	24			
—	9	4	5 1/2	3	24			
D —	7	3	4 1/2	4	24			
—	8	2 1/2	6	5	24			
—	8	3	5 1/2	11 1/2	24			
—	9	4	6 1/2	»	24			
—	10	4	6 1/2	1	24			
—	7	3	4	5	24			
—	8	3	4 1/2	4	24			
	190	86	137	128 1/2	744			

A cinq heures, en remontant la corde à vide, un collier d'excentrique de la machine s'est rompu - On chôme pendant la nuit.

Réparation de l'excentrique. Déchargement des premières pièces de cuvelage.

Réparation de l'excentrique. Chômage.

De six à sept heures on place l'excentrique réparé. On change une clavette au cylindre batteur.

On change une rondelle au boulon d'attache du cylindre batteur.

De six heures à huit heures déchargement de cuvelage.

Retard pour changer deux boutons à la chaîne du balancier.

Fête de Gayant commencée à deux heures.

Déchargement de cuvelage.

Lés houes sont très-épaisses au petit puits, il faudra curer longtemps. Retard pour redresser la tige de la cuiller.

Déchargement de cuvelage.

Déchargement de cuvelage.

Rupture d'une bride du balancier et d'un boulon de la pièce de retenue.

Déchargement de cuvelage.

Déchargement de cuvelage.

Réparation de la pièce de bois qui reçoit le contre-coup du balancier.

Visite de la clavette de la glissière du grand trépan.

Déchargement de cuvelage.

Déchargement de cuvelage.

Journal des travaux de la fosse n° 4

ANNÉES et dates.	SONDAGE AU PETIT TRÉPAN.					SONDAGE AU GRAND TRÉPAN.				
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé.		Avancement du jour.	Profondeur totale.
		à sonder.	à faire les manœuvres.				à sonder.	à faire les manœuvres.		
1866.										
Août.	1	»	»	»	»	1	9	1	80	84,20
—	2	»	»	»	»	1	8 1/2	1	80	85
—	3	»	»	»	»	1	12	1	80	85,80
—	4	»	»	»	»	1	10 1/2	1	1,00	86,80
—	5	»	»	»	»	1	10 1/2	1	70	87,50
—	6	»	»	»	»	1	11 1/2	1	55	88,05
—	7	»	»	»	»	1	14	1	1,20	89,25
—	8	»	»	»	»	1	11	0 1/2	75	90
—	9	»	»	»	»	1	11 1/2	1 1/2	55	90,55
—	10	»	»	»	»	1	11 1/2	1	80	91,35
—	11	»	»	»	»	1	10	1	75	92,10
—	12	»	»	»	»	1	10	1	75	92,85
—	13	»	»	»	»	1	9	1	50	93,35
—	14	»	»	»	»	1	11 1/2	1	70	94,05
—	15	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	16	»	»	»	»	»	»	»	»	»
—	17	»	»	»	»	1	11 1/2	1	75	94,80
—	18	»	»	»	»	4	11	1	75	95,55
—	19	Très-dur banc.	»	»	»	1	4 1/2	0 1/2	30	95,85
—	20	Idem.	»	»	»	1	11	»	40	96,25
—	21	Idem.	»	»	»	1	6 1/2	0 1/2	20	96,45
—	22	»	»	»	»	1	11 1/2	1	55	97
—	23	Grès dur.	»	»	»	1	12 1/2	1	40	97,40
—	24	»	»	»	»	1	11 1/2	1	30	97,70
—	25	»	»	»	»	1	14 1/2	1	45	98,15
—	26	»	»	»	»	1	11	1	40	98,55
—	27	»	»	»	»	1	13	1	55	99,10
—	28	»	»	»	»	1	12 1/2	1	50	99,60
—	29	»	»	»	»	1	8	1	40	100
—	30	»	»	»	»	1	15 1/2	1	50	100,50
—	31	Bleus très-tendres et bien gras.	»	»	»	1	7	1 1/2	45	100,95
Septembre. .	1	»	»	»	»	1	10	1	55	101,50
—	2	A 101 ^m ,75, dur blanc.	»	»	»	1	8	4	35	101,85
—	3	»	»	»	»	1	12 1/2	2 1/2	92	102,77
—	4	»	»	»	»	1	14 1/2	1	68	103,45
—	5	A 103 ^m ,80, les bleus.	»	»	»	1	13	1 1/2	55	104
						33	370	37 1/2		

(Système Kind Chaudron.)

ANNÉES et dates.	CURAGE.					Retards.	Total des heures par jour.	OBSERVATIONS.
	Nombre de descentes de l'outil.	Temps employé		Avancement du jour.	Profondeur totale.			
		à curer.	à faire les manœuvres.					
1866.								
Août.	16	6	8	»	24	»	24	Visite de MM. de Hennezel, de Clercq, Boudousquié, Voisin, Coince et Vuillemin.
—	10	4	5	5 1/2	24	5 1/2	24	Changement de la clavette de la glissière du grand trépan.
—	10	4	6	1	24	1	24	Serrer les boulons de la tige recevant le contre-coup du balancier.
—	9	3 1/2	4 1/2	4 1/2	24	4 1/2	24	Déchargement du cuvelage.
—	9	4	5	3 1/2	24	3 1/2	24	Idem. idem.
—	10	5	6 1/2	»	24	»	24	Idem. idem.
—	9	4	5	»	24	»	24	Idem. idem.
—	11	4	6	2 1/2	24	2 1/2	24	Déchargement du cuvelage.
—	10	4 1/2	4 1/2	2	24	2	24	Idem. idem.
—	7	3	4	4 1/2	24	4 1/2	24	Idem. idem. On resserre les boulons du balancier.
—	10	4	6 1/2	2 1/2	24	2 1/2	24	Réparation au balancier; on serre les étriers.
—	10	4	6	3	24	3	24	Un boulon du balancier casse; on le répare.
—	10	4 1/2	5 1/2	4	24	4	24	Déchargement de cuvelage. Réparation à l'étrier du câble.
—	11	5	6 1/2	»	24	»	24	Assomption. Chômage.
—	»	»	»	»	24	»	24	Continuation de la fête. On décharge le cuvelage.
—	11	5	6 1/2	»	24	»	24	Idem. idem.
—	7	3	5	4	24	4	24	Déchargement du cuvelage.
—	10	4	6	9	24	9	24	On resserre les clavettes du grand trépan; le piston est. . . . on le répare.
—	»	»	»	13	24	13	24	Déchargement du cuvelage. Une tige casse près d'un emmanchement.
—	7	3 1/2	3 1/2	10	24	10	24	On termine la réparation de la tige cassée et on répare les ressorts.
—	7	3	4 1/2	4	24	4	24	Déchargement du cuvelage. Réparation au cabestan.
—	9	4 1/2	6	»	24	»	24	Idem. idem.
—	7	4	6	1 1/2	24	1 1/2	24	Réparation à la cuiller, un clapet étant tombé.
—	5	4 1/2	4	»	24	»	24	Idem. idem.
—	7	6	5	1	24	1	24	Réparation au trépan.
—	6	5	5	»	24	»	24	Idem. idem.
—	7	4 1/2	5	»	24	»	24	Idem. idem.
—	9	8	7	»	24	»	24	Idem. idem.
—	5	4	3 1/2	»	24	»	24	Idem. idem.
—	9	6	6	3 1/2	24	3 1/2	24	Idem. idem.
—	10	6 1/2	6 1/2	»	24	»	24	Idem. idem.
—	10	6	6	»	24	»	24	On resserre les tiges.
—	7	4	4	1	24	1	24	Une dent intermédiaire du trépan est restée au fond
—	8	4	4 1/2	»	24	»	24	Idem. idem.
—	8	4	4 1/2	1	24	1	24	Réparation au balancier.
	291	119	178 1/2	129	861	861	heures.	

ANNÉE et mois.	OBSERVATIONS.
1868.	
Septembre.	6 On remonte le grand trépan. Le travail est suspendu la nuit.
—	7 Sept voyages de cuiller. On enlève les pièces du grand trépan.
—	8 On enlève le petit trépan, le balancier, les treuils, et on descend un gabarit pour vérifier le trou de sonde.
—	9 On enlève les tiges de sondage et on installe les treuils pour la manœuvre du couvage.
—	10 On continue l'installation des treuils.
—	11 On continue l'installation des treuils et on fait le joint du cercle du faux fond.
—	12 On fait quelques modifications à la charpente pour la pose et le jeu des vis de suspension du couvage.
—	13 On continue le même travail et on démonte le plancher de manœuvres.
—	14 On place deux pièces de la boîte à mousse sur le puits.
—	15 On place le faux fond sur les oreilles de la boîte à mousse et la pièce n° 2.
—	16 On fait le joint du faux fond, et on place le cercle de suspension, ainsi qu'une des six vis.
—	17 On place les cinq autres vis et les premières tiges.
—	18 On termine le cercle de suspension et on monte le couvage de 1 ^m 20.
—	19 On fait descendre le culage jusqu'au niveau du plancher des manœuvres pour faire la boîte à mousse.
—	20 On fait la boîte à mousse.
—	21 On termine la boîte à mousse et on descend les pièces spéciales.
—	22 On continue à descendre. On place la pièce n° 3 et un tube de 3 mètres.
—	23 On place les pièces n° 4 et 5, et un tube de 3 mètres.
—	24 On place les n° 6, 7, et un tube de 6 mètres.
—	25 On place les n° 8, 9 et 10.
—	26 On place les n° 11, 12, 13, et un tube de 3 mètres.
—	27 On place les n° 14, 15, et un tube de 6 mètres.
—	28 Une partie des ouvriers chôme; on ne travaille pas.
—	29 On place les n° 16 et 17, et un tube de 3 mètres.
—	30 On place les n° 18, 19, 20, et un tube de 6 mètres.
Octobre.	1 On place les n° 21, 22, 23, et un tube de 6 mètres.
—	2 On place les n° 24, 25, 26.
—	3 On place les n° 27, 28, 29, un tube de 3 et un tube de 6 mètres.
—	4 On place les n° 30 et 31.
—	5 On place les n° 32 et 33.
—	6 On place les n° 34, 35, 36, et un tube de 6 mètres.
—	7 On place les n° 37, 38, 39, 40, et un tube de 6 mètres.
—	8 On place les n° 41, 42, 43, 44, et un tube de 6 mètres.
—	9 On place les n° 45, 46, 47, et un tube de 6 mètres.
—	10 On place les n° 48, 49, 50, et un tube de 6 mètres.
—	11 On place les n° 51, 52.
—	12 On place les n° 53, 54, 55, et un tube de 6 mètres.
—	13 On place les n° 56, 57, 58, et un tube de 6 mètres.
—	14 On place les n° 59, 60, 61, 62, 63, et un tube de 6 mètres.
—	15 On place les n° 64, 65, 66, 67, et un tube de 4 mètres.
—	16 On descend le couvage.
—	17 Le couvage descend toujours; il est au fond à onze heures du matin.
—	18 Chômage pour le dimanche.
—	19 On enlève la colonne de tiges et les appareils à descendre le couvage.
—	20 On installe les treuils pour la descente du béton.
—	21 On termine l'installation des treuils et à quatre heures on bétonne.

ANNÉE et mois.	NOMBRE de descentes.			Total des cuillers.	Nombre de mélanges.	Nombre d'hectolitres.	OBSERVATIONS.
	Cuiller n° 1.	Cuiller n° 2.	Cuiller n° 3.				
1868.							
Octobre.	21	3	2	2	7	5	16 1/4
(Suite.)	22	13	12	12	37	30	97 1/2
—	23	20	20	16	56	40	130
—	24	20	25	5	50	37	120 1/4
—	25	"	"	"	"	"	"
—	26	21	19	20	60	46	149 1/2
—	27	23	23	23	69	52	169
—	28	26	26	26	78	58	188 1/2
—	29	20	20	20	60	44	143
—	30	31	21	31	93	78	253 1/2
—	31	27	29	29	85	66	214 1/2
Novembre.	1	"	"	"	"	"	"
—	2	23	27	22	72	46	149 1/2
—	3	29	29	30	88	70	227 1/2
—	4	21	21	21	63	53	152
—	5	"	"	"	"	63	216 1/2
—	6	"	"	"	"	71	263
—	7	"	"	"	"	25	250
—	8	"	"	"	"	"	"
—	9	"	"	"	"	8	80

Mélange. { 1 hectol. chaux.
1 — sable.
1 — trass.
1/2 — ciment.

Fête

Suspendu demi-jour; manque de trass.

Suspendu quart de jour; manque de trass.

Toussant.

Suspendu quart de jour; manque de trass.

Mélange. { 3 hectol. sable.
2 — chaux.
1 — ciment.

50 hect. cassons de briques.

78 hect. cassons de briques.

35 hect. cassons de briques.
Le bétonnage est terminé à trois heures après midi.

MÉMOIRE

SUR LES MINES ET USINES MÉTALLIQUES DU BANAT.

Par M. CASTEL, ingénieur des mines.

PREMIÈRE PARTIE.

DESCRIPTION DES GISEMENTS.

Situation générale des gisements. — Les gisements métallifères du Banat sont reliés à un soulèvement de syénite (*) orienté du nord 6 degrés est au sud 6 degrés ouest. La syénite n'est pas visible partout; elle apparaît seulement sous forme de masses allongées dans le sens de la direction générale du soulèvement, en quatre régions principales qui correspondent aux centres miniers de Moldova au sud, Szaszka et Oravicza au centre, Dognacska-Morawicza au nord.

Cette ligne syénitique coupe en les soulevant et les métamorphisant, plusieurs formations différentes, à savoir le calcaire du Jura, le calcaire néocomien et les micaschistes; le terrain tertiaire miocène au contraire s'appuie contre la syénite en couches horizontales.

La date du soulèvement est donc à placer entre le terrain néocomien et le terrain miocène.

A côté de ce soulèvement, il en existe un autre beaucoup plus saillant, dont la direction est N. 24° E. Ce dernier a également soulevé le terrain jurassique et le terrain néocomien, en produisant dans la largeur des domaines du Banat plusieurs arêtes de plissement parallèles et très-pro-

(*) Voir la note à la fin de la première partie.

noncées, dont l'une met au jour les gisements de combustibles minéraux de Steyerdorf et de Doman. D'après la manière dont les terrains soulevés par ce grand mouvement se comportent à la rencontre de la syénite, il est évident que celle-ci est de date postérieure.

Nature des gisements. — Au contact des terrains traversés par elle, la syénite a produit de très-remarquables effets de métamorphisme ; ainsi elle a transformé en marbre à gros grains, quelquefois d'un très-bel aspect, et en calcaire quartzeux les calcaires jurassique et néocomien.

En outre le contact entre la syénite et les terrains traversés n'est pas, dans la plupart des cas, immédiat ; il existe souvent entre les deux, surtout lorsque le terrain traversé est calcaire, une roche particulière de nature et de puissance variables, due à l'action de la matière éruptive sur la roche encaissante, ou plutôt à des phénomènes géologiques qui ont accompagné et suivi l'éruption. On la désigne presque partout, quelle que soit sa nature, sous le nom de gangue (Gangart) ; c'est elle qui renferme les gisements métalliques.

La présence de la gangue métallifère paraît d'ailleurs être intimement liée à celle du calcaire ; là où les schistes seuls sont en contact avec la syénite, il n'existe, sauf de rares exceptions, ni gangue ni gisements métalliques, tandis que le contact entre la syénite et le calcaire est généralement signalé par l'existence de la gangue.

La nature de cette gangue métallifère est d'ailleurs variable, ainsi que celle des métaux qui s'y rencontrent. Outre le calcaire métamorphique en morceaux ou brèches isolés, le quartz et le feldspath, le minéral qui y est le plus abondamment répandu est le grenat, soit en roche, soit cristallin, de la variété grossulaire, plus ou moins chargé de peroxyde de fer.

Dans la gangue située entre la syénite et le calcaire, ces quatre minéraux constituent généralement la roche à eux

seuls. Le voisinage des schistes micacés a souvent pour effet d'y introduire d'autres éléments, qui sont la trémolite et l'amphibole hornblende, toutes deux presque toujours à l'état fibreux et rayonné.

Les substances métalliques renfermées dans la gangue sont très-variables, et il paraît difficile de soumettre à une loi bien précise les rapports entre leurs gisements et les terrains encaissants, ou entre la nature des minerais et la composition de la gangue. Toutefois l'existence des minerais de plomb argentifères et des espèces minérales cuivreuses riches paraît être surtout en relation avec la présence de la trémolite, tandis que la gangue grenatifère accompagne presque indistinctement les fers oxydulés et oligistes, les pyrites de fer plus ou moins chargées de cuivre, et les cuivres pyriteux.

Un caractère commun à tous les gisements qui nous occupent, est l'absence presque complète de filons. Les substances métalliques existent dans la gangue à l'état de colonnes ou lentilles plus ou moins allongées dans le sens de la hauteur et de la direction, parallèles aux épontes de la masse de gangue, généralement terminées dans tous les sens, s'ouvrant à la surface du sol en amas. Je ne saurais donner de ces gisements en général une meilleure idée qu'en comparant la gangue à un laitier, au milieu duquel les lentilles métalliques sont suspendues à la façon de gouttelettes de mattes dans les scories des fours de fusion.

Il résulte de cette manière d'être des substances métalliques que leur recherche est assez incertaine et n'est pas soumise à des lois bien précises, ainsi que cela a lieu dans l'exploitation des filons. Les mineurs ne peuvent se guider dans leurs recherches que sur quelques principes empiriques, basés il est vrai sur l'observation, mais sans certitude absolue, comme ceux-ci : que les gisements métalliques d'un certain district affectionnent principalement

le voisinage ou le contact d'une des épontes, et que les gisements les plus riches correspondent à des excavations de la masse calcaire adjacente.

De là une assez grande incertitude sur l'étendue et l'avenir des gîtes minéraux à quelque distance de ce qui est déjà reconnu par les travaux des mines.

Il résulte d'ailleurs de ce que nous venons de dire sur le mode de gisement, que l'avenir de toutes les exploitations doit être considéré comme limité à une profondeur assez restreinte. Les substances métalliques ne se trouvant en effet que dans la gangue, et cette dernière étant principalement un résultat de l'action de la syénite sur les roches calcaires, on doit en conclure que l'existence de la gangue et des gîtes minéraux est liée au voisinage du calcaire, et par suite ne dépasse pas, ou dépasse de très-peu en profondeur le point où les couches calcaires cessent d'exister dans le voisinage de la syénite. Connaissant par l'étude de la surface l'étendue et l'inclinaison des terrains calcaires, cette profondeur maximum des gîtes peut être déterminée au moins approximativement, et nulle part elle n'est très-considérable.

Ajoutons toutefois que, vu l'étendue des districts miniers et bien que la masse des minerais exploités jusqu'à ce jour soit dans certains districts très-importante, il reste encore sans aucun doute de très-grandes quantités de minerais à reconnaître et à extraire. D'ici à de longues années l'exploitation sera plutôt limitée par la difficulté des travaux de reconnaissance et la cherté de l'extraction que par l'épuisement des gîtes.

Ces prémisses générales posées, nous passerons à l'examen des différents centres miniers en commençant par le plus septentrional, celui de Moravicza-Dognacska.

MORAVICZA ET DOGNACSKA (Fig. 1, Pl. VI).

Observations générales. — La masse syénitique qui s'étend depuis la partie inférieure du village de Dognacska jusqu'à R. Bogsan, sur une longueur de 13 kilomètres, et qui présente sur une grande partie de cette distance une largeur de 2.500 mètres, est entièrement comprise dans les micaschistes.

Vers le milieu de sa longueur, cette masse a rencontré une longue bande de terrain jurassique de l'orientation N. 24° E, complètement isolée au milieu des schistes; la syénite l'a soulevée et brisée, mais sans changer sa direction, en produisant des effets de métamorphisme remarquables. Le calcaire est dans la partie médiane de la bande complètement cristallin, et forme un marbre à gros grains qu'on peut utiliser pour les objets d'art qui n'exigent ni une grande finesse de grains, ni un très-grand volume de pierre complètement saine. Dans la partie de la bande calcaire située à une certaine distance de la syénite, le calcaire reprend son aspect ordinaire.

Nulle part il n'y a contact immédiat entre la syénite et le calcaire; la gangue souvent très-épaisse qui les sépare est, près de Moravicza, très-chargée en grenat; plus au sud, dans le voisinage des schistes micacés, elle est caractérisée par un mélange de feldspath, de trémolite et de strahlstein; et il est à remarquer que la gangue n'entoure pas seulement le calcaire sous la région qui correspond à l'intersection de la syénite, mais encore qu'elle l'accompagne jusqu'à une assez grande distance de la roche éruptive.

Il semble dans ces parties que la gangue, ou la syénite elle-même, ait été injectée violemment entre le calcaire et les micaschistes.

C'est d'ailleurs, en conformité avec ce que nous avons dit plus haut, dans la gangue et par suite le long de la

bande calcaire qu'existent les gisements métalliques.

Ce que nous avons dit ci-dessus de la limitation en profondeur des gîtes du Banat, s'applique d'une manière plus évidente à ceux de Moravicza et Dognacska qu'à tous les autres. Ici, en effet, le calcaire est une masse isolée et supportée de tous côtés par la syénite et par la gangue; la profondeur à laquelle il pénètre est difficile à déterminer par l'examen de la surface, à cause du métamorphisme qui a détruit toute trace de stratification; mais il est impossible de se représenter la bande calcaire autrement que comme ayant formé un bassin avant l'éruption de la syénite; l'inclinaison des surfaces de contact qui la limitent et qui convergent vers le centre, variant de 40 à 70 degrés, confirme cette hypothèse; quelques-uns des travaux ont déjà atteint le dessous d'une des masses calcaires, et permettent d'établir avec quelque probabilité que la courbure de ce bassin est assez douce, et par suite on doit admettre que sa profondeur au-dessous de la surface ne dépasse pas ou dépasse peu la moitié de la largeur des affleurements. Il en résulterait qu'on doit assigner aux gîtes de la moitié nord du district une profondeur maximum d'environ 200 mètres, à ceux de la moitié sud une profondeur maximum de 3 à 400 mètres au-dessous de la surface du sol.

Les gîtes de ce district suivent d'ailleurs, en ce qui concerne les substances métalliques, une loi assez marquée, et peuvent se diviser en trois groupes assez distincts.

Le groupe nord, formé par les mines qui entourent le village de Moravicza (Eisenstein), renferme à peu près exclusivement du fer oxydulé et du fer oligiste, qui se présentent à la surface sous forme d'amas souvent considérables de minerais plus ou moins mélangés de gangue, se continuant dans la profondeur en colonnes aplaties, dont la puissance diminue successivement, et enfin se terminant en coin.

Dans le second groupe, qui correspond à la partie moyenne du district et à une puissante masse calcaire isolée, les minerais de fer oligiste et oxydulé jouent encore le principal rôle; mais on y rencontre en même temps des gîtes, soit juxtaposés, soit indépendants, de pyrites de fer, de cuivre pyriteux, de galène et de blende.

Les minerais de fer y forment encore près de la surface des amas de grandes dimensions, qui vont en diminuant de puissance dans la profondeur; mais en outre l'aminçissement des colonnes minérales est accompagné d'une transformation successive de l'oxyde en pyrite de fer et en pyrite cuivreuse, circonstance qui n'a encore été observée que sur une très-petite échelle dans le premier groupe.

Le troisième groupe enfin, qui correspond à la tête de la grande masse sud de calcaire, renferme encore des gîtes de minerais de fer en amas superficiels, mais ils ne consistent à peu près qu'en hématites, et ne jouent qu'un rôle secondaire; les métaux tels que le cuivre, le zinc et surtout le plomb argentifère forment la grande masse des gisements.

Premier groupe. — Moravicza.

Le type des gisements de ce groupe est fourni par une des plus importantes mines qu'il renferme, celle de Paulus, située à l'extrémité méridionale du grand massif calcaire nord, à 1.400 mètres en dehors de la grande masse syénitique; elle est formée par un amas considérable de gangue grenatifère disposé irrégulièrement autour de plusieurs gros lambeaux calcaires détachés du massif principal.

Quelques rognons volumineux de minerai à peu près pur sont contenus dans la gangue au contact du calcaire. Dans le reste de la masse, le minerai est disséminé irrégulièrement, constituant tantôt la moitié, tantôt le dixième ou une plus faible fraction de la masse totale (fig. 2, Pl. VII).

La section de la masse ferrugineuse était à la surface du sol d'environ 4.000 mètres carrés. Au sol de l'exploitation à ciel ouvert récemment terminée, elle est de 3.200 mètres carrés, et à 12 mètres plus bas, où l'on commence une exploitation nouvelle, de 1.800 mètres carrés. Plus bas, elle est encore inconnue.

La proportion de minerai à la roche abattue est de un cinquième; le rendement moyen des minerais triés est de 50 p. 100 de fonte au haut-fourneau, souvent davantage.

Le mode d'exploitation, qui est d'ailleurs le même pour tous les autres gisements, est très-simple et aussi peu dispendieux que possible.

C'est généralement par la surface que les gisements sont découverts. On fait, à un niveau un peu inférieur, une tranchée ou une galerie qui servira de voie de roulage, et l'on découvre le gîte par des abattages en tout sens, en maintenant le sol de la carrière au niveau de la voie de roulage. Lorsque l'exploitation à ce niveau est assez avancée, et que la nécessité d'un second niveau se fait sentir, on perce à 12 ou 20 mètres plus bas une galerie partant de la vallée et dirigée autant que possible vers le centre du gîte. On creuse à partir du sol de la carrière un puits, allant rejoindre cette galerie, et on en élargit successivement l'ouverture jusqu'à former un entonnoir qui devient l'origine de l'abattage au second niveau. On agira de même pour le troisième, et ainsi de suite, tant que la puissance du gîte sera assez considérable pour permettre une exploitation à ciel ouvert.

Les travaux en galeries sont généralement réservés pour l'hiver, époque à laquelle le froid rend les travaux de carrière trop pénibles.

A 20 mètres au-dessous du niveau de la nouvelle exploitation de Paulus, une galerie nouvelle, la galerie Nicolas, a été percée; elle a rencontré la continuation du gîte, mais la puissance n'en est pas encore reconnue à ce niveau.

On y signale la présence de la pyrite en rognons au milieu du minerai de fer.

A partir de la mine de Paulus, la bande calcaire se trouve interrompue sur une très-grande distance, et la formation n'est plus représentée que par deux petites masses complètement isolées, à chacune desquelles correspond une masse beaucoup plus considérable de gangue grenatifère.

La première de ces masses de gangue part de la mine Paulus, et s'étend sur une longueur d'environ 600 mètres vers le S.-S.-O.

Elle renferme deux colonnes métalliques principales, qui sont exploitées à ciel ouvert, sous les noms de Franciscus et Ignatius. Comme à Paulus, le minerai se compose de fer oligiste et de fer oxydulé généralement très-purs et d'une belle richesse; les colonnes de minerais sont très-évasées par le haut, mais se rétrécissent rapidement en profondeur.

Franciscus (fig. 3, Pl. VII). — L'absence des rognons calcaires, disparus probablement par suite de l'action qui a donné naissance au grenat, est surtout ce qui distingue ces mines de la précédente. Elles constituent en quelque sorte un second type de gisements, beaucoup moins fréquents d'ailleurs que le premier.

L'entonnoir de Franciscus a, à la surface du sol, une longueur de 120 mètres sur une largeur de 70; on l'exploite encore à ciel ouvert au niveau supérieur, élevé de 65 mètres au-dessus de la galerie Nicolas. Le minerai est reconnu jusqu'à la profondeur de 24 mètres en dessous de la carrière, profondeur à laquelle le gîte présente 60 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur maximum.

Theresia (fig. 4, Pl. VII). — A 200 mètres de l'extrémité de la masse grenatifère qui renferme la mine de Franciscus et le gisement voisin, mais moins important d'Ignatius, se trouve une nouvelle masse de gangue complètement isolée, disposée autour d'un petit îlot calcaire.

Dans cette masse, et joignant le calcaire, sont ouvertes trois exploitations de fer oxydulé magnétique à ciel ouvert, dont l'ensemble constitue la mine de Theresia. Elles ne sont pas encore épuisées au premier niveau, et l'on en continue l'agrandissement. En même temps, on pousse des galeries inférieures de reconnaissance, la première à 17 mètres, la deuxième à 29 mètres en dessous du sol des carrières.

Le gisement principal de Theresia est constitué par deux grosses lentilles de minerais très-puissantes à la surface du sol, de 4 à 15 mètres, et se rétrécissant en profondeur. Ces deux lentilles embrassent l'îlot calcaire dont il est parlé ci-dessus à sa pointe nord, et probablement sur une grande partie de sa longueur, et se rejoignent en dessous par leurs extrémités.

Une deuxième lentille d'un grand volume est reconnue par les galeries à un niveau inférieur, et correspond à un puissant rognon calcaire complètement noyé dans la masse de gangue.

La gangue elle-même est d'ailleurs aux environs de ces masses de fer oxydulé imprégnée de minerai, dont une partie est exploitable.

La masse de gangue grenatifère se prolonge encore vers le sud-ouest jusqu'à 450 mètres de la dernière carrière de Theresia. Dans cet espace, elle présente encore par places des signes de la présence du minerai de fer; mais aucun gisement n'y a encore été ouvert.

Deuxième groupe. — Mines de fer.

A 250 mètres plus loin dans la même direction, et sur le grand massif de syénite, apparaît de nouveau la gangue grenatifère. C'est le commencement d'une masse considérable qui entoure deux grands îlots calcaires, et qui forme le deuxième groupe de Dognacska.

La pointe nord de cette masse de gangue est occupée par un gisement de fer oxydulé magnétique (Reichenstein). En suivant la limite orientale du calcaire, on rencontre successivement plusieurs autres gisements du même minerai (Carolus, Delius, Élias Enoch, Pierre et Paul, Blasius, Mariahilf, Jupiter). Ils présentent à peu près partout les mêmes caractères.

Le plus important de ces gisements, et qui peut servir de type, est celui actuellement exploité de Pierre et Paul, à 1.400 mètres de Reichenstein; il donne du fer oligiste et du minerai magnétique; on l'exploite en carrière et par galeries (fig. 5, Pl. VII).

Il forme un amas lenticulaire de minerai à peu près pur, presque adhérent au calcaire, allongé suivant la direction et l'inclinaison. Son étendue n'est pas encore reconnue au jour; l'exploitation l'a découvert sur 40 mètres de longueur avec une épaisseur de 10 à 12 mètres de minerai massif au jour.

Dans la galerie Pierre et Paul, située un peu en dessous du fond de carrière et à 23 mètres en dessous de la moyenne du ciel de carrière, le stock a encore une puissance de 3 à 4 mètres; la longueur reconnue est, comme celle au jour, de 40 mètres, mais le gîte s'étend probablement plus loin. Il se continue encore en dessous de cette galerie, et pénètre jusqu'à la galerie Marcus, à 50 mètres en dessous.

Toutefois il paraît à cette profondeur se disséminer dans la gangue, et s'imprègne de pyrite de fer qui le rend inexploitable.

Si l'on suit, à partir de Reichenstein, la limite occidentale du calcaire, on rencontre, comme de l'autre côté, un certain nombre de gisements de minerai de fer, plus ou moins analogues à Pierre et Paul et aux gisements de Moravicza (Delius, Lohkowitz, Rudolf); mais ils sont généralement peu importants.

Deux méritent cependant d'être signalés à cause de leur richesse; ce sont ceux d'Arpad et Juliana, à 2.100 mètres de l'extrémité nord du groupe.

Arpad, Juliana. — Il est à noter que la gangue se trouve, à partir de ces deux gîtes, comprise entre le calcaire et les micaschistes; elle y prend une épaisseur extraordinaire de 250 à 300 mètres, qu'elle conserve sur une distance d'environ 500 mètres.

A la limite ouest de cette puissante masse de gangue, se trouve la mine d'Arpad. Le gisement consiste en un filon ou veine allongée d'hématite manganésifère (renfermant 5 à 6 p. 100 de manganèse) assez fortement mélangée de gangue, et rendue un peu impure par la présence du plomb; ce filon a de 0^m.60 à 1 mètre d'épaisseur moyenne, et accompagne un filon de gangue qui pénètre dans le schiste. Il a été exploité par carrière sur 50 mètres de longueur et 10 mètres de hauteur. Le minerai est connu à la sole avec la même puissance et la même longueur. Le gisement se dirige de l'est à l'ouest; ses extrémités n'ont pas encore été atteintes.

En face d'Arpad et dans le voisinage immédiat du calcaire, se trouve la mine de Juliana, établie sur un stock de minerai composé en grande partie de fer oxydulé, et, dans une faible proportion, d'hématite un peu manganésifère. Cet amas est exploité au jour sur une longueur de 30 mètres, une puissance de 10 mètres et une hauteur de 20 mètres. Les extrémités du stock ne sont pas encore connues, et le minerai se trouve à la sole avec la même puissance.

Le minerai de Juliana est le plus pur de ceux exploités à Dognacska, mais il est d'une fusion un peu difficile.

Mines de cuivre, plomb et zinc.

Le minerai de fer magnétique ou hématite n'est pas la seule matière métallique renfermée dans la gangue du

2^e groupe, ainsi que je l'ai indiqué plus haut; on y trouve encore du cuivre, du plomb, de l'argent et du zinc; le premier métal est le plus abondant.

Le cuivre et le plomb, quand ils sont en grandes masses, se trouvent généralement dans des excavations du calcaire. Un exemple de ce genre de gisements est fourni par le Bleistock, gîte de plomb très-remarquable, exploité en 1848 et 1849 à la hauteur de la galerie Pierre et Paul.

Il consistait, dans la partie supérieure, en un amas de galène généralement assez pure, renfermant en moyenne 50 p. 100 de plomb, et 0.0025 d'argent dans le plomb, dans la partie inférieure en minerai de cuivre oxydé d'une teneur de 4 à 5 p. 100 en cuivre, et de 0.0005 à 0.0004 en argent.

Cet amas, qui poussait du reste de nombreuses et courtes ramifications dans le calcaire, avait une étendue, dans la partie plumbeuse, de 30 mètres suivant l'inclinaison, 10 mètres en direction et 4 mètres d'épaisseur moyenne, et a donné une production d'environ 3.000 tonnes de minerai. Le gisement ne se continue pas; le renflement de la gangue aux dépens du calcaire, qui lui a donné naissance, se terminant lui-même. Toutefois on retrouve, mais en petite quantité, du minerai de plomb, soit oxydé, soit sulfuré en dessus et en dessous du fer oxydulé dans l'amas dit *Kiesstock*, situé à 60 mètres plus au Nord, au niveau de la galerie Marcus.

Le plus remarquable exemple de grandes masses métalliques logées dans des excavations du calcaire est l'amas cuivreux de Simon Judas. L'excavation ou poche dans laquelle est enfermé le minerai a environ 120 mètres de hauteur à partir de la syénite, sur un diamètre moyen de 25 mètres. Elle est à peu près verticale avec une faible inclinaison vers le nord-est. Elle se rétrécit considérablement à sa partie supérieure qui n'a plus qu'un faible diamètre. Le gisement consistait en cuivre pyriteux, cuivre panaché

et cuivre sulfuré un peu argentifères, disséminés dans le grenat (*fig. 1, Pl. VIII*).

A la partie supérieure, la teneur moyenne des minerais était de 300 kilogrammes de cuivre et de 600 à 700 grammes d'argent à la tonne.

Dans la partie inférieure, et en général à mesure que l'exploitation est descendue, le minerai est allé en s'appauvrissant par le plus grand disséminement dans la gangue, bien que les minéraux soient restés les mêmes.

La teneur moyenne des minerais extraits s'est abaissée jusqu'à 1 1/2 à 2 p. 100 de cuivre. L'exploitation, poussée jusqu'à 80 mètres en dessous de la galerie la plus basse existant alors (Simon-Judas), et à 45 mètres en dessous de la galerie Marcus, a dû d'ailleurs être arrêtée, faute de moyens suffisants d'épuisement. En dessous des travaux abandonnés, le gisement appauvri se continue encore avec une belle puissance; mais il est probable qu'il ne va pas plus loin que la rencontre de la poche avec le plan général de séparation du calcaire et de la syénite, c'est-à-dire une vingtaine de mètres; s'il se continuait dans la gangue le long de ce plan, ce serait probablement dans des conditions peu favorables à l'exploitation.

L'exploitation de la mine Simon-Judas a duré quarante-quatre ans, de 1740 à 1784. Depuis cette époque jusqu'à 1848, on a glané à deux reprises dans les anciens travaux, mais sans faire de nouvelles recherches en profondeur.

Le gisement de Simon-Judas présente cette particularité remarquable, qu'il est traversé par un filon ou faille puissante de grenat, qui coupe entièrement et obliquement la masse calcaire, et dont la présence n'est sans doute pas étrangère à l'enrichissement du stock cuivreux.

En dehors de ces gisements puissants et tout à fait anormaux, on trouve dans le même groupe d'autres gisements moins riches, mais encore utilisables.

Kiesstock. — Tel est celui du Kiesstock, exploité actuel-

lement par la galerie Marcus, qui renferme une veine de cuivre pyriteux comprise entre un banc de fer oxydulé et une bande puissante de pyrite magnétique un peu cuivreuse.

Carolina. — Tel est encore celui de Carolina, renfermant du zinc carbonaté, sulfaté et silicaté. Il avait la forme d'un entonnoir puissant, de 40 mètres de diamètre au jour, et se terminant en pointe dans la profondeur. Au niveau de Marcus, le diamètre n'était plus que de 2 mètres. Ce gîte est aujourd'hui épuisé. A la surface, le minerai était à peu près massif, mais s'est appauvri en profondeur, en se mélangeant de gangue en proportion de plus en plus forte. L'exploitation a duré de 1806 à 1847, et a donné au moins 5.000 tonnes de zinc métallique.

Ces deux gisements sont situés sur le trajet de la grande faille de Simon-Judas, mentionnée ci-dessus.

Parmi les autres gisements métalliques anciennement exploités, on peut encore citer, sur la lisière Est du deuxième groupe, ceux de Magdalena et d'Angelia, renfermant, le premier, des minerais de zinc, le second du plomb oxydé non argentifère; et sur la lisière ouest ceux de Delius (zinc et cuivre), Sveti Archangel (cuivre), Juliana (cuivre carbonaté et cuivre sulfuré), Mariahilf (cuivre pyriteux argentifère).

La grande richesse en métaux paraît concentrée, pour la masse calcaire qui nous occupe, dans son milieu, où elle est le plus puissante; vers les points Nord et Sud, les métaux disparaissent et le fer seul reste. Aussi une reconnaissance soignée de cette partie, spécialement de la bande de grenat qui traverse la masse calcaire en son milieu, en rejoignant les deux faces du calcaire, paraît-elle devoir être couronnée de succès; tandis qu'une reconnaissance poussée plus loin que Élias Enoch au nord et Mariahilf au sud, ne aurait être admise avec quelques probabilités de réussite.

Troisième groupe.

Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, la gangue qui entoure la masse de calcaire Sud se distingue de la gangue qui entoure la masse médiane par l'abondance de la trémolite et de l'amphibole hornblende (Strahlstein). Ces deux minéraux se présentent surtout dans la bande Ouest, où ils sont tout à fait prédominants; ils sont moins abondants dans la bande Est, où la gangue est encore formée principalement de grenat.

La présence de l'amphibole paraît être due à l'action combinée du calcaire et du schiste sur la syénite ou sur les émanations qui ont accompagné sa venue au jour, et cette raison doit être d'autant plus admise que l'amphibole commence à apparaître dans la gangue qui entoure la masse médiane du côté Ouest, près de la mine Juliana, c'est-à-dire au point où le terrain formant le mur de la gangue devient du schiste micacé, tandis que plus haut la gangue est encaissée entre la syénite et le calcaire seulement, et que dans la bordure Est du troisième groupe, où le grenat forme l'élément principal de la gangue, le mur est encore constitué par la syénite sur une grande longueur.

Une remarque générale à faire sur ce groupe est encore celle-ci : que les gisements de minerai de fer y sont beaucoup moins importants, et se transforment en hématites et minerais argileux, tandis que les gisements métalliques y sont très-prédominants.

Minerais de fer.

Comme gisements de minerais de fer, on y connaît :

Sur la lisière Est :

Maximilian, gîte d'hématite;
Callistus Cyprianus, fer oligiste et hématite;
Mars, hématite;

Elisabetha, hématite;
Hildegarde, minerai argileux et un peu manganésifère;
Aurora, fer oxydé rouge.

Et sur la lisière Ouest :

Gisela, hématite argileuse;
Elias Eliseus, hématite et fer oxydulé.

Ces divers gisements sont distincts entre eux. A l'exception du dernier, lequel est compris dans une faille de grenat et de syénite qui traverse la masse calcaire à 550 mètres de sa pointe, ils forment sur les bords du calcaire des lentilles allongées de 1 à 3 mètres d'épaisseur dans la partie la plus puissante. Ils sont presque tous imparfaitement reconnus.

Minerais métalliques.

Les gisements métalliques connus dans la masse calcaire sud, consistent en nids ou gros rognons, souvent d'un volume considérable, et dans lesquels la galène, la blende et le cuivre pyriteux, surtout la première substance, se trouvent disséminés au milieu de la gangue très-chargée de trémolite et de strahlstein. Ces nids sont généralement reliés entre eux, et ont des dimensions variables suivant la longueur de 4 à 20 mètres, suivant l'inclinaison du gisement de quelques mètres à 80 mètres et davantage, et suivant l'épaisseur, jusqu'à 10 mètres.

Les gisements connus depuis l'orifice de la grande galerie Ferdinand jusqu'à la pointe nord de la masse calcaire sur une longueur de 2.000 mètres sont au nombre de quatre principaux.

Antoni. — 1° Le gisement d'Antoni, consistant en un seul nid allongé suivant l'inclinaison du calcaire, connu depuis le jour jusqu'à une profondeur de 35 mètres en dessous de la galerie Ferdinand (galerie d'écoulement inférieure), sur une hauteur verticale totale de 87 mètres. La section

horizontale de cette colonne métallique est restée à peu près constante à tous les niveaux, et d'environ 30 à 40 mètres carrés. Elle paraît s'être appauvrie en profondeur, et son exploitation a d'ailleurs dû être abandonnée en 1854, à cause des difficultés de l'épuisement. Le minerai se composait de galène, de blende et de pyrite cuivreuse.

Barbara, fig. 2, Pl. VIII. — 2° Le gisement de Barbara, exploité actuellement un peu en avant de l'extrémité de la galerie Ferdinand. Il consiste en un groupe de nids irréguliers, dont quelques-uns sont très-allongés.

Ce gisement présente la particularité d'être coupé en son milieu par une faille de syénite transversale, qui ne paraît pas être étrangère à l'enrichissement de cette partie de la masse de gangue.

Jusqu'à présent on n'a pas encore observé de diminution sensible dans les dimensions du gisement suivant la profondeur. La somme des sections des nids de minerais recoupés par un même niveau est à la hauteur de la galerie Ferdinand à peu près la même qu'aux autres niveaux, et d'au moins 100 mètres carrés; on observe seulement qu'il paraît se faire en profondeur une concentration du gisement par la diminution de sa longueur totale.

En dessous de cette galerie, on n'a encore fait que reconnaître l'existence du minerai jusqu'à la profondeur de 12 mètres.

Rien ne fait du reste encore prévoir une disparition prochaine des gîtes. La constance des sections du gisement mentionnée ci-dessus doit faire espérer qu'il se prolonge encore en profondeur à une assez grande distance. Du reste, en calculant d'après l'inclinaison des surfaces de séparation et l'épaisseur connue du calcaire au jour, il doit rester encore du niveau de la galerie jusqu'au point où les deux faces du calcaire se rejoignent, une hauteur verticale d'environ 125 mètres, et cette distance seule marque la limite inférieure certaine des gisements.

Le minerai consiste principalement en blende et galène, puis en cuivre pyriteux, en pyrite, en plomb oxydé; ce dernier se présente surtout dans les parties avoisinant le calcaire. Le minerai est assez disséminé dans la gangue, aussi doit-il être soumis à un triage soigné au sortir de la mine; la masse donne environ un septième de produits utilisables, dont un cinquième sont des produits bons à fondre immédiatement, et quatre cinquièmes des minerais de bocard.

Le minerai de choix (Scheidegut) comprend des minerais de plomb oxydé à 200 kilogrammes de plomb et 300 grammes d'argent en moyenne, de la galène à 350 kilogrammes de plomb et 450 grammes d'argent, des minerais cuivreux pyriteux à 10 kilogrammes de cuivre et 500 grammes d'argent par tonne.

Les minerais de bocard renferment en moyenne 80 kilogrammes de plomb et de 120 à 150 grammes d'argent; ils contiennent en outre du cuivre pyriteux en quantités variables, et surtout beaucoup de blende.

La masse de minerais de bocard, qu'on peut considérer comme reconnue avec certitude dans la partie du gisement située près de l'extrémité de la galerie Ferdinand, peut être estimée avec assez de sécurité à 5.000 tonnes. Il reste en outre encore beaucoup à prendre dans les anciens travaux, et probablement une quantité assez considérable à découvrir.

Elias Eliseus. — 5° Le gisement d'Elias Eliseus, analogue au précédent, quoique moins important; il paraît devoir le rejoindre en profondeur.

Nicolas. — 4° Le gisement de Nicolas. Il est compris dans la faille de syénite et de grenat où est située la mine de fer d'Elias Eliseus; il est très-étendu et renferme de minerais cuivreux, surtout des minerais oxydés.

ORAVICZA-CSIKLOVA (fig. 2, Pl. VI).

Observations générales.

A partir de Dognacska, la syénite cesse d'apparaître au jour sur une distance d'environ 20 kilomètres, jusqu'au village de Maidan. En ce point commence l'affleurement d'une nouvelle masse allongée, qui se prolonge avec quelques interruptions de peu d'importance jusqu'au village d'Illadia, sur une longueur de 14 kilomètres.

Cette éruption de syénite se présente à la lisière du terrain jurassique; elle le traverse par plusieurs branches près de cette lisière en séparant du grand massif calcaire son extrémité occidentale qu'elle découpe en îlots; la pointe nord de la syénite et quelques grandes veines détachées de la masse pénètrent dans les micaschistes à l'ouest du massif calcaire.

Le contact de la roche éruptive et des masses encaissantes a produit dans cette région des phénomènes de métamorphisme encore plus compliqués que ceux observés à Dognacska.

Au contact de la syénite, le calcaire a été généralement transformé en marbre à gros grains tantôt blanc, tantôt coloré de diverses nuances jaunes, rougeâtres ou vertes.

Un deuxième métamorphisme du calcaire, qui n'existe pas à Dognacska, se présente ici sur de grandes masses allongées dans le sens général de l'éruption. Le calcaire s'y trouve fortement imprégné de quartz et se transforme en une roche dure, compacte, dans laquelle le quartz vitreux se détache souvent en noyaux allongés. Cette roche est appelée sur les lieux tantôt Hornstein, tantôt Kieselchiefer; nous la désignerons par le nom de calcaire quartzeux. Elle forme généralement des mamelons arrondis plus élevés que les terrains avoisinants.

Outre ces transformations du calcaire, la syénite a pro-

duit par sa réaction sur les roches encaissantes des gangues analogues à celles de Dognacska. Mais tandis que, dans ce dernier district, les gangues forment toujours la séparation entre la syénite ou les micaschistes et le calcaire, elles se trouvent souvent ici en masses isolées, soit au milieu de la syénite, soit au milieu des micaschistes et du calcaire, allongées d'ailleurs dans le sens général du soulèvement. En revanche la surface de séparation entre la syénite et le calcaire se représente souvent sans interposition de gangue.

La plus ordinaire de ces gangues est, comme à Dognacska, une roche où le grenat domine. Elle est formée de quartz, de feldspath (Felsit) et de grenat. Ce dernier minéral, presque toujours rougeâtre, quelquefois vert, y est très-abondant et se trouve souvent à l'état cristallin. Cette gangue est désignée plus brièvement sous le nom de grenat. Comme minéraux secondaires, cette roche renferme aussi l'oligoclase, l'apophyllite, l'idocrase, la wollastonite, la trémolite et la chaux carbonatée.

Une deuxième gangue est formée presque exclusivement d'hornblende et de trémolite fibreuses. Il est à remarquer qu'elle se trouve seulement dans la partie nord du district, c'est-à-dire dans le voisinage des micaschistes, tandis que dans la partie sud la gangue, plus enfoncée dans le massif calcaire, est uniquement formée du mélange de grenat.

Une troisième espèce de gangue, formée de feldspath amorphe, de grenat et de calcaire cristallin, dans laquelle le feldspath est prédominant et le calcaire généralement en faible proportion, forme une masse importante, à peu près isolée au milieu des micaschistes, à l'ouest de l'affleurement de la syénite au nord du village d'Oravicza. Cette gangue peut n'être considérée que comme une variété de la première; mais les conditions spéciales des gisements métalliques qui s'y trouvent et la séparation nette observée

entre cette masse et une masse adjacente de grenat, l'ont toujours fait distinguer sous le nom de gangue de Rochus (Saint-Roch) (Rochuser gangart), du nom d'une mine qui y est exploitée. Il serait d'ailleurs rationnel de supposer que les deux roches ne sont pas absolument contemporaines, et que l'une d'elles, probablement la gangue de Rochus, a été produite par une deuxième émission de roche éruptive, alors que la première était déjà formée.

Enfin on observe en quelques points au nord du district d'Oravicza des amas et filons de quartz amorphe en relations avec des gisements métalliques. Ces amas compris, soit à la limite, soit à l'intérieur des micaschistes, paraissent devoir être attribués à un métamorphisme des schistes eux-mêmes.

La substance métallique la plus répandue dans ce district est le cuivre pyriteux, soit pur, soit mélangé avec la pyrite de fer; il se rencontre à peu près dans tous les gisements. Le cuivre gris argentifère, uni à la pyrite arsenicale, se présente dans un rayon restreint vers le milieu du district. La galène y est rare ainsi que les espèces plombeuses oxydées qui en dérivent; on l'a cependant rencontrée et exploitée dans la partie sud. L'or est connu en plusieurs points du district nord, en relation avec le quartz ou la pyrite de fer.

Enfin on y connaît des gîtes assez abondants de minerais de fer hématites, qui paraissent toutefois n'être qu'un produit de la décomposition des pyrites de fer.

Les modes de gisement sont d'ailleurs très-variés, et la description des différentes mines peut seule en donner une idée exacte.

1^o PARTIE NORD DU DISTRICT.

Groupe de la Tilfa (ou de Maidan) et du Kriesberg.

Dans le nord du district d'Oravicza, ainsi que nous l'avons indiqué ci-dessus, la syénite sort de la masse calcaire et pénètre dans les micaschistes. Au milieu de la syénite, dont la masse a une largeur totale d'environ 1.500 mètres, se trouve une langue isolée de micaschistes, puis, en se rapprochant du calcaire, des masses allongées de grenat, de trémolite et de calcaire quartzeux. A l'est, le contact entre la syénite et le calcaire est direct, sans interposition de gangue. En descendant vers le sud, la syénite disparaît presque et n'est plus représentée que par une bande étroite longeant à l'ouest la langue isolée de micaschistes dont il est parlé ci-dessus. La masse de calcaire quartzeux, très-mince vers la Cornu Tilfa, prend une largeur de plusieurs centaines de mètres et remplit, avec une masse calcaire isolée qui lui est contiguë, tout l'espace compris entre la même langue de micaschistes et le grand massif calcaire situé à l'est.

Glück auf Bergmann. — La surface de séparation ouest entre la syénite et le grand massif de micaschistes est complètement stérile. Il en est à peu près de même de la surface de séparation entre la syénite et la langue isolée de micaschistes. On y a toutefois constaté en trois points l'existence de minerais cuivreux, notamment à la mine de Glück auf Bergmann. On y a trouvé à la surface trois veines de cuivre oxydé noir se transformant plus bas en cuivre pyriteux.

Saint-Jean-Baptiste-Barbara. — Les masses de grenat et de trémolite comprises dans la syénite sont assez fortement inclinées vers l'est. Leur contact avec la roche éruptive produit peu de gisements métalliques. On y a cependant exploité en trois points des veines de syénite impré-

gnées de cuivre pyriteux sous forme de mouches isolées, dans la mine de Saint-Jean-Baptiste; et, dans celle de Barbara, des minerais de cuivre gris argentifères assez abondants, sous forme de colonnes ou stocks, lançant des ramifications dans le grenat.

Dreifaltigkeit. — Le gisement principal de la Tilfa se trouve compris entre le grand massif calcaire Est et la pointe de la masse allongée de calcaire quartzeux, dans la syénite même. Cet espace, dont la largeur moyenne est de 100 mètres environ, est traversé dans le sens de sa longueur par une série de veines d'un calcaire spathique fortement mélangé de quartz, et inclinées d'environ 45 degrés vers l'est; comme les masses voisines de grenat, de trémolite et de calcaire quartzeux.

Ces veines, de 1 à 15 centimètres d'épaisseur, sont fortement imprégnées de mouches d'un cuivre pyriteux qui renferme pur 15 à 16 p. 100 de cuivre. Dans les parties minces des veines, le minerai est généralement compact; il est beaucoup plus disséminé dans les parties plus larges. Ces veines se suivent horizontalement sur une assez grande longueur, et en inclinaison sur des hauteurs de 6 à 8 mètres: il arrive généralement qu'une veine, venant à disparaître en profondeur, est remplacée par une nouvelle veine parallèle à quelques décimètres au toit ou au mur, en sorte que le gisement ne se perd pas; l'ensemble des veines voisines peut être considérée comme un filon noyé continu.

Ces filons ont été suivis sur des longueurs allant jusqu'à 200 et 300 mètres. Suivant l'inclinaison, ils paraissent ne pas pénétrer plus bas que la grande galerie Königsegger, à 90 mètres de la surface moyenne du sol; ou du moins ils paraissent être stériles au-dessous de ce niveau.

On connaît six filons de ce genre, parallèles entre eux et espacés de 4 à 15 mètres.

La surface du calcaire, à la hauteur des gisements ex-

plorés, est légèrement inclinée vers l'ouest, en sorte qu'elle rencontre nécessairement les filons supérieurs. Ceux-ci y pénètrent sans perdre de leur richesse. Un de ces filons, entre autres le Brudermeister Gang, a donné jadis de beaux résultats. Il a été abandonné en 1846 (au moment de la construction du chemin de fer d'Oravicza à Baziás, qui a fait désertir un grand nombre de mines); mais il reste encore du minerai en dessous des anciens travaux.

Il est à noter que la grande masse calcaire est traversée non loin des gisements ci-dessus par une branche ou filon syénitique.

Vers l'extrémité nord du gisement, les veines calcaires disparaissent; le minerai de cuivre, toutefois, persiste encore dans la syénite même. Le gisement devient alors tout à fait analogue à celui de Saint-Jean-Baptiste.

Un gisement différent de celui qui précède a été reconnu et exploité à la mine Dreifaltigkeit par la grande galerie Königsegger et le puits Corona. Il consiste en un stock de cuivre pyriteux et de cuivre gris argentifère, complètement enfermé dans le calcaire quartzeux, à peu près depuis la surface jusqu'à 36 mètres en dessous de la grande galerie. Le minerai était accompagné d'une gangue fortement chargée de grenat et de quartz. La puissance de la veine métallique était variable de 15 à 60 centimètres. La teneur du minerai était en moyenne de 60 kilogrammes de cuivre et 300 grammes d'argent à la tonne. Il s'est appauvri dans la profondeur.

Petite Tilfa. — Au sud des gisements qui précèdent existent, dans la région appelé la petite Tilfa, au contact de la syénite avec les gangues et le calcaire quartzeux et à la surface de séparation de ces deux roches, quelques gisements de cuivre pyriteux peu importants et peu connus.

Douze-Apôtres. — A la hauteur de la petite Tilfa, la

séparation entre le schiste et la masse calcaire adjacente est remplie par une masse allongée de grenat, de trémolite et de quartz dans laquelle ce dernier minéral prédomine. Le mélange de grenat et de quartz s'y est trouvé par places imprégné d'or natif; ce gisement, exploité avant 1852, affectait la forme d'une colonne aplatie, et a été reconnu sur 40 mètres de hauteur et 50 mètres de longueur. La richesse, assez grande à la surface, a été en diminuant notablement avec la profondeur.

Servaci. — A peu près en face de la mine des Douze-Apôtres, de l'autre côté de l'îlot calcaire et sur la surface de séparation entre le calcaire et le calcaire quartzeux, on a exploité à la fin du siècle dernier, dans la mine Servaci, un gisement de cuivre pyriteux et de malachite aurifères très-riches. Le minéral renfermait jusqu'à 2^k,5 d'or à la tonne. Le gisement consistait en lentilles placées irrégulièrement à la séparation des deux terrains.

Kiesberg. — La surface de séparation entre la bande isolée de micascistes et la masse calcaire adjacente renferme quelques gisements de minéral de fer hématite, dont le plus remarquable est celui connu sous le nom de Kiesberg, au point de jonction des deux masses de schistes et de calcaire avec la syénite, au sud du groupe qui nous occupe. C'est un amas enfoncé dans le calcaire; à une faible profondeur le minéral devient pyriteux, et se transforme plus bas en pyrite magnétique.

2^e PARTIE MÉDIANE DU DISTRICT.

Groupe de Koschovitz et d'Elisabetha (fig. 3, Pl. VIII).

A une petite distance vers l'ouest des affleurements de la syénite et au nord du village d'Oravicza, se trouve un groupe remarquable enfermé dans les micascistes, et composé d'une masse calcaire contre laquelle viennent s'appuyer deux massifs de gangue formés, l'un de grenat,

l'autre de la gangue connue sous le nom de Rochuser Gangart.

Le calcaire forme la partie sud du groupe et renferme les minerais aurifères d'Elisabetha. Il est très-fragile, se divise aisément en petits prismes, et est coloré en noir, probablement par des matières organiques.

Le grenat et la gangue de Rochus sont sans relations apparentes avec la syénite; mais on doit admettre qu'ils proviennent de l'action de cette roche sur un massif calcaire, formant avant l'éruption le prolongement du massif encore subsistant, et qu'il y a eu communication entre la masse de syénite et le bassin de Koschovitz par la surface, communication détruite par des érosions postérieures, ou que cette communication existe encore souterrainement sans avoir été reconnue. Quoi qu'il en soit, le grenat et la gangue de Rochus forment une sorte de cuvette allongée, et ne paraissent pas se continuer en profondeur; l'inclinaison des surfaces de contact est partout dirigée vers l'intérieur du bassin, et la grande galerie Joseph II, qui débouche dans Oravicza et forme le niveau inférieur des exploitations, est tout entière comprise dans les micascistes, bien qu'elle pénètre jusqu'en dessous du centre du bassin.

Enfin on doit citer encore comme faisant partie du groupe une petite masse de quartz compacte comprise à sa partie septentrionale dans le schiste micacé, et qui se prolonge jusqu'au grenat dans lequel elle pénètre. Cette masse de quartz est en relation avec le gisement métallique de Pierre et Paul.

Gisements du grenat.

Le grenat renferme deux gisements remarquables de minéral de cuivre.

Rochuser Zeche (fig. 3, Pl. VIII). — Le premier, connu sous le nom de Rochuser Zeche, consiste en un nid ou stock de cuivre pyriteux enfermé dans le grenat entre le niveau de

la galerie du comte (Grafenstollen) et celui de la galerie George. Il mesurait de 3 à 6 mètres de largeur sur 10 mètres de longueur et 25 mètres de hauteur verticale, et était séparé en deux parties par une plaque stérile de 60 centimètres d'épaisseur. La moyenne des minerais extraits renfermait 12 p. 100 de cuivre. Ce stock a été exploité de 1830 à 1840, et a rapporté des bénéfices considérables.

Pierre et Paul. — Le deuxième a donné lieu à l'exploitation de la mine Pierre et Paul; il consiste en un stock puissant d'un mélange de grenat et de quartz renfermant du cuivre pyriteux et du cuivre gris argentifère, qui s'étend sur une longueur variable de 20 à 40 mètres parallèlement à la surface de séparation du schiste et du grenat, et pénètre profondément dans la masse de grenat. Le quartz est à l'état de veinules très-nombreuses pénétrant le stock dans tous les sens; le grenat lui-même est très-divisé, et la masse se présente presque partout à l'état pulvérulent. Ce stock est connu depuis la surface jusqu'au niveau de la galerie George sur une hauteur de 80 mètres, et a été exploité sur presque toute cette hauteur. La teneur moyenne des minerais extraits est de 4 à 5 p. 100 de cuivre.

Helena. — Le grenat renferme encore, près du centre du bassin et à sa jonction avec les schistes, un gisement de cuivre pyriteux et de kupfernickel en mouches disséminées. Son importance n'a pas été reconnue.

Erasimuser Scheidung. — La surface de séparation entre le grenat et la gangue de Rochus renferme un gisement abondant de cuivre pyriteux, dont les minerais, exploités pendant longtemps et surtout au siècle dernier, renfermaient de 4 à 6 p. 100 de cuivre. Il avait la forme d'un stock très-aplati avec des renflements et des amincissements, et présentait une puissance moyenne de 0^m,60 sur une longueur de 50 mètres et davantage, et sur une hauteur de 200 mètres suivant l'inclinaison, à partir de la surface jusqu'en dessous de la galerie du comte. L'extrémité inférieure du

gîte n'a pas été reconnue, faute de moyens suffisants d'épuisement.

Gisements de la gangue de Rochus.

Puits Rochus. — Les gisements les plus remarquables, mais non les plus productifs du groupe de Koschowitz sont situés dans le milieu de la masse de gangue de Rochus, et se groupent autour du puits de ce nom.

Ils consistent en nids de cuivre pyriteux disséminés irrégulièrement dans la masse, généralement de forme allongée et terminés dans tous les sens.

Dans chaque nid pris séparément, le cuivre pyriteux imprègne la gangue sous forme de mouches de différentes grosseurs. Il est à remarquer du reste que la masse de gangue elle-même renferme dans presque toute son étendue des mouches de minerai, et que les nids exploitables doivent être considérés simplement comme un enrichissement par places de la roche. Cet état de choses a fait naître un moment l'idée, bientôt abandonnée d'ailleurs, d'exploiter la masse de gangue à ciel ouvert comme une immense carrière.

La teneur des minerais exploités est naturellement très-variable. Quelques gites ont donné des minerais riches; on peut citer notamment celui dit Faule Kluft, renfermant des minerais pulvérulents d'une teneur de 10 p. 100 de cuivre en moyenne; le gîte était caractérisé par la présence d'une faille traversant la gangue. Un nid de fortes dimensions, situé près du fond du puits et connu sous le nom de Flaschenkeller, a donné des minerais renfermant 2 à 5 p. 100 de cuivre en moyenne.

L'exploitation de ces gites a duré très-longtemps, et le nombre des nids de minerais exploités est assez considérable. On comprend d'ailleurs que la recherche tout à fait incertaine et sans règles de gisements de cette nature soit

dispendieuse; aussi le gisement, bien qu'abondant, ne peut-il être considéré comme productif.

Constantinus. — Des minerais de cuivre argentifère (cuivre pyriteux et cuivre gris) ont été exploités anciennement à la séparation de la gangue de Rochus et du massif calcaire adjacent dans la mine Constantinus. Ils étaient assez abondants. Le gisement consistait en coupures parallèles à la surface de contact et remplies inégalement d'un mélange de gangue, de calcaire spathique et de minerai. La teneur des minerais était en moyenne de 30 kilogrammes de cuivre et 500 grammes d'argent à la tonne. Le gisement a été poursuivi sur une longueur allant jusqu'à 80 mètres, et sur une hauteur de 150 mètres à partir du jour.

Gisement compris dans le calcaire.

Elisabetha. — Dans l'intérieur de la masse calcaire isolée qui forme le sud du groupe de Koschowitz et à peu de distance du grenat, se trouve un gisement aurifère dont la formation ne peut être rattachée qu'indirectement à l'éruption syénitique; elle est évidemment d'une date postérieure, et est due à un phénomène particulier de dépôt. Ce gisement consiste en une masse d'argile ou sable argileux jaunâtre et rougeâtre remplissant une profonde excavation du calcaire. La forme de cette excavation n'est pas parfaitement connue. Au niveau de la galerie Joseph II, la section horizontale en est triangulaire, avec une pointe aiguë dirigée vers le sud-ouest, et une deuxième pointe aiguë vers l'est. Les faces calcaires sont d'ailleurs à ce niveau inclinées vers le centre, ce qui fait prévoir la fermeture complète de l'excavation à 20 ou 30 mètres au-dessous du niveau de la galerie.

L'argile empâtant des grains de calcaire, de quartz et de pyrite n'est pas la seule matière qui remplit le gîte; il contient en outre, noyés au milieu de cette argile, des

rognons arrondis, quelquefois très-gros, surtout dans la partie inférieure, de calcaire et de grès micacé ou granite à grains fins arrachés évidemment aux formations voisines. Les blocs calcaires sont le plus souvent fortement imprégnés de pyrite de fer. Le sable argileux est imprégné, mais d'une manière très-inégale, de particules d'or très-fines. L'exploitation, qui a eu lieu à la façon des stockwerks, n'a pas de règles bien précises. On a observé toutefois que les minerais les plus riches se trouvent plus souvent autour des blocs de grès qu'autour des blocs calcaires, bien qu'on puisse aussi trouver du minerai riche dans le voisinage de ceux-ci, et que la présence de fer oligiste en particules fines dans une argile pure est un signe de richesse aurifère. L'exploitation ou du moins la reconnaissance ne peut marcher qu'avec attention et être accompagnée d'essais journaliers. Outre le minerai contenu dans l'argile, on a rencontré également plusieurs fois, autour des blocs de calcaire et de grès, des lits d'une gangue de feldspath et de quartz avec veines de calcaire imprégnés de pyrites de fer et de cuivre, et présentant de l'or natif en assez grande quantité sous la forme de fils perdus dans la masse. Ce genre de gisement a été assez abondant dans la partie supérieure du gîte. On trouve également, principalement dans la partie supérieure, du sulfure de bismuth et des arséniures de cobalt. La présence de ces minéraux est regardée comme un signe favorable pour la richesse en or.

Il s'en faut de beaucoup que toute la masse contenue dans ce gîte soit exploitable, et une grande partie peut être considérée comme stérile. Les recherches ont fait connaître que la partie riche se trouvait disposée suivant une ligne partant environ du coin sud-ouest supérieur de l'excavation, et se dirigeant vers le nord-est avec une faible inclinaison. La colonne aurifère est d'ailleurs assez étroite, eu égard aux dimensions du gîte. Elle ne pénètre pas au-dessous du niveau de la galerie Joseph II.

La teneur moyenne des minerais extraits dans ces dernières années est d'environ 3 millièmes d'or. Elle a été beaucoup plus élevée.

3^e PARTIE SUD DU DISTRICT.

Mines de Csiklova.

La bande de syénite venant de la Tilfa coupe la vallée d'Oravicza entre les deux étangs et se dirige vers le sud à travers le calcaire jurassique. Elle est, comme dans la partie nord, accompagnée de grenats et de calcaire quartzeux, et se divise, surtout à la hauteur du niveau de Csiklova, en un grand nombre de branches.

Groupe de Vadarna.

Au nord du village de Csiklova, la syénite détache vers l'ouest un massif calcaire allongé, compris entre les micaschistes à l'ouest et une bande de calcaire quartzeux à l'est. Le contact entre le calcaire et les terrains adjacents n'est pas partout immédiat. A 800 mètres du village de Csiklova notamment, en un point où la bande calcaire est assez resserrée, ce contact est occupé des deux côtés par une gangue spéciale renfermant les gisements de Vadarna. Ils se distinguent de tous les autres gisements du Banat par l'association du cuivre à l'arsenic et à l'argent. La masse est formée d'une pyrite arsenicale mélangée de cuivre pyriteux et de cuivre gris argentifère (Fahlerz). Ils se présentent sous la forme de colonnes à peu près verticales ou légèrement inclinées (70 degrés par rapport à la verticale) et d'une section horizontale de plusieurs mètres carrés.

Speis-Schacht et Baron-Schacht (fig. 4, Pl. VIII).— Deux de ces colonnes métalliques, celles du Baron-Schacht à l'est et du Speis-Schacht à l'ouest, se trouvent en face l'une de

l'autre aux deux parois opposées de la masse calcaire, réduite en ce point à 100 mètres d'épaisseur, et complètement transformée en marbre à gros grains.

La gangue a, dans les deux gîtes, une puissance de 6 à 10 mètres. Elle est, au Baronschacht, formée surtout de feldspath renfermant du grenat, du calcaire quartzeux et du calcaire spathique, et a une couleur générale blanchâtre. Au Speisschacht, c'est une masse où le grenat domine, avec un mélange de quartz et de calcaire cristallin, et qui a une couleur jaunâtre ou verdâtre.

Le minerai se trouve toujours entre le calcaire et la gangue; il pénètre quelquefois dans le calcaire; il est alors d'une plus grande richesse en cuivre, et renferme moins d'arsenic. La colonne métallique, bien que régulière dans son ensemble, lance sur les côtés de nombreux rejets ou veines latérales, d'une longueur variable. Ces colonnes sont d'ailleurs sujettes à des accidents de gisement particuliers qui produisent des rejets; la colonne métallique se trouve dans ce cas arrêtée subitement par une surface plane. Au Speisschacht, où l'on a rencontré trois ou quatre surfaces de rejets semblables, le gisement s'est continué par une veine étroite de pyrite arsenicale, qui, suivie avec persévérance, a conduit à retrouver la position et la suite de la colonne rejetée.

Au Baronschacht, la colonne métallique s'est trouvée trois fois rejetée par des coupures du même genre, mais sans veine conductrice.

Pour donner une idée de la richesse de ces gisements vraiment remarquables, je mentionnerai l'exploitation de la dernière partie continue de la colonne du Speisschacht, comprise entre deux coupures; l'une, située à 25 mètres, l'autre à 50 mètres au-dessous de la galerie Lobkovitz, exploitation qui a duré trois années (1859, 60 et 61).

La section moyenne peut être estimée de 16 à 20 mètres carrés; par mètre courant on abattait 45 tonnes de mine-

rais; sur toute la hauteur on a extrait 1126 tonnes d'un minerai contenant en moyenne à la tonne 71 kilogrammes de cuivre et 144 grammes d'argent.

La hauteur reconnue des colonnes métalliques à partir du jour, a été au Speisschacht de 190, et au Baronschacht de 150 mètres.

Theresia-Schacht. — Une troisième colonne métallique, analogue aux précédentes, celle du Theresia-Schacht, se trouve, comme celle du Baronschacht, à la séparation du calcaire cristallin et du calcaire quartzeux et à 520 mètres au Nord du Baronschacht, en suivant la ligne de contact.

Cette colonne s'est continuée sans interruption et sans coupures depuis le jour jusqu'à la profondeur de 110 mètres, où elle conserve encore sa puissance et sa richesse. A un niveau assez élevé, elle se divise en deux branches, dont l'une renferme des minerais pyriteux et arsenicaux analogues à ceux du Speisschacht, mais beaucoup moins chargés en arsenic, et l'autre, des minerais arsenicaux oxydés. La colonne principale, qui est la première, avait environ 1 mètre carré de section seulement, mais renfermait des minerais riches qui n'ont jamais contenu moins de 8 p. 100 de cuivre, et dont la teneur moyenne en argent variait de 150 à 600 grammes à la tonne.

Kupferschächte. — Outre ces trois colonnes métalliques, il existe encore entre le Baronschacht et le Theresiaschacht, le long de la même surface de séparation, des colonnes moins importantes de minerais cuivreux et peu arsenicaux, qui portent le nom de Kupferschächte, et qui ont été anciennement exploitées.

Rosalia-Valentinus. — La surface de séparation entre la masse du calcaire quartzeux et la syénite est signalée aussi par deux gisements puissants de pyrite arsenicale pauvre en cuivre, mais argentifère (150 à 250 grammes) (mines Rosalia et Valentinus), compris dans une gangue chargée de grenat.

Sancta-Maria. — Au sud-est des gîtes précédents se trouve encore, à 200 mètres au nord du ruisseau de Csiklova, dans la mine de Santa-Maria, à la surface de séparation de la syénite et d'une masse calcaire isolée, une colonne de cuivre pyriteux, peu arsenical et non argentifère, exploitée jusqu'à une profondeur de 50 mètres au-dessous du jour. Ce gîte paraît avoir été abondant, et la teneur en cuivre des minerais était de 6 à 8 p. 100.

Groupe de Témès.

Au sud du ruisseau de Csiklova, dans la partie du bassin où le calcaire jurassique se trouve le plus divisé par les branches détachées de la grande masse de syénite, existent des gisements cuivreux qui se distinguent surtout par l'absence presque complète de gangue. Ils forment le groupe de Témès.

Aux surfaces de séparation de la deuxième branche de syénite à partir de l'ouest et des îlots calcaires adjacents, se trouve un gisement de cuivre pyriteux consistant en veines intercalées entre la syénite et le calcaire.

Ce minerai pénètre par places dans le calcaire, où il forme alors des sortes de boules ou de culs de sac de minerai compact, de plusieurs pieds d'épaisseur.

La branche de syénite dont il s'agit, se partage en deux rameaux qui renferment entre eux une langue de calcaire d'environ 10 mètres de puissance. Les veines métalliques existent tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre des quatre surfaces de contact. Le minerai forme généralement des lentilles allongées de cuivre pyriteux mélangé de quartz, d'épaisseur variable depuis 7 jusqu'à 60 centimètres; d'une longueur variant jusqu'à 15 mètres, et d'une hauteur de 6 mètres au plus, séparées les unes des autres par des rétrécissements et des parties stériles. La teneur des mine-

rais extraits varie, aux surfaces de contact, de 3 à 5 p. 100 de cuivre, et dans le calcaire de 5 à 12 p. 100.

Dreifaltigkeit-Ferdinand. — Je dois mentionner, dans la même région, un gisement particulier de minerais ocreux et plombeux, contenant jusqu'à 20 kilogrammes de cuivre et de 15 à 200 grammes d'argent à la tonne (mines *Dreifaltigkeit* et *Ferdinand*). Il consiste en colonnes verticales de quelques pieds carrés de section renfermées dans le calcaire. Leur position ne paraît soumise à aucune loi de régularité.

Un autre gisement, exploité anciennement dans le champ *Dreifaltigkeit*, consiste en veines de cuivre pyriteux pur, associées à un mince filon de quartz traversant le calcaire à partir de la syénite, et transversalement à la direction générale de celle-ci. La veine de cuivre paraît suivre le quartz sur une assez grande étendue en longueur et en hauteur.

Procopi-Kaiserschacht-Sigismond. — Vers la pointe sud de la masse de syénite de la Témès, on connaît encore quelques gisements de minerais oxydés plombeux et argentifères riches. Ils sont compris dans le calcaire à une certaine distance de la syénite, et consistent en colonnes allongées et un peu inclinées. Ils ont été exploités anciennement par les puits *Kaiserschacht*, *Procopischacht*, *Sigismondschacht*, et ne sont pas épuisés.

SZASZKA (*fig. 3, Pl. VI.*)

Observations générales.

Après une interruption de 6 kilomètres environ au sud d'Illyria, la syénite reparait sur la rive droite de la Néra, puis s'étend vers le sud en une bande relativement mince, coupant le calcaire jurassique à quelques centaines de mètres de sa limite, à travers les villages de Roman-Szaszka, Deutsch-Szaszka, Mariaschnee et Kohldorf, sur une longueur

de 9 à 10 kilomètres. Cette bande est très-étroite dans sa partie septentrionale, où sa largeur varie de 100 mètres à 400 mètres; un peu au sud du village de Deutsch-Szaszka, elle s'épanouit et atteint à la hauteur de Mariaschnee une puissance totale au jour de 1,000 mètres à 1,200 mètres, pour aller ensuite se terminer en pointe un peu au sud de Kohldorf.

Cette bande de syénite présente la particularité remarquable de ne pas sortir verticalement des profondeurs du sol; elle a une inclinaison générale de 30 à 40 degrés sur la verticale, montant de l'ouest vers l'est (*fig. 1, Pl. IX.*)

Le calcaire ne présente ici qu'une seule espèce de métamorphisme, la transformation en calcaire cristallin. Encore cette action n'a-t-elle pas eu l'énergie qu'elle présente à Dognacska et à Oravicza. Le terrain sédimentaire n'est transformé que sur une épaisseur peu considérable, et à peu de distance de la syénite, il reprend son caractère et son aspect normal.

Le contact entre la syénite et le calcaire n'est pas non plus toujours signalé par la présence de la gangue; il est souvent immédiat, et on connaît quelques gisements dans la syénite même; la gangue existe toutefois sur une grande partie du contact, et généralement il n'y a pas de gisements de minerais sans gangue.

Cette gangue est d'ailleurs, comme dans les autres districts, un mélange de grenat, de quartz, de feldspath, de calcaire et d'amphibole, où le premier minéral domine.

Quant aux gîtes métalliques, ils se partagent, d'après la nature des minerais et leur mode de gisement, en deux groupes assez distincts. Dans le groupe nord, qui comprend toute la partie où la bande de syénite est resserrée, depuis la Néra jusqu'à une petite distance au sud du village de Deutsch-Szaszka, les minerais sont formés d'espèces cuivreuses riches, et compris dans une gangue assez abondante en trémolite; dans le groupe sud, qui comprend

toute la partie où la syénite prend une grande largeur, les minerais de cuivre sont toujours pauvres et unis à une grande quantité de fer, soit oxydé, soit sulfuré, et la gangue est presque exclusivement grenatifère, à l'exclusion de la trémolite.

Groupe nord.

Vorgebirg.

A la hauteur du village de Roman-Szaszka, dans un renflement de la syénite, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 330 mètres, les deux surfaces de contact sont occupées par une gangue assez puissante, renfermant des nids et des colonnes de minerai. On y rencontre du cuivre pyriteux, du cuivre panaché et du cuivre sulfuré, ce dernier en faible proportion. Ces minerais sont argentifères. Ils forment principalement des rognons de dimensions variables, disséminés irrégulièrement dans la gangue. Dans chaque gros rognon, le minéral cuivreux est lui-même disséminé sous forme de mouches souvent très-fines.

Sur le contact est, on a exploité anciennement plusieurs mines, dont les principales portent les noms de Maria-Anna et Sveti Thomas.

Des gisements analogues ont été reconnus et exploités aussi jusqu'à une assez grande profondeur sur le contact ouest (Fünf-Anton, Nicolaï); les minerais extraits avaient une teneur moyenne de 3 p. 100 de cuivre.

Mittelgebirg.

Entre Roman-Szaszka et Deutsch-Szaszka, la bande de syénite subit un étranglement considérable, puis elle s'épanouit de nouveau dans la vallée de D. Szaszka, où elle prend une puissance de 400 mètres. Cette partie renferme aussi des gisements de minerais de cuivre anciennement exploités. Comme dans le renflement précédent, la syénite est séparée

du calcaire, sur les deux contacts, par une masse de gangue de grenat et de trémolite, dans laquelle se trouvent les minerais sous forme de nids ou rognons disséminés.

Les gisements du contact ouest ont été de beaucoup les plus importants (Anastasia, Philippi, Jacob, Lobkowitz). Ils ont été exploités pendant de longues années dans le siècle dernier, et ont dû être abandonnés en 1793, à cause des difficultés de l'épuisement, et après qu'on eût pénétré par puits à 40 mètres au-dessous du niveau de la vallée. Les minerais étaient d'une richesse de 4 p. 100 au moins en moyenne. Ils se composaient de cuivre pyriteux, de cuivre panaché et de cuivre sulfuré.

A la partie supérieure du village de Deutsch-Szaszka, la syénite subit un deuxième étranglement. Au point où elle s'épanouit de nouveau pour former le commencement du Hochgebirg, se trouve l'importante mine du chevalier Saint-Georges, actuellement en exploitation.

Ritter Saint-George (fig. 2, Pl. IX). — Le gisement consiste, comme les précédents, en une masse de gangue métallifère formant séparation entre la syénite et le calcaire. Cette gangue, très-dure, est composée surtout de grenat, et renferme, en outre, de la trémolite généralement cristalline, du quartz et du calcaire. Le grenat est presque toujours compacte, de couleur rougeâtre ou verdâtre, et se présente rarement en cristaux. La masse de gangue contient accessoirement par places une sorte de brèche, dont le liant est une argile assez réfractaire. Cette brèche est en relation avec quelques-uns des gîtes métalliques.

Dans cette masse métallifère se trouvent dispersés des nids de minerais de dimensions variables et qui atteignent plusieurs mètres en hauteur et en longueur, et jusqu'à 2 et même 4 mètres, suivant l'épaisseur. Ces nids sont souvent placés près les uns des autres, communiquant entre eux par des veines métalliques, de façon à former de véritables colonnes, généralement disposées suivant l'incli-

naison. Il arrive aussi fréquemment que deux colonnes voisines communiquent entre elles par des nids intermédiaires.

Dans chaque nid pris séparément, le minerai se trouve disséminé en rognons ou mouches dans la gangue, surtout dans la trémolite, à l'état de cuivre pyriteux, cuivre panaché et cuivre sulfuré; comme accident, on peut citer en outre la présence du molybdène sulfuré.

Il est à remarquer que c'est surtout dans les cavités du calcaire, ou plutôt dans les parties où la syénite et la gangue se renflent aux dépens du calcaire, que se trouve la grande richesse en minerai.

La longueur sur laquelle les minerais sont reconnus le long de ce contact est à peu près de 150 mètres en ligne droite; mais la longueur réelle est beaucoup plus considérable, et presque le double en raison des nombreuses courbures de la surface calcaire. Sur cette étendue sont disséminés un assez grand nombre de nids ou colonnes de minerais. Au niveau du Ritter Saint-George-Zubau, par exemple, on en connaît onze, dont les dimensions moyennes horizontales sont au moins de 4 mètres en longueur et de 1^m,20 en épaisseur, et dont par suite la section horizontale totale est de 50 mètres quarrés. La teneur moyenne de la masse minérale comprise dans ces colonnes de minerais, est de 4 à 5 p. 100 de cuivre.

La mine du chevalier Saint-George est exploitée depuis la fin du siècle dernier, et les travaux ont pénétré en profondeur jusqu'à 70 mètres en dessous de la galerie inférieure alors existante (Ritter Saint-George-Zubau). Le puits d'épuisement, où est installée une machine à colonne d'eau, pénètre jusqu'à 99 mètres en dessous de la même galerie.

Afin de rendre possible l'exploitation dans les niveaux inférieurs, on a commencé vers 1842 le percement de la galerie inférieure de Mühlthal à 56 mètres en dessous de la galerie inférieure du chevalier Saint-George. Il a été terminé en 1866.

Groupe sud.

Hochgebirg.

Dans tout le groupe nord, la syénite forme simplement une bande allongée entre deux parois calcaires, et il n'existe que deux surfaces de contact, l'une à l'est, l'autre à l'ouest. Dans le groupe sud au contraire, la masse de syénite, qui a une largeur beaucoup plus considérable, est traversée à la surface par des masses calcaires allongées, complètement isolées au milieu de la syénite, ou se rattachant par une de leurs extrémités aux massifs calcaires adjacents, surtout au grand massif est; en sorte que chaque section du bassin de l'ouest à l'est renferme quatre contacts et souvent un plus grand nombre.

Ces flots ou péninsules calcaires ne forment pas de simples bassins ou cuvettes à surface inférieure arrondie, reposant sur la masse syénitique; leurs parois latérales sont à peu près parallèles entre elles et avec les parois des massifs qui encaissent la syénite, c'est-à-dire inclinées vers l'ouest. Ils plongent dans la masse éruptive à des profondeurs probablement assez considérables.

Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les gisements du groupe sud ont pour principal caractère une gangue formée surtout de grenat, et le mélange des espèces cuivreuses avec une grande quantité de fer, soit oxydé, soit sulfuré.

Les gisements situés autour des flots calcaires sont généralement formés de fer oxydé et d'argile renfermant du cuivre oxydé, en proportion faible, rarement supérieure à 2 p. 100. Par accident, ces minerais ont quelquefois contenu 15 et jusqu'à 35 p. 100 de cuivre.

En beaucoup de points, surtout dans la partie est de la masse syénitique, la teneur en cuivre s'est réduite à 1/2, 3/4, 1 p. 100, tandis que la teneur en fer a permis de

considérer ces minerais comme des minerais de fer ; c'est avec eux qu'on a alimenté le haut fourneau de Szaszka. Ce genre de gisements est très-abondant. Il est d'ailleurs à noter, et il peut être posé en règle, que la teneur en cuivre va généralement en diminuant de l'ouest vers l'est.

Les minerais oxydés sont surtout abondants dans les fentes et cavités présentées par de calcaire, et c'est là qu'ils sont même le plus riches en cuivre.

Ces oxydes paraissent d'ailleurs n'être que le produit de la décomposition de pyrites. Beaucoup de gisements, qui à la surface présentent des minerais oxydés, sont composés dans la partie inférieure de pyrites de fer plus ou moins cuivreuses.

Tous ces gisements ont été depuis plus d'un siècle l'objet d'exploitations qui ont commencé par la surface, et se sont peu à peu approfondies, mais n'ont jamais pénétré à une grande profondeur, à moins de circonstances particulières, rendant plus facile le percement de galeries d'écoulement. La masse de minerais exploitée est cependant très-considérable ; on ne peut estimer à moins de 3500 tonnes de cuivre et 175000 tonnes de minerais la masse enlevée ; aussi la surface de ce haut plateau apparaît-elle fouillée en tous sens et criblée d'excavations.

Le mode d'exploitation consiste aujourd'hui, et a sans doute consisté pendant longtemps dans un grapillage (Raubbau). Les ouvriers abandonnés à eux-mêmes et auxquels le propriétaire se contente d'acheter le minerai extrait à leurs risques et périls, creusent un puits de quelques mètres dans l'endroit où ils pensent, d'après leur propre expérience ou celle de leurs prédécesseurs, devoir rencontrer du minerai, puis ils partent de ce puits pour exploiter par de courtes galeries le minerai avoisinant ; lorsqu'ils croient le gîte épuisé, ou pensent travailler ailleurs avec plus d'avantage, ils abandonnent ces travaux, qui tombent bientôt en ruine, pour aller recommencer ail-

leurs. Le rôle du propriétaire se borne à l'achat du minerai et aussi au percement des galeries principales d'avenir (épuisement, aérage et grande reconnaissance), dont l'établissement serait au-dessus des moyens des ouvriers isolés.

Une particularité de cette exploitation consiste en ceci, qu'un point déjà exploité et abandonné comme trop pauvre en cuivre par un mineur, est souvent, au bout de quelques années, repris avec succès par le même ou par un autre ouvrier, et cela à plusieurs reprises différentes. Il se passerait là, au dire des ingénieurs du pays, une concentration naturelle des minerais, par suite du lavage de ces masses sableuses par les eaux pluviales. L'explication est difficile à admettre, mais le fait existe.

Parmi les gisements de ce groupe, je citerai, comme les plus remarquables, les suivants :

1° A côté du chevalier Saint-George, le gisement de minerais cuivreux, oxydés à la surface et pyriteux dans la profondeur, d'Erscheinungchristi.

2° A l'est du chevalier Saint-George, sur un flot calcaire près du contact est, Spiridon, gisement de pyrite de fer très-peu cuivreuse, employée à l'usine comme addition (zuschlag).

3° Plus loin vers l'est, sur un autre flot calcaire, les minerais de fer de la mine Sabina.

Un peu plus au sud, à 5 et 600 mètres du chevalier Saint-George :

4° Saint-Istvan, gisement abondant de minerais de fer assez riches.

5° Eleonora, minerais cuivreux oxydés à la surface et pyriteux dans la profondeur, en exploitation.

Plus au sud, vers le centre de la masse syénitique et groupés autour du village de Mariaschnee :

6° Sur le contact ouest, dans une excavation de la surface calcaire, Joé Verdié, gisement de minerais cuivreux, oxydés à la surface et pyriteux dans la profondeur. Ces

derniers forment un stock de 4 à 6 mètres de diamètre ; la pyrite renferme environ 1 p. 100 de cuivre.

7° Au delà du grand contact ouest, dans une masse de gangue entièrement entourée de calcaire, mais en relation évidente avec la syénite, existe le gisement important de minerais oxydés de Samuel (*fig. 3, Pl. IX*). A une quinzaine de mètres de profondeur, les minerais oxydés sont remplacés par une masse allongée de minerais pyriteux très-tendres, de 8 à 10 mètres de puissance, reconnue sur une grande longueur. Ces minerais ne renferment que 1/2 p. 100 de cuivre et 10 p. 100 de pyrite ; le reste est argile, grenat ou quartz.

Les minerais oxydés de Samuel présentent la particularité d'être faiblement argentifères.

8° Maria Radna, correspondant à plusieurs îlots calcaires, gisement abondant de minerais oxydés cuivreux en exploitation.

9° Rex Regiüs, sur le contact ouest, au sud de Mariaschnee, dans une excavation du calcaire ; minerais oxydés cuivreux et minerais de fer à la surface ; dans la profondeur stock de pyrite de 30 mètres de longueur sur une puissance allant jusqu'à 5 mètres. Cette pyrite renferme dans son ensemble 1 p. 100 de cuivre, et en outre des rognons assez purs de cuivre pyriteux.

10° Dans le voisinage, ont été exploités autrefois, par la galerie Fortunatus, des minerais oxydés, très-riches en cuivre, d'une teneur de 4 à 24 p. 100. Ce gisement se trouve sur une presque île calcaire en face et à l'est de la mine précédente.

11° Rafaël. Gisement anciennement exploité de galène argentifère, sur le grand contact Est ; il est épuisé. Dans le voisinage, on exploite encore aujourd'hui des minerais oxydés cuivreux.

MOLDOVA (*fig. 4, Pl. VI*).

Considérations générales.

Au sud du village de Kchldorf, la syénite disparaît sur une longueur de 5 kilomètres, puis reparaît de nouveau à la surface du sol, à la hauteur et à l'ouest de Karlsdorf. A partir de ce point jusqu'en dessous de Neu-Moldova, elle forme une ligne dirigée à peu près nord-sud, mais non continue. On compte sur cette longueur, qui n'est pas moindre de 10 kilomètres, cinq masses principales de syénite, allongées dans le sens de la direction générale, et séparées par des intervalles généralement faibles.

Toutes ces masses de syénite traversent le calcaire jurassique à très-peu de distance de sa lisière ouest ; trois d'entre elles, à savoir les deux masses situées le plus au nord, et la grande masse du Florimunder et du Benedicter Gebirg, touchent les micaschistes sur une partie de leur étendue, sans cependant y pénétrer.

Les métamorphismes produits sur les terrains encaissants sont analogues à ceux observés dans les districts précédents. Le calcaire est partout au contact de la syénite transformé en calcaire cristallin blanc (marbre) sur une épaisseur variable, généralement d'une vingtaine de mètres. En outre on observe en plusieurs points, soit dans le calcaire, soit à son contact avec la syénite, soit dans la syénite même, soit enfin dans les micaschistes la présence de masses et de veines de quartz amorphe, quelquefois d'un gros volume, dont la formation doit probablement être attribuée à la réaction de la syénite sur les micaschistes.

Le contact entre la syénite et le calcaire est assez souvent immédiat ; souvent aussi il est signalé par l'existence entre les deux roches d'une gangue généralement quartzeuse et alumineuse, quelquefois chargée de calcaire cristallin et renfermant fréquemment du grenat.

Ce dernier minéral n'a été trouvé en cristaux que dans un seul point : la mine Wilhelmine du Lilescher Gebirg.

Les gisements métalliques de Moldova se distinguent de ceux des autres districts par l'énorme quantité de pyrites de fer qu'ils renferment. Ce minéral forme en quelque sorte une partie constituante de la gangue, qui en contient presque toujours quelques centièmes. C'est tantôt une pyrite magnétique, tantôt et plus souvent une pyrite martiale; ces deux espèces se trouvent d'ailleurs généralement ensemble, et mélangées de pyrite cuivreuse. Cette pyrite, disséminée dans la masse de gangue, se concentre à ses contacts avec le calcaire ou avec la syénite, de manière à y former des amas très-abondants de pyrite presque pure.

A la surface, la pyrite a été décomposée jusqu'à une certaine profondeur et a donné lieu à la formation de gisements cuivreux oxydés. Ces gisements, tant pyriteux qu'oxydés, surtout ces derniers à cause de leur position, ont été depuis plus d'un siècle l'objet d'une exploitation active, malgré la pauvreté des minerais dont la teneur dépasse rarement 2 p. 100 de cuivre, et une immense quantité de halles, couvrant les pentes des montagnes, accuse une extraction considérable. Depuis l'année 1773 jusqu'en 1853, il a été extrait une quantité de cuivre montant à 6.500 tonnes. Néanmoins on peut dire que la surface seule des gisements est entamée jusqu'à une profondeur de 30 à 40 mètres au plus. Il reste surtout aujourd'hui des minerais pyriteux dont il est plus difficile de tirer parti comme minerais de cuivre, mais qui présentent d'un autre côté l'avantage de pouvoir être employés en même temps pour la fabrication de l'acide sulfurique, ce qui accroît leur valeur.

Il est à noter que les gisements oxydés se présentent surtout en grande abondance et pénètrent à une plus grande profondeur au contact entre la gangue et le calcaire, tandis que dans les gisements situés sur le contact entre la

gangue et la syénite, la pyrite apparaît à peu de distance du jour.

La galène argentifère et le cuivre gris argentifère forment quelques gisements exceptionnels peu abondants, compris tantôt dans le calcaire, tantôt dans la gangue.

Les gisements de Moldova peuvent se diviser en deux groupes, nord et sud, différant entre eux beaucoup moins par la nature des gîtes que par leur importance, le groupe sud étant de beaucoup celui qui renferme les masses métalliques les plus considérables.

Groupe nord.

Aucune exploitation n'existe plus aujourd'hui dans le groupe nord, qui renferme les trois masses de syénite septentrionales. Ces trois masses, surtout les deux premières, qui sont en contact d'un côté avec les micaschistes, et qui forment le Besediner Gebirg, présentent peu de gangue au contact avec le calcaire. On y a toutefois reconnu et exploité anciennement à la surface quelques gisements de minerais oxydés.

La troisième masse de syénite, dont les dimensions sont beaucoup plus considérables, présente à sa partie nord, qui constitue l'Almascher Gebirg, une masse de gangue assez développée dans laquelle on connaît un gisement pyriteux important, analogue à celui du Florimunder Gebirg que nous étudierons plus loin.

Sur toute la longueur de ce groupe, on connaît en différents points un certain nombre de fissures ou failles irrégulières et de dimensions variables, traversant le calcaire dans le voisinage de la syénite et renfermant de la galène peu argentifère; ces gisements ont été anciennement exploités; ils se terminaient en coin dans la profondeur.

Groupe sud.

La masse de syénite qui vient immédiatement à la suite du groupe précédent a une longueur considérable, près de 4.000 mètres, et sur toute cette étendue, sauf à la pointe nord qui constitue l'Andraer Gebirg, elle est caractérisée par l'abondance de la gangue, dont la puissance à la surface va, en certains points, jusqu'à 200 mètres.

Andraer Gebirg.

L'Andraer Gebirg lui-même, bien qu'il renferme relativement peu de gangue, contient cependant quelques gisements de minerais oxydés cuivreux assez importants, qui ont été, il y a quelques années, un objet d'exploitation, et pour la poursuite desquels a été commencée une galerie latérale partant de la grande galerie Florimund.

Krenitschan. — Un gisement remarquable de galène et de cuivre gris argentifère est connu et était encore exploité il y a peu de temps dans la mine de Krenitschan, à une faible distance au nord de la masse de syénite.

La syénite est en ce point séparée du calcaire par une épaisseur assez considérable de gangue, à laquelle correspondent quelques gisements de minerais oxydés connus au jour. Dans le voisinage de la gangue, et sur une vingtaine de mètres d'épaisseur, le calcaire est métamorphosé et transformé en marbre blanc à gros grains. Il reprend plus loin sa structure ordinaire et sa couleur grise ou bleu foncé. Le marbre blanc est séparé du calcaire bleu par une surface nette comme une surface de glissement.

A partir de cette surface de séparation, des fissures au nombre de trois, peu inclinées sur l'horizontale, à peu près parallèles et situées à peu d'intervalle l'une de l'autre, pénètrent dans le marbre jusqu'à une distance de 2 à 4 mètres. Ces fissures renferment un mélange de cuivre gris et

de galène argentifères, dont la teneur, y compris la gangue, est en moyenne de 120 kilogrammes de cuivre et de 1.590 grammes d'argent à la tonne. Ce gisement a été l'objet d'une exploitation assez suivie pendant plusieurs années. La longueur suivant laquelle les veines sont connues est de 84 mètres pour chacune. Le minerai existe sur les deux tiers environ de cette longueur.

L'exploitation de ces veines est assez dispendieuse à cause de la dureté du calcaire, mais elle est assez largement couverte par le haut prix du minerai.

Florimunder-Gebirg (*fig. 4, Pl. IX*).

Au sud de l'Andraer-Gebirg, la masse de syénite arrive, à travers le calcaire, jusqu'au contact des micaschistes, puis elle se dirige vers l'est, de nouveau à travers le calcaire, sur une longueur de 800 mètres environ pour reprendre ensuite la direction N. S. La partie orientée vers l'est constitue le Florimunder-Gebirg.

A l'ouest de ce district, on connaît sur les deux contacts de la syénite avec le calcaire des gisements de minerais cuivreux oxydés; mais les plus importants se trouvent dans la région est, où commence l'énorme masse de gangue dont nous avons parlé ci-dessus.

La surface de séparation entre la syénite ou la gangue et la bande étroite de calcaire qui les sépare des micaschistes est à peu près verticale, surtout dans la profondeur. La surface de séparation du grand massif calcaire situé au nord et à l'est est au contraire, à partir du sol, fortement inclinée sur l'horizontale jusqu'en dessous du niveau de la grande galerie Florimond, à une profondeur de 100 mètres au-dessous du jour. Cette surface se relève ensuite vers l'ouest et le sud-ouest pour replonger verticalement à une distance d'environ 60 à 70 mètres de la bande calcaire ouest. La syénite, émergée entre les deux parois calcaires, s'est

étalée à la surface du côté du nord et de l'est, de façon à y recouvrir le calcaire. La réaction des deux roches y a d'ailleurs donné naissance à une masse considérable de gangue quartzreuse, alumineuse et pyriteuse, dont l'épaisseur va jusqu'à 100 mètres au-dessus de l'espèce de cuvette formée par le calcaire.

Cette masse de gangue renferme, près de la surface, des gisements abondants de minerais oxydés cuivreux qui ont été exploités à plusieurs niveaux sur les deux contacts, et jusqu'à plus de 50 mètres de distance de la surface du sol. Ils se trouvent tantôt près du calcaire, tantôt près de la syénite; on a même exploité des gisements compris dans des veines de gangue presque isolées au milieu de la syénite.

Les minerais oxydés extraits renfermaient en moyenne 2 p. 100 de cuivre dans les dernières années; la teneur a été généralement plus élevée près de la surface, et a diminué dans la profondeur. L'exploitation en est assez dispendieuse, à cause des nombreux travaux de recherche à exécuter avant de tomber sur une partie du gisement suffisamment riche.

Ces gîtes de minerais oxydés ne sont d'ailleurs que la tête d'un gisement considérable de pyrite reconnu par la grande galerie Florimond, et qui les relie tous entre eux. Sur une grande étendue en dessous de la syénite, la pyrite de la gangue s'est concentrée, et entre dans sa composition pour une proportion qui varie de 25 à 40 p. 100; on y trouve même quelques masses de pyrite presque pures. Cette pyrite est mélangée inégalement de pyrite cuivreuse; quelques parties renferment jusqu'à 3 p. 100 de cuivre, tandis que la masse entière n'a qu'une teneur de 50 p. 100 de pyrite et de $\frac{3}{4}$ p. 100 de cuivre.

La masse pyriteuse a une forme très-irrégulière. Elle est connue, à la hauteur de la galerie Florimond, sur une longueur de 120 mètres et une largeur moyenne de 50 mètres, par conséquent avec une section horizontale de 6.000 mè-

tres carrés. Cette section subsiste et s'accroît même probablement jusqu'à une hauteur de 10 mètres au-dessus de la galerie, pour aller ensuite en diminuant à la rencontre des minerais oxydés de la surface. Au-dessous de la galerie, la section paraît diminuer, et selon toute probabilité, la masse disparaît à une profondeur de 20 à 30 mètres. Son volume peut être en tous cas admis comme étant au minimum de 100.000 mètres cubes, ce qui correspondrait, vu la composition citée plus haut, à l'énorme quantité de 100.000 tonnes de pyrite pure.

Dans l'état où ce minerai existe dans la mine, il ne serait possible de tirer parti que d'une très-faible portion du gisement, celle où la pyrite cuivreuse se trouve en forte proportion, de manière à constituer des minerais à 2 ou 3 p. 100 de cuivre au moins. On a donc dû chercher à rendre la masse utilisable en l'enrichissant par un lavage. Cette masse est en effet très-friable; elle se réduit très-aisément en poudre, et les matières mélangées à la pyrite, le quartz et l'argile, ont une densité assez différente de celle de ce minéral pour que la séparation soit possible par des procédés très-simples et une opération peu coûteuse. Des essais dirigés dans ce sens ont donné des résultats favorables. On obtient par le lavage une pyrite menue renfermant de 75 à 80 p. 100 de pyrite pure et 1,5 p. 100 de cuivre; les parties du stock plus riches en cuivre donnent par le lavage une pyrite renfermant jusqu'à 5 p. 100 de métal. Ces pyrites menues sont utilisables dans les fours à griller de la fabrique d'acide sulfurique, après qu'elles ont été transformées en briquettes par la compression.

La pyrite magnétique est mélangée à la pyrite martiale, dans l'amas de Florimond, dans la proportion de 15 environ sur 100 de pyrite pure; elle est surtout abondante dans les parties plus riches en cuivre et peut servir d'indice pour leur recherche.

Lilescher-Gebirg.

A partir du Florimunder-Gebirg, l'affleurement de la syénite et de la gangue est marqué par un très-grand nombre d'anciennes exploitations faites sur des minerais cuivreux oxydés, tantôt sur le contact de la gangue avec le calcaire, tantôt sur son contact avec la syénite, et surtout du côté de l'ouest par rapport à la masse de syénite centrale. Dans la profondeur, les gisements pyriteux restent intacts et pourront être exploités, mais dans un avenir très-lointain, par la continuation des deux grandes galeries Floimond au nord et Souwarow au sud.

Benedikter-Gebirg (fig. 5, Pl. IX).

La mine d'où s'extrait actuellement presque toute la pyrite, surtout la pyrite en roche utilisée par la fabrique d'acide sulfurique de Moldova, est renfermée dans le Benedikter-Gebirg, au sud du précédent et au nord de la vallée « *Deutschesthal*. » L'exploitation a lieu par deux galeries superposées à 22 mètres de distance l'une de l'autre, dites *Souwarow Oberbau* et *Souwarow Zubau Stollen*.

L'espace compris entre la syénite et la masse calcaire ouest, espace qui est ici de plus de 20 mètres, est rempli par une gangue quartzreuse, alumineuse et grenatifère, laquelle se charge de calcaire au voisinage de la masse calcaire, et est partout imprégnée de pyrite de fer, mélangée d'un peu de cuivre pyriteux. L'abondance de la pyrite va en augmentant depuis le calcaire, où la masse n'en renferme que 2 à 3 p. 100 jusqu'à la syénite, où la proportion est au moins de 10 p. 100.

Presque partout, d'ailleurs, la gangue est très-enrichie le long de la syénite, et y forme des masses de dimensions variables, où la pyrite est presque pure ou du moins assez condensée pour pouvoir être exploitée. Ces masses

sont tantôt tendres à l'abatage, lorsqu'elles sont chargées en argile et en pyrite magnétique, tantôt dures, quand elles sont chargées en quartz et en pyrite martiale.

Le long de la galerie inférieure de Souwarow qui longe le contact entre la syénite et la gangue sur une longueur de 400 mètres, on a rencontré ces masses de pyrite sur les trois quarts environ de la longueur. Leur puissance est très-variable; elle va en quelques points jusqu'à plusieurs mètres. En moyenne, la richesse en pyrite pure peut être évaluée à 1 mètre de puissance sur la longueur de 500 mètres, soit une section horizontale de 500 mètres carrés.

Le long de la galerie supérieure de Souwarow, à 22 mètres au-dessus de la précédente, on connaît, soit comme existant encore, soit comme ayant été exploitée, une longueur d'environ 200 mètres avec une puissance moyenne de bonne pyrite supérieure à 1 mètre, c'est-à-dire une section horizontale d'au moins 200 mètres carrés. Si l'on admet ce dernier chiffre pour la section horizontale à tous les niveaux du gisement jusqu'à l'aplomb de l'extrémité du Souwarow Zubau, on aura comme contenance par mètre de hauteur une masse de 200 mètres cubes, soit 800 tonnes de bonne pyrite renfermant au moins 75 p. 100 de minéral pur.

La gangue pyriteuse pénètre quelquefois profondément dans la syénite, comme cela s'est présenté dans la partie du gisement où est l'exploitation dite de Saint-Jean-Évangéliste. Dans ce cas, la gangue est généralement très-riche en pyrite.

La pyrite exploitée renferme une certaine proportion de pyrite magnétique qui peut aller jusqu'à 25 p. 100. Elle est autant que possible séparée par triage. On produit, outre la pyrite en morceaux, environ 25 p. 100 de pyrite menue qui, à la fabrique, est façonnée en briquettes, après qu'on l'a arrosée de sulfate de fer ou d'acide sulfurique.

La pyrite de fer à acide renferme toujours à l'état de

mouches de cuivre pyriteux une certaine proportion de cuivre, qui est de 0,8 p. 100 en moyenne. On en sépare autant que possible par triage les morceaux plus riches en cuivre et qui peuvent être traités séparément.

La pyrite est d'ailleurs associée dans les gisements à du cuivre pyriteux en masses plus ou moins considérables, renfermé surtout dans la gangue riche en pyrite magnétique. Ce minerai de cuivre est extrait en même temps que la pyrite elle-même. Sa teneur en métal est variable, et peut aller jusqu'à 3,5 p. 100.

Bleiberger-Gebirg.

Au sud du Beneditker-Gebirg, et à l'extrémité de la grande masse de syénite, on a exploité autrefois un gisement de galène argentifère situé dans la gangue, au contact est avec le calcaire (mine Amalia). Un autre gisement du même genre a été également exploité anciennement dans une petite masse de gangue isolée au milieu du calcaire, à peu de distance au sud de la pointe de la syénite (Joachim Stollen) : il consistait en minerais de plomb oxydé contenus dans des fissures de la gangue. Cette exploitation paraît avoir eu peu d'importance.

Warader-Gebirg.

Enfin une dernière masse de syénite comprise dans la frontière militaire, forme le Warader-Gebirg. Elle renferme des gisements analogues à ceux de Souwarow, mais beaucoup moins importants.

NOTE.

M. le professeur Cotta, de Freiberg, a fait paraître en 1865 un mémoire sur la géologie du Banat (*), principalement au point de vue des gisements métalliques. Dans cet intéressant travail, il fait ressortir la relation qui existe entre la formation syénitique du Banat et celles de Milova et Rezbanya (Hongrie), au nord, et de Kuczaina, Rudnik et Majdanpek en Serbie, au sud. La roche éruptive présente dans ces diverses localités le même alignement qu'au Banat et y est accompagnée de gisements métalliques.

M. Cotta n'admet pas toutefois comme syénite la roche éruptive; il y reconnaît une grande variété de roches différentes comme les granite, syénite, Timazite, Diorite, Aphanite, Diabase, Porphyre granitoïde, Felsite et Minette, et il réunit l'ensemble de ces roches sous le nom général de Banatite.

Comme la plus grande partie des roches qui forment le soulèvement qui nous occupe présentent l'aspect de la syénite, et comme cette dénomination de syénite admet autant de variétés que celle de granite, j'ai cru devoir conserver ce nom, admis par les ingénieurs du pays, qui a l'avantage de ne pas être nouveau, d'offrir une idée générale nette, et de représenter d'ailleurs assez bien l'ensemble des roches éruptives du Banat.

Je crois d'ailleurs devoir indiquer ici les différences reconnues par M. Cotta dans la composition de la Banatite suivant les différents districts.

A Moldova elle constitue une masse tantôt à grains fins, tantôt compacte, d'un gris verdâtre, renfermant beaucoup de petits cristaux d'un feldspath blanc qui est de l'oligoclase ou de l'albite, du mica en tables hexagonales isolées, et de l'amphibole en petite quantité; le quartz y est peu apparent et probablement en faible proportion.

L'analyse chimique d'un échantillon du Florimunder Gebirg a donné 63,5 p. 100 de silice.

A Szaszka, la Banatite est un mélange à grains moyens et présentant l'aspect granitique, de feldspath blanc, de mica de couleur foncée et d'un peu d'amphibole, sans quartz apparent. Entre les cristaux on observe toujours une espèce de ciment gris à grains

(*) Erzlagerstätten in Banat und in Serbien.

très-fins ou compact; le feldspath cristallisé est finement strié. Cette roche se rapproche donc beaucoup de la diorite.

L'analyse chimique a donné 64,9 p. 100 de silice.

Cette variété granitique est dominante à Szaszka, mais on y rencontre aussi une variété porphyrique.

A Csiklova, une première variété est formée d'un mélange à grains fins de feldspath orthose (d'après Breithaupt) et de mica foncé avec un peu d'amphibole, sans quartz apparent. M. Cotta rapproche cette roche de la minette. L'analyse chimique donne 54,8 p. 100 de silice.

Une deuxième variété, formant la branche la plus orientale de la Banatite de Csiklova, se compose d'une masse d'un gris verdâtre, à grains très-fins ou compacte, dans laquelle sont disséminés des cristaux de feldspath strié, des lames de mica foncé, un peu d'hornblende et quelques grains de quartz arrondis. M. Cotta la rapproche de la diorite micacée (de M. Delesse). L'analyse chimique a donné 60,5 p. 100 de silice.

La masse principale de Banatite d'Oravicza, au nord de Koschowitz, est formée d'une roche dont le ciment, de couleur grise et presque compact, renferme de très-nombreux cristaux de feldspath blanc strié, de mica foncé et d'amphibole vert foncé, avec très-peu ou point de quartz; ce serait une variété de diorite. L'analyse a donné 64,3 p. 100 de silice.

Cette roche passe peu à peu, en se rapprochant du massif calcaire est, à une roche feldspathique de couleur claire, qu'on peut désigner sous le nom de porphyre feldspathique, renfermant quelques parties verdâtres probablement chloritiques, et dont la formation doit être attribuée au contact.

La banatite de Dognacska est en grande partie semblable à celle d'Oravicza ci-dessus décrite. Toutefois l'analyse donne 67,4 p. 100 de silice, plus par conséquent que pour celle d'Oravicza.

A Moravicza, la plus grande partie de la banatite est formée d'un mélange à grains fins de feldspath, de mica et d'un peu d'amphibole, très-analogue à la première variété de Csiklova. L'analyse donne 60,1 p. 100 de silice.

Une deuxième variété moins importante, qui se trouve à Moravicza dans le voisinage des micaschistes, est porphyrique. Le ciment gris verdâtre à grains fins ou compacte, renferme de petits cristaux de feldspath blanc strié, des lamelles hexagonales de mica foncé, et, à la place de l'amphibole, un minéral d'un noir verdâtre analogue au pyroxène. Cette variété, surtout le pyroxène qu'elle contient, est probablement un produit du contact.

Enfin à Petirs, près Lippa, au nord de Moravicza, la banatite, qui occupe un assez grand espace, serait constituée par une amphibolite compacte (Grünstein).

En résumé, le caractère distinctif de la roche éruptive du Banat est de renfermer de l'amphibole en plus ou moins grande quantité, unie au feldspath tantôt orthose, tantôt albitique, tantôt cristallin, tantôt amorphe, et au mica. Le quartz isolé y est en tout cas peu abondant. La roche serait en général assez bien nommée une diorite, mais on peut aussi la considérer comme un ensemble de variétés de syénite. C'est le nom qui jusqu'à présent a prévalu parmi les mineurs.

Je ferai remarquer d'ailleurs que les proportions de silice indiquées par l'analyse ne peuvent servir de base pour une classification. M. Cotta constate lui-même que des roches à peu près identiques donnent à l'analyse des proportions de silice notablement différentes.

DEUXIÈME PARTIE.

TRAITEMENT DES MINÉRAIS.

A chacun des quatre centres miniers décrits dans la première partie de ce mémoire correspondent des usines destinées au traitement des minerais. La nécessité d'utiliser autant que possible l'eau motrice et la difficulté de réunir en une seule chute l'eau fournie par les vallées, et qui sert en même temps à d'autres industries, surtout à la mouture, a amené depuis longtemps les exploitants à construire dans chacun des centres miniers plusieurs usines distantes les unes des autres, souvent de 1 ou 2 kilomètres. Cette circonstance offre un certain désavantage par la nécessité où l'on est placé d'exécuter d'une usine à l'autre des transports inutiles de matières, d'entretenir plusieurs magasins, soit

de charbon, soit de produits, etc. ; elle rend d'ailleurs la surveillance plus difficile.

Il faut dire aussi que ces usines, déjà très-anciennes, ont été construites les unes après les autres, d'après l'accroissement de la production des mines.

Malgré la dispersion des usines, il règne pourtant dans les manipulations l'unité désirable. Dans chaque centre les opérations finales sont concentrées dans une des usines, et l'on peut en dire autant des opérations premières ou intermédiaires qui ont lieu sur des matières spéciales dont la quantité n'excède pas la faculté d'un ou deux fourneaux, en sorte que chaque usine a autant que possible sa destination particulière.

La même unité règne autant que possible dans l'ensemble du Banat. Il va sans dire que les minerais extraits dans un centre y subissent, sauf de très-rares exceptions, les manipulations premières dont le but est de les convertir en mattes riches, en cuivre noir ou en plomb d'œuvre ; car le transport des minerais à des usines éloignées entraînerait des frais hors de proportion avec la valeur de ces minerais ; mais les opérations finales, qui donnent les produits marchands, sont concentrées dans les localités où les minerais du même genre se présentent avec le plus d'abondance.

Ainsi la fabrication du cuivre rosette non argentifère est concentrée à Szaszka ;

Celle du cuivre argentifère à Csiklova ;

La séparation du cuivre et de l'argent dans les cuivres argentifères, à Moldova, où se trouve en même temps une fabrique d'acide sulfurique ; le traitement des minerais de plomb, des matières argentifères riches, et la fabrication de l'argent métallique, à Dognacska.

Nous allons successivement passer en revue ces diverses fabrications, en suivant l'ordre indiqué ci-dessus.

Fabrication du cuivre rosette (non argentifère).

Usine de Szaszka.

Cette usine traite tous les minerais extraits des mines de Szaszka ; ils peuvent se partager en trois classes bien distinctes.

1° Des minerais sulfurés consistant en cuivre pyriteux, cuivre panaché et un peu de cuivre sulfuré, disséminés en mouches dans une gangue grenatifère et amphibolique mélangée de calcaire et de quartz. Ces minerais, qui proviennent de la mine du Chevalier-Saint-George, ont une teneur variant entre 2 et 60 p. 100 de cuivre, mais en grande moyenne de 4 p. 100. Ils sont purs et sans mélange de pyrite de fer ; l'abondance de la gangue affaiblit seule la teneur en métal.

2° Des pyrites de fer cuivreuses tenant en moyenne 1 p. 100 de cuivre, quelquefois jusqu'à 2 p. 100. Elles consistent en pyrite martiale assez compacte. Ces pyrites, qui proviennent surtout de la mine Friedrich (Rex Regius), ont pour gangue du grenat accompagné de calcaire et de quartz. Elles ne sont employées que comme fondants (Zuschlag).

3° Des oxydes de cuivre fortement mélangés de fer oxydé avec une gangue argileuse. Leur teneur varie de 1,2 à 2 p. 100. Elle est en moyenne de 1,5 p. 100

La proportion relative de ces minerais est très-variable suivant la production des mines. Elle était en 1865 de 50 p. 100 de minerais sulfurés et pyriteux et de 50 p. 100 de minerais oxydés ; antérieurement ces derniers étaient prédominants.

L'usine de Szaszka traitait en outre, il y a quelques années, des minerais d'Oravicza, provenant de la Cornu Tilfa, et des minerais pyriteux d'Oravicza et de Moldova, les premiers consistant en cuivre pyriteux mélangé de quartz

et de calcaire spathique, et les seconds en pyrites de fer cuivreuses. On se servait des derniers, surtout à titre d'addition à cause du soufre contenu qui était payé en sus à la mine. Le traitement de ces minerais à Szaszka est maintenant abandonné à cause des frais de transport trop considérables de la mine à l'usine, Szaszka possédant d'ailleurs assez de mines de pyrite pour ne pas être forcé d'emprunter cette addition à des districts éloignés.

On dispose à Szaszka de trois usines séparées. La force hydraulique est pour chacune de 12 chevaux environ par les hautes eaux. Les souffleries consistent en de simples caisses carrées en bois. Les appareils sont en général d'une construction assez primitive (*).

Fonte crue. — Les minerais sont soumis ensemble à une fonte crue dans des fours à manche, opération qui a pour but de rassembler tout le cuivre des minerais dans une matte. Dans cette opération le quartz des minerais s'unit à l'oxyde de fer à demi réduit, à l'alumine et à la chaux contenus dans les mêmes minerais pour former une scorie (généralement un singulo-silicate de protoxyde de fer, de chaux et d'alumine), tandis que le soufre des pyrites s'empare du cuivre et forme la matte.

Pour arriver à un résultat convenable, on est d'ailleurs obligé d'ajouter au lit de fusion, suivant sa composition, du quartz ou des laitiers de hauts fourneaux au bois (quadro-silicates), mais généralement en faible quantité, et des pyrites. En outre la matte obtenue est repassée en partie dans le fourneau avec les charges suivantes. Ce repassage a pour but et pour effet, non d'enrichir la matte, mais de

(*) La méthode suivie est en somme la méthode allemande, décrite par M. Rivot dans son ouvrage sur la métallurgie du cuivre, avec quelques modifications de détail.

La méthode décrite dans les *Annales des mines*, 4^e série, t. X, par M. de Chancourtois, et qui a subsisté jusqu'en 1855, n'est plus suivie, dans ce sens que les deux premières opérations de cette méthode sont actuellement réunies en une seule.

protéger le cuivre des minerais contre la scorification, qui est d'autant plus facile que ce métal est en grande partie à l'état d'oxyde, en le mettant pendant la fusion en présence d'une plus grande quantité de soufre combiné. Il a également pour effet de manger en partie les lours qui tendent continuellement à se former.

On ne cherche pas d'ailleurs à produire des mattes très-riche en cuivre, la perte de métal pouvant être notable en présence de la grande quantité de silice du lit de fusion, si la proportion du sulfure de fer au cuivre n'est pas assez forte, et d'ailleurs l'entraînement inévitable d'un peu de mattes par des scories abondantes présentant d'autant plus d'inconvénient que la matte est plus riche.

L'opération se fait dans des fours à cuve qui portent, suivant leurs dimensions, tantôt le nom de hauts fourneaux, tantôt celui de demi-hauts fourneaux (*).

La fonte crue est plus désavantageuse dans les seconds que dans les premiers, à cause de la consommation de charbon, qui y est d'environ 15 p. 100 plus considérable, et de la plus faible production journalière. On ne les emploie que lorsque les hauts fourneaux ne suffisent pas à traiter la quantité de minerais en approvisionnements.

La durée des campagnes est variable; elle ne dépasse jamais quarante jours; mais elle est en général beaucoup plus courte, à cause des lours de fer métallique qui remplissent assez rapidement le creuset.

Dans une durée de sept années, de 1857 à 1865 inclusivement, on a fait 297 campagnes, d'une durée moyenne de treize jours, en passant 96^t,5 de minerais par campagne, soit 7^t,4 par vingt-quatre heures.

L'année 1864 a donné pour la même opération les résultats suivants :

(*) Ces fourneaux sont les mêmes que ceux décrits dans le mémoire de M. Chancourtois de 1846. Ils ont subi très-peu de changements.

On a fait dix-sept campagnes d'une durée moyenne de dix-huit jours et demi. On a traité par campagne 158 tonnes de minerais, soit 8^h,5 en vingt-quatre heures.

Lit de fusion pour 1.000 parties de minerais.

815 parties minerais de Szaszka, formés de minerais oxydés (80 p. 100) et minerais sulfurés (2 p. 100) du Chevalier-Saint-Georges.

44 minerais d'Oravicza.

114 minerais pyriteux crus de Szaszka.

15 — — grillés.

12 matières cuivreuses diverses.

1.000 minerais, renfermant en moyenne 18.5 de cuivre.

Addition de :

155 mattes crues de la même opération, repassées.

13 déchets cuivreux et crasses d'une opération similaire précédente.

9 quartz.

22 scories de la fonte crue (on choisit celles qui peuvent contenir un peu de matte).

Total . . 1.199.

Produits :

147,5 de matte à 12,6 p. 100 (*) (cuivre contenu 17,7).

13 déchets cuivreux, à repasser.

1,058 scories (par différence).

Frais de la fonte par tonne de minerai :

9^h de quartz 0^h,02

5,56 mesures de charbon (**) (équivalent à 512 kil, soit 260 par 1 000 de la masse à

foudre) à 1^h,65 la mesure. 9^h,20

aires et matériaux divers. 3^h,40

Total (sans régie). 12^h,62

(*) En 1865, la teneur des mattes a varié de 12,5 à 18,6 p. 100 de cuivre.

(**) La mesure de charbon de bois actuelle renferme 10 pieds cubiques ou 0^m.516. On admet généralement pour la mesure de charbon de hêtre, un poids de 56 kilogrammes. Il y a changement sous ce rapport par rapport à 1846.

L'année 1864 a réalisé sous plusieurs rapports de notables progrès par rapport à la moyenne des années précédentes. Ce progrès avait d'ailleurs commencé en 1862 et 1863.

Il est à remarquer que la consommation notablement moindre de combustible, la durée plus longue des campagnes et la fabrication journalière plus forte correspondent à un accroissement de la quantité de sulfure de fer dans le lit de fusion, et à la diminution de la proportion des minerais oxydés.

Le traitement n'a subi depuis 1864 d'autres modifications que celles qui tiennent aux changements survenus dans la production des mines. Les lits de fusion renferment une plus forte proportion de minerais provenant du Chevalier-Saint-George, moins de minerais oxydés, et sont un peu plus riches que dans les années précédentes, ainsi que les mattes produites.

Les minerais riches du Chevalier-Saint-George sont passés par la fonte crue comme les minerais pauvres. On a fait, en 1864, un essai pour les passer directement dans la fonte pour cuivre noir ; mais il n'a pas réussi à cause de la présence d'une faible quantité d'arsenic contenu dans les minerais et qui altérerait la qualité du cuivre obtenu.

Grillage de la matte crue. — Les mattes obtenues dans la fonte crue sont soumises à un grillage à sept ou huit feux, puis fondues pour cuivre noir.

Le grillage a lieu sur des aires spéciales, généralement à ciel ouvert. La matte, cassée en morceaux de la grosseur du poing, est disposée chaque fois par lits de 0^m.60 à 1 mètre sur un tas de bois de plusieurs bûches d'épaisseur.

En 1864, les frais de cette opération ont été, par tonne de matte :

0,08 mesures de charbon	0',13
1,65 stères de bois	5',92
Salaires et matériaux divers	6',50
Total	12',35
Soit par quintal métrique de cuivre 9',80.	

Fonte pour cuivre noir. — La fonte pour cuivre noir des mattes de la fonte crue grillées a lieu, soit dans un four à manche beaucoup plus petit que ceux employés pour la fonte crue, et dans lequel la hauteur du gueulard au-dessus du fond du creuset est de 3^m.10 seulement, soit dans les mêmes demi-hauts fourneaux que ceux employés à la fonte crue, mais après qu'on leur a fait subir quelques modifications importantes. Elles consistent dans la surélévation de la sole en brasque, qu'on fait monter jusqu'à 0^m,90 au-dessous de la tuyère, et dans le rétrécissement de la largeur du four qu'on réduit à 0^m,80. La distance de la warme à la poitrine, à la hauteur de la tuyère, reste la même, de 0^m,95. Enfin la tuyère reçoit une légère inclinaison vers le bas du four. Ces modifications ont pour effet de rendre un peu plus rapide le passage des matières vers la tuyère, de hâter leur arrivée dans le creuset et de soumettre le bas du four et le creuset à une chaleur plus intense.

Dans l'opération il se fait une réduction assez complète de l'oxyde de cuivre de la matte grillée et une réduction d'une faible partie de l'oxyde de fer. Il reste assez de soufre dans le lit de fusion pour produire une matte riche qui protège le cuivre métallique contre l'entraînement par les scories.

L'année 1864 a donné pour cette opération les résultats suivants :

Il a été fait vingt campagnes d'une durée moyenne de dix jours. On a passé par campagne 21',7 de mattes (de la fonte crue), soit par vingt-quatre heures 2',17.

Lit de fusion :

1.000 Mattes grillées de la fonte crue d'une teneur moyenne de 13,7 p. 100. Cuivre contenu	137
62 Mattes minces grillées d'une teneur de 52 p. 100. Cuivre contenu	32
99 Déchets cuivreux à 26,2 p. 100. Cuivre contenu	26
126 Quartz.	
184 Scories de la fonte crue.	
Total. 1.471 Cuivre contenu	195

Produits :

166 Cuivre noir à 95,2 p. 100 de cuivre contenu. Cuivre contenu	158(*)
62 Matte mince à 52 p. 100	32
53 Déchets et crasses à 11,65 p. 100	6
1.190 Scories (par différence) (**).	
Cuivre contenu	196

Frais de l'opération par tonne de matte de la fonte crue :

Grillage de 62 ^t . de matte mince, à raison de 12',55 la tonne	0',77
8,8 Mesures de charbon de bois (correspondant à 493 kilog., soit 355 pour 1,000 du lit de fusion) à 1',65	14',53
Salaires et matériaux divers	3',70
Total	19',00

Soit par quintal métrique de cuivre contenu dans la matte crue 13',90.

(*) Les opérations présentent en général un surplus ou boni de cuivre, ce qui prouve que les analyses de minerais, de crasses, de mattes présentent une erreur en moins.

(**) Une analyse de scories de la fonte pour cuivre noir faite en 1855 a donné la composition suivante :

Silice 58, oxygène contenu — 20,1	
Fe. o 52	11,5
Al ² o ³ 2	0,9
Cu 0,6	0,0
Ca o, Mg o. 7,4	2,5
100,0	14,9

Cette scorie est donc un sub-silicate. Les scories actuelles n'ont pas été analysées; les essais donnent seulement 0,25 p. 100 de cuivre.

Affinage du cuivre noir. — L'affinage du cuivre noir obtenu dans l'opération précédente se pratique soit dans le four hongrois, soit au petit foyer. La première méthode est la plus usitée; elle est moins coûteuse, et donne un cuivre moins estimé, mais d'une qualité passable et surtout suffisante pour l'emploi de ce métal au martinet de Csiklova, où il est travaillé et façonné en chaudières, alambics, etc. La deuxième méthode est employée pour le cuivre brut destiné au commerce; le prix du cuivre obtenu, qu'on désigne spécialement sous le nom de cuivre rosette, est d'au moins cinq francs par quintal métrique au-dessus de celui du cuivre ordinaire (Spleiss Kupfer).

Le four hongrois en usage à Szaszka a une sole circulaire de 2^m,50 de diamètre. L'épaisseur de cette sole, formée d'un mélange de schistes réfractaires décomposés (sept parties), et d'argile (une demi-partie), c'est-à-dire d'argile et d'un peu de quartz, est de 32 centimètres; elle a 8 centimètres de creux, et la hauteur de la voûte au-dessus de la sole est de 1 mètre.

Des deux tuyères, l'une est placée près du foyer du côté opposé à la porte du chargement, l'autre à 0^m,51 plus loin. La première est horizontale, la seconde a une faible inclinaison de 1°,5 sur la sole; leurs axes sont disposés de façon à se croiser au centre du four; leur diamètre est de 6 centimètres. Le foyer, disposé pour le chauffage au bois, a une longueur de 2^m,05 et une largeur de 0^m,63. La grille est placée à 32 centimètres au-dessous du pont.

Il y a trois bassins de réception disposés sur une aire en dehors du four du côté opposé au foyer.

L'affinage a lieu sans addition de matières, par simple oxydation. La charge est de 1.150 kilogrammes de cuivre noir, et chaque opération dure de six à sept heures. On compte d'ailleurs, au commencement de la campagne, de vingt à vingt-quatre heures pour le séchage et le chauffage

du four. On passe dans une campagne de dix à douze charges.

La fusion dure trois heures, et le vent est donné à la fin de la deuxième heure.

Le petit foyer employé pour la fabrication du cuivre rosette est formé d'un bassin elliptique, dont les axes ont 0^m,68 et 0^m,76 de longueur; le creux est de 24 centimètres; la tuyère, demi-ronde, de 18,5 centimètres de diamètre, avance de 10 centimètres dans le bassin avec une inclinaison de 8 à 12 degrés; elle renferme deux buses de 3 centimètres de diamètre.

La charge est de 425 kilogrammes de cuivre noir; chaque opération dure environ 6 heures, et l'on fait de quatre à six opérations par campagne.

Dans l'année 1864, on a traité au four hongrois 120^t,5 de cuivre noir en dix campagnes et cent-huit opérations. Le résultat a été pour 1.000 parties de cuivre noir :

Charges :	
1,000 Cuivre noir à 95 p. 100, cuivre contenu	950
13 Queues de coulée	15
Total	965
Produits :	
815 Cuivre affiné	815
381 Scories, crasses et sole riche, d'une teneur moyenne de 40,2 p. 100	153
Total	968
Boni de cuivre	5
Frais de l'opération, par tonne de cuivre noir :	
2,31 Mesures de charbon de bois, à 1 ^f ,65	3 ^f ,82
2,78 Stères de bois à 3 ^f ,60	101,00
Salaires et matériaux divers	15 ^f ,88
Total	29 ^f ,70
Soit par quintal métrique de cuivre contenu dans le cuivre noir	3 ^f ,10

Dans la même année, on a traité au petit foyer 36¹/₂ de cuivre noir en dix-sept campagnes et quatre-vingt-six opérations. Les résultats ont été pour 1.000 parties de cuivre noir :

Charges :	
1,000 Cuivre noir à 94,5 p. 100, cuivre contenu . . .	945
10 Queues de coulée	10
Total	955

Produits :	
753 Cuivre rosette	753
885 Crasses et sole riche, à 24,9 p. 100 de cuivre . . .	220
Total	953

Frais de l'opération, par tonne de cuivre noir.

16,14 Mesures de charbons de bois à 1 ¹ / ₂	25 ¹ / ₂ ,00
Salaires et matériaux divers	18 ¹ / ₂ ,20
Total	43 ¹ / ₂ ,20

Soit par quintal de cuivre contenu dans le cuivre noir. 4¹/₂,60

Aux frais spéciaux mentionnés pour les opérations précédentes, il faut d'ailleurs ajouter les frais généraux, qui sont considérables, eu égard à la quantité de cuivre fabriquée.

En résumé, les frais spéciaux de fabrication du cuivre à l'usine de Szaszka ont été, dans l'année 1864 :

Par quintal de minerai :

Frais de la fonte crue	12,62
Plus par quintal de cuivre :	
Grillage des mattes	9 ¹ / ₂ ,20
Fonte pour cuivre noir	13 ¹ / ₂ ,90
Affinage (four hongrois)	3 ¹ / ₂ ,10
Frais généraux de l'usine calculés sur une production de 1,250 quintaux	20 ¹ / ₂ ,00
Total	46 ¹ / ₂ ,20

En réduisant les frais de la fonte crue également par

quintal de cuivre, on trouve pour les frais de traitement complet par quintal de cuivre contenu dans les minerais, 115 francs (*).

Usine de Moldova.

L'exploitation des mines donne à Moldova :

1° Des pyrites de fer généralement un peu cuivreuses qui sont employées à la fabrication de l'acide sulfurique;

2° Des minerais cuivreux pyriteux d'une teneur de 1,5 à 3 p. 100 de cuivre;

3° Des minerais cuivreux oxydés de 1/2 à 2 p. 100 de cuivre;

4° Des minerais de plomb et de cuivre argentifères riches, qui sont envoyés à Dognacska.

Il y a quelques années, les minerais cuivreux pyriteux de Moldova et même les minerais oxydés les plus riches étaient envoyés à Szaszka. Les premiers servaient surtout comme moyen de sulfuration pour les minerais ocreux de cette localité; afin d'épargner les frais assez considérables (10 à 12 francs par tonne) occasionnés par le transport, et comme d'ailleurs le district de Szaszka renferme des mines de pyrites, on s'est décidé, en 1862, à traiter à Moldova même, au moins à titre d'essai, les minerais produits par

(*) Pour les différentes manipulations entre la mine et l'usine, on se sert d'un tarif basé sur la formule,

$$p = Pa - b - ac$$

P étant le prix commercial du kilogramme de cuivre, diminué de quelques pour cent représentant des intérêts de roulement.

a le nombre de kilogrammes de cuivre contenus dans le quintal métrique de minerai.

b le montant des frais de traitement d'un quintal de minerai (fonte crue).

c le montant des frais des autres manipulations par kilogramme de cuivre.

p le prix d'un quintal de minerai.

P est variable suivant les mercuriales du commerce, b et c restent fixes pendant une année ou davantage.

les mines, ce qui permettait en même temps de tirer parti des résidus de pyrite grillée les plus riches en cuivre provenant de la fabrique d'acide.

Trois usines ont existé à Moldova et ont été en activité avant 1855. Une seule est aujourd'hui en bon état. Elle renferme un haut fourneau, deux demi-hauts fourneaux et un petit foyer d'affinage; elle est desservie par trois roues hydrauliques à augets, dont deux donnent une force de 6 chevaux chacune par les pleines eaux, et la troisième de 5 à 4 chevaux.

La grande quantité de soufre contenue dans les pyrites grillées (environ 20 p. 100), ainsi que dans les minerais pyriteux crus, et l'impossibilité où l'on est de griller ces derniers, font que le mélange de ces deux espèces renferme une proportion considérable de soufre, eu égard à la quantité de cuivre contenue. On ne pourrait arriver à produire dans une fonte crue des mattes suffisamment riches pour passer à la fonte pour cuivre noir, qu'à la condition de mélanger au lit de fusion une très-grande quantité de minerais ocreux; mais le prix de revient de ces derniers est trop élevé.

On est donc amené à produire, dans une première fonte crue, une matte à faible teneur (4 à 6 p. 100), à griller cette matte, et à la refondre dans une deuxième opération pour produire enfin une matte riche propre à être traitée pour cuivre noir.

La matte crue est assez riche en soufre pour être grillée dans les fours de la fabrique d'acide sulfurique, ce qui lui donne un surplus de valeur et épargne les frais de grillage.

La matte riche peut être traitée pour cuivre noir à Moldova même, ou envoyée à Szaszka. Elle a d'ailleurs une valeur assez grande pour supporter le transport.

Les opérations de l'usine de Moldova présentent beaucoup d'analogie avec celle de Szaszka, surtout avec l'ancienne méthode; je crois en conséquence inutile de les

relater ici avec détail. Le prix de revient définitif est d'ailleurs naturellement plus élevé qu'à Szaszka, à cause du plus grand nombre de fontes auxquelles les matières sont soumises.

Fabrication du cuivre ordinaire à Csiklova.

Parmi les minerais provenant des mines d'Oravicza et de Csiklova, une partie seulement est argentifère; ce sont ceux du district de Wadarna. Les autres ne renferment pas d'argent, et subissent en conséquence un traitement spécial. Ces minerais sont :

1° Des minerais de cuivre pyriteux à gangue calcaire et quartzreuse, provenant de la Tilfa et des mines voisines. Ils renferment en moyenne de 2,7 à 3 p. 100 de cuivre, et donnent à l'essai 11 p. 100 de matte (sous-sulfure de cuivre et proto-sulfure de fer). Quelques-uns renferment jusqu'à 12 p. 100 de métal.

2° Des minerais pyriteux, carbonatés et oxydés, provenant du groupe de Koschowitz, à gangue de quartz, de calcaire, et surtout de grenat, d'une teneur moyenne de 3 p. 100, comme les précédents.

3° Des minerais pyriteux, à gangue calcaire et quartzreuse, du groupe de Temès, d'une teneur de 4 p. 100.

Ces minerais étaient, il y a quelques années, transportés à Szaszka pour y être traités. On a depuis renoncé à ce système à cause de l'élévation des frais de transport par rapport à la valeur des minerais.

La quantité de ces minerais reçue par l'usine de Csiklova a été :

En 1862	de	60	tonnes
— 1863	—	102	—
— 1864	—	221	—

La méthode suivie pour le traitement de ces minerais est la même que celle de Szaszka. Ils sont d'abord soumis

à une fonte crue, dans laquelle on produit des mattes d'une teneur de 20 à 30 p. 100 de cuivre, lesquelles sont ensuite traitées directement pour cuivre noir.

Les fours employés sont les mêmes que ceux qui servent au traitement des minerais cuivreux argentifères. Ils contiennent moins bien que ceux de Szaszka pour le traitement des minerais ordinaires; mais l'importance restreinte de cette fabrication à Csiklova n'a pas permis de construire des fours spéciaux.

Fonte crue.—La fonte crue se fait dans des fours à manche de 4^m,12 de hauteur depuis le gueulard jusqu'au fond du creuset. La section du gueulard est de 1^m,50 (entre les côtés) sur 1^m,22 (de la poitrine à la warme). Dans le bas du four, à partir du niveau des tuyères, la section est de 0^m,95 sur 0^m,70. Les quatre parois sont assez fortement inclinées dans la région des tuyères et un peu au-dessus, pour le passage d'une section à l'autre. Il y a deux tuyères, placées sur les côtés du four, à 1^m,25 au-dessus du fond du creuset. Leur diamètre est de 46 millimètres, et la pression normale du vent 2 centimètres de mercure. On marche avec des nez de 25 à 30 centimètres.

Le lit de fusion de Csiklova est caractérisé par l'abondance de la silice eu égard à la quantité des bases; on la rend plus basique en y ajoutant soit du calcaire, soit des mattes grillées à trois feux provenant d'une opération précédente, et qu'on choisit parmi les moins riches en cuivre, soit des minerais ocreux ou de l'oxyde de fer, soit des scories basiques de la fonte pour cuivre noir; souvent on emploie tous ces moyens à la fois. On repasse d'ailleurs pendant l'opération une partie des mattes produites, pour augmenter dans le haut fourneau la proportion des sulfures par rapport aux scories. Les scories produites ont une composition placée entre le singulo et le bisilicate. Enfin la proportion du soufre et du fer au cuivre

dans le lit de fusion est telle que la matte obtenue est nécessairement riche.

Dans les années 1864 et 65, on a fait huit campagnes qui ont eu une durée moyenne de huit jours, et l'on a traité 331 tonnes de minerais, soit 43 tonnes par campagne et 5^h,6 par 24 heures.

La composition moyenne du lit de fusion a été pour 1000 de minerais :

1.000	Minerais à 3,04 p. 100; cuivre contenu. . . .	30,4
110,5	Mattes crues de la même opération, repassées, pour mémoire.	
70,8	Crasses et cendres de cuivre à 3,75 p. 100 de cuivre.	2,7
57,7	Mattes grillées provenant d'opérations similaires précédentes, à 21 p. 100 de cuivre.	12,25
51,6	Pyrites.	
42,1	Minerais ocreux et oxyde de fer.	1,4
197	Scories de la fonte pour cuivre.	
8,4	Scories de l'opération.	
57	Tuf calcaire.	
1595,1	Total. Cuivre contenu.	46,75

Produits obtenus :

110,3	Mattes à repasser crues (pour mémoire).	
196	Mattes, produit définitif à 24,8 p. 100 de cuivre.	48,60
82	Crasses à 3,68 p. 100.	3,02
	Cuivre contenu.	51,62

Les frais de l'opération ont été par tonne de minerais :

Frais de grillage (à 3 feux) des mattes repassées grillées.	0 ^h ,45
8,4 Mesures de charbon (correspondant à 470 kilog., soit 295 pour 1.000 du lit de fusion) à 1 ^h ,90. . .	16 ^h ,00
Salaires et frais divers, y compris la valeur des fondants.	9 ^h ,05
Total.	25 ^h ,50

Le grillage à trois feux coûte par tonne de matte :

Pour 1,07 stères de bois à 3',20	3',45
— 1,20 mesures de charbon à 1',90	2',28
— Salaires	1',85
Total	7',54

Grillage des mattes. — La matte obtenue dans la fonte crue comme produit définitif est grillée à plusieurs feux; les frais de l'opération sont les suivants par tonne de matte crue et de matte mince ensemble :

Pour 1,55 stères de bois à 3',20	4',95
— 1,31 mesures de charbon à 1',90	2',50
— Salaires et divers	3',25
Total	10',70

Fonte pour cuivre noir. — La matte grillée est traitée pour cuivre noir dans un four à manche à une seule tuyère, de 3^m,80 de hauteur du gueulard au fond du creuset. La section est légèrement trapézoïdale, les dimensions du four à la poitrine étant un peu plus faibles qu'à la warme. La section du four est très-rétrécie au-dessous de la tuyère. La distance de la warme à la poitrine est de 1^m,10 au gueulard, et de 0^m,95 dans le bas; la distance moyenne des parois latérales est de 1 mètre au gueulard et de 0^m,68 dans le bas. Le diamètre de la tuyère et la pression du vent sont d'ailleurs les mêmes que pour la fonte crue. Le nez est de 25 à 30 centimètres.

On traite, en même temps que la matte grillée provenant de la fonte crue, la matte mince grillée provenant des opérations similaires précédentes.

On a fait, en 1864-65, deux campagnes d'une durée moyenne de cinq jours et traité par campagne 36 tonnes de mattes, soit 7 tonnes par vingt-quatre heures.

Il a été fondu en tout 47 tonnes de mattes de la fonte

crue et 25 tonnes de matte mince : comme, d'ailleurs, il n'a été produit que 14,5 tonnes de matte mince dans les deux campagnes, il se trouve qu'on a traité un excédant de 9',5 de cette dernière matte.

Les résultats de l'opération ont été pour 1.000 de mattes de la fonte crue et excédant de matte mince :

Lit de fusion :	
835 Mattes de la fonte crue grillées, à 21,8 p. 100 de cuivre.	
165 Excédant de mattes minces à 56,3 p. 100 de cuivre.	
1000 Cuivre contenu	274,5
259 Matte mince grillée	133,00
55 Crasses de cuivre à 7,2 p. 100	4,25
60 Minerais quartzeux à 4,51 p. 100	2,59
215 Quartz.	
52 Scories de la fonte crue (siliceuses)	
1639	414,52
Produits :	
270,5 Cuivre noir à 92,4 p. 100	250,00
259 Matte mince à 51,2 p. 100	133,00
99,5 Crasses riches à 16,5 p. 100	16,40
21 Crasses pauvres à 6,67 p. 100	1,40
Total	400,80
Déchet de cuivre	13,52

Frais de l'opération par tonne du même mélange :

Frais de grillage pour 1259 kil. de matte	15',50
60 kilog. de minéral quartzeux (pour mémoire, le cuivre contenu dans les minerais couvrant le prix d'achat).	
8,6 mesures de charbon de bois (correspondant à 482 kil., soit 294 pour 1.000 du lit de fusion) à 1',90	16',55
Salaires et divers, y compris la valeur du quartz.	2',98
Total	32',83
Soit par quintal de cuivre du mélange	12',00

Si l'on n'avait eu à traiter que des mattes de la fonte

crue, sans excédant de matte mince, les frais par tonne de matte seraient à peu près restés les mêmes, et auraient été même probablement un peu plus élevés, à cause du grillage plus coûteux, et les frais par quintal de cuivre ressortiraient à environ 18 francs. C'est ce dernier chiffre qui doit être admis dans un roulement normal.

Je ne compte pas ici dans les frais la perte en cuivre, qui est compensée largement par le boni de la fonte crue.

Affinage. — L'affinage du cuivre noir se fait au four hongrois, d'une construction analogue à celle du four de Szaszka.

La sole est ronde et a 1^m,90 de diamètre; elle est formée d'un mélange d'argile et de quartz battu; la voûte est élevée de 0^m,85 au-dessus de la sole. La distance des tuyères entre elles est de 0^m,55; le diamètre est de 0^m,027, et la pression normale du vent 0^m,02 de mercure.

Le foyer, disposé pour le chauffage au bois, a 1^m,90 de longueur, 0^m,45 de largeur, et la grille est placée à 0^m,27 au-dessous du pont.

La charge est de 1.150 à 1.200 kilogrammes de cuivre noir. L'opération dure de cinq à sept heures. En vingt-quatre heures, on peut faire quatre charges et travailler plusieurs jours de suite sans changer la sole.

L'affinage de 1.000 kilogrammes de cuivre noir à 92,4 p. 100 de métal donne comme produits :

- 795 Kilog, de cuivre métallique en rondelles.
- 30 Kilog, de queues de coulée (strassen kupfer) passées dans l'affinage suivant :
- 300 De scories (abzugs) à 20 p. 100 de cuivre, repassés dans la fonte pour cuivre noir.
- 100 De débris de sole à 5 p. 100 de cuivre, repassés dans la fonte crue.

Les frais de l'opération sont :

Pour 0,96 mesures de charbon (53 kil.) à 1 ^f ,90 . . .	1 ^f ,81
2,7 Stères de bois à 3 ^f ,20	8 ^f ,65
Salaires et matériaux divers.	54 ^f ,05
Total.	44 ^f ,51
Soit par quintal de cuivre.	4 ^f ,80

Enfin, chaque quintal de cuivre supportera 25 francs comme frais de régie de l'usine (7.500 francs, frais annuels pour une fabrication de 300 quintaux, cuivre ordinaire et cuivre argentifère).

En résumé, les frais de traitement des minerais de cuivre ordinaire à Csiklova s'élèvent :

Par tonne de minerai :	
Pour la fonte crue à	25 ^f ,50
Par quintal de cuivre :	
Pour la fonte pour cuivre noir à . . .	18 ^f ,00
Pour l'affinage à	4 ^f ,80
La régie de l'usine à	25 ^f ,00
Total.	47 ^f ,80

Soit par quintal de cuivre contenu dans les minerais pour toutes les opérations : 152 francs.

Fabrication du cuivre argentifère à Csiklova.

Les minerais argentifères du groupe de Wadarna subissent à Csiklova un traitement différent de celui des minerais de cuivre ordinaires. Cette différence est nécessitée, non-seulement par la présence de l'argent dans ces minerais, mais aussi par celle de l'arsenic en forte proportion. Comme nous l'avons vu à propos des mines, les minerais consistent en cuivre pyriteux, en cuivre sulfuré et cuivre gris, et sont mélangés de pyrite arsenicale et d'une gangue de grenat, de quartz et de calcaire cristallin. Le calcaire dominait dans les minerais traités il y a quelques années, ils provenaient en grande partie du puits du Baron.

Ces minerais sont, pour le traitement, séparés en trois classes.

La première comprend les minerais argentifères proprement dits, dont la teneur est d'environ 40 kilogrammes de cuivre et 200 gr. d'argent à la tonne (500 gr. d'argent par quintal métrique de cuivre).

La deuxième et la troisième classe comprennent des minerais renfermant de 150 à 200 gr. d'argent au quintal de cuivre ; mais elles se distinguent par la teneur en cuivre.

La deuxième classe (minerais riches en cuivre, reichspröde) renferme tous ceux dont la teneur en cuivre dépasse 5 p. 100 ; leur teneur est en moyenne de 150 kilogrammes de cuivre et 300 gr. d'argent à la tonne.

La troisième classe (minerais pauvres, armspröde) renferme ceux dont la teneur en cuivre est au-dessous de 5 p. 100. Cette teneur est en moyenne de 40 kilogrammes de cuivre et 80 gr. d'argent à la tonne.

Ces trois classes de minerais subissent le même traitement, mais séparément. Le cuivre argentifère obtenu avec les minerais de la première classe est toujours mis à part pour être soumis au traitement de Moldova, qui sépare l'argent du cuivre. Le cuivre argentifère obtenu avec les deux autres classes est également soumis au même traitement quand il est suffisamment riche en argent ; sinon il est vendu à l'état métallique à la fabrique de machines de Reschitza, qui s'en sert pour la composition des pièces moulées en bronze.

Ce qui caractérise spécialement ces minerais, c'est leur forte teneur en arsenic, pour le départ duquel plusieurs fontes et grillages successifs sont nécessaires (*).

Fonte crue. — Les minerais sont d'abord soumis à une

(*) La méthode actuellement suivie est encore la même que celle décrite dans les *Annales des mines*, 4^e série, tome X, et 5^e série, tome III, jusqu'à la fabrication du cuivre noir. Le mode d'extraction de l'argent a seul été modifié.

fonte crue, qui a pour but l'expulsion du quartz et des gangues à l'état de laitier, et la concentration du cuivre et de l'argent dans une matte qui renferme presque tout le soufre et une grande partie de l'arsenic des minerais. Il se dégage cependant pendant cette fonte une grande quantité d'arsenic. Aussi est-on obligé d'effectuer cette opération seulement pendant l'hiver, époque à laquelle les vapeurs délétères sont plus rapidement condensées.

Les minerais traités (1860-63) renferment un excédant de calcaire ; on a dû ajouter au lit de fusion des fondants quartzeux.

La fonte a lieu dans le four à manche à une tuyère décrit ci-dessus pour le traitement des minerais de cuivre ordinaires. On ne peut employer le four à deux tuyères à cause du dégagement trop abondant de vapeurs d'arsenic que son emploi occasionnerait.

La moyenne des quatre années, 1860 à 1863, a donné les résultats suivants :

On a fait trente-six campagnes d'une durée moyenne de 12,6 jours et traité 2.800 tonnes de minerais, soit 72',75 par campagne, et 5',8 par vingt-quatre heures.

Pour 1.000 de minerais traités, le lit de fusion s'est composé en moyenne comme suit :

1,000	Minerais à 5,42 p. 100, cuivre contenu.	54,2
6,9	Scories d'affinage argentifères.	} 3,2
0,9	Débris de sole d'affinage argentifères.	
1,3	Mattes argentifères de la fonte crue, grillées.	
31,3	Crasses et cendres de cuivre argentifères.	
157	Quartz.	
210	Scories de la fonte crue choisies parmi les plus vitreuses comme étant le plus riches en silice.	7,45
90	Additions diverses quartzieuses.	
1497,4		57,4

Les produits ont été :

367 mattes à 17 p. 100 de cuivre en moyenne.	62,3
33 crasses à 2,74 p. 100 de cuivre.	0,9
Scories (comprises entre lessingulo et bisilicates).	
	65,2
Boni de cuivre.	5,8

Frais de l'opération, par tonne de minerai :

157 kilog. de quartz	0',95
7,5 mesures de charbon (correspondant à 383 kilog., soit 256 kilog. pour 1.000 du lit de fusion) à 1',90.	14',30
37 kilog. de houille ($\frac{1}{16}$ de coke) à 20 francs la tonne.	0',74
Transport des scories.	0',74
Salaires et matériaux divers.	7',25
	23',98
Total.	23',98
En chiffres ronds	24',00

Grillage des mattes. — Les mattes provenant de la fonte crue sont soumises à un grillage rapide à trois ou quatre feux. On ne le pousse pas plus loin, afin de ne pas produire dans la fonte suivante des mattes trop riches ou du cuivre noir qui serait trop impur. Son but est surtout l'expulsion de l'arsenic.

Les frais de grillage sont :

Pour 0,34 mesures de charbon (1 kilog) à 19',90.	0',65
Pour 0,5 stères de bois à 3',20.	1',60
Salaires	1',95
	4',20
Total.	4',20

Fonte de concentration. — Les mattes grillées sont fondues de nouveau dans le même fourneau avec du quartz et des scories siliceuses. On obtient une matte concentrée plus pure, propre à la fabrication du cuivre noir.

Dans la période de 1860-1863, on a fait vingt-quatre campagnes d'une durée moyenne de six jours et demi et

passé 955 tonnes de mattes de la fonte crue, soit 40 tonnes par campagne et 6',5 en vingt-quatre heures.

Lit de fusion moyen :

1000 mattes de la fonte crue à 17,1 p. 100 de cuivre.	171,00	Cuivre contenu
17,8 scories d'affinage argentifères.		} 10,00
1,4 débris de sole d'affinage argentifères.		
77,5 crasses de cuivre d'affinage argentifères.		
31 minerais de cuivre ordinaires, quartzeux.	1,1	
125 quartz.		
15,7 scories siliceuses de la fonte crue.		
0,5 additions quartzieuses diverses.		
	1274,9	182,1

Produits :

568,9 mattes concentrées à 34 p. 100 du cuivre en moyenne.	193,5
71 crasses de cuivre à 5,9 p. 100 de métal.	4,3
Scories (singulosilicates).	
	197,8
Total.	197,8
Boni de cuivre	15,7

Frais de l'opération par tonne de mattes :

Frais de grillage comme ci-dessus, ci.	4',20
125 kilog. quartz.	0',75
31 kilog. minerais quartzeux (pour mémoire)	
7,11 mesures de charbon (correspondant à 598 kil., soit 312 pour 1000 du lit de fusion) à 1',90.	13',50
Transport des scories.	0',42
Salaires et matériaux divers.	7',64
	26',51
Total.	26',51

soit par quintal métrique de cuivre contenu dans la matte de la fonte crue 15,60.

Grillage des mattes concentrées. — Les mattes concentrées sont grillées aussi complètement que possible à 8 et jusqu'à 11 feux. Les frais sont, par tonne de matte :

Pour 1,9 mesures de charbon (107 kilog.)	3',60
Pour 2,55 stères de bois à 3',20.	7',50
Pour salaires.	4',20
Total.	15',30

Fonte pour cuivre noir. — La matte concentrée grillée est fondue ensuite pour cuivre noir. On y réunit la matte mince également grillée, provenant d'une opération similaire précédente.

L'opération se fait dans le four à manche à une tuyère. On a fait, dans les années 1860 à 1863, dix-huit campagnes d'une durée moyenne de six jours, en traitant 564 tonnes de matte concentrée, soit 51 tonnes par campagne et un peu plus de 5 tonnes par vingt-quatre heures.

Le lit de fusion s'est composé, pour 1.000 de mattes, comme suit :

	Cuivre contenu
Lit de fusion :	
989 mattes concentrées des 3 classes, grillées, à 54 p. 100 de cuivre.	356,5
11 mattes de la fonte crue grillée, à 13,5 p. 100 de cuivre.	1,5
<hr/>	357,8
1.000	357,8
155 de matte mince, grillée, à 52,5 p. 100 de cuivre.	80,1
75 scories d'affinage, argentifères.	} 34,0
5 balayures, poussières et débris cuivreux argentifères	
85 crasses de cuivre argentifères.	
158 quartz et additions quartzieuses	
25 scories de la fonte crue, siliceuses.	
<hr/>	451,9
Produits :	
574 cuivre noir à 37,5 p. 100 de cuivre.	327,5
161 mattes minces à 55 p. 100 de cuivre (825 grammes d'argent à la tonne).	85,5
90 crasses de cuivre à 19,15 p. 100	17,4
Scories (singulosilicates).	
<hr/>	430,4
Total.	430,4
Perte en cuivre.	21,5

Les frais de l'opération ont été, par tonne de matte concentrée :

Frais de grillage de 1.155 kil. de mattes	17',65
Quartz 158 kilog.	0',95
8,2 mesures de charbon (460 kil., soit 508 pour 1.000 du lit de fusion).	15',60
Transport des scories.	0',58
Salaires et divers.	9',20
Perte en cuivre (pour mémoire, cette perte étant compensée par le boni des opérations précédentes).	0',00
<hr/>	45',98
Total.	45',98
Soit par quintal de cuivre contenu dans les mattes traitées	13',00

Affinage.

Le cuivre noir est affiné au four hongrois, comme le cuivre noir provenant des minerais ordinaires, avec cette différence que le cuivre métallique argentifère qui en provient est granulé au lieu d'être coulé et enlevé en rondelles. A cet effet, on fait couler le cuivre fondu du four d'affinage directement dans un bassin plein d'eau, en recevant le jet sur une planche qui le divise en gouttelettes. Cette division en grenailles facilite beaucoup l'attaque ultérieure par l'acide sulfurique.

Le cuivre argentifère pauvre en argent est levé en rondelles comme le cuivre ordinaire; comme nous l'avons indiqué ci-dessus, il est vendu dans cet état.

Dans la période 1860-63, on a fait dix-huit campagnes, d'une durée moyenne de quatre jours, et dans chacune neuf opérations d'affinage. La quantité totale de cuivre affiné a été de 216',6 à raison de 12 tonnes par campagne et 1.500 kilog. par opération. 139',5 provenaient de Csiklova (avec une teneur moyenne de 879 kilog. de cuivre et 2.885 grammes d'argent) et 77',1 de Dognacska (avec une teneur de 726 kilog. de cuivre et 4.140 grammes d'argent).

Pour 1.000 kilog. de cuivre noir, les charges étaient :

	Cuivre, Argent, contenus.	
	kilog.	gram.
1.000,0 cuivre noir à 82 ¹ / ₂ , 88 de cuivre et 3.330 grammes d'argent.	828,00	3.330,00
19,6 queues de coulée, très-riches en métaux.	23,00	100,00
1,1 schlamms cuivreux, argentifères.		
17,3 déchets de cuivre, argentifères.		
1.038,0	851,00	3.430,00

Produits :

532,0 cuivre argentifère granulé de Csiklova, d'une teneur de 0.00321 d'argent.		
240,0 cuivre argentifère granulé de Dognacska, d'une teneur de 0.0546 d'argent.		
772,0 cuivre granulé argentifère.	772,00	3.020,00
146,0 scories d'affinage à 260 kilog. de cuivre, et 2.560 grammes d'argent par tonne.		
32,0 débris de sole à 48 kilog. de cuivre et 900 grammes d'argent.	108,00	190,00
10,0 poussières et schlamms à 400 kilog. de cuivre, et 1.300 grammes d'argent.		
22,0 queues de coulée, très-riches en métaux.		
Total.	880,00	3.210,00
Boni de cuivre.	29,00	
Perte d'argent.		220,00

Frais de l'opération, par tonne de cuivre noir : comme pour l'affinage du cuivre noir ordinaire 44¹/₂, 31, soit par quintal de cuivre contenu dans le cuivre noir, 5¹/₂, 20, abstraction faite d'ailleurs du boni de cuivre et de la perte en argent.

Perte d'argent. — Cette dernière est difficile à constater pour les minerais pauvres en argent. L'argent n'est pas payé à la mine pour les minerais qui renferment moins de 200 grammes par quintal de cuivre, cette teneur étant nécessaire pour couvrir les frais de l'extraction ultérieure de l'argent, qui sont admis de 45 francs par quintal de cuivre. Pour cette raison, la teneur des minerais et sous-produits trop pauvres ne figure pas dans les livres de fabrication.

On connaît toutefois le résultat du traitement des minerais argentifères proprement dits. Les livres de fabrication constatent dans la fonte crue un boni de 3,1 p. 100 de l'argent contenu, dans la fonte de concentration une perte de 1,94 p. 100, dans la fonte pour cuivre noir une perte de 0,86 p. 100, enfin dans l'affinage une perte de 6,3 p. 100.

Le boni de la fonte crue ne peut s'expliquer que par des erreurs d'essai ou par l'argent contenu dans des sous-produits ajoutés au lit de fusion et non évalué. On comprend du reste que cette fonte ainsi que les deux suivantes, dans lesquelles la température n'est pas trop élevée, et où l'argent est défendu contre la volatilisation, non-seulement par le cuivre, mais encore par la présence du soufre et de l'arsenic en fortes proportions, donne de faibles pertes, tandis que dans l'affinage la température est élevée et la volatilisation de l'argent, en présence du cuivre seul, beaucoup plus facile.

En prenant, tel qu'il se présente, le résultat du traitement des minerais argentifères par rapport à l'argent, on a donc une perte totale de 6 p. 100 de ce métal dont il faut tenir compte dans l'estimation de la valeur des minerais.

Résumé. — En résumé le traitement des minerais argentifères coûte :

Par tonne de minerais, pour la fonte crue.	24 ¹ / ₂ ,00
Par quintal de cuivre, fonte de concentration.	15,60
Fonte pour cuivre noir.	13,00
Affinage.	5,20
Régie de l'usine.	25,00
Total.	58,80

ou par quintal de cuivre du mélange de minerais de la fonte crue à 5,52 p. 100 de cuivre. 103¹/₂,00

Fabrique d'acide sulfurique et séparation du cuivre et de l'argent des cuivres argentifères à Moldova.

Les cuivres argentifères en grenailles fabriqués à Csiklova sont envoyés à Moldova où l'on en sépare le cuivre à l'état de sulfate.

Je rappellerai ici que l'argent des minerais de Csiklova était autrefois extrait du cuivre noir par amalgamation. Cette méthode, décrite dans les *Annales des mines* (4^e série,

tome X, et 5^e série, tome III), est abandonnée depuis une douzaine d'années.

Les frais par quintal de cuivre, tels qu'ils sont estimés dans le mémoire de MM. Rivot et Duchanoy, se montaient par quintal métrique de cuivre noir traité :

Pour l'amalgamation à	43',00
Le traitement des résidus.	19',15
Le traitement de la matte impure	3',30
Total.	65',45

Ces frais seraient beaucoup plus élevés aujourd'hui ; la main-d'œuvre, et par suite les prix des bois et des charbons ayant doublé. Ils se monteraient à près de 100 francs.

Le cuivre obtenu était très-impur et peu propre à la vente. Il y avait une perte en cuivre, dans l'amalgamation et les opérations subséquentes, de 10 p. 100 ; la perte d'argent était seulement de 2 p. 100.

Nous verrons que la nouvelle méthode présente sur l'ancienne des avantages marqués, malgré la perte plus forte en argent.

Avant d'entrer dans le détail du traitement des cuivres, nous dirons quelques mots de la fabrique d'acide sulfurique.

Fabrique d'acide sulfurique.

L'acide sulfurique est fabriqué à Moldova, au moyen de l'acide sulfureux provenant du grillage des pyrites.

Four de grillage des pyrites (fig. 6, Pl. IX). — Le four de grillage en usage jusqu'à présent est un four long à trois compartiments communiquant entre eux par le haut et par le bas. Ils sont séparés à la hauteur de la grille par une cloison en maçonnerie que supporte une voûte, et ont chacun un orifice de chargement à la voûte supérieure et deux portes de travail, une de chaque côté du four.

Chaque compartiment a 2^m, 10 de longueur sur 2 mètres

de largeur, et présente par conséquent une surface de 4^m, 20. La grille est formée de trente-huit barreaux en fer placés dans le sens de la longueur du four et supportés par trois barreaux porteurs en fonte, placés à 0^m, 65 de distance l'un de l'autre. Les porteurs ont des cannelures dans lesquelles entrent les barreaux de la grille. L'ouverture entre deux barreaux voisins est de 25 millimètres, l'épaisseur des barreaux est également de 25 millimètres et leur hauteur de 31 millimètres.

La pyrite est chargée en morceaux de l'épaisseur d'une grosse noix. On peut également employer la pyrite menue après l'avoir imprégnée de sulfate de fer en dissolution et d'un peu d'acide sulfurique, et l'avoir façonnée en briquettes, qui sont séchées, puis réduites en morceaux de la grosseur voulue. Un mélange de quelques centièmes d'argile produit le même résultat. La pyrite, même en roche, n'est d'ailleurs presque jamais complètement pure, et l'on considère encore comme bonne une pyrite qui renferme 25 p. 100 de gangue.

La matte pauvre provenant de la fonte crue des minerais cuivreux est traitée de la même manière.

On charge sur la grille une hauteur de 45 centimètres de pyrite. Avant chaque charge, la grille est nettoyée au moyen d'un ringard que l'ouvrier introduit d'en dessous entre les barreaux ; la pyrite grillée est généralement friable et tombe aisément ; au besoin les morceaux plus résistants sont concassés au moyen du ringard. Cette opération faite, la nouvelle charge de pyrite, qu'on avait placée d'avance sur la voûte du four, y est versée par l'orifice de chargement, puis étalée sur la surface de la grille au moyen de ringards introduits par les portes de travail.

Pendant le grillage ces orifices restent fermés ; l'air nécessaire au grillage arrive en dessous de la grille et au besoin par deux ouvertures de 10 centimètres carrés placés

à l'extrémité du four au niveau de la partie supérieure de la charge.

On fait trois charges par jour, et l'on grille dans les trois compartiments 1.850 kilogrammes de pyrites, soit 145 kilogrammes par mètre carré de grille.

Ce four présente l'inconvénient que les compartiments sont trop solidaires les uns des autres. Ils doivent fonctionner tous à la fois. En outre l'opération du nettoyage des grilles est dans ce système très-pénible et jusqu'à un certain point dangereuse pour les ouvriers. Enfin il est impossible de régler la quantité d'air qui doit passer à travers les grilles. Devant augmenter la capacité de production des fours de grillage pour répondre aux débouchés de la fabrique, on a été amené à construire un nouveau four de grillage dans un système un peu différent, qui paraît rendre en Belgique de bons services.

Le nouveau four est également divisé en compartiments au nombre de six, communiquant ensemble par la partie supérieure qui sert de conduit aux gaz acides, mais complètement séparés par le bas. Dans chaque four le dessous de la grille correspond d'un côté, par une porte spéciale, à un canal latéral par lequel arrive l'air, et qui sert pour la circulation des hommes et le transport des pyrites grillées; de l'autre côté à un canal plus petit qu'on fait communiquer avec une cheminée pendant le nettoyage de la grille. Le travail du nettoyage se fait dans des conditions beaucoup meilleures, ainsi que l'enlèvement des résidus. La fermeture des portes de communication, qui se fait au moyen de registres, suffit en même temps pour arrêter le travail d'un des compartiments, les autres continuant à fonctionner. Le chargement et l'étalage de la charge se font du reste de la même manière.

Chaque compartiment a une largeur de 2^m,05 et une longueur de 1^m,60, ce qui fait une surface de grille de 3^m,28 et pour les six compartiments 19^m, 74.

En admettant le même effet utile par mètre carré de grille, on pourra donc passer par jour 2.865 kilogrammes de pyrite correspondant à une production de 22,5 quintaux métriques d'acide à 60 degrés, soit par an environ 8.000 quintaux métriques d'acide. Il est probable d'ailleurs que l'effet utile sera plus considérable (*).

Le grillage des pyrites présente à Moldova l'inconvénient que des particules fines de pyrites grillées sont entraînées par les gaz. Afin de diminuer la quantité de ces poussières qui arrivent dans les chambres, on a établi à l'extrémité du nouveau four une chambre de condensation où le courant de gaz éprouve un ralentissement considérable et est en outre brisé par une cloison.

Production d'acide nitrique. — Avec l'ancien four, le rampant conduisant à la chambre les gaz du grillage prend naissance immédiatement à l'extrémité du four. Il est vertical sur 2 mètres de hauteur. A la partie inférieure de ce rampant sont placés deux wagonnets en fonte, qu'on y introduit par des portes spéciales fermées ensuite avec soin, et qui sont chargés de matières propres à la production de l'acide nitrique.

Ces matières sont du nitrate de soude du commerce renfermant 92 à 93 p. 100 de nitrate pur, et de l'acide sulfurique à 60 degrés; chaque charge se compose de 3^k,50 à 4 kilogrammes de nitrate et 7^k,50 d'acide; on les change toutes les quatre heures. Il se produit du sulfate de soude qui forme un produit accessoire de la fabrique.

La réaction de l'acide sulfurique sur le nitrate se fait à l'aide de la chaleur du courant de gaz.

Dans le nouveau four, les wagonnets seront placés à l'extrémité du four de grillage, entre ce four et la chambre de condensation des poussières.

(*) En Belgique un four semblable brûle en 24 heures par mètre carré de grille, de 160 à 192 kilogrammes de pyrite en morceaux ou de pyrite fine agglomérée (impure).

Le rampant vertical communique avec la première chambre de plomb par un conduit en fonte de 0^m,60 de diamètre et 26 millimètres d'épaisseur de métal.

Chambres de plomb. — Il y a deux chambres de plomb placées au niveau du premier étage sur charpente. La première a 6 mètres de hauteur, 6^m,65 de largeur et 7^m,40 de longueur; la deuxième, 6 mètres de hauteur, 6^m,65 de largeur et 30^m,70 de longueur; leurs capacités sont donc de 296 mètres cubes pour la première, et 1.255 mètres cubes pour la seconde : ensemble, 1.551 mètres cubes.

Les deux chambres communiquent entre elles par un tuyau en plomb de 475 millimètres de diamètre, partant de la partie supérieure de la première chambre et débouchant dans la seconde à 1 mètre au-dessus du fond. Cette disposition a pour effet d'arrêter dans la première chambre la presque totalité des poussières entraînées par le courant de gaz.

A la suite de la deuxième chambre s'élève une colonne en plomb de 11^m,50 de hauteur et de 0,72 mètres carrés de section, remplie de coke. Il s'y rassemble un peu d'acide sulfurique qui est reversé dans la première chambre.

La première chambre reçoit quatre jets de vapeur, et la deuxième douze par des tuyaux de 26 millimètres de diamètre munis d'orifices de 5 à 6 millimètres.

Concentration et distillation de l'acide. — L'acide des chambres, titrant 46 degrés, est évaporé dans trois bassins de concentration en plomb, ayant chacun 1^m,90 de longueur sur 1^m,90 de largeur et 0^m,31 de hauteur. Ils sont placés en contre-bas les uns des autres et communiquent entre eux par des siphons. L'acide concentré est pris seulement au dernier bassin.

Ces bassins sont chauffés par l'intermédiaire de plaques de fonte au moyen des flammes perdues de la distillation; ils peuvent l'être au besoin par des foyers spéciaux.

L'acide des chambres est porté dans ces bassins au titre de 60 degrés.

On peut y concentrer par vingt-quatre heures de 1.500 à 1.750 kilogrammes d'acide (à 60 degrés).

L'acide à 60 degrés est ensuite distillé dans un appareil en platine de 250 litres, capable de produire en vingt-quatre heures 2.250 à 2.500 kilogrammes d'acide à 66 degrés, et pouvant travailler vingt-quatre jours par mois.

L'acide de la première chambre donne à la distillation un dépôt blanc assez abondant qui paraît être un sous-sulfate de fer et qui provient de l'entraînement dans cette chambre des particules de pyrite grillées. Aussi réserve-t-on ordinairement l'acide à 60 degrés provenant de cette chambre pour les manipulations de l'usine même (production d'acide nitrique, fabrication du sulfate de cuivre). L'acide provenant de la deuxième chambre est beaucoup plus pur et donne très-peu ou point de dépôt.

Résultats de la fabrication. — La fabrication d'acide sulfurique à Moldova était dans les dernières années peu considérable, mais elle tend à s'accroître, les débouchés prenant tous les jours une notable extension. Cette usine se trouve dans de bonnes conditions de fabrication, en ce qui concerne le prix des matières premières, et elle est assez bien située, étant à proximité du Danube et de la station de Baziasch; les usines concurrentes sont d'ailleurs pour la plupart très-éloignées.

On a fabriqué, en 1864, 3.100 quintaux métriques d'acide à 60 degrés et 1.960 quintaux métriques d'acide à 66 degrés. Dans le premier semestre de 1865, la fabrication de l'acide à 60 degrés s'est élevée à 2.420 quintaux métriques, et celle de l'acide à 66 degrés à 1.540 quintaux métriques. L'usine ne pouvait, dans le deuxième semestre et avec l'ancien four de grillage, suffire aux commandes; le nouveau four lui a permis de doubler presque sa production, la capacité des chambres répondant déjà à une fabri-

cation de près de 10.000 quintaux métriques d'acide à 60 degrés, et celle de l'appareil en platine à une fabrication de 6.000 quintaux d'acide à 66 degrés.

Tout l'acide à 60 degrés ne peut d'ailleurs être soumis à la distillation, le traitement des cuivres argentifères employant 1.200 à 1.500 quintaux de cet acide.

L'acide à 66 degrés vendu est emballé, soit en ballons ou bonbonnes, contenant 1 quintal métrique et enfermées dans une corbeille, soit en demi-bonbonnes, soit en caisses renfermant quatre flacons de 12^l,50 chacun.

Les consommations de matières ont été, en 1864 et dans le premier semestre 1865, par quintal métrique d'acide à 60 degrés :

	1864	1 ^{er} semestre 1865.
Pyrite consommée.	19,225	19,025
Matte crue 0 ^m .216; équivalent en pyrite . . .	09,087	
Total.	19,312	
Houille.	09,446	09,390
Nitrate de soude.	09,030	09,030
Main-d'œuvre.	01,45	01,45

Par quintal métrique d'acide à 66° :

Acide à 60°.	19,25	19,25
Houille.	09,56	09,294
Bois.	0 ^m 3,119	0 ^m 3,72
Salaires.	01,60	01,52

Le sulfate de soude obtenu dans la production d'acide nitrique forme un produit accessoire de la fabrique. Pour 100 quintaux d'acide à 60 degrés, on obtient environ 3,3 quintaux de bisulfate de soude brut. Ce sel est évaporé dans un petit four à réverbère; le résultat de la dessiccation est du sulfate de soude neutre, qui peut se vendre à cet état et emballé 15 francs le quintal métrique loco fabrique.

Les frais par quintal métrique de sulfate de soude calciné sont de 5 francs pour l'évaporation et 1^l,85 pour l'emballage en tonnelets.

Traitement des cuivres argentifères et fabrication du sulfate de cuivre.

La méthode suivie pour la séparation du cuivre et de l'argent consiste dans l'attaque des grenailles de cuivre par l'acide sulfurique étendu et chaud, sous l'influence de l'air. Le cuivre est assez rapidement dissous, et passe à l'état de sulfate dans des bassins où l'on fait cristalliser le sel; l'argent reste dans les résidus, uni à une faible proportion de cuivre et aux impuretés du cuivre grenailé, c'est-à-dire au fer, au plomb, au soufre et à l'arsenic. Ces résidus sont très-riches en argent; ils en renferment jusqu'à 10 p. 100 et généralement quelques centièmes. Ils sont envoyés à Dognacska pour l'extraction définitive de l'argent métallique.

Le cuivre en grenailles est placé, pour l'attaque par l'acide, dans une caisse en plomb de 3 mètres 50 de longueur, 2 mètres de largeur et 0^m,85 de hauteur supportée par une plaque en fonte, au-dessous de laquelle sont disposés des carneaux pour la circulation des flammes d'un foyer spécial. La base du lit de grenailles est formée par des rondelles de cuivre argentifère placées elles-mêmes sur des briques espacées, posées de champ sur leur long côté. Au-dessus des rondelles sont posés immédiatement des morceaux de cuivre, queues de coulée, etc., puis viennent les grenailles. Le lit de cuivre a une épaisseur totale de 60 centimètres.

On arrose toutes les heures les grenailles avec de l'acide sulfurique étendu titrant de 15 à 25 degrés, ou avec des eaux mères acides, après avoir eu soin de remuer la surface du cuivre. Ces solutions ont été préalablement chauffées à 80 degrés centigrades environ. On en verse chaque fois 380 litres. Les eaux acides, filtrant à travers les grenailles, se rassemblent au bas de la caisse, puis s'écoulent par le fond dans un bassin également en plomb placé en contre-bas.

Les grenailles de cuivre sont donc soumises alternativement à l'action oxydante de l'air, qui est d'autant plus active qu'elles sont maintenues à une chaleur modérée par le passage intermittent de la dissolution chaude, et qu'elles restent imprégnées d'eau acide, et à l'action de l'eau acide qui dissout le sulfate formé, révivifie les surfaces métalliques et déplace l'air déjà désoxygéné. La réaction peut être rendue assez énergique par le chauffage du foyer ; mais en temps ordinaire ce chauffage est inutile, et on ne l'emploie guère qu'en hiver. La réaction simple suffit pour la fabrication habituelle, et pour la dissolution en vingt-quatre heures de 125 à 130 kilogrammes de cuivre (annuellement 450 à 525 quintaux métriques).

Les grenailles de cuivre sont réduites peu à peu par l'action de l'acide à un très-petit volume : les résidus sont entraînés lentement à l'état de poussière et de sable par la liqueur cuivreuse. On recharge du cuivre neuf tous les deux jours. La charge n'a besoin d'être refaite entièrement, et la caisse complètement vidée, que lorsque les rondelles sont usées, ce qui n'arrive qu'au bout de plusieurs mois.

La dissolution qui s'écoule de la caisse est très-chargée en cuivre et encore très-sensiblement acide. On la laisse reposer dans le bassin où elle s'est écoulée, de manière à permettre le dépôt des résidus entraînés, et, quand elle est devenue claire, on la soutire et on la verse dans des rigoles de 0^m,40 de largeur disposées autour et au milieu d'une des chambres de l'atelier sur une longueur de circuit de 100 mètres. La dissolution s'y refroidit complètement, et il s'y fait un dépôt de sulfate de cuivre brut. On l'en retire de temps en temps, et on le dispose sur les tables qui longent les rigoles et sur lesquelles il s'égoutte.

Les eaux mères se rassemblent, au sortir des rigoles, dans un bassin de 5 mètres de longueur sur 1^m,25 de largeur et de 1^m,75 de hauteur. Elles sont reprises en partie pour être évaporées et concentrées, comme les eaux mères

du premier raffinage, en partie pour être mélangées à l'acide sulfurique et repassées dans la caisse des grenailles.

Le sulfate brut des rigoles est lavé à l'eau dans une caisse en bois doublée de plomb. On y traite à peu près 12 quintaux métriques à la fois. Ce lavage a surtout pour but de débarrasser le sulfate de l'acide libre qui s'y trouve ; il enlève en même temps une partie des résidus argentifères entraînés mécaniquement par la dissolution, et qui s'étaient déposée avec le sulfate de cuivre. L'eau de lavage est recueillie dans des bassins en plomb où les résidus entraînés se déposent, et se rend de là dans la caisse des eaux mères acides.

Le sulfate brut lavé est porté dans une caisse en tôle doublée de plomb, où il est dissous, soit dans l'eau pure, soit dans des eaux mères peu ou non acides provenant d'un premier raffinage. Cette caisse a 2 mètres de longueur sur 1^m,20 de largeur et de 1 mètre de hauteur à une extrémité et 1^m,15 à l'autre ; le fond est légèrement incliné. Pendant la dissolution, qui dure douze heures, les résidus qui étaient mélangés mécaniquement au sulfate de cuivre se déposent dans la partie inférieure de la caisse. Après un repos qui a pour but de rendre le dépôt des résidus complet, la dissolution chaude est décantée et envoyée aux cristallisoirs.

L'atelier contient vingt cristallisoirs simples de 1^m,25 de longueur, 1^m,25 de largeur et 0^m,95 de hauteur, et quatre cristallisoirs d'une longueur double.

Le volume de chaque cristallisoir simple est de 1^m,480 et le volume total de 43 mètres cubes.

Les cristallisoirs sont des caisses en bois doublées intérieurement de plomb ; chacun des simples renferme soixante bâtons ou lames de plomb sur lesquels se déposent les cristaux de sulfate.

La cristallisation dure huit jours ; on recueille chaque fois dans un cristallisoir simple 2 quintaux métriques de

sulfate de première qualité et 60 kilogrammes de deuxième qualité.

Les eaux mères des cristalliseurs marquent 25 degrés à l'aréomètre. Elles sont évaporées et concentrées dans une deuxième chaudière de 4^m,70 de longueur, 2 mètres de largeur et 0^m,31 de hauteur. Quand elles marquent 38 degrés, on les décante dans les cristalliseurs pour produire un sulfate de troisième qualité qui est redissous et raffiné comme le sulfate brut. Les secondes eaux mères sont acides, et peuvent être employées à la dissolution du cuivre.

Les cristaux de sulfate recueillis dans les cristalliseurs sont grossièrement concassés, puis triés: on les lave rapidement dans l'eau pure afin d'enlever les dernières traces d'acide libre, et on les met à sécher sur des tables en bois, dans une chambre chaude bien aérée, et sur une épaisseur de 2 à 3 centimètres. Le séchage dure de cinq à huit jours. Le sulfate est ensuite emballé dans des tonneaux de 3 quintaux métriques ou des tonnelets de 50 kilogrammes.

Les résidus argentifères sont principalement recueillis dans le bassin en plomb où la dissolution arrive au sortir de la caisse d'attaque; le reste est recueilli soit dans la chaudière à dissoudre le sulfate brut, soit dans la chaudière à concentrer les eaux mères, soit dans le bassin de lavage.

Le sulfate de cuivre obtenu est d'une grande pureté et ne renferme que des traces d'argent.

Les résidus sont de deux espèces: 1° un résidu de couleur gris clair, léger, renfermant de 0,8 à 3 p. 100 d'argent et composé surtout de silice et de scories; 2° une variété brun rougeâtre foncé plus lourde, renfermant de 6 à 13 p. 100 d'argent et en outre des oxydes, sulfures et sulfates de plomb, d'antimoine, de cuivre, de fer et de nickel (*).

(*) Une analyse de ces résidus faite en 1865 a donné, sur 100

Il est assez difficile de vérifier exactement si la manipulation donne une perte d'argent. Les essais ont lieu, tant pour le cuivre argentifère que pour les résidus, par la voie sèche, et indiquent évidemment, soit dans le cuivre argentifère une proportion trop faible, soit dans les résidus une proportion trop forte. Cette dernière hypothèse est probablement la vraie, surtout en considération des pertes d'argent assez fortes que le traitement des résidus fait ressortir à Dognacska.

Depuis le 1^{er} janvier 1859 jusqu'au 31 décembre 1864, la fabrique de Moldova a reçu 3.343^q,5 de cuivre grenillé renfermant d'après les essais 1.288^{kil},97 d'argent.

Il restait, au 31 décembre 1864, 1.961^q.54 de cuivre renfermant 842^k,17 d'argent.

Il était donc entré dans la manipulation	1.282 ^q ,16
de cuivre, avec	446 ^k ,80
Les résidus obtenus dans la même période renfermaient d'après les essais	495 ^k ,28
Ce qui fait ressortir un boni de	48 ^k ,48
ou 10.8 p. 100.	

Il semble en tous cas résulter de ce qui précède que la manipulation ne donne pas de perte d'argent.

Quant au cuivre, il a été produit avec les 1.382^q,16

parties:

- 22,1 Silice et scories insolubles dans l'eau régale.
- 22,3 Sulfate de plomb.
- 18,1 Oxyde d'antimoine.
- 13,1 Peroxyde de fer.
- 7,7 Cuivre en partie à l'état métallique, en partie à l'état de sulfure, d'oxydure et de sulfate.
- 7,1 Argent, — principalement à l'état métallique, — une petite partie est à l'état de chlorure et de combinaisons diverses.
- 9,6 Soufre, arsenic, cobalt, nickel, etc., à divers états de combinaison.

100,0

indiqués ci-dessus 5.237¹,22³ de sulfate de cuivre raffiné, ce qui donne par quintal 26^k,4 de cuivre employé. Cette proportion était un plus peu forte que la proportion théorique qui est de 25^k,4; la faible perte qui semble en résulter s'explique par le fait du cuivre contenu dans les résidus et qui doit se retrouver à Dognacska.

Pour une fabrication de 1.020 quintaux métriques de sulfate de cuivre en 1864, l'emploi des principales matières et de la main-d'œuvre a été, par quintal métrique de produit :

Cuivre argentifère.	0 ^q ,2555
Acide sulfurique à 60°.	0 ^q ,6066
Houille	0 ^q ,81
Bois.	1 ^m 3,24
Main-d'œuvre	2 ^l ,67

Les frais de l'opération et la consommation du cuivre (sans compter l'argent), sont complètement couverts par la vente du sulfate, en sorte que la séparation de l'argent peut être considérée comme se faisant sans frais.

Traitement des minerais de plomb et de cuivre argentifères à Dognacska.

Les minerais fournis par les mines de Dognacska à l'usine sont :

a) Minerais cuivreux oxydés argentifères, venant de la galerie Marcus; ils renferment de 20 kil. à 50 kil. de cuivre, et environ 250 grammes d'argent à la tonne; les gangues sont l'oxyde de fer et le grenat.

b) Minerais cuivreux pyriteux argentifères, de la galerie Marcus, d'une teneur d'environ 20 kil. de cuivre et 75 grammes d'argent; gangue de pyrite de fer et de grenat.

c) Pyrites pauvres de la galerie Marcus, à 1/2 ou 1 p. 100 de cuivre, non argentifères.

d) Minerais cuivreux blendeux argentifères de la galerie Ferdinand. Ils renferment de 10 à 20 kil. de cuivre et 500 à 500 grammes d'argent; gangue de trémolite, quartz et grenat; souvent beaucoup de blende.

e) Galène blendeuse argentifère, de la galerie Ferdinand. Teneur 100 à 250 kil. de plomb et de 500 à 880 grammes d'argent; même gangue que d. Cette galène renferme aussi un peu de pyrite cuivreuse.

f) Plomb oxydé argentifère de la galerie Ferdinand. Teneur 200 kil. de plomb et 300 grammes d'argent.

g) Schlichs de plomb venant de l'atelier de préparation mécanique. Ils sont blendeux et un peu cuivreux, et renferment en moyenne 400 kil. de plomb et 800 grammes d'argent par tonne.

Les schlichs g ne viennent à l'usine que depuis l'année 1865. Avant cette époque on n'avait comme minerais de plomb que les minerais oxydés f et les minerais blendeux e. Les minerais pauvres très-abondants de Barbara et d'Élias Éliseus étaient inutilisés; c'est afin d'en tirer partie que l'atelier de préparation mécanique a été construit.

Il y a quelques années les minerais cuivreux et les minerais plombés étaient à peu près en quantités égales. Les derniers arrivent actuellement en moins grande abondance, mais plus riches, tous ceux qui n'atteignent pas une teneur convenable passant par la laverie.

La blende ou l'oxyde de zinc sont très-abondants dans les minerais d, e, f et g. Ils forment une des difficultés de la manipulation, en rendant les minerais durs à fondre.

Les minerais de plomb renferment toujours un peu de cuivre qui n'est pas compté par l'usine, et réciproquement les minerais de cuivre renferment souvent du plomb.

Les gangues des lits de fusion, surtout en présence de minerais grillés, sont en général basiques.

La méthode de traitement suivie il y a quelques années consistait à fondre séparément les minerais de cuivre de façon à faire une matte de cuivre qu'on traitait, après concentration, pour cuivre noir. L'argent des minerais étant ainsi presque tout entier concentré dans ce dernier, les opérations ne donnaient qu'une très-petite quantité de

plomb d'œuvre. De leur côté, les minerais de plomb étaient fondus séparément avec environ un quart de la matte produite par la fonte des minerais cuivreux. L'argent passait en grande partie dans le plomb d'œuvre, et le cuivre des minerais, avec le reste de l'argent, passait dans une matte qu'on concentrait et traitait ensuite pour cuivre noir.

Cette méthode a été modifiée depuis 1864. Les minerais cuivreux sont encore fondus à part, mais avec une partie de minerais plombeux, de façon à produire une première désargentation; la matte produite est passée tout entière dans la fonte des minerais de plomb. L'argent de cette matte est ainsi enlevé en partie par le plomb d'œuvre. La nouvelle matte produite est d'ailleurs, comme auparavant, concentrée et traitée pour cuivre noir. Les opérations de cette nouvelle méthode sont plus simples, et elle présente l'avantage d'enlever de suite une partie notable de l'argent des minerais cuivreux, qui n'aura plus à passer par les opérations successives de la fonte pour cuivre noir, de l'alliage, du traitement de Moldowa et du traitement des résidus.

Première méthode.

Les premières opérations de cette méthode n'étant plus suivies et n'ayant qu'un intérêt de comparaison, je me contenterai ici d'en indiquer les résultats tels qu'ils ont été constatés pour une période de sept années, de 1857 à 1863.

Fonte crue des minerais cuivreux. — La fonte crue des minerais cuivreux se faisait dans un haut fourneau de 6^m,65 de hauteur totale, à deux tuyères placées sur la varme. On y passait surtout les minerais cuivreux argentifères *a*, *b* et *d*, non grillés, une petite quantité de minerais *b* et *d* grillés, des crasses et des loups d'opérations précédentes, avec une faible addition de pyrite et de quartz, et à peu près poids pour poids de scories de la fonte même ou de la fonte

pour plomb. On obtenait une très-faible quantité de plomb d'œuvre et une matte cuivreuse renfermant en moyenne moins de 6 p. 100 de cuivre et 510 grammes d'argent par tonne. Les frais de l'opération se montaient, par tonne de minerai et crasses, à 24^f,43.

Fonte de concentration des mattes cuivreuses. — La matte cuivreuse de la fonte crue était, après un grillage à plusieurs feux, soumise à une fonte de concentration dans le même four, avec un neuvième environ des minerais argentifères riches *a* et de minerais *b* riches. On obtenait une faible quantité de plomb d'œuvre et une matte cuivreuse renfermant en moyenne 187 kilogrammes de cuivre et 1.226 grammes d'argent par tonne.

Les frais de l'opération s'élevaient à 35 francs par tonne de mattes et minerais, autrement dit à 65 francs par quintal métrique de cuivre contenu.

Les deux opérations réunies coûtaient 42^f,27 par tonne de minerais traités.

Fonte pour cuivre noir. — La matte cuivreuse concentrée était grillée à huit ou dix feux et traitée pour cuivre noir; on traitait en même temps les mattes cuivreuses provenant de la liquation (Darrleche), et les mattes minces provenant d'une fonte similaire précédente.

Cette opération subsistant dans la nouvelle méthode, avec les seules modifications qui proviennent de la nature des mattes fournies par les premières fontes, j'indiquerai ici les résultats de la période 1857-1863, beaucoup plus complets que ceux que je pourrais donner pour la nouvelle méthode. Le grillage coûte par tonne de matte :

1,11 stères de bois à 2 ^f ,50	2 ^f ,78
0,16 mesures de charbon (9 kil.) à 1 ^f ,60	0 ^f ,26
Salaires	2 ^f ,47
	<hr/> 5 ^f ,51

La fonte pour cuivre noir se fait dans un four à manche, à une tuyère, de 4^m,275 de hauteur totale, et de 3^m,28 au-

dessus du fond du creuset. La section est légèrement trapézoïdale; la distance de la warme à la poitrine est partout de 0^m,95, la largeur à la warme 0^m,80, la largeur à la poitrine 0^m,65.

Dans la période 1857-63, on a fait vingt-deux campagnes d'une durée moyenne de 8,5 jours, et traité 530 tonnes de mattes concentrées, soit 24 tonnes par campagne et 2^t,8 par vingt-quatre heures.

Lit de fusion moyen par tonne de matte concentrée ou liquatée :

	Contenance en		
	cuivre.	plomb.	argent.
1.000,0 kilog. mattes grillées d'une teneur de 240 ^t ,2 de cuivre et 950 gr. d'argent.	kilog. 240,2	kilog. 26	gram. 950,0
128,6 matte mince.	65,6	"	85,6
10,2 crasses, pour mémoire. 40,0 quartz. 1.235,0 scories.			
Total. 2.413,8 Métaux contenus.	305,8	26	1.035,6

Produits :

300,0 cuivre noir d'une teneur de 770 kilog. de cuivre et 3.630 gr. d'argent par tonne.	231,5	"	1.092,0
128,6 matte mince à retraiter, d'une teneur de 518 kilog. de cuivre et 665 gr. d'argent par tonne.	65,6	"	85,6
10,2 crasse, pour mémoire.			
Total.	297,1	"	1.177,6
Boni d'argent.	"	"	142,0
ou 13,7 p. 100. Perte de cuivre 8,7. ou 2,8 p. 100.			

Frais de l'opération par tonne de matte concentrée ou liquatée :

Grillage de 1.128 ^t ,6 de mattes.	francs. 6,22
40 kilog. de quartz à 0 ^t ,45 le quintal.	0,18
13,3 mesures de charbon de bois (745 kilog., soit 309 p. 1.000 du lit de fusion) à 1 ^t ,60.	21,30
Salaires.	5,49
Matériaux divers.	1,78
Total.	34,97
Soit par quintal de cuivre de la matte à traiter.	14,55

Fonte des minerais de plomb. — Les minerais de plomb *e* et *f*, qui ne figurent pas dans les opérations précédentes, étaient soumis à une fonte spéciale dans le même fourneau.

La nature très-blendeuse de ces minerais nécessitait l'emploi d'une très-grande quantité de scories comme fondant; d'un autre côté, afin d'éviter les pertes d'argent trop fortes, on composait le lit de fusion de manière à former une matte absorbant une partie de la blende, une partie du plomb et la petite quantité de cuivre existant dans les minerais.

Pour amener la formation de cette matte, on mélangeait aux minerais de plomb une certaine quantité de minerais cuivreux pyriteux et une partie de la matte produite dans la fonte crue des minerais cuivreux, après l'avoir préalablement grillée. L'oxyde de fer de cette matte grillée avait d'ailleurs pour effet de servir de fondant pour la silice des minerais, d'augmenter la fusibilité de la scorie, enfin de défendre l'oxyde de plomb contre la scorification.

Les litharges non marchandes et autres produits impurs de la coupellation étaient en outre mélangés au lit de fusion, et contribuaient par leur plomb à la séparation de l'argent des minerais.

On obtenait une assez grande quantité de plomb d'œuvre riche et une matte renfermant en moyenne 80 kilogrammes de cuivre, 100 kilogrammes de plomb et 560 grammes d'argent par tonne.

Les frais de l'opération se sont élevés, dans la période déjà indiquée, à 30^t,60 par tonne de minerais et mattes traités.

Liquation. — La matte de plomb de la fonte précédente était soumise à la liquation (Darren). Il en est encore de même de la matte de plomb obtenue dans la nouvelle méthode.

Cette matte est préalablement soumise à un grillage à trois feux, dont les frais sont, par tonne de matte :

Pour 0,7 stères de bois à 2 ^t ,50.	1 ^t ,75
Pour 0,12 mesures de charbon.	0 ^t ,19
Salaires.	1 ^t ,54
Total.	3 ^t ,48

Elle est ensuite passée dans le même fourneau que pour la fonte des minerais. On y joint une petite quantité de minerais de cuivre en vue de la formation de la matte.

Dans la période 1857-63, on a fait vingt-deux campagnes d'une durée moyenne de neuf jours et demi, et passé 431 tonnes de mattes et minerais, soit 19¹/₆ par campagne et un peu plus de 2 tonnes par jour.

Lit de fusion moyen par tonne de mattes et minerais :

	Contenance en		
	cuivre.	plomb.	argent.
954,0 mattes de plomb grillées tenant 82 kilog. de cuivre, 101 ¹ / ₆ de plomb et 341 gr. d'argent.	78,3	97,0	325,0
6,5 minerais cuivreux argentifères <i>a</i> , tenant 21 ¹ / ₄ de cuivre, 17 kilog. de plomb et 392 gr. d'argent par tonne.	1,4	0,1	2,6
39,5 minerais cuivreux <i>b</i> , tenant 32 kilog. de cuivre par tonne (argent non estimé).			
Total. 1.000	79,7	97,1	327,6
188 crasses de plomb de la même opération et autres, pour mémoire.			
45 pyrites c.			
31 quartz.			
1.415 scories.			
Total. 2.681	79,7	97,1	327,6

Produits :

63 plomb d'œuvre, tenant 3.110 gr. à la tonne.	"	63,0	197,0
344 matte de cuivre liquatée (Darrlech), tenant 230 kilog. de cuivre, 74 ¹ / ₆ de plomb et 570 gr. d'argent.	79,0	25,6	196,0
» crasses (pour mémoire).			
Total.	79,0	88,6	393,0
d'où perte en cuivre.	0,7	"	"
perte en plomb.	"	8,5	"
ou 8,7 p. 100. Boni d'argent.	"	"	65,4
ou 20 p. 100.			

Frais de l'opération par tonne de mattes et minerais :

	francs.
Grillage de 954 kilog. de mattes.	3,32
45 kilog. de pyrite à 2 ¹ / ₁₀ le quintal.	0,95
33 kilog. de quartz.	0,15
13,75 mesures de charbon (702 kilog., soit 262 p. 1.000 du lit de fusion) à 1 ¹ / ₆₀	22,00
Salaires.	8,28
Matériaux divers.	1,00
Total.	35,70

La matte obtenue dans cette opération est soumise à la

fonte pour cuivre noir après un grillage à 8 ou 10 feux, comme la matte concentrée provenant des minerais de cuivre.

Traitement du cuivre noir. — Le cuivre noir est envoyé à Csiklova pour la fabrication du cuivre argentifère en grenailles. Ce traitement coûte, comme nous l'avons vu, par quintal de cuivre contenu dans le cuivre noir, 5¹/₂₀; il faut y ajouter 1¹/₁₀ de régie (à Csiklova) et environ 1¹/₅₀ de transport, total 7¹/₈₀.

La manipulation à Moldova ne coûte rien; on doit seulement compter le transport du cuivre argentifère à Moldova, 2 francs par quintal de cuivre, et le transport des résidus de Moldova à Dognacska.

Coupeellation du plomb d'œuvre. — Le plomb d'œuvre obtenu dans les opérations qui précèdent est soumis à la coupeellation.

Le four de coupeelle est légèrement elliptique. Sa longueur, dans le sens des tuyères, est de 3¹/₂₀; dans le sens perpendiculaire au premier 2¹/₉₀. La flèche de la sole est de 105 millimètres. La sole est faite avec un mélange de deux tiers en volume de calcaire pulvérisé et d'un tiers d'argile réfractaire de Doklen; elle a 24 centimètres d'épaisseur au-dessus de la maçonnerie.

Le vent est donné par deux tuyères de 8 centimètres de diamètre placées à 15 centimètres au-dessus de la surface du bain et légèrement inclinées vers celles-ci.

La première charge pour une opération est de 2.500 kilogrammes de plomb en rondelles déposées sur toute la surface de la sole. La fusion dure deux heures. Cette fusion étant complète, on donne le vent, et l'on ajoute successivement par filage le reste de la charge, de 5.000 à 7.500 kilogrammes, par quantités de 100 kilogrammes à la fois.

A la fin de l'opération, quand le bain de plomb est déjà très-riche, on y ajoute les minerais très-riches et en général les matières très-argentifères.

Dans la période 1857-63 on a fait cinquante-quatre coupellations d'une durée moyenne de deux jours et demi, en passant 4.256 quintaux métriques de plomb d'œuvre, soit 79 quintaux métriques par coupellation.

Les résultats ont été par 1.000 kilogrammes de plomb d'œuvre :

Charge :	Contenance en		
	plomb. kilog.	argent. kilog.	or. gr.
1.000 kilog. plomb d'œuvre contenant.	998	2.715	0,98
Produits :			
2,67 argent fin	"	2,67	4,79
18,00 plomb pauvre (litharges réduites)	18	"	"
327,00 litharges impures à repasser dans les opérations de l'usine, teneur 875 kilog. de plomb et 99 ⁵ / ₈ d'argent par tonne.	461	0,075	"
296,00 débris de coupelle à repasser, teneur 586 kilog. de plomb et 128 gr. d'argent.			
2,07 abstriches à repasser, teneur 748 kilog. de plomb et 1.260 gr. d'argent.			
1,03 crasses, teneur 220 kilog. de plomb à repasser.			
473,00 litharges marchandes à 90,6 p. 100 de plomb	429	"	"
Total.	908	2.745	4,79
d'où perte de plomb.	90	"	"
Soit 9 p. 100.			
Boni d'argent.	"	0,030	"
ou 1,1 p. 1.000.			
Boni d'or.	"	"	3,81

Frais de l'opération par tonne de plomb d'œuvre :

	francs.
0,6 mesures de charbon à 1 ⁵ / ₆₀	0,96
1,52 stères de bois à 2 ⁵ / ₅₀	3,80
Salaires.	11,23
Matériaux divers.	1,31
Total.	17,30

Deuxième méthode.

Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, le changement introduit depuis 1864 dans la méthode de traitement consiste surtout dans la désargentation immédiate, aussi forte que possible, des mattes cuivreuses, par leur passage dans la fonte des minerais de plomb.

En même temps, on évite par là l'opération de la concentration. Il est vrai qu'on obtient plus de mattes de

plomb, et que le traitement de ces dernières porte sur une plus forte quantité; mais il y a néanmoins une économie évidente dans les frais d'ensemble.

On évite en même temps une partie des pertes d'argent qui pourraient se faire dans les opérations qui suivent la concentration.

Un changement d'un autre genre survenu depuis 1864 a été la modification subie par le haut-fourneau. Il a été légèrement exhaussé et sa hauteur totale portée à 7 mètres. Les deux tuyères ont été placées, en face l'une de l'autre, sur les côtés du fourneau, et à 1^m,30 au-dessus du fond du creuset. Le résultat de ces modifications a été une notable économie en combustible et l'augmentation de la fabrication journalière.

Fonte crue des minerais de cuivre. — On passe dans cette fonte des minerais cuivreux avec un quart environ de minerais plumbeux et cuivreux oxydés.

Dans les cinq premiers mois de 1865, on a fait sept campagnes d'une durée moyenne de douze jours, en passant par campagne 59 tonnes, ou par jour un peu moins de 5 tonnes.

Le lit de fusion a été, pour 1.000 kilogrammes de minerais :

	Contenance en	
	cuivre. kilog.	argent. gram.
280 minerais blendeux grillés d, tenant 14 ³ / ₃ de cuivre et 375 gr. d'argent par tonne.	4,0	105
260 minerais oxydés plumbeux et cuivreux, tenant 15 kilog. de cuivre et 327 gr. d'argent par tonne.	3,9	85
460 minerais cuivreux pyriteux b non grillés, tenant 24 ⁵ / ₅ de cuivre et 48 gr. d'argent par tonne.	11,2	22
Total. 1.000	19,1	212
130 crasses de la même opération, pour mémoire.		
10 quartz.		
900 scories de la fonte pour plomb (sub ou singulo-silicates) et scories riches de la fonte crue.		
Total. 2.040		

Produits :	Contenance en	
	cuivre.	argent.
360 matte crue, tenant 61 kilog. de cuivre et 414 gr. d'argent par tonne	kilog.	gram.
13 plomb d'œuvre, tenant 2.230 gr. d'argent par tonne	"	29
130 crasses. Scories (singulo-silicates).		
Total	22,0	178
d'où boni de cuivre	2,9	"
ou 15,2 p. 100. Perte d'argent	"	34
ou 16 p. 100.		

Frais de l'opération, par tonne de minerai :

Grillage des minerais	francs.
8,4 mesures de charbon (471 kilog., soit 233 p. 1.000 du lit de fusion), à 1 ^f ,60	13,45
Salaires	6,20
Matériaux divers	1,03
Total	21,63

Le grillage des minerais blendeux se fait en grands tas, sur un lit de bois de 80 centimètres d'épaisseur. On grille jusqu'à 125 tonnes à la fois. Le lit de minerais à 1 mètre de hauteur au-dessus du bois. Une grande difficulté de ce grillage est la nature pulvérulente d'une grande partie des minerais qui sont à l'état de sable ou de petits morceaux. On y obvie toutefois d'une façon très-satisfaisante en ménageant dans la masse de minerais un certain nombre de cheminées formées de tuyaux en terre cuite, espacées d'environ 1 mètre, et pénétrant presque jusqu'au bas du tas. Quatre ouvreaux sont ménagés sur les quatre faces et communiquent chacun avec un conduit horizontal en pierres sèches qui pénètre de 1^m,50 dans le lit de bois. Le grillage dure de dix à quinze jours.

Les frais de grillage sont, par tonne de minerai :

0,57 stères de bois à 2 ^f ,50	1 ^f ,43
0,01 mesures de charbon	0 ^f ,16
Salaires	1 ^f ,85
Total	3 ^f ,44

Fonte pour plomb. — La fonte des minerais de plomb a

lieu dans un fourneau semblable à celui pour la fonte de minerais de cuivre. Il a été fait, dans les cinq premiers mois de 1865, neuf campagnes d'une durée moyenne de dix jours. On a traité par campagne 32 tonnes de minerais et mattes, soit 3^t,2 par vingt-quatre heures.

Lit de fusion moyen par tonne de minerais et mattes.

	Contenance en		
	cuivre.	plomb.	argent.
320,0 minerais plombeux blendeux grillés, tenant 270 kilog. de plomb et 410 gr. d'argent	kilog.	kilog.	gram.
215,0 minerais oxydés plombeux, tenant 220 kilog. de plomb et 355 gr. d'argent	"	86,5	131,0
27,6 minerais plombeux blendeux crus, tenant 330 kilog. de plomb et 590 gr. d'argent	"	47,3	76,4
Soit 562,6 minerais de plomb	"	9,1	16,3
34,5 minerais oxydés cuivreux (à titre d'essai), tenant 20 kilog. de cuivre et 210 gr. d'argent	0,7	"	7,2
83,2 minerais pyriteux crus, tenant 22 kilog. de cuivre et 30 gr. d'argent	1,8	"	2,5
13,7 schlichs aurifères d'Oravicza, tenant 6 kilog. cuivre, 20 gr. d'argent et 50 gr. d'or	"	"	0,3
Soit 131,4 minerais de cuivre	2,5	"	10,0
306,0 matte grillée à 3 feux de la fonte crue pour cuivre, tenant 54 kilog. de cuivre et 530 gr. d'argent	16,5	"	152,5
55,6 litharges riches et litharges pauvres. } 62,5 débris de coupelle	"	90,1	44,8
90,0 crasses de plomb de la même opération grillées, pour mémoire.			
208,0 crasses de plomb de la même opération crues, pour mémoire.			
28,0 pyrites.			
10,0 quartz.			
923,0 laitiers siliceux de haut fourneau pour fonte de fer, et scories riches de l'opération même.			
Total. 2.177,1 lit de fusion contenant	19,0	233,0	431,0

Produits :

201,0 plomb d'œuvre tenant 1.740 gr. d'argent par tonne	"	201,0	350,0
253,5 matte de plomb tenant 73 ^f ,5 de cuivre, 84 kilog. de plomb et 315 gr. d'argent	18,6	21,3	80,0
41,5 matte crue à repasser dans la même opération après grillage; elle est obtenue à la fin de chaque campagne dans une fonte spéciale de crasses et de scories riches avec addition de pyrites, tenant 40 kilog. de cuivre et 240 gr. d'argent	1,7	"	10,0
Scories (singulo-silicates).			
Total	20,3	222,3	440,0

	Contenance en		
	cuivre.	plomb.	argent.
	kilog.	kilog.	gram.
D'où boni de cuivre.	1,3	"	"
Ou 6,8 p. 100. Perte de plomb.	"	10,7	"
Ou 4,6 p. 100. Boni d'argent.	"	"	9,0
Ou 2 p. 100.			

Frais de l'opération, par tonne de minerais et mattes ;

	francs.
Grillage des mattes et minerais.	3,06
10 mesures de charbon de bois (560 kilog., soit 254 p. 1.000 du lit de fusion).	16,00
Additions quartzieuses et pyriteuses.	0,35
Salaires.	8,92
Matériaux divers.	2,00
Total.	30,33

Traitement de la matte de plomb. — La matte de plomb obtenue dans l'opération précédente est soumise à la liquation comme dans la première méthode. L'opération est conduite de la même manière, avec cette différence qu'on ajoute les laitiers de haut-fourneau en moindre proportion, 1.000 p. 1.000 de minerais, au lieu de 1.415. Cette modification, jointe à la surélévation du fourneau, a amené une diminution notable dans la dépense de combustible et dans les frais de l'opération.

Opérations subséquentes. — Les plombs-d'œuvre et mattes provenant des fontes qui précèdent sont soumises, comme dans l'ancienne méthode, d'une part à la coupellation, de l'autre à la fonte pour cuivre noir, sans modification dans le travail.

Traitement des résidus argentifères de Moldova.

Les résidus très-argentifères produits à Moldova, dans la fabrication du sulfate de cuivre, sont transportés à Dognacska, où est concentrée la production de l'argent.

Avant 1864, ces résidus étaient fondus dans un très-petit four à manche avec neuf à dix fois leur poids de litharge; on obtenait un plomb-d'œuvre renfermant la plus grande

partie de l'argent et des crasses repassées dans les autres opérations de l'urine.

On a traité ainsi en 1863 31^m,52 de résidus en cinquante jours de travail, soit 62^k,6 par vingt-quatre heures.

Par quintal métrique de résidus, les résultats de la manipulation ont été :

	Contenance en		
	cuivre.	plomb.	argent.
	kilog.	kilog.	gram.
Lit de fusion :			
100 kilog. de résidus renfermant 143 kilog. de cuivre et 61 ^k ,7 d'argent par tonne.	14,3	"	6,17
908 de litharges marchandes.	"	821	"
Total. 1.008	14,3	821	6,17
Produits :			
639 de plomb d'œuvre, à 0,0075 gr. d'argent.	"	639	4,81
301 crasses tenant 25 ^k ,5 de cuivre, 476 kilog. de plomb et 3.120 gr. d'argent à la tonne.	7,7	144	0,94
Total.	7,7	783	5,75
d'où perte en cuivre.	6,6	"	"
ou 46 p. 100. Perte en plomb.	"	38	"
ou 4,6 p. 100. Perte en argent.	"	"	0,42
ou 6,8 p. 100.			

Frais de l'opération :

	francs.
7,58 mesures de charbon (414 kilog., soit 410 p. 1.000 du lit de fusion), à 1 ^{fr} ,60.	12,15
Salaires.	9,40
Matériaux divers.	3,35
Total.	24,90

Les pertes en métaux constatées ci-dessus ont amené à faire des essais de traitements différents, dans le but de tirer le meilleur parti possible de ces matières riches.

Un essai important a consisté dans l'addition pure et simple des résidus à la coupellation; cet essai a duré de janvier 1864 à mars 1865; on y a constaté des pertes considérables d'argent montant jusqu'à 18 p. 100. Il est probable que la perte réelle n'était plus aussi élevée et qu'une partie de l'argent cru perdu devait se retrouver dans les manipulations successives où repassaient les litharges et les sous-produits de la coupellation. Cependant une perte notable s'explique par l'élévation de la température, élé-

vation qui devait encore être forcée pour opérer la dissolution complète des résidus dans le bain. L'opération présentait d'ailleurs d'autres inconvénients; d'une part, les litharges étaient rendues impures par les matières étrangères des résidus; d'autre part, la haute température développait d'abondantes vapeurs de plomb accompagnées d'un peu d'arsenic, qui exerçaient une fâcheuse influence sur la santé des ouvriers. Il fallut donc renoncer à ce système.

La dissolution des résidus dans un bain de plomb métallique en creusets de fonte ne peut s'effectuer, le fer étant très-rapidement attaqué par le soufre des résidus.

Des essais faits en 1865 ont consisté à fondre les résidus mélangés avec de la litharge dans un four à manche de 2^m,20 de hauteur totale, en ajoutant, soit de la litharge simplement et des scories, soit ces matières additionnées de pyrite ou de mattes grillées.

Le meilleur résultat a été obtenu avec un mélange de litharge et de matte grillée. On emploie en tout sept parties de litharge pour une de résidus. Ceux-ci sont d'abord mélangés avec de la poussière fine de litharge dans la proportion d'une partie et demie de litharge et une de résidus, et ce mélange est formé en boules avec l'addition de 5 p. 100 de terre réfractaire mouillée. La charge est faite d'abord avec de la litharge en morceaux, cinq et demie parties pour une de résidus; puis viennent ces boules de mélange séchées, la matte grillée dans la proportion de deux et demie pour une de résidus, puis les crasses d'une opération précédente, et enfin des scories (six fois le poids des résidus). A la fin de la campagne, on passe plusieurs charges de litharge pour nettoyer le four.

L'addition de la matte grillée produit un très-bon effet. Il se forme une matte qui sépare dans le creuset les scories du plomb-d'œuvre et recueille une partie de l'argent qui aurait échappé à celui-ci; l'oxyde de fer de la matte

grillée forme à la fois un scorifiant pour la silice des résidus, et, par sa réduction partielle, un moyen de précipitation énergétique pour le plomb.

Cette nouvelle méthode diffère de celle suivie jusqu'en 1865 presque uniquement par l'addition de la matte. Elle donne encore une perte d'argent, mais certainement plus faible; car dans des essais faits sur les mêmes résidus et, dans les mêmes conditions, les uns avec la litharge seule, les autres avec le mélange de litharge et de matte grillée, les premiers ont donné une perte d'argent de 10 à 11 p. 100, les seconds une perte de 6,5 p. 100 seulement. Ces essais paraissent concluants pour la comparaison des deux méthodes malgré le chiffre de 6,8 p. 100, qui est indiqué plus haut pour la perte en argent de la première opération, mais qui se rapporte à des résidus d'une composition différente.

Mars 1866.

NOTES ADDITIONNELLES

AU MÉMOIRE SUR L'ÉTAT ACTUEL DE LA MÉTALLURGIE DU PLOMB.

Par M. L. GRUNER,

Professeur de métallurgie à l'École des mines.

1. Le mémoire que j'ai fait paraître, il y a quelques mois, sur l'état actuel de la métallurgie du plomb, m'a valu, de la part de plusieurs ingénieurs, des réclamations auxquelles je m'empresse de faire droit, et des rectifications que je suis heureux de pouvoir publier.

Lorsqu'on compare divers procédés, s'appliquant à des minerais de nature différente, on court facilement le risque de ne pouvoir tenir un compte suffisant de l'influence que la diversité des éléments mis en jeu exerce sur les résultats de la méthode suivie. Et ce danger est surtout grave, lorsque les documents sur lesquels on se base n'ont pas tous le même degré de précision, ou pèchent par des lacunes plus ou moins regrettables.

C'est là ce qui m'est arrivé à quelques égards, et je le prévoyais un peu, je dois l'avouer; mais à moins de rien publier, il faut bien parfois se résigner, en pareille matière, à faire usage de documents incomplets, sauf à les rectifier dès que les circonstances le rendent possible. C'est ce que je désire faire en ce moment.

2. De la Belgique j'ai reçu deux documents: un travail très-complet sur l'usine à plomb d'Engis, par M. Bouhy, le directeur de la *Nouvelle montagne*, et une réclamation de M. Gillon, professeur de métallurgie à l'École des mines de Liège, au sujet de mes remarques sur le mode de traitement suivi à Bleyberg-ès-Montzen. Comme le travail de

M. Bouhy doit paraître *in extenso* dans les *Annales des mines*, je me borne à en extraire les données essentielles qui, du reste, diffèrent très-peu de celles que j'ai déjà publiées.

La galène d'Engis ressemble de tous points à celle de la Carinthie; elle est pure, pauvre en argent, sans arsenic, ni antimoine, ni cuivre. Elle ne contient, comme cette dernière, qu'un peu de blende, de pyrite de fer et de calcaire. C'est le motif sans doute qui fit adopter le même mode de traitement.

On obtient directement le plomb doux marchand, sans affinage proprement dit, comme en Carinthie.

Les charges du réverbère sont actuellement de 625 kilogrammes, au lieu des 550 à 600 kilogrammes que j'avais indiqués.

La teneur moyenne du minerai est encore de 76 p. 100 comme jadis. Sur ce chiffre, on perd trois unités au réverbère proprement dit, ou quatre, lorsqu'on y ajoute le déchet dû au traitement des crasses blanches. La perte totale est, par suite, de 5,3 p. 100 de la teneur donnée par l'essai.

L'épuisement des crasses blanches est plus complet que je ne l'avais dit. Leur teneur est ramenée aujourd'hui à 20 p. 100, ou même en général à 18 ou 17 p. 100, et leur poids ne dépasse guère les 12 p. 100 de la charge en minerai. Mais aussi la température, pendant le ressuage, est-elle plus élevée que jadis; on brûle 550 kilogrammes de houille par tonne de minerai au lieu de 500 kilogrammes. Les crasses pauvres que l'on retire du réverbère, désignées à tort sous le nom de *mattes*, sont en réalité de véritables silicates, contenant à peine 1/2 p. 100 de soufre.

Comme dernière rectification, je dois enfin signaler la suppression des carneaux à air autrefois établis au travers du pont. Leur utilité pratique a paru nulle.

Quant aux frais de traitement, ils sont de 20 francs par tonne de minerai, dont: 9 francs pour main-d'œuvre, et 7 francs pour la houille.

5. Dans les autres usines belges, où l'on a adopté la méthode par réaction, on se sert du réverbère anglais à bassin intérieur. Or j'ai reproché au procédé anglais de ne pas ménager la température pendant le grillage, et de perdre par ce motif du plomb par volatilisation. J'ajoutai que les défauts du procédé anglais me semblaient encore exagérés dans les usines belges. C'est contre cette assertion un peu absolue que s'élève M. Gillon, dans la note qu'il a bien voulu m'adresser.

Mon collègue de Liège observe d'abord que la méthode en question n'est plus appliquée à Corphalie, et que mes critiques atteignent ainsi exclusivement l'usine du Bleyberg, la plus importante de toutes les fonderies de plomb de la Belgique.

M. Gillon remarque ensuite que mes reproches, au sujet de la teneur élevée des crasses blanches du Bleyberg, seraient fondés, si le minerai était pareil à celui de l'usine d'Engis. Or il en diffère sous un double rapport. Malgré sa plus grande richesse en plomb, il est moins pur et contient de l'argent; c'est cette double différence qui expliquerait le mode de traitement suivi au Bleyberg.

J'apprécie la valeur de l'objection, et ne saurais mieux faire, pour répondre au désir de M. Gillon, que de rétablir les faits d'après les notes mêmes que mon savant collègue vient de m'adresser.

Le minerai de Bleyberg est une galène à 80 p. 100 de plomb, dont la gangue se compose de blende, de pyrite ferrugineuse et de quartz; elle renferme d'ailleurs 0,76 p. 100 d'antimoine, 0,006 p. 100 de cuivre et 145 grammes d'argent, par tonne de plomb. Or le problème, que les ingénieurs du Bleyberg ont cherché à résoudre, peut se résumer en deux mots: produire, d'une part, au réverbère avec ce minerai impur, du plomb doux propre à la fabrication de la céruse et du cristal, et d'autre part, concen-

trer l'argent dans une proportion assez faible de plomb pour que le Pattinsonage ne soit pas onéreux.

Ce but est atteint par le procédé suivi. On sait que, par la méthode de réaction, les plombs sont plus purs et plus argentifères à l'origine du travail que vers la fin, et qu'en particulier l'antimoine et le cuivre, retenus par le soufre, ne sont guère réduits que par le ressuage, après grillage complet. En supprimant cette dernière période, ou plutôt en arrêtant le travail du réverbère, lorsque le plomb est extrait aux deux tiers, on peut réaliser la séparation projetée; le peu d'antimoine et de cuivre, que le plomb entraîne, est de nouveau enlevé par les pattinsonneurs au moment des décrassages.

Ignorant l'existence de l'antimoine et du cuivre dans la galène du Bleiberg, je n'avais pu saisir le motif de ce traitement écourté. J'attribuai la richesse des crasses à un défaut de méthode, tandis qu'on favorise à dessein la formation de ces résidus d'une teneur élevée, afin d'y retenir, autant que possible, le cuivre et l'antimoine. En même temps le plomb d'œuvre, ainsi épuré, s'empare de la majeure partie de l'argent, et donne par le pattinsonage d'excellent plomb doux. Je m'empresse donc de rendre justice à la sagacité des ingénieurs du Bleyberg, et remercie mon collègue de Liège de m'avoir fourni les moyens de reconnaître l'erreur, dans laquelle j'étais involontairement tombé, par suite de renseignements incomplets.

Un doute me reste cependant sur les avantages des fours à deux chauffes. Cette disposition favorise l'uniformité de température, mais cette uniformité est-elle bien utile là où le grillage et la réaction exigent des températures très-différentes, et dans un four où, par le travail des spadelles et des râbles, la matière est sans cesse transportée d'un point à un autre de la sole? Je pose la question sans la résoudre; j'ajouterai seulement qu'un four à un seul foyer

me semble plus aisé à conduire qu'un réverbère à deux chauffes, et que les deux moitiés ne doivent pas toujours être également chaudes. Ensuite, tout en séparant le premier plomb pour le pattinsoner et l'épurer à part, n'y aurait-il pas avantage à ramener les résidus, au réverbère même, à une teneur moindre? La perte totale ne serait-elle pas plus faible? Ici encore l'expérience seule peut prononcer. Qu'il me soit donc permis d'attirer sur ce double point la sérieuse attention des ingénieurs du Bleyberg.

En tout cas, telle quelle, la méthode du Bleyberg donne des résultats remarquables et je vais, d'après les notes que m'a adressées M. Gillon, citer les chiffres précis qui se rapportent au travail de l'année 1867.

Le four a les dimensions que j'ai indiquées. On charge une tonne par sole; chaque opération dure seize heures; par suite on passe 5 tonnes par vingt-quatre heures et four, ou environ 1 000 tonnes par année.

Une demi-heure après le chargement, le minerai est au rouge sombre; on ouvre toutes les portes, sauf celle qui correspond au bassin de réception, et l'on brasse la charge presque incessamment pendant six heures. C'est la période de *grillage*. Au bout de ce temps, la température atteint le rouge cerise, les matières se ramollissent et commencent à donner le premier plomb. On augmente progressivement le feu en laissant les portes fermées, on ne les ouvre que de demi-heure en demi-heure pour retourner le minerai. C'est la période de *réaction*; lorsque des mattes se mêlent au plomb, on les fige avec de la chaux ou de la sciure de bois, et les rejette dans le foyer. Ceci dénote pourtant, soit dit en passant, un excès de chaleur qui me semble peu favorable à la pureté des plombs.

Au bout de quatorze heures et demie, on donne un coup de feu d'une demi-heure qui amène la température au rouge clair et agglomère le reste de la charge; puis on sort les résidus afin de les appauvrir au demi-haut fourneau.

On mêle aux crasses blanches ainsi obtenues les fumées des chambres de condensation. Le plomb brut qui en provient est soumis au raffinage, qui donne du plomb marchand commun, valant 5 francs de moins par 100 kilogrammes que le plomb pattinsoné. Enfin les écumes de raffinage, réduites à part, fournissent un plomb dur à 15 p. 100 d'antimoine, que l'on vend pour des fabrications spéciales, au prix de 40 francs les 100 kilogrammes.

Le plomb du réverbère contient 258 grammes d'argent à la tonne, tandis que les crasses blanches n'en retiennent que 24 grammes par tonne de plomb, soit environ 8 grammes sur les 145 grammes que renferme le minerai. On ne perd donc de ce chef que 5 à 6 p. 100 de l'argent du minerai. La proportion d'antimoine dans les crasses blanches atteint 2 p. 100.

Le tableau suivant résume le travail moyen de l'usine en 1867.

OPÉRATIONS.	PRODUITS.	FRAIS.
<i>Fusion au réverbère.</i> 1.000 kil. de galène à 79,34 p. 100 de plomb.	524 ^k ,5 de plomb d'œuvre allant directement au pattinsonage. 331 ^k ,1 crasses blanches à 66,36 p. 100 de plomb, allant au demi-haut fourneau.	francs. 13,80 (1)
<i>Fusion au demi-haut fourneau.</i> 331 ^k ,1 crasses blanches. 79 ^k ,2 fumées agglomérées à 47 p. 100 de plomb. 27,31 crasses de raffinage (réduites à part).	243 ^k ,81 plomb à raffiner. 18 ^k ,11 plomb dur à 15 p. 100 d'antimoine.	9,35
<i>Agglomération.</i> 79 ^k ,2 de fumées.		0,63
<i>Raffinage.</i> 243 ^k ,81 de plomb brut.	217 ^k ,47 plomb commun. 21 ^k ,34 de crasses de raffinage.	0,88
Frais spéciaux par tonne de minerai. Total.		24,66

(1) La consommation est d'environ 400 kilog. de houille, ce qui, au prix de 17^{fr},50 la tonne, fait 7 fr. pour le combustible.

En tenant compte de *tout* le plomb que renferment les

crasses blanches et les fumées, l'écart entre l'essai des minerais et le rendement du réverbère ne serait que de 1,07 unités.

En réalité, lorsqu'on part des données du tableau précédent, on trouve pour la somme des trois sortes de plomb 760^k,08, y compris l'antimoine que renferme le plomb dur; ce qui donne pour l'écart proprement dit 3,34 unités ou 4,20 p. 100 du plomb contenu.

Enfin, si l'on y ajoute le déchet résultant de la désargentation, qui n'est que de 1^k,35 par 1.000 kilogrammes de plomb à cause de la pauvreté et de la pureté des plombs soumis au pattinsonage, on trouve finalement, comme déchet total, 4,04 unités ou 5,09 p. 100 du plomb du minerai donné par l'essai, chiffre qui en effet est très-peu élevé.

Mais il convient pourtant de rappeler, d'autre part, que le plomb dur et le plomb commun retiennent la majeure partie de l'antimoine du minerai, et qu'à Tarnowitz, sur un minerai plus riche en argent et plus pauvre en plomb (73 au lieu de 80 p. 100), le déchet total n'est également que de 4,7 par 100 de minerai.

Sous le rapport de la qualité, le plomb du Bleyberg paraît supérieur à celui de Tarnowitz; voici du moins les chiffres, que me transmet M. Gillon, résultant d'un examen comparatif fait par experts :

	FER p. 100.	CUIVRE p. 100.
Plomb du Bleyberg.	0,00119	0,00064
Plomb de Tarnowitz.	0,00147	0,00192

Aucun des deux ne renfermeraient d'ailleurs ni antimoine, ni zinc.

4. M. Gillon, qui vient de visiter l'Angleterre, me donne aussi quelques détails sur le traitement des blendes argen-

tifères de Pontpéan, dont j'ai dit deux mots à la page 559 de mon mémoire.

En 1860, M. Gillon, alors directeur d'Engis, avait essayé lui-même le traitement de ces blendes. Après grillage, on les réduisait pour zinc, puis on soumettait les résidus à une fonte pour plomb. On s'est arrêté parce qu'on perdait ainsi jusqu'à 30 p. 100 de l'argent des blendes.

Plus tard, M. Vivian de Swansea les traita aussi d'abord pour zinc, puis soumit les résidus à une fonte pour mattes, en y ajoutant des pyrites de cuivre. La matte de cuivre ainsi obtenue était enfin désargentée selon la méthode bien connue du Mansfeldj. La perte fut également assez forte.

Aujourd'hui ces mêmes blendes, se traitent à Swansea, chez MM. Dillwyn, en enlevant d'abord l'argent. On grille, puis dissout l'argent, à l'état de sulfate, d'après le principe du procédé Ziervogel. Les résidus lessivés sont réduits pour zinc. J'ajouterai, si je suis bien informé, que, le grillage se fait dans des fours *Gerstenhöfer*.

A l'occasion du traitement de ces blendes, il conviendrait de citer aussi les expériences entreprises à Pontpéan même par M. Simonnet, alors ingénieur de la mine en question. Mais je préfère renvoyer le lecteur au compte rendu spécial que les *Annales des mines* vont publier sous peu sur ce sujet.

5. La désargentation des plombs d'œuvre par le zinc tend de jour en jour à supplanter le pattinsonage. L'une des dernières livraisons du *Journal des mines* de Berlin renferme un article sur son adoption dans les usines du Hartz (*). L'auteur de cet article, M. Illing, d'Andreasberg, paraît croire que depuis les essais, entrepris en 1852 par Karsten à Tarnowitz, le zingage des plombs d'œuvre ne fut repris, comme procédé métallurgique, qu'en 1866, à la suite des nouvelles expériences de MM. Pirath et Jung de

(*) T. XVI (1868), p. 49.

Commern, et Herbst de Call, près Mechernich (Eifel). C'est une erreur que j'ai partagée moi-même, et que je tiens à rectifier pour rendre à chacun ce qui lui appartient.

Je dois observer d'abord que le procédé de M. Parkes a été pratiqué à Llanelly, dans le pays de Galles, dès l'année 1855; puis je dois surtout mentionner les travaux de M. Roswag, ancien élève de l'École des mines de Paris, qui, dès cette même année, s'occupa en Espagne de la désargentation par le zinc. Il fit ses essais à l'usine de la Réunion à la Carolina. Un premier brevet fut pris en Espagne, dans le courant de l'année 1859; un brevet plus complet, en France le 31 janvier 1861, en Belgique le 11 février et en Angleterre le 24 août de la même année; enfin en Italie le 27 février 1862. De nouvelles additions portent en France, en Belgique et en Espagne les dates des 31 janvier, 3 février et 5 août 1862.

Mais M. Roswag ne s'est pas contenté de prendre des brevets: il installa son procédé en 1862, à l'usine à plomb de Sampierdarena à Gênes, où il fonctionnait encore l'année dernière.

En 1865, après trois mois d'essais comparatifs, dirigés par M. Roswag lui-même, la désargentation par le zinc fut également adoptée par MM. Forster, Blackett et Wilson dans leur usine de *Tynelead Works* à Newcastle.

Ces derniers essais amenèrent M. Roswag à une sorte de procédé mixte qui est mentionné dans de nouveaux brevets additionnels, puis en janvier et février 1863. — Il conseille de pattinsoner d'abord, soit les plombs pauvres, soit les plombs riches, de façon à les amener à une teneur moyenne d'environ 1.400 grammes par tonne. En cet état, on les soumettrait à la désargentation par le zinc.

Quant à l'opération elle-même, M. Roswag la pratique de la manière suivante (*).

(*) On trouve une description fort abrégée de la méthode dans l'ouvrage de M. Roswag sur les *Métaux précieux*, 1864, p. 48.

1° Le zingage proprement dit se fait par *ascension*, comme à la Pise et dans le procédé de M. Cordurié; et c'est bien à M. Roswag qu'est due l'idée d'emprisonner le zinc dans un étui en tôle percé de trous, et de le promener, en cet état, au fond du chaudron plein de plomb fluide, jusqu'à ce que le dernier fragment soit fondu. M. Roswag détermine la proportion de zinc par tonne d'après la formule empirique $z = 10 + 0,019t$, où t représente en grammes la teneur des plombs par tonne, et z en kilos, le poids de zinc à ajouter. On supprime le terme constant 10 lorsque le plomb d'œuvre est déjà zingueux. J'observerai toutefois que cette formule donne des proportions de zinc un peu élevées, lorsque le plomb est riche.

M. Roswag recommande aussi l'affinage préalable des plombs impurs et l'addition successive du zinc avec des intervalles de repos plus ou moins prolongés.

2° L'épuration du plomb pauvre qui retient trois quarts p. 100 de zinc, se fait au four d'affinage ordinaire. On maintient le plomb au rouge sombre et brasse le métal de temps en temps à l'aide d'une perche (le *poling* anglais).

On décrasse par écumage et pousse à la fin jusqu'à la fusion de la litharge, sinon le zinc n'est pas éliminé. C'est là le côté faible du procédé, auquel a remédié M. Cordurié.

3° L'alliage triple argentifère est partiellement liquaté, s'il renferme un excès de plomb; puis on le traite en tous cas sur une coupelle anglaise chargée de plomb pour oxyder le zinc par la litharge, et ramener l'argent dans le plomb restant. On soutire ce dernier dès qu'il renferme deux à trois p. 100 de métal précieux. On achève l'affinage sur une coupelle neuve. Ce mode de traitement occasionne des pertes, car une partie du zinc métallique se volatilise sur la coupelle et entraîne de l'argent.

M. Roswag avait aussi essayé le traitement de l'alliage triple par l'acide sulfibrique étendu. Il pensait ainsi enlever

une partie du zinc. Ce traitement est indiqué dans le dernier brevet de 1865; mais il y renonça ensuite, trouvant que le zinc métallique était difficilement attaqué en présence du plomb.

En résumé, on voit que la désargentation par le zinc a été pratiquée par M. Roswag depuis dix ans. Le côté faible de son procédé est, comme je l'ai dit, le mode d'épuration des plombs pauvres zingueux et la coupellation directe de l'alliage triple: aussi l'économie, en opérant sur des plombs de la teneur de 14 à 1.500 grammes par tonne, s'élèverait-elle à peine, à Newcastle, d'après M. Roswag lui-même, au quart des frais qu'entraînent le pattinsonage et la coupellation ordinaire.

6. D'après le mémoire ci-dessus cité, de M. Illing, le zingage se fait jusqu'à ce jour dans les usines de l'Eifel, par simple brassage, à l'aide d'une écumoire. Le mode par ascension n'y est pas connu.

Les proportions de zinc sont les suivantes :

kilog.	par tonne lorsque les 1 000 kilog. tiennent.	grammes d'argent.
12.5		250
13,3		500
15.0		1.000
16.7		1.500
20.0		3.000
20.0		4.000

On voit que ces chiffres sont moins élevés, pour les fortes teneurs, que ceux qui résultent de la formule de M. Roswag. On assure cependant que le plomb désargenté ne retient pas au delà de 5 à 6 grammes d'argent par tonne.

La pratique des usines de l'Eifel confirme que le zinc enlève le cuivre en même temps que l'argent, mais non l'antimoine. Ce dernier a plus d'affinité pour le plomb que pour le zinc; on ne l'expulse bien que par voie d'oxydation, en soumettant le plomb à l'affinage ordinaire ou en faisant intervenir des agents chlorurants.

L'épuration du plomb pauvre zingueux se fait, dans les usines de l'Eifel, suivant trois méthodes différentes. Dans celle de MM. Herbst frères à Call, on se sert du chlorure de plomb; c'est le procédé que j'ai dû employer à Braubach sur le Rhin. (Voy. le *mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du plomb*, page 595.) Le chlorure de plomb enlève, outre le zinc, les trois quarts de l'antimoine; le reste est oxydé au rouge sombre, par fusion prolongée au contact de l'air.

Dans l'usine de M. Pirath à Commern on affine le plomb pauvre zingueux, en le conservant fondu, dans un réverbère, pendant huit à dix heures, sous une couche de sel marin dont le poids s'élève à 1 p. 100 du poids du plomb. On brasse de temps en temps, à l'aide d'une perche, à la façon du *poling* anglais. Sous l'influence de l'air et du chlorure de sodium, il se produit à la longue du chlorure de zinc et du plombate de soude. L'affinage du plomb paraît assez complet; mais, comme dans le procédé de Call, il ne peut se faire sans perte de plomb.

Dans la troisième usine, celle de Burgfeyer, près Mecher-nich, on expulse le zinc par scorification, en refondant le plomb pauvre, dans un four à manche, avec des scories de puddlage et du sable siliceux. C'est le procédé du chimiste Flach, que je ne crains pas d'appeler *barbare*, car le déchet doit être considérable et l'affinage incomplet, malgré le perchage (*poling*) auquel on soumet encore le plomb ainsi refondu.

Le traitement du triple alliage de zinc, plomb et argent est identique dans les trois usines. On en retire d'abord le plomb en excès par liquation, selon le procédé généralement employé; puis on refond les crasses de zinc argentifères, dans un four à manche, avec des matières plombeuses et des scories de puddlage. On se débarrasse donc ainsi, en dernière analyse, du zinc par voie de scorification et de volatilisation, ce qui ne saurait avoir lieu sans de sensibles pertes sur le plomb et l'argent.

La proportion des crasses de zinc argentifères est de 2 p. 100 du plomb d'œuvre, lorsque la teneur du plomb est de 250 grammes par tonne.

de 4 p. 100 pour une teneur de	1.000 grammes.
6 p. 100	3.000 grammes.
7 p. 100	5.000 grammes.

7. Après avoir constaté, dans les usines de l'Eifel, les faits dont je viens de parler, on se décida, vers la fin de l'année 1867, à faire aussi, au Hartz, des essais de zingage. Le plomb d'œuvre, sur lequel on a opéré, renfermait :

0,00285 de cuivre,
0,00442 d'antimoine,
Et 0,00005 de fer.

On adopta la méthode de M. Pirath, en remplaçant toutefois le sel marin par le sel impur de Stassfurth; mais, pour achever l'oxydation de l'antimoine, le perchage seul dans une chaudière ne suffit pas; il fallut affiner au rouge, dans un réverbère, en poussant jusqu'à la production des litharges. On obtint, par ce moyen, un plomb marchand ne contenant plus que :

0,000076 de cuivre,
0,000098 d'antimoine,
0,000015 de fer,
Et 0,000026 de zinc,

plomb dont la pureté était, pour le moins, aussi grande que celle du plomb pattinsoné.

Quant au zinc argentifère, il fut soumis au traitement des usines de l'Eifel, dont je viens de parler.

Dans l'ensemble de l'essai, pratiqué sur 200 tonnes, on trouva, sur l'argent, une perte de 0,862 pour 100, et sur le plomb, de 3,878, tandis que la méthode du pattinsonage,

usitée jusqu'alors, occasionnait un déchet de 1,6 pour 100 sur l'argent, et de 5 à 5,5 pour 100 sur le plomb.

Les frais, par tonne de plomb d'œuvre, abstraction faite des pertes, sont d'ailleurs au Harz, pour la désargentation par le pattinsonage, de 37^f.50, et par le zingage, de 26^f.90.

Des résultats aussi avantageux, à tous les points de vue, firent immédiatement adopter, à Clausthal, la méthode du zingage. Le procédé nouveau y fonctionne depuis dix-huit mois, et les résultats généraux de la dernière campagne sont venus confirmer les chiffres du premier essai. Pour hâter l'enlèvement du zinc, on a seulement ajouté au sel du Stassfurth une certaine quantité de sulfate de plomb. L'épuration marche plus vite, et l'antimoine est oxydé, sans que l'on ait besoin de recourir au réverbère. Le travail s'achève en vingt-quatre heures, dans la chaudière même, sous la couche du sel plombo-alkalin.

On voit cependant, par les chiffres que je viens de mentionner, que la perte en plomb est encore forte. Aussi, lorsqu'on eut connaissance du procédé Cordurié, se hâta-t-on de l'essayer au Hartz, et l'on constata, en effet, comme je l'avais annoncé, que la méthode du dézingage par la vapeur d'eau diminue les pertes de plomb, et s'applique aussi bien à l'alliage triple qu'au plomb zingueux pauvre. M. le professeur Wedding et l'un des ingénieurs du Hartz se sont rendus au Havre, au mois d'avril dernier, afin d'y étudier la nouvelle installation, et, à leur retour, ils m'ont assuré qu'on ne tarderait pas à adopter le procédé Cordurié dans les usines du Hartz.

Ce dernier continue à fonctionner avec avantage dans la fonderie du Havre. On y traite toujours les poudres riches par l'acide chlorhydrique, qui dissout l'oxyde de zinc, et laisse le plomb et l'argent que l'on refond dans un chaudron de fonte, pour les soumettre ensuite à la coupellation.

Les poudres oxydées, provenant du plomb pauvre, sont

lavées à l'eau, et donnent, outre les grenailles et les oxydes lourds que l'on refond pour plomb, une certaine quantité d'oxydes légers qui se composent, d'après une analyse faite au bureau d'essai,

De 0,642 d'oxyde de plomb,
Et 0,558 d'oxyde de zinc, mêlé de traces de fer.

1,000

Cette matière n'est donc pas du blanc de zinc, comme on le supposait. Malgré cela, combinée à 12 pour 100 d'huile de lin, elle couvre et sèche assez rapidement. La nuance est d'un gris jaune sale qui n'est pas flatteur; mais ces poudres pourront trouver leur emploi dans la préparation des couleurs foncées.

8. Ce qui précède était écrit depuis trois mois, lorsque j'ai reçu, de MM. Wedding et Bräuning, le rapport qu'ils venaient de publier dans le *Journal des mines* de Berlin, sur les nouveaux essais du Hartz (*). Ce travail confirme pleinement les prévisions ci-dessus exprimées. On peut en juger par les détails suivants que je me hâte d'en extraire.

Le procédé Cordurié est définitivement installé, non-seulement au Hartz, mais encore à Friedrichshütte en Silésie; et la conclusion du rapport est que ce procédé doit être considéré comme un perfectionnement très-réel de la méthode de désargentation par le zinc.

L'essai fait à Lautenthal (Oberhartz) sur 750 tonnes de plomb d'œuvre a donné les résultats suivants :

Perte nulle sur l'argent, ou même plutôt léger gain, sur la teneur donnée par les essais.

Déchet sur le plomb d'œuvre de 2,976 p. 100, tandis que

(*) *Zeitschrift für das Berg Hütten und Salinenwesen*, t. XVII (1869), 2^e livraison, p. 231.

par les méthodes d'épuration, usitées sur les bords du Rhin, la perte de l'argent avait été, comme je l'ai dit ci-dessus, de 0,862 p. 100 et celle du plomb de 5,878 p. 100.

Le déchet sur le plomb peut encore paraître élevé, mais il ne faut pas oublier que l'on traite au Hartz des plombs impurs, renfermant parfois jusqu'à 1 p. 100 d'antimoine et 0,5 p. 100 de cuivre, en sorte que le déchet réel ne dépasse guère 1,5 p. 100.

Quant aux frais, abstraction faite des déchets, on a vu que la désargentation d'une tonne de plomb d'œuvre coûtait 26^f,90, en se servant de la méthode des bords du Rhin ou plutôt 29^f,40, d'après le récent mémoire de MM. Wedding et Bräuning, tandis que la méthode Cordurié ramène les frais à 25^f,50.

Enfin la pureté du plomb marchand est aussi satisfaisante que possible, car ce métal ne retient que

0,000022 de cuivre,
0,000052 d'antimoine,
0,000007 de fer,
Pas de zinc.

et seulement 6 grammes d'argent à la tonne, chiffres qui montrent un sensible progrès sur l'opération réalisée par le sel marin (Voy. les chiffres de la page 530).

Ajoutons que dans l'application du procédé Cordurié, aux usines du Hartz, on a introduit quelques modifications utiles à signaler.

On a constaté d'abord que l'opération se faisait aussi bien avec de la vapeur à deux atmosphères de pression absolue, qu'en se servant de vapeur à cinq atmosphères.

Au Havre l'oxydation du zinc par la vapeur d'eau se fait dans une chaudière spéciale, pour ne pas ramener dans le plomb marchand l'argent des croûtes zincifères, qui peuvent rester attachées aux parois de la chaudière où l'on a pratiqué le zingage proprement dit. Au Hartz on enlève

facilement toutes les croûtes, et l'on fait agir la vapeur dans la chaudière même où le zinc a été mêlé au plomb, sans que pour cela le plomb marchand retienne au delà de 5 à 6 grammes d'argent par tonne. De cette façon, on simplifie les installations et l'on réduit la main-d'œuvre dans une certaine mesure.

Mais les deux modifications les plus importantes, concernent l'oxydation de l'antimoine, et le traitement des écumes zincifères riches.

Pour enlever l'antimoine au plomb désargenté on modifie ainsi la marche de l'opération.

Le zinc est d'abord oxydé à la façon ordinaire, en faisant passer la vapeur d'eau pendant trois heures au travers du plomb pauvre zingueux, la chaudière étant couverte par le dôme en tôle. Lorsque le zinc cesse de brûler, on retire les oxydes, puis on abaisse de nouveau le dôme, mais en laissant ouvertes les deux ou trois portes dont ce dôme est pourvu près de sa base. De cette façon l'air est aspiré et oxyde l'antimoine, à mesure que celui-ci est amené à la surface par le jet de vapeur qui brasse le plomb.

Pour que l'oxydation ait lieu d'une façon énergique, il faut que le plomb soit maintenu au rouge comme pendant la période de la combustion du zinc. Il se produit alors de l'antimoniate de plomb, qui se transforme en litharge proprement dite, lorsque l'épuration est suffisamment avancée. Une heure suffit en général pour cela.

On a constaté au Hartz, comme à l'usine de Saint-Louis (Marseille), que le simple perchage (*poling*), fait à haute température, épurerait le plomb zingueux-antimonial à peu près aussi bien que la méthode Cordurié modifiée, dont je viens de parler; mais il faut que le plomb soit chauffé au rouge, et alors le travail, fait à vase ouvert, devient insalubre pour les ouvriers; les pertes de plomb sont d'ailleurs aussi plus fortes et la main-d'œuvre plus élevée, en sorte que le *poling* ne saurait remplacer le procédé Cordurié.

Le traitement des écumes, ou croûtes plombo-zincifères riches, a été modifié au Hartz, à cause de la cherté de l'acide chlorhydrique. Voici la marche qui a été adoptée.

Les écumes zincifères sont liquatées, mais à une température moins élevée qu'au Havre, afin d'y laisser plus de plomb. On s'arrange de façon à obtenir un poids d'écumes liquatés s'élevant à 8 ou 10 p. 100 du plomb d'œuvre soumis au zingage. La matière liquatée est ensuite traitée au rouge par la vapeur d'eau comme au Havre, de façon à la transformer en 70 à 75 p. 100 de plomb riche, contre 30 à 25 p. 100 d'oxydes plombo-zingueux argentifères.

Le plomb est coupellé à la façon ordinaire, et lorsque le bain est au rouge intense, on arrête le vent et même le tirage, puis on place les oxydes riches sur le bain de plomb. L'oxyde de plomb détermine la fusion de l'oxyde de zinc, tandis que l'argent se dissout dans le plomb. On redonne le vent lorsque la masse oxydée, devenue visqueuse par la chaleur, ne peut plus être entraînée par le courant d'air. Avec la proportion élevée de plomb, dont j'ai parlé, les oxydes renferment assez de litharge pour empâter l'oxyde de zinc. Lorsque le mélange est suffisamment fluide, on décroasse le bain et la coupellation se poursuit à la façon ordinaire. Les crasses oxydées, ainsi enlevées, ne sont pas plus riches en argent que les litharges proprement dites qui se produisent après. On les repasse ensemble au four à manche qui donne de nouveau du plomb d'œuvre à désargenter.

L'opération réussit sans perte d'argent, lorsque le zinc a été préalablement oxydé *en entier* par la vapeur d'eau. Si l'on portait les écumes directement sur le bain de plomb, comme le fait M. Roswag à Gènes, il y aurait des pertes d'argent lors de la coupellation par la combustion vive des vapeurs de zinc.

On se sert au Hartz, pour la coupellation, du four allemand. Si l'on voulait faire usage du four anglais, il fau-

drait charger les oxydes non en une fois, mais par petites portions comme le plomb lui-même. En tout cas, pour éviter toute perte, il convient d'établir des chambres de condensation à la suite du four à coupeller.

En résumé, on le voit, le procédé de la désargentation par le zinc, avec affinage ultérieur par la vapeur d'eau, est destiné à remplacer partout l'enrichissement si pénible du pattinssonage.

NOTE

SUR QUELQUES MINÉRAUX DU CHILI.

Par M. DOMEYKO.

I. — *Tungstate de cuivre et les minéraux qui l'accompagnent.*

C'est en 1843 que j'ai signalé pour la première fois l'existence d'un tungstate de chaux cuivreux, provenant de la mine de Llannico, département de l'Uapel, au Chili, et contenant environ 4 à 5 p. 100 de protoxyde de cuivre, CuO . L'analyse que j'ai répétée sur d'autres échantillons du même minéral qu'on m'envoya de la même mine il y six ans, m'a donné pour la composition de cette espèce à peu près les mêmes résultats. Dernièrement un géologue français, M. Raimond dont la mort prématurée vient de priver la science d'un savant et d'un voyageur infatigable, m'apporta de la Basse-Californie un morceau de minéral tout à fait semblable à celui de Llannico et qui renfermait 4 à 5 p. 100 de protoxyde de cuivre de plus que ce dernier. Enfin on vient de découvrir aux environs de Santiago (à plus de 70 mètres de distance au sud de ladite mine de Llannico) un filon de cuivre riche en tungstate et dans lequel le même scheelite calcaire cuivreux de la Basse-Californie et de Llannico se trouve associé au Scheelin calcaire ordinaire, et à un autre tungstate vert, jaunâtre, terreux que j'ai reconnu être un *tungstate de cuivre* presque pur.

Ce tungstate de cuivre est amorphe, d'un vert jaunâtre clair et sa poussière est plus claire, et jaune verdâtre; au chalumeau il noircit et se fond facilement en un globule noir un peu poreux et à surface inégale; très-attaquable

par l'acide nitrique même à froid, donnant un résidu d'un beau jaune soluble dans l'ammoniaque, et une liqueur qui par l'intensité de sa couleur annonce une proportion de cuivre considérable; dans un tube fermé par un bout il se dégage de la vapeur d'eau et calciné dans un creuset de porcelaine fermé il perd au rouge de $4 \frac{1}{2}$ p. 100 de son poids. Ce minéral forme des croûtes d'un ou deux millimètres de grosseur qui enveloppent de petits noyaux de 3 à 4 centimètres de diamètre, plus durs, et à cassures planes et lamelleuses, ils sont verts et luisants, formés de scheelin calcaire cuivreux. Les croûtes se distinguent facilement de l'intérieur des noyaux, non-seulement par leur couleur claire jaunâtre, mais aussi par leur structure poreuse et terreuse, en partie réticulaire, et par leur peu de dureté et de densité. Voici les résultats de mes trois analyses effectuées sur des fragments pris des diverses croûtes coupées au couteau (*).

	(1)	(2)	(3)
Acide tungstique.	55,7	56,48	55,54
Oxyde de cuivre CuO.	(1)	30,63	28,13
Chaux.	2,1	2,00	1,00
Oxyde de fer dosé à l'état de Fe ² O ³	4,2	2,53	3,62
Résidu siliceux insoluble dans l'acide.	2,4	3,87	0,00
Eau (perte au rouge).	4,5	4,62	4,62
		100,13	99,03

(1) L'oxyde de cette analyse, par suite d'un accident, n'a pu être dosé.

L'analyse (2), se rapporte à l'échantillon qui m'a paru le plus pur et le mieux dégagé du scheelin calcaire incolore et de l'argile ferrugineuse qui pénètrent ordinairement dans les pores de la croûte. Ainsi je présume qu'une partie du fer que j'ai dosé à l'état de sesquioxyde dans cette analyse, doit appartenir au résidu siliceux ferrifère qui n'est que particulièrement attaqué par l'acide nitrique et qui devient complètement décomposable par cet acide lorsqu'on calcine

(*) Je présume que c'est un Cu²W³ mélangé de Ca W³.

le minéral au rouge naissant sans contact de l'air dans un creuset de porcelaine. Seulement dans ce cas la silice retient toujours un peu d'acide tungstique dont il est très-difficile de la séparer par l'action alternative de l'acide et de l'ammoniaque.

Je dois ajouter que le même tungstate de cuivre, vert jaunâtre terreux s'interpose dans les fentes des gros rognons de *scheelin calcaire cuivreux* qui se trouvent disséminés dans le même filon et dont quelques-uns ont plus d'un décimètre de diamètre. Ce scheelin, comme je viens de dire est le même que celui de Llannico et de la Basse-Californie; sa couleur est tantôt d'un vert foncé noirâtre, tantôt d'un vert plus clair mais sans aucune teinte jaunâtre; son éclat vitreux faible ou résineux; sa structure lamellaire imparfaite, décelant un clivage bien prononcé et un autre difficile; sa dureté est à peu près celle du fluspath; sa poussière, beaucoup plus difficilement attaqué par les acides et beaucoup moins fusible que celle de l'espèce précédente. Je trouve ce minéral composé de :

Chaux.	15,25
Oxyde de cuivre CuO.	5,10
Oxyde de fer.	1,55
Silice.	0,40
Perte au feu.	1,70
Acide tungstique.	76,00 (par différence).

Quant au scheelin calcaire ordinaire, associé aux deux précédents, il forme aussi des rognons et petites masses irrégulières mélangés avec le tungstate ci-dessus dont il se distingue par sa couleur grise un peu verdâtre par réflexion et grisâtre ou presque incolore dans des lamelles minces, luisantes. Il est presque infusible et très-difficilement attaqué par les acides, sa dureté est aussi supérieure à celle du précédent.

Le filon d'où viennent ces minéraux et dont je dois la

connaissance à M. Mières, mon ancien élève de minéralogie, sort au jour sur les flancs du Cerro del Cobre, situé à huit lieues au nord-ouest de la capitale, Hacienda di Peralitto. C'est aussi dans la même montagne qu'il y a deux ans, on exploite un autre filon de cuivre, contenant des quantités considérables de sulfure de molybdène amorphe, à structure lamellaire, même irrégulière, associé au cuivre pyriteux. La roche encaissante de ces filons est une roche granitoïde siénitique à petits grains, formée d'un feldspath blanchâtre un peu décomposé, de quartz, et de toutes petites particules d'un silicate noir, amorphe, probablement de l'amphibole. La gangue du filon au milieu de laquelle se trouvent disséminés des noyaux et des rognons de tungstates est une roche argileuse ou feldspathique, et la matière, qui y annonce la présence ou la proximité de ces rognons, est une masse ferrugineuse hydroxydée rouge, parfois poreuse et légère qui touche aux tungstates ou qui les enveloppe de tous côtés.

II. — *Quelques mots sur les sables titanifères des plages du Chili et sur l'origine de ces sables.*

Un des faits qui ont souvent attiré l'attention des géologues qui ont visité la côte occidentale de ce continent c'est l'existence des sables noirs métalliques, de fer oxydé que l'Océan projette sur presque toutes les plages depuis le Tropique jusqu'au détroit de Magellan. J'ai déjà examiné plusieurs de ces sables et j'en ai analysé quelques-uns, notamment les sables de Cobija (Lat. 20° S), d'autres qui provenaient des plages de Papudo, de Concon, de Valparaiso (Lat. 33 — 34° S) et celui de Punta Arena, au détroit de Magellan (Lat. 53° S). Voici quelques résultats généraux que j'ai pu déduire jusqu'à présent de mes recherches sur la nature et l'origine de ces matières.

1° Tous ces sables sont titanifères et se composent de

deux parties différentes, indiscernables à la simple vue, et dont une, qui est plus abondante est du fer titané magnétique, et l'autre, plus chargée d'acide titanique, est inattirable à l'aimant.

2° La proportion de l'acide et de deux oxydes dans ces sables est très-variable, mais, en général, plus la quantité d'acide titanique augmente dans la partie inattirable à l'aimant plus elle augmente aussi quoique non pas dans la même proportion dans la partie magnétique.

3° La petitesse, la couleur et l'éclat du grain sont presque partout les mêmes, de sorte qu'à la simple vue la partie lavée du sable paraît être homogène; cependant si on l'examine au microscope on y distingue des particules de différente grandeur, jamais bien arrondies, présentant des angles et des arêtes émoussés sans indices bien clairs de cristallisation. Quelquefois, comme dans les sables de Cobija, l'éclat métallique y est moins prononcé que dans celui du Punta Arena, et quelquefois on remarque une légère différence entre l'intensité du noir de la partie magnétique et celle de la partie non magnétique du sable.

4° La partie magnétique est toujours beaucoup plus attaquable par les acides que l'autre qui paraît renfermer une petite proportion de silice combinée.

5° On trouve partout mélangés dans ces sables des petits grains de quartz de même grandeur que les grains métalliques et toujours de deux couleurs : les uns jaunes translucides et d'autres incolores hyalins.

6° Outre le fer et le titane je ne trouve dans la composition de la partie métallique, qu'une légère proportion de chaux de magnésie, et peut-être quelques traces d'acide stannique.

Dans quelques localités au bord de la mer, comme par exemple à Constitucion (35° Lat. S.) on voit des sables noirs à gros grains, âpres au toucher et sans éclat métallique. Ces sables ne contiennent pas de fer titané, et ne sont

qu'un silicate noir, provenant de la décomposition et désagrégation de certaines roches dioritiques que les vagues ramolissent continuellement.

Je vais maintenant donner l'analyse de deux sables dont le premier a été recueilli par moi sur la plage de Papudo (située à une trentaine de lieues au nord de Valparaiso) et le second, provenant de l'embouchure du Rio de las Minas près de Punta Arenas m'a été envoyé par M. Schythe gouverneur de la colonie Chilienne du détroit de Magellan.

	PARTIE magnétique.	PARTIE non magnétique.
<i>Sable de Papudo.</i>		
Acide titanique.	2,9	40,87
Protoxyde de fer.	28,0	33,80
Sesquioxyde de fer.	69,4	24,85
Chaux.	trace.	0,48
Magnésie.	trace.	(1)
<i>Sable de Punta Arenas (au détroit de Magellan).</i>		
Acide titanique.	19,2	22,8
Protoxyde de fer.	29,7	15,8
Sesquioxyde de fer.	49,7	61,5
Chaux.	0,9	(2)
Magnésie.	1,0	

(1) Cette partie non magnétique était mélangée avec 15 p. 100 de son poids de quartz dont il a été impossible de les dégager par le lavage, et qu'on a éliminé pour le calcul.
 (2) On a éliminé de l'analyse 8 à 9 p. 100 de quartz qui se trouvait mélangé dans la partie non magnétique.

Je dois maintenant m'arrêter à faire quelques réflexions sur l'origine la plus probable de ces sables dont le gisement si étendu est le produit du mouvement des vagues. Et d'abord, proviennent-ils de la destruction de quelques masses métalliques ou des filons de fer comme on en trouve dans la partie littorale des Cordillères de la côte et qui sont presque toujours aurifères? En d'autres termes, pourrait-on assimiler ces sables aux sables ferrugineux des alluvions dont on extrait l'or sur la côte du Chili et qui évidemment proviennent de la destruction des filons? Cette supposition n'est pas soutenable, car, d'abord, tous les filons

et amas de fer, aurifères ou sans or, que j'ai vus et examinés jusqu'à présent dans le système des Cordillères de la côte du Chili ne contiennent que du fer oligiste et du fer hydroxydé ou pyriteux, et les espèces titanifères sont très-rares. Le fer magnétique est aussi rare dans ce système; aussi ce sont toujours des galets et le sable grossier de fer oligiste, de fer hydraté et quelquefois (comme à Valdivia) de fer magnétique qui accompagnent les paillettes d'or natif dans les couches d'alluvions qu'on exploite pour or. Il serait ensuite inconcevable de quelle manière les vagues auraient pu réduire des masses de ce minéral très-dures et très-tenaces à l'état de sables à grains fins et presque homogène.

Il ne reste, par conséquent, qu'à attribuer l'origine de ces immenses dépôts de sables titanés, étendus sur les plages, qu'à la décomposition, à la désagrégation et au lavage de certaines roches de cristallisation dans lesquelles les deux fers titanés, le magnétique et le non magnétique, auraient été disséminés en grains à peu près de même forme et volume que les grains du sable qu'ils constituent.

Une de ces roches vient d'être découverte au bout d'une langue de terre qui avance dans la mer au sud-ouest de la baie de Papudo.

Cette roche est une masse granitoïde qui a tout à fait l'aspect d'une syénite ordinaire. Elle se compose de feldspath orthose rougeâtre, de quartz incolore ou jaunâtre en petits grains qui se cachent dans la masse du feldspath, d'un silicate noir à éclat vitreux qui paraît être de l'amphibole, et d'une autre matière noire qui s'y trouve disséminée en particules très-petites, tantôt d'une manière tout à fait irrégulière au milieu de la masse, tantôt formant des taches dans lesquelles cette matière prédomine en quantité sur le quartz et le feldspath. On n'a qu'à broyer la roche et la soumettre au lavage à l'eau courante pour se convaincre que toute la partie noire, lourde, celle qui résiste plus au

courant d'eau que le reste de la poussière, se compose :
 1° d'un sable à éclat métallique, attirable à l'aimant ressemblant au sable de la plage ; 2° de grains noirs métalliques de même aspect que les précédents, non magnétiques, et attaquables par les acides ; 3° de grains noirs vitreux, inattaquables par les acides silicatés.

Deux morceaux de cette roche pesant environ 100 gram., étant broyés, et la poussière lavée à l'augette m'ont donné :

2^g,18 de fer magnétique, enlevés au moyen d'un aimant ;
 1^g,75 de fer non magnétique, très-impur, mélangé de quartz, de grains feldspathiques et de silicate noir (amphibole).

Un gramme de cette poudre non magnétique, analysée de la même manière que le sable de la plage a produit (*) :

0^g,829, de matière silicatée et de quartz inattaquable ;
 0^g,032 d'acide titanique ;
 0^g,119 d'oxyde de fer dosé à l'état de sesquioxyde.

En calculant ensuite les proportions dans lesquelles se trouvent dans cette roche le fer titané magnétique et le fer titané non magnétique, je trouve que pour 2 p. 100 de son poids du premier elle renferme environ 0,2 p. 100 du second.

En soumettant à l'action de l'aimant 425 grammes de sable lavé de la plage de Papudo, pris à un demi-kilomètre

(*) A cause du quartz que je trouve toujours mélangé au fer titané, je me suis servi dans mes analyses de la méthode par le bisulfate. Je sursature la liqueur d'acide sulfureux et je répète avec les précipités obtenus par l'ébullition l'opération de la fonte avec le bisulfate, observant du reste les précautions indiquées par M. Rose. Pour déterminer la proportion du protoxyde de fer, je fais bouillir le minéral bien porphyrisé avec l'acide muriatique dans un matras constamment rempli d'acide carbonique ; je refroidis la liqueur dans ce même matras sous le dégagement d'acide carbonique ; je précipite ensuite l'oxyde F^2O^3 par le carbonate de baryte et je cherche l'oxyde FO dans la dissolution, etc.

de l'endroit d'où j'ai retiré la roche, j'ai obtenu 385 gram. de fer magnétique, et 40 grammes de résidu non magnétique, duquel on doit retrancher environ 15 p. 100 pour les matières que l'analyse a reconnues comme inattaquables par les acides.

Il me paraît donc démontré que tous ces dépôts de sable titanifère que la mer rejette sur les plages, proviennent de la décomposition et du lavage des roches qui doivent faire partie du système des roches de cristallisation de la côte du Pacifique.

Je n'ai pas encore déterminé le rôle que la roche dont je viens de donner la description, joue dans le système des Cordillères de la côte. Cette roche, probablement, n'est qu'une modification des masses syénitiques et dioritiques qui appartiennent au même système et qui traversent le granite proprement dit ; granite à deux espèces de feldspath, avec quartz et mica, elles sont faciles à se désagrégier et forment la masse principale dudît système. Dans une excursion que je viens de faire à la baie de Concon où on trouve des quantités considérables de ces sables sur la plage, je n'ai pas trouvé la roche entièrement semblable à celle de Papudo, et je n'ai pas encore examiné les échantillons de plusieurs autres que j'ai apportés de cette excursion.

RESSOURCES MINÉRALES DE L'ARIÈGE.

Par M. MUSSY, ingénieur des mines.

PREMIÈRE PARTIE.**I. — Combustibles minéraux. — Lignites.**

1° Terrain houiller.

Le terrain houiller, reconnu jusqu'à présent aux deux extrémités des Pyrénées, n'a pas encore été constaté dans l'Ariège.

Cependant au nord du plateau central ancien qui s'étend à gauche de la route de Foix à Saint-Girons entre l'Ariège et le Sallat, règne une assise régulière de schistes anciens, régulièrement enclavée entre les calcaires dévoniens à nautilus au sud et les grès bigarrés au nord; ses strates paraissent supporter les assises de ce dernier; leur contact avec les calcaires de transition est rarement bien visible; je n'ai pu l'observer que sur un petit nombre de points dans la région d'Esplas; partout il apparaît presque vertical; il est difficile de préciser quelle est l'assise inférieure; par places cependant au-dessus de la forge d'Estaniels, le calcaire paraît plonger avec un angle très-ouvert sous les schistes situés au nord.

Sur plusieurs points au contact de ces schistes anciens et des grès bigarrés comme à Nescus sur les bords de l'Arize, au Sarrat de Milles près Rimont, au Garié d'Encourtiech, ont été constatées de rares traces charbonneuses toujours sans continuité dont l'épaisseur dépasse rarement quelques millimètres.

Cet étage schisteux qui paraît, dans l'Ariège, occuper la place du terrain houiller, s'étend régulièrement entre le dévonien au sud et le grès bigarré au nord depuis le col del Bouich près Foix jusqu'à Eyeheil sur les bords du Sallat près Saint-Girons. Sa puissance moyenne, qui ne dépasse pas ordinairement 500 à 600 mètres dans sa partie orientale, augmente beaucoup vers l'ouest à Rimont, où

elle atteint près de 3 kilomètres. Toutes les données recueillies jusqu'à ce jour ne sont pas de nature à permettre de considérer cet étage de schistes comme terrain houiller, mais ils sont déjà suffisants pour faire présumer que si le terrain houiller existe dans l'Ariège, c'est dans ces schistes anciens qu'il doit être recherché.

2° Marnes supraliasiques.

L'étage des marnes supraliasiques, plus ou moins terreux ou schisteux, court en bande mince et continue au nord des calcaires dolomitiques du lias en traversant tout le département de l'est à l'ouest. Il présente surtout dans sa région occidentale d'assez nombreux indices de schistes charbonneux avec veinules de lignite, dépassant rarement quelques centimètres; ces gisements sont en relation avec des amas plus ou moins irréguliers de minerai de fer en grains, pauvres et inexploitable.

Les points principaux où affleurent ces traces charbonneuses, sont, en marchant de l'est à l'ouest, les suivants :

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1° Pereille. | 5° Soneix de la Barthe près Rimont. |
| 2° Baqué près de la Bastide-de-Serou. | 6° Loubersenac. |
| 3° Durban. | 7° Le Péré de Montesquieu-d'Avantès. |
| 4° Roquebrune près Rimont. | 8° Le Seillé de Montesquieu. |

Pereille. — A Pereille, au lieu dit le minier du Roc de Caychalet a été exécutée avant 1820 une galerie horizontale dans le flanc de la montagne et dans le sens des couches; sa direction est O. 20° S.; sa longueur est de 55 à 60 mètres; la couche de combustible plonge de 60° au sud.

En marchant dans cette galerie qui est à peu près droite, on voit au-dessous de son niveau quelques excavations en partie comblées par des matériaux ou remplies d'eau; au-dessus de ce même niveau sont des restes de tailles et vides soutenus par des étançons.

L'objet de cette recherche est une substance noire, compacte, à grains très-serrés et homogènes ayant une cassure unie, sans éclat, conchoïde sans esquilles, à bords aigus, sonore et cassante presque comme du verre. On y voit des grains et petits noyaux de pyrite de fer disséminés.

Ce minéral compose presque uniquement et sans mélange l'épaisseur de la couche; seulement près du toit on aperçoit une petite veine de charbon noir, brillant et friable, qui paraît de bonne qualité.

Des essais faits par M. Thibaud sur ce combustible de Pereille ont donné les résultats suivants :

Sa pesanteur spécifique est de 1,81.

Un fragment exposé au feu et au contact de l'air, a donné des fumées blanches, une odeur bitumineuse, il a brûlé avec flamme quelques instants; sa surface a blanchi sans changer de forme, sans se ramollir et sans se gonfler; l'intérieur était encore noir et n'avait pas brûlé; sa combustion s'était arrêtée à une petite distance de la surface.

Ce même minéral, réduit en poudre et chauffé au rouge au contact de l'air, a donné une cendre blanche formant les 60 centièmes de la substance employée. Enfin l'analyse par la voie humide a donné, pour 100 parties de ce minéral, la composition suivante :

Charbon.	4,6	
Bitume et eau.	37,5	
Pyrite de fer.	des traces.	
Argile. { Alumine.	55,9	} 57,9
{ Silice.	2,0	
Total.	100,0	

Rimont et Lescure. — A quelques centaines de mètres au nord de Rimont, ont été exécutés, sur les deux rives du ruisseau qui descend à Soueix, des travaux de recherche pour combustible; sur la rive droite, ils sont compris dans la commune de Rimont; sur la rive gauche, dans celle de Lescure.

Travaux de Rimont.

Ces travaux ont été entrepris vers 1820; ils consistent en un puits incliné à 52° plongeant au nord-est, percé dans l'épaisseur et suivant la pente d'une couche de schistes charbonneux dans la direction O. 40° N. Le puits a 10 mètres de longueur; la couche de combustible est d'environ 0^m,60; elle est divisée en deux parties par un nerf de schistes; la partie supérieure qui touche au toit a 0^m,28 d'épaisseur; elle est composée d'un charbon assez brillant, solide, feuilleté, plus ou moins entremêlé de petits nerfs de schistes et présentant, dans le sens des feuillets, des lames minces de spath calcaire; cette veine n'est séparée du toit calcaire que par une bande de quelques centimètres de schistes imprégnés de charbon ou bitume.

La partie inférieure près du mur a 0^m,52 d'épaisseur; elle est composée d'un charbon terreux de qualité inférieure au précédent.

Le toit est calcaire et très-solide, le mur est une argile rougeâtre avec quelques cailloux et poudingues calcaires. Ce combustible, essayé chez un forgeron de Rimont, donnait une belle flamme, se gonflait, chauffait assez pour souder le fer; il exhalait en même temps une odeur de bitume prononcée.

Ces travaux, bientôt abandonnés, ont été continués à diverses reprises, entre autres en 1839 et 1862; au fonds du puits, la couche a 0^m.70.

Travaux de Lescure.

De l'autre côté du ruisseau, sur le territoire de la commune de Lescure, avant 1820, a été faite une fouille consistant en une galerie principale d'environ 10 mètres de long, menée horizontalement suivant la direction des couches; elle a suivi quelques veines irrégulières de charbon, mélangé d'argile jaunâtre et de schiste.

Plus loin, dans la même commune de Lescure, en montant le coiteau et suivant l'encaissement du terrain rougeâtre et ferrugineux, on trouvait en 1820, un puits vertical de 7 à 8 mètres abandonné et plein d'eau. Les veines y étaient très-minces, irrégulières; elles suivaient la direction O. 30° N. en s'enfonçant verticalement dans une argile rougeâtre.

Sur le même point, de nouvelles recherches ont été tentées en 1843, consistant en tranchées, galeries et puits peu profonds; elles n'ont révélé aucun fait nouveau.

L'ensemble du gisement, argile rougeâtre et schistes charbonneux, qui à la surface pouvait avoir 4 mètres d'épaisseur, paraît se terminer en coin et n'a au fond des travaux que 0^m.55. Le charbon contient des pyrites mélangées.

Le combustible de Rimont a été soumis à diverses expériences dont les résultats, constatés par M. Thibaud, sont les suivants :

- | | |
|--|---|
| <p>1° Densité des échantillons les plus purs, 1,35.</p> <p>2° Densité d'un mélange de charbon et nerf pierreux, 1,70.</p> <p>3° Cendre provenant de la combustion à l'air, 29 p. 100.</p> <p>4° Chauffé à l'air, il donne une odeur bitumineuse, brûle avec flamme, se ramollit, boursoufle et s'incinère.</p> | <p>5° Chauffé à l'abri de l'air, il perd son bitume, se moule dans le vase qui le contient, présente des masses poreuses, légères, d'un gris perlé et ayant les caractères du coke. Ce résidu s'élève, y compris les cendres, à 78 p. 100.</p> <p>6° L'analyse par la voie humide donne le résultat suivant :</p> |
|--|---|

Charbon	49,0
Bitume et eau	21,7
Pyrite de fer	9,1
Carbonate de chaux	11,4
Argile. { Alumine	4,3
{ Silice	4,4
Potasse et traces de magnésie	1,0

Le combustible de Rimont est un lignite pouvant servir à la forge maréchale, à la cuisson de la chaux, du plâtre et des poteries grossières.

Montesquieu d'Avantès. — Dans la commune de Montesquieu d'Avantès, près la métairie de Péré, se trouvent quelques indices charbonneux dans les marnes schisteuses où en 1859 a été percée une descenderie de 6 mètres suivie d'une galerie horizontale de 10 mètres.

Le lignite ne formait au milieu des schistes que des veines très-irrégulières, entre-croisées sans continuité et inexploitable.

Seillé. — A 500 mètres à l'est et 50 mètres au sud du hameau de Seillé, on trouve dans des schistes terreux puissants, qui ont plus de 100 mètres d'épaisseur, d'assez fréquentes couches de schistes noirs plus ou moins charbonneux dont la puissance peut varier de 0^m.20 à 1 mètre; ces schistes contiennent parfois des veines minces de lignite très-noir, brillant, écailleux et graphiteux en apparence, disposé en veinules entre-croisées qui souvent n'ont que quelques millimètres et parfois atteignent 0^m.04 à 0^m.05; dans ce dernier cas elles sont toujours mélangées de pyrite de fer.

Dans le voisinage, le calcaire dolomitique du lias se charge assez fréquemment de silice, donne des sables exploités et passe même à un véritable grès, dont les fausses apparences ont pu parfois faire croire à l'existence du terrain houiller.

Les premiers travaux de recherche exécutés vers 1858, consistent en une tranchée de 4 mètres suivie d'une galerie d'égale longueur à travers bancs, dirigée du nord vers le sud, perpendiculairement au principal affleurement schisteux, aligné de l'est à l'ouest.

Cette recoupe a traversé trois assises de schistes noirs. Une première à l'entrée de la galerie, plonge de 75 à 80° au sud, a 0^m.50 d'épaisseur et ne contient pas de combustible; la seconde, au centre de la galerie, n'a que 0^m.20, est stérile comme la première; la troisième au front, parallèle aux deux premières, peut avoir 0^m.50; elle contient de petites veinules de lignite disséminées dans les schistes dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à 4 ou 5 centimètres. La couche schisteuse se divise en deux parties; celle du toit ou du sud contient plus de combustible, les veines ligniteuses y sont plus

concentrées, atteignent plusieurs centimètres; du côté du mur ou du nord, la dissémination du charbon dans les schistes est plus irrégulière; les plaquettes de combustible dépassent rarement quelques millimètres.

A la suite de cette recoupe fut exécutée une galerie horizontale d'allongement de 18 mètres.

Un peu plus tard vers, 1860, à une centaine de mètres à l'est du travail précédent, fut creusée au mur de la couche charbonneuse et à travers bancs une descenderie de 8 à 10 mètres, inclinée à 50°; cette fouille à travers les terres de la surface et les schistes a été abandonnée à environ 15 mètres de l'assise charbonneuse.

A 200 mètres plus loin, du côté de l'est, a été essayée une seconde recoupe de 35 mètres en descenderie ayant la même pente que la précédente; cette recoupe toujours au mur a traversé, à partir de son entrée, 5 à 6 mètres de couches gréseuses, 20 mètres de calcaire, et a pénétré dans la couche schisteuse, sans toutefois atteindre complètement la plus grosse veine.

Vers 1866, ces fouilles ont été reprises et augmentées de 20 à 25 mètres sans résultats.

3° Crétacé supérieur.

Les marnes terreuses du crétacé supérieur contiennent assez rarement quelques indices de bois fossile ou lignite bitumineux et notamment à

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1° Maurice près Montferrier. | 3° Taurignan-Castet, en aval de Saint- |
| 2° Pradières, les arsenats près Foix. | Girous, sur le Sallat. |

Les travaux de recherches exécutés sur ces gisements très-pauvres sont presque nuls.

4° Grès siliceux nummulitique.

L'étage des grès siliceux qui constitue la base de la formation nummulitique éocène, présente à sa base d'assez nombreux indices de schistes charbonneux et pyriteux, avec veinules de lignites plus ou moins puissantes, dépassant rarement quelques centimètres et toujours inexploitable.

Ces affleurements sont répartis dans cette couche gréseuse sur toute l'étendue du département. Vers l'ouest, le combustible minéral est un véritable ayet exploitable pour ornements, disséminé

dans les grès, en petits rognons très-discontinus. Partout ailleurs, il constitue un lignite de bonne qualité, propre au chauffage, mais malheureusement disposé en couches trop minces pour permettre une exploitation fructueuse.

Les principaux gisements bien constatés sont les suivants :

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1° Villac d'Aiguillaunes (jayet). | 12° Castel Mirou du Mas-d'Azil. |
| 2° Le parrouentre l'Aiguillon et Compredon (jayet). | 13° Paillol du Mas. |
| 3° Labastide-sur-l'Hers, les Imprious. | 14° La plagne ou gouzy du Mas. |
| 4° L'Herm. | 15° La Motte de Cabanères. |
| 5° La Barre près Foix. | 16° La Querette de Monfa. |
| 6° Veruajoul. | 17° Souleilla de Monfa. |
| 7° Loubières entre Maillac et col del Fach. | 18° Houch de Monfa. |
| 8° Clarac de Baulou. | 19° Merigou, le Pradeou. |
| 9° Garrapel de Baulou. | 20° Le Borette de Sainte-Croix. |
| 10° Mondely de Gabre. | 21° Sainte-Croix, cap de la Houède. |
| 11° Gabre, Gayetères. | 22° Bagert et Barjac. |
| | 23° Poudelay. |
| | 24° Betchat, Bourjaquet. |

Labastide-sur-l'Hers. — Des travaux anciens et assez considérables ont été essayés à diverses reprises sur plusieurs de ces gisements; les principaux sont les suivants :

Dans la commune de Labastide-sur-l'Hers, il existe, dans le bois des Imprious, entre le ruisseau du même nom et celui de Pépoulant, un certain nombre de petits amas alignés en grains de chapelet de lignite, qui parfois, à cause de sa dureté et sa pureté, peut être exploité pour jayet.

Dans le voisinage sourdent les eaux minérales de Foucirgues, très-chargées de matières charbonneuses.

On trouve un assez grand nombre d'amas irréguliers de jayet de même nature toujours dans les grès éocènes, à Lesparrou, Campredon et Villac-Aiguillaunes.

La tradition indique que, vers 1600, dans les environs de Labastide-du-Peyrat, 400 ouvriers exploitaient cinq mines de jayet.

Lignite de l'Herm. — De 1840 à 1841 deux recherches pour lignite ont été faites dans la commune de l'Herm, au centre des grès éocènes dont la puissance est sur ce point très-restreinte.

Une recherche a eu lieu au fond d'un petit ravin, à 1.300 mètres environ à l'ouest de l'église de l'Herm; en ce point on avait mis à nu, par tranchées superficielles, les couches de grès et marnes schisteuses, dirigées O. 16° N., avec plongement nord de 70°; les couches de marnes noirâtres renfermaient quelques traces de lignite inexploitable.

En second lieu à la même époque, quelques fouilles furent tentées à 500 mètres à l'est de l'église de l'Herm. En cet endroit se trouve un mamelon allongé suivant la direction de la vallée, formé de couches de grès entremêlé de bancs de marnes schisteuses, gris noirâtre, avec indices de lignite. Sa direction moyenne est O. 10° N. et son inclinaison à la surface de 80° au N.; par une excavation de 5 à 6 mètres de profondeur et autant de longueur, on a mis à découvert quatre ou cinq petites veines de combustible, dont la plus épaisse avait 0^m.12 à 0^m.15 de largeur. Ces veines se renflaient et s'amincissaient tour à tour, puis finissaient par disparaître.

Le lignite qu'elles ont fourni paraissait de bonne qualité; essayé à la forge, il a donné des résultats satisfaisants.

Lignite de Labarre. — Un peu au nord du hameau de Labarre, à la base des grès qui forment le coteau boisé du pas de Labarre, des recherches de lignite ont été faites, dans le courant de l'année 1829; on creusa sur la plus grande pente d'une couche de schiste alumineux un puits de 12 mètres; la couche plongeait au nord de 60 à 70° et avait une puissance de 5 à 6 mètres; une crue d'eau et le fâcheux voisinage du ruisseau de Labarre fit abandonner ce travail.

Un peu plus tard, on commença un autre puits sur le même affleurement, et à 20 mètres plus à l'est, qui parvint à la profondeur de 20 mètres.

On trouva sur l'affleurement de la couche schisteuse de Labarre et dans sa partie la plus redressée, trois veines de charbon, qui atteignaient dès la surface jusqu'à 0^m.15 d'épaisseur. Ce charbon de bonne qualité, présentait deux variétés, l'une tendre, propre à la forge, l'autre dure, bonne pour le chauffage ordinaire. Le schiste qui sépare ces trois veines était lui-même très-chargé de veinules de charbon, ayant chacune de 0^m.001 à 0^m.002 d'épaisseur.

Lignite de Vernajoul. — Deux recherches de lignite ont été faites vers 1820 à Vernajoul; elles sont au pied du coteau boisé qui sépare les vallons de Vernajoul et Loubières et dont les couches gréseuses appartiennent à la base de la formation nummulitique.

L'une d'elles, située sur les bords de l'Ariège et à son niveau, consiste en une tranchée superficielle où l'on apercevait de petites veinules de charbons brillant de 0^m.01 à 0^m.02 d'épaisseur, accompagnées de schistes noirs luisants, et intercalées dans un grès jaunâtre micacé. La direction des couches est en ce point O. 25° N., leur pendage est de 65° au nord.

La seconde recherche a eu lieu à la Frau, en s'éloignant de la rivière et remontant le coteau du côté de l'Ouest; elle consiste en

une tranchée verticale qui a mis à découvert une couche de 0^m.60 à 0^m.80, de schistes noirs, pyriteux, sans indice de charbon.

Loubières. — Dans le vallon de Loubières, sur le coteau de grès éocène qui domine le village au sud, vers 1828, une recherche consistant en une tranchée de 5 à 6 mètres de profondeur et 3 à 4 mètres de hauteur a constaté, comme à Labarre et à Vernajoul, des veinules irrégulières et discontinues de charbon inexploitable.

Baulou. — En remontant à partir de Vernajoul, les coteaux boisés de grès éocène, on trouve, dans la commune de Baulou, plusieurs anciennes recherches pour lignite toutes antérieures à 1820.

La première est au sud du petit hameau de Saint-Micolau, au-dessus d'une petite grange, sur le revers nord du coteau; elle présentait, d'après M. Thibaud, en 1821, un tas de déblais de schistes noirs, réduit en poudre et provenant d'une galerie horizontale, faite de trente à trente-cinq ans auparavant, par M. de Levis; cette galerie avait, dit-on, 8 à 10 mètres de longueur; elle suivait une veine de charbon de quelques pouces d'épaisseur.

À 400 mètres plus loin du côté de l'Ouest, au Nord de l'église ancienne de Baulou et au quartier de Garrapel est une recherche faite près la crête du coteau sur un affleurement de schistes noirs visible sur une longueur de plus de 20 mètres. L'épaisseur de cet affleurement est de 3 à 4 mètres, la direction des couches est O. 25° à 50° N. et le pendage de 60° au Nord.

Ce travail consiste en un puits ou galerie inclinée, percée dans le schiste, suivant sa pente. Près du jour, on aperçoit quelques veinules ou filets minces de charbon intercalés dans le schiste. Cette galerie fut faite à la même époque que la précédente par M. de Levis; sa profondeur est inconnue.

Plus tard, à diverses époques et assez récemment, quelques tranchées superficielles ont été tentées, sans succès, sur le même affleurement schisteux de Garrapel; le lignite s'y est toujours montré en veinules minces, irrégulières et sans continuité.

Gabre (Mas-d'Azil). — Un peu en avant du Mas-d'Azil, on trouve, entre les métairies de Gayetères et Rieumajou, un petit gisement ligniteux complètement circonscrit, disposé en voûte légèrement plissée supportant les assises gréseuses de la formation nummulitique inférieure; il affecte la forme d'une ellipse allongée dont le grand axe, aligné de l'est à l'ouest, peut avoir un kilomètre, et le petit axe une centaine de mètres.

Une grande tranchée, exécutée autrefois pour l'exploitation de schistes pyriteux et bitumineux pour alun, permet de reconnaître la succession des bancs.

Elle est la suivante :

- | | |
|---|---|
| <p>1° Grès supérieurs solides, à grains fins, jaunâtres, blancs;</p> <p>2° Grès micacés ou psammites bleus, pyriteux;</p> <p>3° Argiles feuilletées avec lignite brun violacé ou roussâtre et noir, argile cendrée et grès bleu alternant plusieurs fois;</p> | <p>4° Grès bleu micacés, avec bois pyritisé et empreintes végétales;</p> <p>5° Enfin argile noire avec des grains de bitume, des veines de jayet, des coquilles marines et peut-être aussi d'eau douce.</p> |
|---|---|

L'ensemble, dont la partie ligniteuse occupe le fond, peut présenter en tout une coupe verticale de 30 mètres environ; chacun de bancs ligniteux, bien qu'inégaux, irréguliers et discontinus peut avoir une moyenne de 1 mètre de puissance.

Les argiles contiennent des fossiles assez nombreux parmi lesquels on peut reconnaître des Pholadomyes, des Cyclades, des Unio et des Anodontes.

Au milieu des schistes noirs pyriteux, se trouvent quelques veinules minces de charbon de 0^m,02 à 0^m,03 d'épaisseur; on en a suivi les traces, avant 1820, par plusieurs galeries qui n'ont abouti à aucun résultat.

Le charbon qu'on a retiré était très-brillant, sa cassure dure, conchoïde et éclatante était aigre; le charbon brûlait bien avec flamme en donnant une odeur bitumineuse, il se ramollissait, gonflait et donnait peu de cendre.

Le lignite de Gabre, analysé au laboratoire de Vicdessos, a donné les résultats suivants :

<i>Pour 100 grammes.</i>	
Cendre.	5
Charbon.	45
Matière volatile.	50
Total.	100

Plagne, près le Mas-d'Azil. — Entre les hameaux de Plagne et Gouzy, dans le canton du Mas-d'Azil, ont été entrepris vers 1861 et 1862 quelques petits travaux pour recherche de lignite; ce combustible fait partie d'une couche schisteuse noirâtre.

Les travaux ont été exécutés sur le chemin qui conduit de Plagne à Gouzy; ils consistent en quelques tranchées superficielles de 4 à 5 mètres, suivies d'un petit puits de 1^m,50. La couche schisteuse est orientée O. 20° S., avec plongement sud de 70° à 75°, elle peut avoir 0^m,30 à 0^m,40 d'épaisseur.

Le lignite y est disséminé en veinules irrégulières de 0^m,02 à

0^m,03 d'épaisseur; essayé chez un forgeron du hameau de Maury, il a pu servir à souder le fer.

Monfa. — A 1000 mètres au nord du château de Monfa, dans la vallée de Fonsouche, entre Bagnères et Houch, sont les traces d'un ancien travail où on voit des débris de lignite enclavés dans des schistes bitumineux et vitrioliques.

Dans la même vallée de Fonsouche, entre les métairies du Souleilla et Bredot, on peut également voir les traces d'une ancienne fouille actuellement comblée.

Mérigon. — Dans la commune de Mérigon, des recherches assez considérables ont été faites pour lignite de 1849 à 1851; ces recherches ont été poussées sur des assises schisteuses situées à la partie supérieure de l'étage des grès éocènes.

Les travaux ont été entrepris au quartier de Pradéou, entre les hameaux de Marsoby et de Martignou vers la limite des communes de Mérigon et de Monbrun.

Ils comprennent plusieurs puits et galeries peu profondes.

On a extrait des travaux 40 hectolitres de lignite de qualité plus ou moins médiocre.

Les recherches n'ont fait reconnaître que des veines de charbon très-irrégulières, disséminées sans continuité dans les schistes.

Sainte-Croix, cap de la Houède. — Dans le ravin du cap de la Houède, près Sainte-Croix, et sur chaque versant, sont des schistes noirs avec lignite. Les affleurements correspondent à deux couches distinctes séparées par une assise de grès mal soudés; leur direction est N.O.-S.E.

On peut suivre les affleurements des couches charbonneuses sur une longueur d'environ 150 mètres, le long du ravin.

Des recherches ont été faites sur ce gisement en 1822 et en 1848; elles consistent en une petite galerie horizontale de 8 mètres de long, tracée suivant l'allongement de la couche supérieure et en un puits de 2 mètres carrés de section sur 18 mètres de profondeur. Ce puits a été pratiqué sur le versant gauche du ravin, il a rencontré à une distance de 4^m.50 une couche de 1 mètre d'épaisseur ne renfermant que des traces de charbon sans continuité; aussi, son but était de recouper la couche inférieure dont l'affleurement est sur le versant droit et dont l'aval descend du côté du puits. Cette dernière présente à la surface une épaisseur de 1^m,50, formée de lits minces de lignite alternant avec des assises schisteuses; le puits paraît devoir la recouper à une profondeur de 50 à 60 mètres; l'inclinaison des couches est à ce point considérable, et dépasse 60°.

Des essais de ce lignite ont été faits au laboratoire de Vicdessos par M. Benoit; les résultats sont les suivants :

1° *Couche supérieure.* — Pour 100 grammes.

Cendre.	13
Résidu charbonneux en vase clos.	42
Matière volatile.	45
Total.	100

Le résidu était à peine soudé, brillant et léger, les cendres ont donné beaucoup d'oxyde de fer, provenant de pyrite de fer mélangée au combustible.

2° *Couche inférieure.* — Pour 100 grammes.

Cendre.	5
Résidu charbonneux.	39
Matière volatile.	58
Total.	100

Le résidu s'est agglutiné en un seul morceau, il était assez pur et ressemblait à du coke imparfaitement soudé. Les cendres étaient faiblement colorées par le peroxyde de fer.

5° *Calcaire à miliolites.*

La formation nummulitique du calcaire à miliolites renferme trois assises purement calcaires et deux étages marneux, terreux. La couche terreuse inférieure contient par places quelques indices charbonneux, très-pauvres, associés à des minerais de fer en grains; on peut en constater dans le voisinage du Mas-d'Azil.

II. — *Minerais de fer.*

Les minerais de fer sont très-nombreux dans toutes les formations géologiques du département; pour en faire la description complète, je passerai successivement en revue chacune de ces formations.

1° *Granite.*

Le granite forme dans l'Ariège quatre massifs principaux.

1° Le granite de la frontière d'Espagne est puissant aux hautes montagnes de Gudanes et de Bassies.

2° Le second plus au nord prend naissance aux environs de Tarascon, et s'étend à l'ouest jusqu'à Castillon par la montagne des Trois-Seigneurs.

3° Le troisième forme le haut pic de Saint-Barthélemy, traverse l'Ariège à Mercus, et s'étend au delà jusqu'à Lacour par le Picou et Massat; vers le col de Saurat il rejoint un instant le précédent.

4° Le quatrième à l'état sableux forme le fonds du vallon de la Barguillière aux environs de Foix; le premier et le troisième massif ne paraissent pas contenir de minerais de fer.

Le second en contient quelques-uns, les principaux sont :

- | | |
|---|--|
| 1° Planel de la Fêno de Gourbit, près de Tarascon; fer hydroxydé, quartzes pauvres. | 7° La Fonte-Sainte de Saurat, fer hydroxydé pauvre. |
| 2° Carnies et bas de Gourbit, quatre affleurements. | 8° Le col de Port, versant de Saurat. |
| 3° Bancelou ou Brougaille de Saurat. | 9° Bagen de Massat, magnétique très-pauvre. |
| 4° Carlong ou Caillardet de Saurat. | 10° Bencaret de Seix, oxydé rouge, quartzes sans valeur. |
| 5° Goutèredoune de Saurat, deux affleurements. | 11° La Soumère de Sentenac, fer oxydé rouge en nids irréguliers. |
| 6° La Sarraute de Saurat, deux affleurements. | |

Saurat, la Sarraute.—A environ trois-quarts d'heure de marche au-dessus et au sud du hameau de la Sarraute, rive droite de la vallée de Saurat, on trouve plusieurs amas de minerais de fer dont quatre sont bien constatés, complètement enclavés dans les sables granitiques; le principal qui est au centre, paraît être dirigé O. 45° S., avoir 15 à 20 mètres de long, 1 mètre de large; sa profondeur est inconnue, le minerais est du fer carbonaté souvent décomposé et transformé en fer hydroxydé, compacte, pauvre, quartzifère, empâtant des pyrites en assez grande abondance.

En ce point, sont quelques travaux superficiels faits à différentes époques; au voisinage sont trois autres indices de même nature, moins importants.

Carlong ou Caillardet.— Le gisement de Carlong encaissé dans les arènes granitiques derrière la métairie de Minjou, est dirigé S. 40° E., peut avoir 15 mètres de long, 2 à 5 mètres de large; le

minerai est formé de fer carbonaté en partie décomposé au toit, de fer hydroxydé quartzéux au mur, il paraît moins pyriteux et de meilleure qualité qu'à la Sarraute, mais les transports sont plus coûteux.

Col de Port. — A peu de distance au-dessous du Col de Port, sur le versant de Saurat, et la rive droite du ravin de ce nom, les arènes granitiques présentent un amas de fer hydroxydé analogue à ceux de Carlong et de Sarraute; dirigé sensiblement N. 25° O. perpendiculairement à l'allongement de la vallée, il plonge à l'est de 55 à 60°.

Sur ce gisement a été faite en 1867, une tranchée superficielle; le minerai est quartzéux, pyriteux par places, disposé en masses irrégulières et discontinues de 0^m,50 de puissance maximum, se réduisant fréquemment à 0^m,20 et 0^m,10; il est rarement pur, presque partout mélangé de beaucoup de quartz.

Derrière la métairie de Brougaille près Saurat, le granite contient quelques indices de minerai de fer magnétique.

Le quatrième massif de la Barguillère renferme à son extrémité, occidentale quelques affleurements de minerai de fer hydroxydé, pauvres et inexploités à

1° Saint-Pierre-de-Rivière.
2° Ourdenac.

3° Tresbens, trois affleurements.

Tresbens. — A son extrémité occidentale, un peu à l'ouest du hameau de Tresbens sont dans les sables plusieurs indices d'amas de minerai de fer.

Contre l'ancienne route de Brassac à Labastide-de-Sérou, est un affleurement de fer hydroxydé rouge et brun, quartzéux dirigé, N.-S., qui peut avoir 20 à 25 mètres de long, et 3 à 4 mètres de large; il n'a été l'objet d'aucune recherche.

A une centaine de mètres à l'ouest sont deux ou trois indices de même nature; sur l'un d'eux a été faite une petite tranchée, le minerai avait 0^m,80 d'épaisseur.

2° Gneiss et micaschistes.

La formation des gneiss et micaschistes ne contient que de très-petits amas de fer oligiste écailleux, soit au sud du massif de Saint-Barthélemy dans la vallée de l'Ariège, soit dans les montagnes d'Aleu, canton de Massat.

Les affleurements principaux sont les suivants :

- | | |
|--------------------------|---|
| 1° Montagne d'Axiat. | 4° La Ruère, Saint-Martin de Soulan. |
| 2° De Allens à Cazenave. | 5° De Gabas à Picarets, Saint-Martin de Soulan. |
| 3° La Bourdasse d'Aleu. | |

Ils sont tous très-pauvres; au voisinage sont parfois des scories de forge à bras.

3° Silurien inférieur.

Les schistes ardoisiers du terrain silurien inférieur renferment un très-grand nombre d'affleurements de minerai de fer, dont quelques-uns ont été parfois l'objet de travaux assez importants. Pour faciliter leur description, je les diviserai en quatre classes, suivant leur situation vis-à-vis des massifs de roches primitives.

I. — *Minerais de fer situés au sud du massif granitique des frontières dans la bande de transition de Mérens et Orlu.*

Ils sont en marchant de l'est à l'ouest :

- | | |
|---|--|
| 1° Mortèze d'Orlu, fer hydroxydé quartzéux pauvre. | 3° Le Pinet d'Orlu, fer hydroxydé quartzéux pauvre. |
| 2° Engaudue d'Orlu, fer hydroxydé quartzéux pauvre. | 4° La Coumo-de-Seignac, vallée d'As-ton, deux affleurements. |

La Coumo-de-Seignac. — La mine de la Coumo-de-Seignac, située à la haute chaîne d'Aston au nord-ouest du pic de la Serrère, est comprise dans les schistes métamorphisés par le voisinage des roches éruptives; elle se compose d'un filon de fer carbonaté rhomboïdal, blond, dont les affleurements s'observent sur 40 à 50 mètres de longueur. La puissance varie de 0^m,40 à 1^m,20; sa direction est N. 45° à 60° O. magnétique. Ce filon renferme une grande quantité de pyrites de fer et de cuivre empâtées dans le fer carbonaté.

II. — *Minerais de fer compris entre le massif primitif de la frontière et celui de Saint-Barthélemy d'une part et des Trois-Seigneurs d'autre part.*

Ce sont les suivants :

- | | |
|---|--|
| 1° Bouthadiol d'Artigues, Quérigut, magnétique. | 6° Lordat. |
| 2° Les Liauzes d'Orlu, magnétique. | 7° Lassur. |
| 3° Port de Pailhères, deux affleurements. | 8° Albiès. |
| 4° Belluquet d'Ascou, trois affleurements. | 9° Larcac, Sapinière, fer hydroxydé pyriteux pauvre. |
| 5° Vaychis et Tignac, deux affleurements. | 10° De Bouan à Sinsat, deux affleurements. |
| | 11° Larnat, trois affleurements. |
| | 12° Roc de Miglos. |

- | | |
|--|---|
| 13° La Fajolle, col de Larnat à Miglos. | 19° Freychet. |
| 14° Gesties-las-Molos, près l'ancienne forge, hydroxydé quartzeux. | 20° Le bocard d'Ustou, au pied de Freychet. |
| 15° Lercoul, la tire, Jean-de-Lutt. | 21° Haussets, Bordes de Castillon, hydroxydé pauvre quartzeux. |
| 16° Agneceres de Laquorre, Aulus. | 22° Bentaillou, Chichoix de Sentein, deux affleurements. |
| 17° La Freychinière, Aulus, magnétique. | 23° La Sarraute de la Hourquette, Chichoix, deux affleurements. |
| 18° Le col de Guzet à la Freychinière, magnétique. | |

Bouthadiol. — Dans le canton de Quérigut, à l'extrémité supérieure du vallon d'Artigues, au quartier de Bouthadiol est une mine d'oxyde de fer magnétique sur laquelle des travaux de recherches ont eu lieu de 1837 à 1840. Le voisinage immédiat des roches primitives a métamorphisé les assises de transition, et y a produit des injections fréquentes de granite, pegmatite et quartz.

Un affleurement étendu de roches amphiboliques et grenatifères courant, suivant la direction moyenne N. 58° E., avec plongement de 60 à 70° au nord-ouest, marque la présence du gîte ferrifère, entre une syénite gneissoïde faisant toit et un calcaire saccharoïde, siliceux et sableux, peut-être dolomitique faisant mur.

La salbande du toit se compose d'amphibole lamelleuse passant insensiblement à la syénite d'une part et d'autre part au minerai de fer. La salbande du mur se compose de grenat almandin tantôt cristallisé (dodécaèdre pentagonal), tantôt en roche se perdant insensiblement dans le minerai de fer.

Les travaux d'exploration ont mis à nu un renflement du gîte dont la puissance n'a pas moins de 3^m,20; souvent dans le voisinage le minerai s'efface, et fait place à de simples placages et veinules de grenat almandin perdu dans la roche calcaire. D'autres fois il ne présente qu'une faible épaisseur adhérente à la salbande amphibolique, alors le minerai chargé de cette roche est pyriteux et s'effleurit facilement à l'air.

Le minerai se compose en presque totalité de fer oxydulé magnétique, très-compacte, dont la densité s'élève jusqu'à 5,5. Il a généralement un grain serré, une cassure inégale et grenue, un éclat gras et métallique. Sa richesse est très-variable, aussi bien que sa nature suivant la puissance du filon. Sa teneur moyenne est de 54,60 p. 100.

Le minerai affleure sur environ 100 mètres, les recherches consistent en deux tranchées superficielles, exécutées à chacune des extrémités de l'affleurement.

La tranchée inférieure peut avoir 5 à 6 mètres de long sur 4 à

5 mètres de haut et 3 mètres de large; à sa partie supérieure l'affleurement se divise en deux branches, celle de droite se perd rapidement dans la syénite du toit, celle de gauche continue 5 à 6 mètres pour disparaître dans une grotte creusée dans le calcaire siliceux du mur; entre ces deux branches, la syénite contient des blocs épars de minerai. Au-dessous de cette bifurcation, la masse minérale peut avoir 6 mètres dont la moitié du côté du mur est formée de minerai magnétique exploitable, et l'autre moitié de minerai pauvre, schiste siliceux et amphibole verte fibreuse.

Entre ces deux tranchées, sur une assez grande longueur, l'affleurement se rétrécit, se réduit parfois à de simples placages.

La hauteur de la mine de fer de Bouthadiol, au-dessus du niveau de la mer, peut être estimée de 1800 à 1900 mètres.

A la montagne des Liauzes qui fait crête entre le vallon d'Orlu et le pays de Quérigut, on a constaté des affleurements de minerai de fer magnétique de même nature.

Ascou et le port de Pailhères. — Au pied du port de Pailhères dans des schistes noirs pyriteux est un petit amas de fer hydroxydé quartzifère de mauvaise qualité. Sa direction est S. 55° E.; il a été l'objet de recherches anciennes abandonnées.

Au Pas-del-Coumal, montagne d'Ascou, dans des schistes ferrugineux dont la direction est S. 65° E., on trouve cinq excavations d'où on a extrait du fer hydroxydé, compacte, concrétionné et manganésifère; au voisinage sont d'anciennes scories de forges à bras.

Vaichis. — A la montagne de Vaichis, les schistes pyriteux contiennent plusieurs amas de fer hydroxydé manganésifère.

D'après M. François leur composition est :

Perte au feu et oxygène.	40,40	35,20
Oxyde de fer.	20,00	20,00
Oxyde rouge de manganèse.	17,00	18,20
Chaux.	2,20	3,60
Silice gélatineuse.	19,20	21,00
Richesse en fer p. 100.	13,87	13,87

Le manganèse s'y trouve à l'état d'oxyde noir terreux; des affleurements de même genre existent dans les communes de Tignac et Caussou.

Lassur. — Sur le versant nord du Pech de Lassur est un filon dirigé O. 50° N. avec plongement de 50° au sud en discordance de stratification avec les assises qui l'enclavaient; il peut avoir 2 mètres, son toit est un calcaire cristallin, rougeâtre et siliceux, son mur est simplement calcaire; d'anciens travaux superficiels ont

enlevé 1 mètre de minerai du côté du toit, vers le mur il en reste autant. Le minerai est de l'oligiste grenu compacte à grains d'acier, il fait feu au fleuret, est parfois accompagné de noyaux de fer carbonaté blond et mouches de pyrite de fer; plus loin à l'ouest sont deux affleurements semblables.

Au voisinage sont des calcaires saccharoïdes très-fendillés avec veinules de fer oligiste micacé.

Des affleurements de minerai de fer oligiste grenu et cristallin se voient également dans les schistes qui forment le pied du pic dévonien de Lordat.

Albies. — Sur le Pech de Ferrières est un gisement de fer oligiste; le minerai dirigé O. 20° N. avec plongement sud de 45° court en filon sur toute la plate-forme du coteau; il se révèle au jour par affleurements interrompus sur une étendue de près de 200 mètres. Sa puissance est de 2 mètres dont la moitié seulement est exploitable; du côté du toit, il est très-quartzeux et accompagné par un filon de quartz pur.

Vers l'extrémité occidentale de l'affleurement, sont d'anciens travaux qui ont été repris et augmentés vers 1861; ils consistent en une assez vaste tranchée superficielle suivie d'une petite galerie horizontale de 4 à 5 mètres; le minerai était de bonne qualité et avait 1^m,20 de puissance exploitable.

A environ 50 mètres plus à l'est a été essayée une seconde tranchée superficielle; le minerai contient peu de pyrite, mais beaucoup de silice intimement mélangée qui se réduit au haut fourneau et donne des fontes très-siliceuses; le fer obtenu avec ces fontes est toujours un peu cassant, se soude mal et se débite difficilement en petits échantillons.

Essayé à la forge catalane avec un mélange de minerai de Rancié, il donne du fer de grosses dimensions, d'assez bonne qualité, mais il exige par suite de sa dureté et sa compacité une plus grande consommation de combustible que ce dernier minerai.

Bouan, Sinsat et Larnat. — Les schistes siluriens sont fréquemment pyriteux et quartzifères; les pyrites, en anas irréguliers, se décomposent, donnent des sulfates vitrioliques et des minerais de fer hydroxydé, généralement pauvres et pyriteux; ces gisements sont peu continus et se perdent bientôt dans une gangue de quartz.

Plusieurs amas limoneux ainsi produits ont été à diverses époques constatés et recherchés sans résultats dans les montagnes de Bouan, Sinsat et Larnat.

Miglos. — Les schistes siluriens du haut vallon de Miglos con-

tiennent sur plusieurs points des amas de fer hydroxydé quartzeux et irréguliers.

Près le roc de Miglos, sur la crête qui sépare les communes de Miglos et Larnat, sont dans les schistes des excavations anciennes et des scories de forges à bras.

Au sud-est du hameau de Norgeat, au pied de la sapinière de Miglos, les schistes contiennent un filon de fer oxydé quartzifère; cette mine, un peu pyriteuse, fut l'objet de quelques recherches en 1812 et 1855, l'essai à la forge ne fut pas satisfaisant. Le filon était irrégulier, avait environ 0^m,60 d'épaisseur et apparaissait sur une longueur de 8 à 10 mètres.

Dans un quartier tout différent, situé un peu au-dessous de la pique de Baychon, près du Col qui conduit d'Axiat à Larnat, les schistes anciens contiennent également un amas de fer hydroxydé au lieu dit la Fajolle; en 1856, fut tentée sur cet affleurement une recherche; le minerai était boursoufflé et carié, il empâtait des fragments de schistes encaissants et des veinules de quartz en assez grande quantité, il était pauvre et inexploitable.

Agnecères (aulus). — Au sommet de la montagne de Laquorre, sur le versant des Agnecères, dans les schistes métamorphiques, sont quelques gîtes en amas de fer hydroxydé compacte, très-chargé de quartz ferrugineux.

La Freychinière (aulus). — Dans le vallon du Fouillet à 50 mètres au-dessous du col de la Freychinière, est un puissant filon de 1^m,50 à 2^m,50 d'épaisseur formé de pyrite de fer et de fer oxydulé magnétique; le minerai est enclavé dans les schistes, dirigé O. 50° S. presque vertical, visible sur plus de 40 mètres en direction; plusieurs petites tranchées l'ont mis à découvert.

Freychet (aulus). — Au sommet du pic de Freychet (aulus), haut de 1.800 mètres, est, au milieu des schistes, une assise de fer hydroxydé compacte, orientée O. 28° S. et à peu près verticale; à la surface, elle possède 2 mètres de puissance et diminue en profondeur.

Sur ce gisement des recherches ont été faites de 1808 à 1840, consistant en une tranchée superficielle suivie d'un puits.

Le minerai de Freychet légèrement pyriteux a été travaillé aux forges d'Aulus et Oust; seul, il donnait du fer souverain; mélangé avec le minerai de Rancié dans la proportion d'un quart Freychet et trois quarts Rancié, il produisait un fer d'assez bonne qualité.

D'après M. François, la composition du minerai de Freychet est la suivante :

Perte au feu et oxygène.	8,85	Densité.	3,955
Peroxyde de fer.	77,60		
Oxyde rouge de manganèse.	2,10		
Argile et quartz.	11,43		
	99,98		
Richesse en fer p. 100.	53,87		

Monts Crabères (Sentein).—A l'extrémité ouest de la haute chaîne silurienne de l'Ariège, vers le massif des monts Crabères, se trouvent plusieurs gîtes de fer hydroxydé provenant de la décomposition des pyrites. Au quartier de Bentailou, commune de Sentein, toute la montagne est couverte d'une croûte de fer oxydé et les eaux des ruisseaux y sont acidulées. On cite les mines de Tuc-de-Sarraute et du Portillon d'Albe, qui ont été exploitées à la fin du XVIII^e siècle pour la forge de Fos (Haute-Garonne).

III. — *Minerais de fer compris entre le massif primitif des Trois-Seigneurs et celui de Tabes ou du Picou, région de Massat.*

Les schistes siluriens du canton de Massat contiennent plusieurs affleurements de minerai de fer oligiste et parfois hydroxydé.

Besolles.—A deux kilomètres et demi au sud de Massat, au Tuc de Besolles, sont de très-anciens travaux pour mines de fer constatés dans Dietriect.

Les gîtes de Besolles forment de vrais filons dans les schistes argileux dont ils coupent les feuilletés dans une direction perpendiculaire; ils sont parallèles entre eux et au méridien magnétique, leur inclinaison est de 70 à 80°.

L'un de ces filons désigné communément sous le nom de mine de fer de Besolles a été exploré par les anciens sur une hauteur de 100 mètres environ. Les affleurements se montrent sur le flanc nord du chemin de Besolles et consistent presque uniquement en quartz compacte avec cristaux hexaèdres de quartz hyalin; le minerai est du fer oxydé à grains fins, gris d'acier et à poussière rouge.

A la hauteur moyenne de la montagne deux galeries espacées verticalement de 50 mètres, ont été ouvertes; la plus basse longue de 200 mètres, quoique dans la direction du filon ne le rencontre qu'à 100 mètres de distance de son embouchure; elle se continue ensuite, sensiblement rectiligne dans la masse minérale; le filon n'a pas plus de 0^m,60 d'épaisseur et consiste principalement en quartz dans la masse duquel on observe par intervalles du peroxyde grenu métalloïde.

La galerie haute, longue de 50 mètres, dirigée presque en ligne

droite, est ouverte sur le même filon qui se présente à quelques mètres de son embouchure; on l'observe le long du faite, où il a une épaisseur de 0^m,60 et où il ne se montre pas plus riche qu'à la galerie inférieure.

De ces deux galeries partent des puits et descenderies exécutés pour dépiler du minerai.

L'ensemble est terminé par des décombres qui paraissent venir d'en haut.

Indépendamment de ces deux galeries, on remarque à un niveau supérieur quatre grandes excavations ouvertes dans le filon à partir du flanc de la montagne; le faite de ces grands vides est très-élevé et le filon est très-mince.

Bouates, versant sud de Besolles.—Au quartier de Bouates, sur le flanc méridional du fort chaînon de Besolles, plusieurs filons élèvent leur crête au-dessus du schiste environnant; ils paraissent tous parallèles entre eux et à celui de Besolles.

Vers la partie haute de la vallée en 1850, on a égratigné deux de ces filons quartzeux épais de 0^m,50, peu distants entre eux; une mince couche de fer oxydé terreux (sanguine) se montre au milieu du quartz.

Piouset.—Sur le versant occidental du tuc de Besolles et dans la prolongation immédiate du filon de ce nom, sont quelques anciens travaux au quartier de Piouset, inaccessibles et exécutés sur des amas peu puissants de fer peroxydé anhydre disséminé dans des filons quartzeux.

Des indices de même nature se voient sur toute la lisière septentrionale du bassin de transition de Massat et notamment vers les hameaux de Catou et des Mialaques.

Saint-Martin.—Au sud-est de Massat, non loin du chemin des Garrabés, est une mine de fer désignée par le nom de galerie Saint-Martin.

On reconnaît en effet que dans cette localité, au-dessus de la chapelle Saint-Martin, située au bord de l'ancienne route de Massat au village du Port, d'anciens travaux ont été ouverts et paraissent avoir reçu peu d'extension.

Ourtigous.—D'autres indices de minerai de fer existent en grand nombre dans la vallée des Ourtigous au sud-est de Massat.

A l'entrée de la vallée et à 500 mètres au-dessus de son fond, au quartier de Lauquet, ont été entreprises vers 1850, des recherches sur un affleurement de fer hydraté caverneux et mamelonné, mêlé de beaucoup de pyrite blanche, de quartz et de schiste; sur une hauteur de 20 mètres environ, ce minerai a été sondé par trois

galeries horizontales, longues chacune de 10 mètres. Sa largeur est de 1 mètre, et ne se maintient pas en profondeur.

Au quartier de Fourchet, même vallée des Ourtigous, quatre affleurements de couches schisteuses, dont la plus large a 1^m,60, ont été attaqués dans leur intérieur sur 3 à 4 mètres. Aux Gravies, vallée des Ourtigous, l'affleurement d'un filon épais de 0^m,50 a été suivi sur une longueur de 25 mètres par d'anciens travaux.

A 2 kilomètres au sud-est de Massat, sur le versant ouest de la vallée du port, montagne de la Ferrasse, non loin du chemin de Caychonnet, d'anciens travaux aujourd'hui inaccessibles à l'intérieur, ont été ouverts sur un filon épais de 5 mètres, à en juger par la voûte qui recouvre l'ouverture des travaux, et par la distance des épontes. Les nombreux échantillons répandus autour font voir que le minerai consiste en fer hydraté caverneux et fer carbonaté lamelleux, accompagné de cristaux de fer carbonaté lenticulaire; le carbonate est en partie transformé en mine douce; on y voit peu de quartz, mais la pyrite y est répandue avec profusion.

Dans la même montagne, au-dessous des travaux précédents et au nord de la ligne que paraît suivre le premier filon, on en indique un second dont on ne voit que quelques points et qu'on dit être épais de 0^m,80; le minerai qu'on a extrait et qui est répandu tout autour, ne présente aucune trace de pyrite; on a recouvert de terre cet affleurement.

La hauteur des gisements de Besolles, Bouates et Plouset, au-dessus du niveau de la mer, est d'environ 900 mètres, elle est de 250 mètres au dessus de Massat.

IV. — Minerais de fer situés au nord de Saint-Barthélemy et du Picou.

- | | |
|---|--|
| 1° Montségur, la Canalette. | 6° Ferrières-de-Foix. |
| 2° Montferrier, le Pla del Tour. | 7° Le fort de Reins près Foix. |
| 3° Vighères-d'Embale ou Saint-Genès sous le mont Fourcat, hématite pauvre. | 8° Mont Coustant (sommet), deux affleurements. |
| 4° Roquepros-d'Antras, hydroxydé quartzeux, pauvre en veinules dans les schistes. | 9° Mont Coustant (pied), deux affleurements. |
| 5° Saint-Antoine, hydroxydé quartzeux, pauvre en veinules dans les schistes. | 10° Mont Coustant-Sarrazi. |
| | 11° Rivernert village, magnétique. |
| | 12° Rivernert Gargarech, magnétique. |

Montségur. — A deux heures au sud de Montségur est l'ancienne mine de la Canalette comprise à la limite du granite porphyroïde de Tabes, dans des schistes micacés ferrugineux; sa direction et celle des schistes est S. 45° E. Elle fut autrefois exploitée pour des forges à bras dont les scories couvrent les environs; le minerai est du fer hydroxydé compacte de bonne qualité.

Ferrières. — Le filon de Ferrières encaissé dans les schistes anciens, dirigé de l'est à l'ouest avec plongement sud de 50°, est accompagné à son mur par un filon quartzeux assez régulier; l'affleurement se reconnaît sur 300 à 400 mètres, en gravissant le Pech de Ferrières; il présente de fréquentes et longues interruptions; chaque région riche à la surface dépasse à peine 15 à 20 mètres; le minerai est disposé en colonnes minces, peu continues en direction, ayant quelque tendance à suivre la pente de la montagne.

Des travaux assez importants ont été exécutés sur ce gisement de 1861 à 1864, et ont révélé la présence de très-anciennes recherches.

Les travaux sont :

A quelques mètres au-dessus du hameau de Sutra une galerie horizontale de 15 mètres a reconnu 0^m,50 à 1^m,50 de minerai; le mur était quartzeux, le toit schisteux.

Près de l'entrée où le filon avait 1^m,20, a été percée une descenderie qui a atteint une profondeur de 20 mètres, où le filon allait en diminuant jusqu'à se réduire à 0^m,50; le minerai trouvé est du fer carbonaté presque complètement décomposé, à surface noirâtre, conservant la forme cristalline rhomboédrique, mais transformé en fer oxydé rouge, compacte et rarement par places en fer hydroxydé et hématite; il présente de fréquentes géodes remplies par des rognons de quartz carié et ocre provenant de la décomposition de pyrites.

Au mur de ce minerai et tout le long de la descenderie est une épaisseur assez constante de minerai non exploitable, formé de fer carbonaté blond à cristallisation rhomboédrique, de quartz parsemé de mouches et petits filets de pyrites et blende en beaux cristaux; par cassage au marteau, il est facile d'obtenir des échantillons contenant ces minéraux en égale proportion, cette portion du gîte est inexploitable.

A 5 ou 6 mètres au-dessus de cette première attaque, a été commencée une tranchée sur un affleurement de fer carbonaté décomposé; au bout de 2 à 3 mètres, elle a été complètement arrêtée par des roches stériles.

A 30 mètres plus haut, une galerie horizontale de 20 mètres, bifurquée dans sa seconde moitié, a trouvé un filet de puissance variable de 0^m,20 à 0^m,40 de fer carbonaté blond, mélangé de quartz et pyrite non exploitable.

Vers le sommet de la montagne du Pech, à la suite de vieilles tranchées superficielles ont été percées deux descenderies suivies de galeries, qui ont reconnu le gîte sur une longueur de 20 mètres en direction et 15 mètres en profondeur; au bas de la première descenderie le minerai avait 0^m,50 d'épaisseur; dans les travaux inférieurs, il se réduit à 0^m,50 et à un filet inexploitable au fond. Le minerai est du fer carbonaté, décomposé de bonne qualité; dans l'étage inférieur, on commençait à trouver du fer carbonaté blond, mélangé de pyrite et inexploitable.

En suivant vers l'ouest la prolongation du filon de Ferrières, on trouve sur la gauche du petit vallon de Reins, un peu avant la métairie du Fort, un affleurement quartzeux de même nature avec fer carbonaté décomposé; aucune recherche n'a été essayée.

Au point de vue des transports, la mine de Ferrières est placée dans d'excellentes conditions; une route charrettable de 4 kilomètres conduit de la galerie inférieure à la gare de Foix.

Montcoustant. — Près du sommet de Montcoustant dans les schistes sont deux petites tranchées sur un filon pauvre schisteux de 1 mètre d'épaisseur, dirigé O. 40° N., concordant avec les couches; le minerai est pyriteux.

Sur le versant nord de la même montagne dans les petits ravins qui se réunissent pour former le ruisseau du Gayet, se trouvent à mi-côte plusieurs gisements de minerai de fer de mauvaise qualité de 0^m,50 à 1 mètre de puissance, produits par la décomposition des pyrites.

Sur un de ces gisements, une tranchée suivie d'une petite galerie fut essayée au Sarrazi en 1858; le minerai contenait de la pyrite et de la galène; essayé à la forge du Mas-d'Azil, il a donné un fer rouverain.

Rivernert. — Près Rivernert au quartier de Castet est un gisement considérable de minerai de fer; la vallée est creusée au contact des schistes siluriens et calcaires dévoniens; le minerai est compris entre les schistes qui en forment le mur et le calcaire qui en est le toit.

Les schistes du mur ont une surface noirâtre, une cassure intérieure gris foncée, ils se débitent facilement en minces fragments et contiennent des rognons nombreux de quartz avec pyrite de fer.

Au toit du gîte sont des calcaires semi-cristallins, bleuâtres,

renfermant de nombreuses veines de chaux spathique, transformés parfois en roches saccharoïdes ferrifères, d'autres fois en marbres griottes verts ou rouges et blancs; ces calcaires sont criblés de petits amas de fer carbonaté, pauvres, qui ont donné lieu à d'anciens travaux dans le voisinage même du gisement du Castet.

Le minerai de fer est un mélange de fer oxydulé magnétique et de fer carbonaté, il est disposé en couches régulières au contact des schistes et calcaires; il est dirigé de l'est à l'ouest avec une inclinaison nord de 35 à 40°, il suit le pendage de la surface de la montagne sur laquelle il repose.

Le minerai apparaît sur une hauteur verticale de 40 mètres, et une longueur en direction de 60 mètres suivant le pendage; il disparaît complètement du côté du sud sous un plateau supérieur creusé dans les schistes du mur; du côté du nord en descendant, il plonge sous les calcaires du toit qui forment le sol où est bâti le village de Rivernert.

En coupe horizontale, le minerai est visible sur une longueur de 150 mètres; du côté de l'est, il disparaît emporté par les eaux et les schistes deviennent visibles; du côté de l'ouest, il plonge sous les calcaires du toit et se prolonge sous ces calcaires à une distance inconnue.

Un ruisseau qui descend du sud vers le nord, coupe le gisement en deux portions presque égales sur lesquelles deux exploitants ont établi leurs chantiers, le ruisseau servant de limite à peu près à chacun d'eux.

Les exploitations commencées vers 1864, consistent en grandes tranchées à ciel ouvert, celle de l'est a atteint 50 mètres de long, 20 mètres de haut et 5 à 6 mètres de profondeur; celle de l'ouest à peu près double en superficie n'a guère que 2^m,50 de profondeur; chacune d'elles occupait en 1866, neuf à dix ouvriers mineurs et autant de manœuvres, et produisait 2.000 tonnes de minerai.

Le minerai formé de fer oxydulé magnétique et fer carbonaté, légèrement pyriteux, est disposé en couches souvent minces, alternant avec des bancs purement schisteux; du côté du toit ou à la surface du sol, les assises peu épaisses, atteignent 0^m,10 à 0^m,15 et chacune d'elles contient encore des lits successifs de minerai et schiste de 0^m,05 à 0^m,06. Le minerai y est plus tendre, de meilleure qualité, son abattage est plus facile; en profondeur, du côté du mur, les bancs de schistes et minerais deviennent plus puissants, atteignent 0^m,50 à 0^m,60; le minerai est dur, moins pur et d'abattage plus coûteux.

A la base de l'affleurement, des fouilles ayant 8 mètres de pro-

fondeur ont été faites toujours en minerai sans rencontrer les schistes de mur; en haut la couche paraît s'amincir en forme de coin et se termine avec une épaisseur de 2 à 3 mètres.

Le minerai est un mélange d'oxyde de fer oxydulé magnétique et du fer carbonaté; son analyse faite au laboratoire de Vicdessos m'a donné le résultat suivant :

Pour 100 grammes.

Soufre.	0,9		0,9
Phosphore.	0,7		0,7
Manganèse.	0,5	} Oxyde de manganèse $MnO =$	0,6
Oxygène combiné au manganèse.	0,1		
Fer de l'oxyde magnétique.	34,3	} Oxyde magnétique $Fe_3O_4 =$	47,7
Oxygène de l'oxyde magnétique.	13,4		
Acide carbonique du fer carbonaté.	16,0	} Fer carbonaté $FeCO_2 =$	41,5
Fer du fer carbonaté.	19,7		
Oxygène du fer carbonaté.	5,8		
Gangue silicate inattaquable.	8,4		
Total.	99,8	Total.	99,8

Ou bien, en mettant en évidence chacun des éléments :

Soufre.	0,9
Phosphore.	0,7
Manganèse.	0,5
Fer.	54,0
Oxygène.	19,3
Acide carbonique.	16,0
Gangue.	8,4
Total.	99,8

La présence du soufre et du phosphore rend ce minerai impropre au travail des forges catalanes; la pyrite de fer y est parfois très-abondante et ne peut être complètement enlevée par un grillage préalable.

A 200 mètres à l'ouest des travaux du Castet, et à un niveau un peu inférieur, sont plusieurs tranchées anciennes exécutées sur de petits amas de fer carbonaté; toute la roche encaissante est ferrifère, pauvre; au voisinage sont de grands tas de scories éparses sur tout le sol de Rivernert.

Des traces de gisement de fer carbonaté s'aperçoivent dans les calcaires dévoniens de la vallée de Rivernert sur un très-grand nombre de points, notamment à Couroumas, Bastardet, Crabiou, Cruille, Arbosi, etc., etc.

Le minerai de fer de Rivernert rend au haut fourneau de 40 à 45

pour 100; sa valeur à la gare de Saint-Girons est d'environ 8 fr. la tonne. Il peut se transporter en charrette par route assez bonne, depuis le carreau de la mine jusqu'à Saint-Girons; ces frais de transport s'élèvent à 2',50; l'extraction coûte de 5 à 4 fr. la tonne.

La hauteur du gisement du minerai de Rivernert au-dessus du niveau de la mer est d'environ 650 mètres.

Un peu à l'ouest du minerai de Castet et dans son prolongement entre les schistes et les calcaires, sont, au hameau de Gargarech, des indices de minerai magnétique analogue à celui de Rivernert.

4° Silurien supérieur.

La formation des calcschistes du terrain silurien supérieur est riche en amas puissants de minerai de fer qui, à des époques anciennes, paraissent avoir été l'objet de travaux d'exploitation plus ou moins importants.

Je les diviserai en deux classes, ceux situés au sud de Saint-Barthélemy et ceux placés sur le versant nord de la même montagne; les premiers sont les suivants :

1° Luzenac et Lassar, affleurements ferrifères avec tradition d'anciens travaux.	6° Sapinière de Larnat, à la fontaine.
2° Pech de Saint-Pierre.	7° Miglos, le Campet, la Houlette.
3° Pech de Gudanes, cinq affleurements.	8° Id. Carbon, Camillos,
4° Larcet, quatorze à quinze affleurements.	9° Gesties, les Cruzilles,
5° Col de Larcet à Larnat, deux affleurements.	10° Bouischet de Lercoul, } idem.
	11° Lescouil de Rancié,
	12° Le Pinet, Nagot,

Mine de Châteauverdun, concédée en 1841. — Au méridien de Châteauverdun passe une bande régulière et assez continue de calcschistes anciens de 500 à 600 mètres de puissance, depuis le roc de Saint-Pierre à l'est et au-dessus des Cabannes, jusqu'à la mine du Camp, vallée de Miglos; ces calcaires enclavés au sud et au nord dans les schistes ardoisiers siluriens, suivent une ligne non interrompue, par Saint-Pierre, les Cabannes, le Pech de Gudanes, Larcet, Larnat et le fond de la vallée de Miglos; au milieu de ces calcaires sont une série d'amas de minerais de fer, plus ou moins importants, sur lesquels ont eu lieu des travaux anciens très-considérables, dont les principaux sont ceux compris dans la concession de Châteauverdun.

Ces derniers sont divisés par la rivière d'Aston en deux groupes principaux, celui du Pech sur la rive droite et celui de Larcat sur la rive gauche.

1° *Groupe du Pech.* — Ces mines sont inaccessibles, leur entrée est obstruée par des éboulis; les principales, dont on peut voir les traces, sont :

1° Celle *del Tribou*, qui descend et s'enfonce sous le parc de Gudanes;

2° Celle de *Madame*;

3° Celle du *Plot*;

4° Celle du *Camp*, qui s'enfonce sous la forge de Chateaueverdun et sous le vieux château de Laidres. Il y a, en outre, un nombre considérable de traces d'exploitations anciennes.

Diectric (pages 157-165) dit que le président de Lahage, n'a trouvé en prenant possession du marquisat de Gudanes, aucun renseignement historique sur l'exploitation de ses mines.

Il croit leur exploitation antérieure à celles de Rancié, car ces dernières étaient alors régies par des réglemens empruntés aux mines de Chateaueverdun.

Lors de sa visite, en 1786, le minier du Camp était noyé et encombré. D'après une notice sur les mines du Pech, extraite de titres qui étaient entre les mains du président de Lahage, on exploitait en 1692 le minier de Madame et de la Guinette. Les eaux, épuisées par six pompes à bras, se rendaient à la Guinette, où étaient deux roues mises en mouvement par la rivière d'Aston.

En 1705, 1715 et 1720, M. de Gudanes passa des polices avec le sieur Goujon pour la construction d'une galerie d'écoulement; ces mines furent abandonnées en 1725.

Les travaux des anciens ont dû pénétrer à une grande profondeur au-dessous de la rivière d'Aston.

En suivant l'affleurement du Pech vers l'est, on trouve un assez grand nombre de placages de minerai de fer, sur lesquels, à diverses reprises, des tentatives de fouilles infructueuses ont été faites; on en voit des traces sur le versant qui fait face à Albies.

Au delà de l'Ariège, la montagne de Saint-Pierre, située à 5 kilomètres au sud-est des Cabannes, renferme quelques placages de fer spéculaire et micacé dont parle Diectric. Mais la qualité en est viciée par la présence de la pyrite de cuivre.

II. *Groupe de Larcat.* — La montagne de Larcat, située sur la berge gauche de la rivière d'Aston, renferme un grand nombre d'exploitations anciennes.

Elles couvrent tout le versant, depuis la base jusqu'à deux tiers

de la hauteur. Le village de Larcat est situé environ au tiers de la montagne. Vers la base, on ne voit que des traces récentes de recherches faites près du roc de Carul dans des calcaires ferrifères.

Les points qui paraissent avoir été les plus exploités sont aux environs et surtout au-dessus et à l'est du village de Larcat. La montagne y est sillonnée dans tous les sens par les excavations des anciens miniers; de toutes parts, on remarque des déblais de calcaires ferrifères et de nombreuses dépressions du sol résultant des éboulements et remplissages des vides anciens.

Si on explore la montagne de Larcat, à partir de la chapelle de Saint-Barthélemy, on trouve au pied de cette chapelle un plateau dit plan de Las Tours, où affleure une masse de calcaire rouge et spathique de plus de 50 mètres de large; à la surface apparaissent de petits filets de minerais qui ont été l'objet de quelques travaux superficiels à une date assez récente, il y a quinze ou vingt ans; on reconnaît également des traces de travaux plus anciens; les fouilles irrégulières et peu continues ne paraissent pas avoir dépassé une dizaine de mètres, le minerai s'épuise rapidement en profondeur.

Un peu plus bas, au quartier de la Bouche, est une tranchée profonde dirigée nord-sud suivie d'une descenderie raide et irrégulière en divers sens, où on a travaillé il y a douze ou quinze ans; cette tranchée est creusée dans un affleurement de roches rouges et spathiques qui se rapproche vers Larcat, de la lisière nord de la bande calcaire et paraît perpendiculaire à la direction générale des principaux filons. A l'entrée, le minerai avait 1 mètre, il s'est perdu en profondeur et aux avancées, soit vers le sud, soit vers le nord, et a été remplacé par des terres grasses et des argiles bleuâtres stériles.

A 50 mètres en-dessous sont les anciennes mines de Piourgas, abandonnées depuis quatre-vingts ans; elles présentent un grand trou aplati, affleurant à la surface, de 10 mètres de long, 3 à 4 mètres de large et autant de profondeur; le toit est une roche rouge saccharoïde spathique; au front et sur la droite est, dit-on, une galerie éboulée d'une cinquantaine de mètres qui va rejoindre un ancien trou situé plus à droite.

A 20 mètres au nord-est est un second vide analogue communiquant avec le précédent. Tout le plateau de Piourgas paraît rempli de trous en partie comblés, annonçant une ancienne exploitation très-active.

A peu de distance est, à un niveau inférieur d'environ 50 mètres, l'ouverture d'une ancienne mine dite le Gros-Minier ou minier de Bernadac précédée d'une tranchée ou place de mine.

L'affleurement des roches rouges, très-puissant à Piourgas, où il avait une épaisseur variable de 50 à 60 mètres, paraît se rétrécir en-dessous du gros minier, où il n'a guère que 4 à 5 mètres à son entrée. A Piourgas, le plongement de l'amas était de 55 à 40° nord; au gros minier, il est au sud de 45 à 60°; le travail se compose d'une petite descenderie suivie d'un grand trou, formé de trois vides successifs allant par-dessous le Piourgas; sur ces trois vides, le premier a de 2 à 3 mètres de haut, et les deux autres près de 10 mètres; la largeur de chacun est de 10 à 15 mètres; ils sont séparés par des étranglements de roches rouges et ont une longueur totale de 120 mètres; les fronts sont en roche rouge et fer micacé, les éboulis sont au sol. Au-dessous, l'affleurement de roche rouge, se bifurque en deux branches qui ne tardent pas à devenir très-puissantes; celle de gauche, où on remarque quelques trous superficiels, disparaît bientôt; celle de droite ou septentrionale, descend en s'élargissant jusqu'à prendre plus de 100 mètres de large et présente un peu plus bas, à environ 50 mètres au-dessus de Larcac, les vieux miniers du quartier de Clausels.

Ces anciens miniers se rapportent à une époque très-reculée, dont la tradition n'a conservé presque aucun souvenir. L'ensemble est en forme de grand plateau légèrement incliné, recoupé de vastes dépressions au milieu desquelles surgissent des rocs de calcaire ferrifère; elles ont été produites vraisemblablement par des travaux souterrains écrasés et leur étendue paraît démontrer que ces travaux étaient distribués sur près de 100 mètres de large et une longueur à peu près égale. Vers le haut de cette région sont les deux anciens puits dits de la Barraque et du Ferrier, de profondeur inconnue; vers le bas sont deux à trois vides qui portent le nom de Clausels; l'un à 20 mètres de long est encore accessible, les éboulis sont au front et au sol; la largeur est de 1^m,20 égale à celui du filon exploité, qui paraissait plonger sud de 55°. A 5 ou 6 mètres plus bas est une autre excavation de 3 mètres de long sur 2 à 3 mètres de large avec éboulis au front et au sol. Dans le voisinage immédiat et un peu plus au nord, est un autre grand vide inaccessible. Dans toute cette région au milieu des roches ferrifères apparaissent encore quelques petits affleurements de minerai de 0^m,20 à 0^m,40 parfois noirs et riches en manganèse.

A 40 mètres plus bas et à peu près au niveau du village de Larcac est le ravin de la coume d'Yoms qui se détache du gros affleurement des Clausels, pour monter un peu du côté du nord suivant la direction sud-nord, perpendiculaire aux ciments principaux. Ce ravin présente de grands effondrements inaccessibles sur 10 à

15 mètres de large et près de 50 mètres de long, qui révèlent des travaux anciens très-considérables sur un filon transverse des couches. Plus bas le gros affleurement de roches ferrifères des Clausels et de la coume d'Yoms, paraît se rétrécir et se réduire à 30 ou 40 mètres sur le chemin horizontal qui conduit de Larcac à Aulos.

A quelques mètres en aval, à la base du gros affleurement ferrifère, vers 40 mètres au nord-est du petit hameau de la Gardelle, est dans les champs cultivés l'entrée actuellement inaccessible du minier de la Gardelle, qui aurait été d'après la tradition et d'après les excavations superficielles, un des plus abondants en minerai, et le dernier abandonné par les anciens exploitants. Les anciens mineurs du pays s'accordent à dire qu'il contient encore des massifs inexploités.

Vers 1858 ont été ouvertes deux galeries placées à peu près au même niveau; dans l'une on a rencontré du minerai en place, d'assez bonne qualité, et des éboulis d'anciens travaux au milieu desquels se trouvent quelques blocs de minerai; l'autre est une vieille galerie qui avait été remblayée par les anciens mineurs et que l'on suppose avoir servi de galerie d'extraction; elle est entièrement comprise entre des gros blocs de calcaire.

Un peu plus bas est l'entrée de l'ancien minier du camp de Larcac analogue à la Gardelle.

En dessous du village de Larcac, sont les quartiers de Tonnai, des Vignes et de la Costesec, où on remarque quatorze anciens miniers perdus sous les terres cultivées.

La mine de Tonnai présente des vides parfaitement conservés à cause de la solidité des roches encaissantes, et on y distingue deux étages de travaux; le plus haut est un grand trou dirigé est-ouest, irrégulier de 20 à 25 mètres de long sur 10 à 15 mètres de large, et 4 à 5 mètres de haut; l'amas plongeait au nord; le minerai paraît avoir été complètement enlevé, le front stérile est en roche rouge, les éboulis sont au sol et cachent l'étage inférieur. Les affleurements spathiques et rouges ferrifères sont à ce niveau très-irréguliers et beaucoup moins puissants qu'au-dessus du village de Larcac; la bande calcaire elle-même, qui renferme tous ces amas minéraux se réduit; tandis qu'elle avait au niveau des Clausels près de 600 mètres de large, elle n'a guère à Tonnai que 200 mètres et plus bas à la rivière d'Aston, à peine 150 mètres.

La mine de Tonnai, quoique placée à une grande hauteur au-dessus du fond du vallon de Larcac, passe pour la plus inférieure de celles qui ont été autrefois exploitées. Il existe pourtant des

traces de minerai sur quelques autres points, où la bande métallifère est traversée par le chemin de Larcat à Châteauverdu au roc de Carul.

La mine du Pech est située dans le voisinage immédiat de la route impériale de Foix à Aix, à 26 kilomètres de la gare de Foix.

Les anciens miniers les plus bas de Larcat, sont à environ 150 mètres au-dessus de cette route, les plus hauts à 450 mètres; pour amener leur minerai à la route, il serait nécessaire de les transporter à dos de mulets ou d'établir un chemin charrettable ou toute autre voie économique de transport.

Miglos. — Les calcschistes de Miglos contiennent comme à Château-Verdu des amas ferrifères sur lesquels on voit des traces de très-anciens travaux réouverts un instant vers 1835.

Au Campet, les gisements d'hématite sont dirigés comme les couches S. 46° O.; un percement de 70 mètres y fut exécuté en recoupe des couches calcaires et gites ferrifères; à la distance de 60 mètres, on rencontra des traces d'une ancienne exploitation; les travaux furent abandonnés avant d'avoir atteint l'aplomb des grands effondrements de la surface qui, situés à une centaine de mètres plus à l'est, attestent l'importance des anciennes fouilles.

A Montagut dans le voisinage on mit à nu un petit amas de minerai noir légèrement pyriteux.

Au Carbon, à la lisière extrême sud de l'amas calcaire, on reconnut un puits incliné ancien sur un amas de fer hydroxydé pauvre de 1 mètre de puissance.

Dans l'amas calcaire de la Houlette et Camillos, sont des traces d'anciens travaux inaccessibles sur lesquels aucune fouille récente n'a été essayée.

« Les minerais de fer du canton de Vicdessos ont été décrits dans un mémoire spécial déjà publié dans les *Annales des mines.* »

Montferrier et Montségur. — Dans la montagne qui s'élève au sud de Montferrier et aux deux tiers de sa hauteur, est la mine dite du bon minier, où on a mis à découvert vers 1808, par un travail en recherche de peu d'étendue, un filon de minerai de fer dont la direction générale paraît être du nord-ouest au sud-est, et l'inclinaison vers le nord-est de 70°.

La gangue du filon est une chaux carbonatée pure, concrétionnée, espèce de tuf cellulaire et une chaux carbonatée blanche, lamellaire. La puissance du filon est de 2 à 5 mètres, le minerai à l'état de fer oxydé noir, concrétionné (vulgairement hématite), ou à l'état terreux de couleur jaunâtre ou rougeâtre, s'y trouve en masses indistinctes qui sont comme noyées dans la gangue

calcaire; les dépressions plus ou moins considérables que l'on remarque à la surface du terrain, dans la direction de la tranchée du filon, indiquent que ce gîte de minerai a été jadis en état d'exploitation; on trouve aux environs des scories provenant d'anciennes forges à bras.

En traversant la montagne dont les pentes sont très-rapides et assez bien boisées, et descendant de 100 mètres sur le revers oriental qui prend le nom de la Ramaillière, on voit l'ouverture et les traces d'une excavation qui est aujourd'hui encombrée; elle a eu pour objet l'exploitation ou la recherche d'un filon de mine de fer hématite.

Sur le même revers et à 1.000 mètres environ vers le sud de la mine précédente, est celle à laquelle on a donné le nom de Combe extraite; on y a pratiqué une excavation peu profonde annonçant un minerai analogue à celui du bon minier.

De cette dernière mine on a extrait du minerai qui a été essayé autrefois avec succès à la forge de Bélesta.

Les mines de Montferrier sont situées de 900 à 1.000 mètres au-dessus du niveau de la mer et 250 à 350 mètres au-dessus du village de Montferrier.

5° Dévonien.

Le minerai de fer existe dans les calcaires dévoniens tantôt à l'état d'oligiste, tantôt à l'état de fer carbonate ou fer hydroxydé; dans ce dernier cas, il donne des mines importantes.

A l'état d'oligiste, il se rencontre à

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1° Montségur, au pied du château, | 3° Montegagne de Sérour, |
| 2° Montferrier, au hameau de Peyrot, | |

en nids et veinules sans importance.

Minières d'Alzein. — Le calcaire dévonien du plateau d'Alzein présente à son centre un axe horizontal dirigé sensiblement de l'est à l'ouest; de chaque côté de cet axe les couches se relèvent lentement pour prendre du côté du sud et du nord deux pendages opposés dont l'inclinaison maximum ne dépasse pas 50 à 55°; ce plissement n'a pas pu être effectué sans produire perpendiculairement à sa direction générale du sud vers le nord, un certain nombre de fentes plus ou moins ouvertes, plus ou moins profondes et fort nombreuses; dans ces fentes sont des amas assez puissants de minerai formé de fer hydroxydé rouge, brun et par exception d'hématite brune, de fer carbonaté bien conservé ou transformé

en fer oxydé rouge, compacte ou affectant la cristallisation rhomboédrique.

Le gisement est un minerai de transport, déposé dans les fentes verticales du calcaire qui forme au milieu des terres des axes d'enrichissements verticaux, continus en directions sur parfois plus de 100 mètres du sud vers le nord; la puissance très-variable de ces axes est parfois comprise entre 1 et 3 mètres.

En marchant de l'est à l'ouest par le chemin qui conduit de Serres à Alzein, on trouve dans l'ordre suivant les travaux de recherches et exploitations qui datent de 1865.

1° *Montredon*. — Ces travaux sont situés sur la pente méridionale du coteau sur lequel repose Montredon, et un peu à l'ouest du ruisseau de ce nom.

En ce point, est un puissant axe d'enrichissement de minerai, dirigé exactement du sud au nord, qui gravit le coteau de Montredon depuis sa base jusqu'à son sommet, et passe même un peu de l'autre côté sur son versant septentrional. L'affleurement est visible sur près de 200 mètres d'étendue, et une hauteur verticale de 50 mètres; la fente remplie de terres et minerai a une largeur variable de 50 à 50 mètres; le minerai est disposé à peu près au centre en axe allongé de 1 à 4 mètres de puissance; sa dissémination au milieu des terres est des plus capricieuses; tantôt il est compacte presque pur, tantôt il contient plus de la moitié de son poids de terres, souvent encore s'appauvrit, se réduit à quelques blocs épars qui ne peuvent être utilisés qu'après lavage.

Les premiers travaux exécutés vers 1862 en ce point consistent en tranchées suivies de galeries et descenderies plus ou moins profondes et irrégulières éboulées depuis longtemps; le mélange terre et minerai était assez bon et pouvait rendre moitié de son poids de matière utile.

Sur le même axe, au sommet du coteau, ont été tentées des tranchées et galeries de plus de 50 mètres où le minerai un peu pyriteux était mélangé de terres stériles.

L'exploitation par galeries fut bientôt abandonnée comme trop coûteuse et remplacée par des tranchées superficielles et abattages à ciel ouvert; toute la moitié inférieure de l'affleurement fut attaquée de cette façon par vastes excavations, atteignant parfois 20 mètres d'ouverture, 10 mètres de hauteur et 5 à 6 mètres de largeur; le minerai superficiel fut enlevé; arrivé à une certaine profondeur, le soutènement des parois de la tranchée devenait presque impossible, et les chantiers étaient dangereux; ce système d'exploitation fut de nouveau modifié; on pénétra dans l'axe du mi-

nerai par petits puits verticaux de 0^m,80 à 1 mètre de diamètre; au point où ces puits rencontraient des amas de minerai, étaient tracés des étages horizontaux d'exploitation qui s'avançaient plus ou moins loin suivant la richesse du minerai rencontré et la plus ou moins grande difficulté qu'on avait à soutenir les terres; on enlevait ainsi tout le minerai situé dans un rayon de 15 à 20 mètres pour aller ensuite fouiller par un puits de même nature les régions immédiatement voisines; les puits étaient soutenus par des rouets de branchages, suivant la méthode du Berry; l'extraction se faisait par chevalet et treuil; cinq ou six puits de 15 à 20 mètres de profondeur furent foncés en 1866.

Cette méthode d'exploitation donna de suite d'assez bons résultats, mais on s'aperçut bientôt qu'avec le minerai, on tirait des terres pauvres en très-grande quantité, dont un lavage pouvait extraire le minerai vendable; on installa alors sur les lieux deux trommels ordinaires, cylindres laveurs, qui aidés par un petit courant d'eau firent trois catégories, minerai gros d'excellente qualité, minerai menu vendable, terres stériles rejetées aux anciens travaux; dès lors le travail d'exploitation se réduisit à quelques puits peu profonds et surtout des tranchées superficielles sur les principaux affleurements; le mélange de minerai et terres même très-pauvres donna au lavage d'excellents résultats économiques; le coût de l'extraction, y compris le lavage de la tonne de minerai, fut réduit à 4,50 ou 5 francs, tandis qu'auparavant, par les anciennes méthodes, il atteignait 7 et 8 francs.

Le plateau d'Alzein possède des régions très-considérables, où des affleurements de mélange terres et minerai pourraient par lavage donner de bons résultats.

Un peu à l'est de ce grand axe d'enrichissement de Montredon est une seconde fente dans les calcaires, parallèle, pouvant avoir 10 à 15 mètres de large et 50 à 40 mètres d'étendue du nord au sud; elle est remplie de terres et beau minerai concentré en axe très-pur de puissance variable de 1^m,50 à 3 mètres; sur cet affleurement ont été exécutées des tranchées irrégulières.

Le minerai de Montredon est principalement formé de fer hydroxydé compacte, il est parfois géodique et cristallin, mais dans ce cas il est toujours un peu quartzéux; il contient assez fréquemment du fer oxydé rouge, provenant de carbonate décomposé, les parties superficielles sont parfois un peu pyriteuses; en profondeur le minerai paraît d'excellente qualité; il est généralement manganésifère; sur ses délits, le manganèse argente est fréquem-

ment visible en taches soyeuses; le rendement moyen au haut fourneau est de 45 à 47 p. 100.

2° *Salvagat*. — En continuant de monter à partir du gisement de Montredon, le chemin qui conduit au hameau de Villadac, on trouve au quartier de Salvaget, à peu de distance à droite de la route, des travaux par galeries faits en 1862; en ce point est une fente dans le calcaire de 15 à 20 mètres de long, dirigée O. 70° N.; elle est remplie de terres, le minerai est peu abondant et n'est exploitable que par lavage.

Au-dessus de cette région et du côté de l'ouest, sont d'assez beaux affleurements sur lesquels en 1866, on a fait une tranchée assez profonde et un puits; à une faible profondeur, le minerai s'est appauvri et n'était plus exploitable que par lavage.

3° *Guilhemole*. — Si de Salvaget on revient sur ses pas vers l'ouest, sous Guilhemole et en face des travaux de Montredon, on voit de vastes tranchées où, en 1866 et 1867, on a appliqué en grand le système d'exploitation par larges excavations superficielles et lavage général de tous les produits, terres et minerais.

L'affleurement terreux en ce point, a plus de 40 mètres de large et 100 mètres en direction du nord au sud; vers la partie supérieure a été creusé un petit puits de 10 mètres pour obtenir l'eau nécessaire au lavage; au fond le minerai était directement exploitable, toute la partie inférieure située près du ravin peut être fouillée à une très-grande profondeur, et partout le mélange, terres et minerai, peut donner par lavage un produit vendable; un seul cylindre laveur occupant quatre ouvriers donnait de 6 à 7 tonnes de minerai par jour dans d'excellentes conditions économiques.

4° *Plateau de Balansa*. — On désigne sous le nom de plateau de Balansa toute la surface plane comprise dans le triangle formé par le chemin de Salvaget à Villadac limite sud, le chemin de Salvaget à Balansa et la chapelle de Baoux limite nord et est et le chemin de Villadac au Baoux, passant par l'oratoire, limite ouest.

Tout ce plateau paraît être l'ouverture d'une grande fente traversant les calcaires du nord au sud, remplie de terres et minerai; dans tous les champs, le travail de la charrue ramène à la surface du terrain des débris de minerai qui couvrent le sol. Quelques puits ont été tentés au milieu du plateau; le mélange trouvé était trop pauvre pour être exploité directement; un lavage serait nécessaire.

À l'extrémité nord du plateau et quelques mètres à l'ouest de la ferme de Balansa, a été tenté en 1862 un petit travail par descenteries et galeries irrégulières, dirigées du sud vers le nord et s'ap-

puvant contre la paroi calcaire orientale de la fente. Ces galeries furent bientôt inondées et abandonnées.

5° *Ancien minier*. — En descendant de Balansa sur le bord du chemin d'Alzein à Labastide de Sérou, on trouve à une faible distance au-dessous du plateau les travaux dits de l'ancien minier où sont des traces de recherches très-anciennes.

L'amas est concordant avec les couches; il est très-limité en direction; sa profondeur est inconnue.

Les travaux se composent d'une grande tranchée fort ancienne suivant la direction du gîte de 15 à 20 mètres de long, 5 à 6 mètres de large et autant de profondeur; du fond de cette tranchée part une descenderie qui pénètre irrégulièrement dans le gîte en jetant des rameaux à droite et à gauche pour des reconnaissances, soit en direction, soit en recoupe; cette descenderie a traversé tout d'abord des anciens éboulis, puis du minerai intact, d'abord peu puissant de 1 mètre à 1^m,50, dont l'épaisseur a été en augmentant jusqu'à atteindre 10 et 12 mètres à une profondeur de 15 mètres; sa longueur en direction maximum ne dépassait pas 20 mètres; ces travaux, commencés vers 1862, furent bientôt inondés et abandonnés. Sur la pente septentrionale du poteau, très-rapide en ce point, avait été commencée une galerie d'écoulement, qui a été abandonnée avant d'atteindre le gîte.

Immédiatement au toit de ce travail est un petit amas assez régulier de 1 mètre à 1^m,50 de puissance, 15 à 20 mètres en direction et 5 à 6 mètres de profondeur; il a été complètement dépilé.

Le minerai de l'ancien minier est formé de fer oxydé compacte très-peu hydraté; sa poussière est rouge; sa surface noireâtre; il provient évidemment de la décomposition du fer carbonaté, qui parfois a conservé nettement sa cristallisation rhomboédrique; le minerai paraît exempt de pyrite et de bonne qualité; il rend au haut fourneau de 48 à 49 pour 100.

6° *Divers*. — Dans le plateau d'Alzein, sur un assez grand nombre de points, on trouve de petits amas de minerai hydroxydé remplissant des fentes étroites et irrégulières; la plupart sont inexploitable; on peut en constater plusieurs au nord-est de Montredon, vers le contact des calcaires et des schistes de Montcoustant, plusieurs autres aux environs de la chapelle de Baoux et à l'extrémité occidentale du plateau près Peydanès.

Le plateau d'Alzein est situé à environ 700 mètres au-dessus du niveau de la mer et 500 mètres au-dessus de la route départementale de Foix à Saint-Girons.

Au point de vue des transports, le minerai d'Alzein est situé

dans d'assez bonnes conditions; deux chemins charretables conduisent directement des mines à la gare de Foix, l'un par le col del Bouich, l'autre par la vallée de la Barguillière; leur longueur est de 16 à 20 kilomètres; le transport à la gare coûte environ 5^f,00 la tonne.

Dans le courant des années 1866 et 1867, il a été expédié des mines d'Alzein aux usines d'Aubin de 3 500 à 4 000 tonnes de minerai de fer pouvant avoir, en gare de Foix, une valeur moyenne de 11 à 12 francs la tonne.

Encourtiech. — La montagne dévonienne du Garié qui domine Encourtiech du côté du Nord, présente très-fréquemment des amas ferrugineux analogue aux affleurements métallifères de Rancié; ce sont des calcaires à surface rougeâtre contenant de la chaux et fer carbonaté indistinctement mélangés de façon à produire des roches ferrifères pauvres; la cristallisation devient quelquefois plus grenue et la roche passe à un état saccharoïde comme à Rancié, riche en fer carbonaté avec gangue siliceuse; ces amas de calcaire ferrifères spathiques, paraissent énormes, leur lavage naturel par les eaux et le dépôt des produits lavés dans les fentes naturelles du sol produites par le plissements des couches, a donné lieu à plusieurs petits gisements alignés O. 10° à 20° N. pareillement à l'axe général du soulèvement du Garié.

Des amas de même nature se rencontrent dans tous les calcaires de la rive droite du Nert, depuis Encourtiech jusqu'au Cabesses.

Vers 1866 furent commencées quelques recherches sur de petits affleurements de minerai de fer situés vers l'extrémité orientale du Garié; le filon tout d'abord très-mince était orienté O. 20° N., avec plongement nord de 55° en sens inverse des couches calcaires de la montagne, le minerai avait à peine 0^m,20 d'épaisseur; en profondeur, il augmenta rapidement de puissance, ne tarda pas à avoir 1 mètre; il paraît s'accroître régulièrement en descendant.

Les travaux consistent en plusieurs tranchées superficielles annonçant la continuité du gîte sur plusieurs centaines de mètres, toujours très-irrégulier et pauvre à la surface.

Le minerai est formé de fer carbonaté largement cristallin, manganésifère, à gangue de chaux spathique; le fer carbonaté est parfois blond et pur, mais le plus souvent il est plus ou moins décomposé, brun, noirâtre et parfois même complètement transformé en fer oxydé à poussière rouge; il paraît pouvoir rendre de 30 à 45 p. 100 de fer; la qualité en est bonne, mais il est pauvre.

6° Trias.

Minerai de fer du grès bigarré. — Entre Foix et Saint-Girons, sur la gauche de la route, le grès bigarré s'étend en bande mince et continue riche en minéraux, tels que cuivre gris, cuivre carbonaté bleu et vert, baryte sulfatée, manganèse et surtout fer oligiste cristallin. Ce dernier forme des amas en couches, parfois considérables.

I. *Le Cazal.* — Dans le voisinage du hameau de Cazal, commune de Montels, le grès bigarré contient plusieurs affleurements de fer oligiste rouge, sur lesquels aucune recherche n'a été encore commencée.

II. *Les Icards.* — Aux Icards, est une mine de manganèse exploitée depuis plusieurs années; au mur et du côté de l'est sur le versant du coteau manganésifère qui fait face au Cazal, on voit enclavés dans les grès et poudingues, une série de petits amas en chapelets, d'oligiste rouge cristallin; leur direction générale est E.-O., leur pendage de 50 à 55° au nord, ces amas très-irréguliers atteignent rarement plus de 5 ou 4 mètres en direction, et 1 mètre de puissance; ils sont concordants avec les couches de grès encaissantes et se poursuivent sur une longueur d'environ 100 mètres.

A 500 mètres plus à l'ouest sur la rive gauche du ruisseau qui descend aux Icards est un bel affleurement de minerai de fer oligiste, les grès paraissent plissés et contournés dirigés O. 40° S., avec plongement nord de 45 à 50°; le minerai est disposé en amas discontinus de 12 à 15 mètres de long atteignant parfois une puissance de 1^m,50, il est fréquemment mélangé de grès rougeâtre et argile; dans l'intérieur de morceaux cassés, triés avec soin, il n'est pas rare de trouver des cavités ovoïdales, remplies de terres rougeâtres, qui trompent sur la véritable teneur; il contient, en outre, de la baryte sulfatée disséminée en petits cristaux dans toute la masse dont le poids s'élève assez fréquemment à 2 et 3 p. 100; des tranchées assez considérables ont labouré le gîte.

III. *Les Andreaux.* — Plus à l'ouest entre le ruisseau des Icards et le ravin des Andreaux, en face de la métairie de ce nom, est un affleurement de fer oligiste sur lequel a été exécutée une petite galerie à travers bancs de 5 à 6 mètres qui a recoupé 1 mètre de minerai toujours baryteux; la baryte paraît mélangée moins intimement que dans le chantier précédent, et pourrait peut-être être séparée par cassage et triage à la main.

A partir de là vers l'ouest, l'affleurement est presque continu

sur les deux bords du ravin des Andreaux; il se compose d'amas irréguliers en chapelets, ayant parfois 1 mètre de puissance; ces amas sont rarement purs, toujours mélangés de grès et poudingues ferrugineux; la baryte les accompagne quoique moins abondante.

IV. *Bargnac*. — Au delà du côté de Bargnac sur les bords de l'Arize, les gîtes de minerai de fer deviennent plus irréguliers, moins continus et simplement superficiels; ils sont dirigés O. 15° S. avec plongement nord de 50°. leur puissance maximum est de 0^m,80.

V. *Nescus et Guinou*. — En face de Bargnac sur la rive gauche de l'Arize, les grès bigarrés contiennent également des indices d'oligiste rouge.

Plus à l'ouest au sud de la métairie de Guinou sur le sentier de montagne qui conduit de Labastide de Sérout à Nescus, on trouve de très-beaux affleurements de même minerai un peu baryteux; sa composition d'après M. François est la suivante :

Perte en feu.	1,20	— densité = 4,27
Peroxyde de fer.	37,00	
Gangue de quartz.	11,70	
	99,90	
Richesse en fer p. 100.	60,29	

VI. *Micou*. — En remontant la vallée de Tournay à partir de Castelnaud-Durban, on recoupe des assises de grès bigarrés, au pied du hameau de Micou; ces grès en ce point prennent un très-grand développement, et présentent sur chacune des rives de la rivière de nombreux affleurements de fer oligiste rouge.

Sur le versant droit de la vallée et au niveau du chemin de Tournay, une petite recherche a été essayée en 1866; le minerai assez régulier peut avoir 0^m,80 d'épaisseur, il est cristallin, de belle qualité, légèrement mélangé de grès, il contient peu de baryte, à peine 1/2 p. 100.

VII. *Micassou, Rimont, etc., etc.* — Si on poursuit la bande de grès bigarrés, du côté de l'ouest vers Saint-Girons, on la trouve fréquemment tachée d'indices de minerais de fer oligiste et notamment à :

- Micassou, près de la nouvelle rectification de la côte de Rimont;
- Aux hameaux des Grioux et la Bartolle, commune de Rimont;
- A ceux de Carbourat et Navarrot, commune de Lescure et Saint-Girons;

Tous ces gisements de fer oligiste sont situés dans le voisinage

immédiat de la grande route impériale de Foix à Saint-Girons; ils peuvent être transportés directement en charrettes aux gares de Foix à Saint-Girons.

7° *Roches ophitiques.*

Les ophites renferment sur plusieurs points des gisements de minerai de fer à l'état de fer magnétique, d'oligiste et même de fer hydroxydé. On en trouve entre les massifs de roches primitives :

1° A Rabat, la Garrigue, oligiste et magnétique, en nids irréguliers pauvres.

2° Bernadouze et l'Escourgeat, près Vicdessos, oligiste.

Au nord des formations granitiques, ces gisements sont plus abondants, ils présentent des affleurements aux points suivants :

- | | |
|---|--|
| 1° Fantet de Gabachou près Freycinet, oligiste. | 6° Couloumé près Rimont, magnétique. |
| 2° Le Sourd près Freycinet, oligiste. | 7° Rimont, route de Lescure, magnétique. |
| 3° Roc d'Alzein, magnétique. | 8° Bordes vieilles de Tourignan, magnétique. |
| 4° Mazères près Labastide de Sérout, hydroxydé. | 9° Les Roquilles de Mercenac, magnétique. |
| 5° La Beuze près Sérout, hydroxydé. | |

Rabat. — Le minerai de fer de Rabat, situé au quartier de la Garrigue sur le chemin de Genat, est en forme d'amas allongé de l'est à l'ouest, et en relation avec un petit massif ophitique enclavé dans les marnes supraliasiques vers leur contact immédiat avec les assises supérieures du calcaire à dicérates. L'amas minéral sépare l'ophite du calcaire, est orienté O. 20° N., avec plongement sud de 50°; son affleurement visible sur 50 à 60 mètres avec une épaisseur variable de 4 à 5 mètres est composé de bancs irréguliers en richesse d'oligiste rouge compacte ou cristallin vers le toit et de fer oxydulé magnétique au mur, disposés en couches stratifiées et entremêlées d'assises ophitiques pauvres. Il a été reconnu sur 25 à 50 mètres de profondeur; l'oligiste rouge dominant au toit est assez pur, peu pyriteux et a donné d'assez bons résultats dans divers essais faits aux forges catalanes du pays; d'après M. François il rend 58,6 p. 100 de fer à l'analyse; du côté du mur, le minerai est noir, magnétique, siliceux et sableux, il contient des pyrites visibles, qui parfois s'élèvent de 0,5 à 1,8 p. 100, et le rendent impropre au travail des feux catalans.

(ancien W)

Vers 1834 des recherches exécutées par quelques habitants de Rabat conduisirent à des excavations dans lesquelles on reconnut une ancienne exploitation, conduite irrégulièrement par piliers et galeries. En quelques jours plus de 2.000 quintaux de minerai furent extraits et livrés aux forges voisines; abandonnés à des hommes ignorants, ces anciens travaux furent bientôt détruits, les piliers furent sapés par la base, le toit du gîte s'écroula et l'ensemble prit l'apparence d'une tranchée abandonnée. Au fond de cette tranchée on remarquait deux descenderies tortueuses suivant l'inclinaison du gîte, l'une d'elles était obstruée par des éboulis récents, l'autre descendait à un étage inférieur d'exploitation avant le dernier éboulement.

Cette désastreuse exploitation sans guide continua encore plusieurs années jusqu'à 1838.

Un peu plus tard vers 1839, une compagnie nouvelle entreprit à 15 ou 20 mètres en dessous des anciens affleurements, une galerie de recherches à travers bancs; cette recoupe traversa 28 mètres de roches ophitiques, formant le mur du gîte, 5 à 6 mètres de mélange d'ophite et minerai dont la moitié paraît être exploitable. Au front fut ouverte une descenderie de 10 mètres, suivant la masse minérale; cette dernière était toujours formée de minerai noir au mur et d'oligiste rouge au toit, elle paraissait moins pyriteuse et de meilleure qualité.

De 1850 à 1854, ces derniers travaux furent de nouveau repris, la descenderie fut allongée d'une vingtaine de mètres, au fond quelques dépilages de 2 à 5 mètres de haut et autant de large furent commencés.

En outre, sur l'affleurement et à une vingtaine de mètres des anciens travaux, fut commencée une tranchée à travers bancs du nord au sud, de 6 mètres de long, qui mit à nu 4 mètres de minerai noir au mur, rouge au toit; sur l'affleurement trois descenderies, suivant le pendage, ont été faites, elles sont distantes de 3 à 4 mètres les unes des autres; celle de l'est peut avoir 10 mètres de profondeur, celle du centre 20 à 22 mètres et celle de l'ouest 4 à 5 mètres; au fond l'oligiste domine.

La hauteur de la mine de Rabat au-dessus du niveau de la mer est de 900 mètres; elle est de 500 mètres au-dessus de Rabat. Pour amener le minerai à la gare de Foix, il faut le descendre à dos de mulets jusqu'à Rabat, trajet qui exige une demi-heure, et de là le conduire à Foix par route charrettable, pendant un parcours de 20 kilomètres. L'établissement d'une voie économique

de transport entre le carreau et la mine de Rabat, serait assez facile.

Le Sourd. — Le minerai du Sourd près Celles, paraît en relation avec des roches ophitiques; il est accompagné d'un minéral jaune, verdâtre, cristallin ressemblant à de l'amphibole.

L'affleurement se compose d'un calcaire rouge saccharoïde, caverneux, de 5 à 6 mètres de large, où le minerai paraît disséminé en filons irréguliers de 0^m,20 à 0^m,50; ce dernier est fréquemment chargé de quartz, il est formé d'oligiste rouge, cristallin à reflets noirâtres et tachant les doigts; il renferme de la barytine.

Sur ce gisement quelques recherches ont eu lieu en 1834; elles consistent en une grande tranchée sur l'affleurement de 12 à 15 mètres de longueur, 5 à 6 mètres de large. Le minerai un peu pyriteux a été essayé à la forge de Celles et a donné un fer cassant.

A l'Est du Sourd, en gravissant le coteau de Freychinet et se dirigeant vers Gabachou, on trouve dans le ravin de Fontet et au-dessus d'Armentières des indices d'oligiste rouge, analogues à celui du Sourd.

Alzein. — A 30 mètres environ à l'Ouest de l'ancien minier d'Alzein, et au même niveau apparaît au milieu des couches calcaires dévoniennes un petit massif ophitique qui a produit dans ces derniers une série d'ondulations remarquables; entre l'ophite, et les couches calcaires, est un affleurement de minerai de fer magnétique ayant quelque analogie avec le minerai de Rivernert; cet affleurement affecte la forme d'un triangle dont la hauteur serait de 2 mètres, et les deux côtés latéraux seraient recouverts par le calcaire dévonien à double pendage; à sa base qui a 2^m,50, le minerai paraît s'enfoncer dans le sous-sol à une profondeur inconnue. Sur la paroi de droite, le minerai est pyriteux et invendable; à gauche il paraît de bonne qualité. Le minerai est dur, sa poussière est noire.

Entre ce gisement et l'ancien minier, sont deux indices de minerai de même nature sur lesquels de petites tentatives de recherches, ont été essayées; le minerai beaucoup moins puissant n'a que 0^m,20 à 0^m,40.

Mazères. — Sur le coteau de Mazères et la Beuze qui domine au Sud-Est le village de Labastide de Sérou, est une formation épaisse et circonscrite de marnes jaunâtres de nature ophitique enclavée entre les marnes irisées du trias et les calcaires liasiques.

Au milieu de ces terres ophitiques apparaissent un très-grand nombre de petits amas irréguliers de minerai de fer et notamment

aux environs des deux métairies de Mazères et la Beuze. Le minéral est formé de fer hydroxydé compacte ou cristallin, hématite brunégodique en rognons de très-belle qualité, hydroxydé, terreux, souvent très-manganésifère; ces amas atteignent rarement plus de 3 à 4 mètres de puissance en toutes dimensions et sont purement superficiels.

Cinq à six tranchées ou puits de quelques mètres, ont été essayés sans succès à l'Est de Mazères, sur le versant de la tour de Loly; le minéral paraissait beau à la surface et a complètement disparu à une faible profondeur; la surface des champs est presque partout recouverte de débris d'hématite; toutes les tentatives faites dans le sous-sol ont été sans résultats.

Rimont. — A droite de la route qui va de Castelnaud à Rimont est une petite butte dite du Couloumé de forme elliptique formée de terres feldspathiques à grains d'amphibole; elle contient en son centre un filon irrégulier de fer magnétique, dirigé O. 40° N. avec plongement variable au Nord-Est de 55 à 60°. Sur les deux versants du mamelon, des recoups ont été faites à divers niveaux pour rejoindre le gisement, consistant en galeries et descendries de 20 à 25 mètres d'étendue; le minéral a 1^m,50 à 1^m,80, mais est mélangé de terre et roches ophitiques; sa direction est O. 40° N. et son plongement de 35° au Nord-Est.

A 250 mètres plus à l'Est, une recherche de même nature a eu lieu sur la prolongation du même filon ou sur un filon parallèle voisin; le minéral, toujours formé de fer oxydulé magnétique enclavé dans les terres ophitiques, est dirigé O 50° à 40° N. avec plongement au Nord-Est de 50°; sa puissance un peu variable a été de 0^m,20 à 0^m,50 et s'est élevée au front de la recherche de 0^m,50. A la surface, quelques labourages superficiels ont fait reconnaître la continuité du gisement sur une cinquantaine de mètres.

Mercenac. — A la lisière orientale du massif ophitique de Borrepaux et Mercenac est en relation avec les ophites un amas de fer oxydulé magnétique.

Dans le voisinage du hameau de Roquilles, on peut reconnaître des traces d'anciens travaux assez considérables qui ont eu pour objet l'exploitation de ce fer magnétique dont les débris couvrent encore la surface du sol, vers 1825, ce minéral a été essayé aux forges de Touille; il était légèrement pyriteux et donnait du fer médiocre.

8° Lias supérieur.

Les mines de Rancié et Lercoul qui sont les plus importantes du

département appartiennent à la formation du calcaire liasique; celles de Lercoul portent les noms suivants:

- | | |
|--------------------------|---------------|
| 1° La Canale de Lercoul. | 3° Bénazet. |
| 2° Usclade. | 4° Ranchette. |

Et celles de Rancié ceux de :

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1° La More de Rancié. | 7° La Graillière. |
| 2° Saint-Louis. | 8° Sainte-Barbe. ✓ |
| 3° Craugne. | 9° Bellagre. |
| 4° Le Tartié. | 10° Becquey. |
| 5° Le Poutz. | 11° La Piquette. |
| 6° L'Auriette. | |

« La description de ces mines est faite dans un mémoire spécial sur le canton de Vicdessos, déjà publié dans une des précédentes livraisons des *Annales*. »

9° Minerai de fer des marnes supraliasiques.

L'étage des marnes supraliasiques situé au contact des puissantes formations liasiques et du calcaire à dicérates est généralement constitué par une assise assez mince, terreuse, formée d'argile pure et rougeâtre contenant de nombreuses concrétions ferrugineuses en forme de pisolites analogues au minerai de fer en grains de Berry; les pisolites ont la plupart du temps leur noyau vide et sont très-pauvres en fer.

Le diamètre de ces grains varie depuis la grosseur d'un grain de millet jusqu'à celle du poing, plus généralement il atteint celle d'un pois. Le grain est formé à sa surface d'oxyde de fer hydraté, disposé en couches concentriques, l'intérieur est tantôt vide, tantôt rempli d'argile grise ou rougeâtre. Les grains ferrugineux sont disséminés très-irrégulièrement dans un ciment argileux ou ferrugineux, rougeâtre plus ou moins tendre; ce dernier s'effleurit souvent à l'air, tombe en poussière et les grains de fer dégagés de leur gangue, recouvrent en sables noirs la surface du sol.

Les principaux affleurements de minerai en grains, toujours compris dans les marnes supraliasiques, sont en marchant de l'Est à l'Ouest les suivants:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1° Percille. | 11° Le canal du Mas. |
| 2° Pancou de la Touire. | 12° La Quère de Durban. |
| 3° Roquefixade. | 13° Les Baydous. |
| 4° Pech de Foix, les Martinos. | 14° Carrère de Clermont. |
| 5° Pech de Saint-Sauveur. | 15° Capes de Soueix de la Barthe. |
| 6° Coumetorte. | 16° Loubersenac, deux affleurements. |
| 7° Cadarcet, Terrefort. | 17° Touron de Lescure. |
| 8° Coumeloup. | 18° Saint-Jean de Lescure. |
| 9° Unjat et Suzan. | 19° Taurignan. |
| 10° La Freyche d'Aillières. | |

10° *Minerai de fer du calcaire à miolites.*

La formation nummulitique du calcaire à miolites comprend une assise marneuse, qui montre de temps à autre, et notamment dans le bassin de la grotte du Mas-d'Azél, de faibles indices de lignite et de minerai de fer en grains.

Dans cette description des minerais de fer du département de l'Ariège, j'ai eu plusieurs fois recours à l'excellent ouvrage de M. François sur l'industrie métallurgique de cette localité, et aux bonnes notes manuscrites que je tiens de son obligeance.

III. — *Pyrites de fer.*

Les pyrites de fer sont assez nombreuses dans plusieurs des formations géologiques de l'Ariège; elles forment rarement des couches ou amas assez purs et assez considérables pour permettre une exploitation fructueuse; le plus souvent elles imprègnent en mouches ou veinules certains étages dans toute leur masse. Les schistes anciens siluriens et les schistes supraliasiques, sur un très-grand nombre de points, présentent de nombreux indices de pyrites de fer trop disséminées dans la roche pour être utilisées.

Les pyrites deviennent assez souvent cuivreuses en s'imprégnant de cuivre pyriteux; elles sont alors de véritables mines de cuivre décrites dans un mémoire spécial.

I. — *Silurien inférieur.*

Les pyrites de l'étage silurien sont parfois très-développées mais toujours pauvres en soufre; elles se décomposent facilement à l'air en donnant des ocres et de mauvais minerais de fer.

Les principaux affleurements sont ceux de :

- | | |
|---|--|
| 1° Causou, montagne des Barres. | 6° Col de Nédé, d'Antras, vallée de Biros. |
| 2° Norgeat de Miglos. | 7° Espou près Lacour, dans des mica-schistes, filon puissant et régulier de plus d'un mètre d'épaisseur. |
| 3° Moutou de Cadarcet. | |
| 4° Le Fouillet d'Aulus, fond du vallon. | |
| 5° Les Bouatés et le vallon d'Arac de Massat. | |

La plupart sont peu puissants, d'une exploitation presque impossible.

On trouve des pyrites arsenicales à :

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1° Marc, vallée d'Auzat. | 3° Salau, fond de la vallée. |
| 2° Le Pouech d'Aulus. | |

II. — *Marnes supraliasiques.*

Les marnes et schistes supraliasiques des bassins de Saurat et Massat présentent, sur plusieurs points, des bancs minces de pyrites de fer assez pures associées à des schistes plus ou moins charbonneux.

Les principaux affleurements sont ceux de :

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 1° Saurat, col de port. | 4° Agneit. |
| 2° Pont de Massat. | 5° Biert. |
| 3° Les Balmes et Vèrenset de Massat. | 6° Aleu. |

Des travaux ont été essayés au pont de l'Arac, près Massat, près le hameau de La Condamine, au-dessus de Biert et sur les bords du ruisseau qui passe au pied de la colline d'ophites d'Aleu; dans toutes ces recherches on a trouvé des pyrites de fer associées à de petits filons de quartz et des traces charbonneuses, affectant la direction générale O. 13° à 40° S.

Les schistes supraliasiques contiennent également des traces de pyrite de fer cuivreuse dans la montagne Lujeat, canton de Tarascon, et dans la vallée de la Bellongue, au fond du val d'Andreossein, aux Esquerettes val d'Aucasein, et à la Mousquère val d'Orgibet.

IV. — Minerais de manganèse.

Le minerai de manganèse à l'état de pyrolusite se présente dans deux des formations de département, l'étage dévonien et celui du grès bigarré.

I. — Calcaire dévonien.

Le manganèse forme dans la bande dévonienne, qui s'étend à gauche de la route de Foix à Saint-Girons, d'assez nombreux amas, toujours irréguliers et rarement exploitables. Les principaux sont ceux de :

- | | |
|---|--|
| 1° Montegagne de Sérrou. | 6° Camel près Castelnau. |
| 2° Estaniels de Sérrou. | 7° Les Crabious du Nert (vallée de Rivernert). |
| 3° Larbont de Sérrou. | 8° Arbosi de Rivernert. |
| 4° Esplas, quartier de Brachy, de Sérrou. | 9° Coummenges et Lassale-d'Encourtiech. |
| 5° Esplas, quartier de Rouges, de Sérrou. | 10° Le Garié-d'Encourtiech. |

Ces amas, disposés en nids et noyaux en chapelets dans les marbres griottes, paraissent pauvres et, jusqu'à présent, n'ont pas été régulièrement exploités; les recherches ont été sans importance.

II. — Grès bigarré.

Dans les environs de Labastide-de-Sérrou, l'étage des grès bigarrés renferme un gisement de manganèse exploitable aux Icardes, commune de Montels.

Ce gisement est un amas en forme de couche allongée, compris dans les assises supérieures du grès du trias, concordant avec les couches qui l'enclavent; dirigé de l'Est à l'Ouest, il plonge au Nord de 30 à 35°; le toit et le mur sont formés par un poudingue rougeâtre de grès à ciment siliceux et noyaux ferrugineux; l'amas, circonscrit, paraît avoir une longueur de 120 à 130 mètres dans son allongement sur une épaisseur assez constante de 0^m,80 et 0^m,20; en profondeur il a été reconnu sur 30 à 35 mètres de haut et descend probablement au-dessous.

Il comprend deux variétés de minerai: l'un superficiel, qui règne tout le long de l'affleurement et descend à une profondeur ne dépassant pas 25 mètres, est une pyrolusite souvent cristalline, tou-

jours tendre, parfois pulvérulente, presque sans gangue; sa teneur en oxygène est considérable; elle est propre à la verrerie et à la fabrication des chlorures. Tout le manganèse qui forme l'amas au-dessous de ce niveau de 25 mètres est une espèce de brèche ou poudingue manganésifère, à noyaux de manganèse et ciment siliceux et calcaire très-dur qui le rend impropre à la verrerie; la vente en a été jusqu'à ce jour impossible. Sa dureté, très-grande, rend son exploitation difficile.

Les travaux comprennent des dépilages aux affleurements et trois galeries à travers bancs qui ont recoupé le gîte à diverses profondeurs.

Le dépilage de la surface se compose de deux grandes tranchées profondes, distantes de 50 mètres environ et perpendiculaires à l'affleurement et de cinq galeries en direction de 40 à 50 mètres de longueur, dont la supérieure est voisine de la surface et l'inférieure à 10 ou 12 mètres au plus en profondeur; ces galeries ont été recoupées fréquemment, et dans toute cette région restent quelques piliers de 2 à 3 mètres.

Les recoupes à travers bancs, au nombre de trois, ont de 15 à 35 mètres à travers les argiles rouges et poudingues du toit; elles sont suivies de petites amorces en direction où la couche avait une puissance moyenne de 0^m,50 à 1^m,20.

Le manganèse de Montels se vend au prix de 7 à 8 francs les 100 kilogrammes sur le chantier.

Cette mine est située dans le voisinage immédiat de la route impériale de Foix à Saint-Girons, et à 15 kilomètres de la gare de Foix.

Plus loin à l'Ouest, dans les communes de Labastide, de Sérrou et les Atiels, les assises supérieures du grès bigarré contiennent, dans leur voisinage avec les marnes irrisées, des indices irréguliers et discontinus de manganèse terreux, et notamment vers les métairies de Guinou-Sourre et aux environs des Atiels.

Vicdessos, le 25 janvier 1869.

BULLETIN.

Terrains aurifères récemment découverts dans le nord de l'Écosse.

Des gisements aurifères ont été récemment découverts dans le nord de l'Écosse; c'est dans les comtés de Sutherland et de Caithness que des pépites d'or ont été trouvées cet hiver, dans les terres d'alluvion et le lit de quelques cours d'eau provenant des monts Morven, et se dirigeant de là soit au nord, soit au sud vers la mer. L'annonce de cette découverte, tout juste au moment où finissait la pêche, qui est, on le sait, la plus grande ressource en ces parages, et qui n'avait pas, d'ailleurs, été fort brillante la saison dernière, ne pouvait manquer d'attirer sur le terrain bon nombre de pêcheurs de la côte.

Le duc de Portland, auquel appartient une notable portion du Caithnesshire, ayant interdit l'entrée de ses terres aux chercheurs d'or, ces derniers ont dû se borner à explorer celles du duc de Sutherland, sur une partie desquelles ils ont été admis, et ils poursuivent en ce moment leurs recherches dans une vallée d'environ 52 kilomètres de long, traversée dans toute sa longueur par la rivière « Helmsdale » à l'embouchure de laquelle se trouve le port de pêche du même nom. Les mineurs n'avaient eu accès, jusqu'au 20 mars 1867, qu'aux affluents situés sur la rive gauche ou au nord de cette rivière.

Le Torish situé à 7 kilomètres d'Helmsdale occupé par 30 d'entre eux.				
L'Alt Braich... à 9	—	—	20	—
Le Kildonan... à 16	—	—	200	—
Le Suisgill... à 21	—	—	70	—

Bien que l'approche de la belle saison ne doive plus faire redouter aux nouveaux arrivants les fatigues et les souffrances résultant, il y a quelques jours encore, pour ces trois cent vingt travailleurs, de leur éloignement du centre de population le plus rapproché et de la difficulté de trouver des vivres et des abris dans ces régions

montagneuses, il est peu probable que leur nombre soit très-considérablement augmenté, jusqu'à ce que l'on sache si les redevances à payer aux propriétaires de la terre et à l'État leur laisseront un profit suffisant.

L'or, provenant sans doute des veines de quartz des Morven, dont les débris désagrégés par les glaces et les éboulements sont transportés à distance par les cours d'eau qui viennent d'être cités, est fort difficile à recueillir dans ces torrents, où il se trouve, en très-petites quantités le plus souvent, mêlé au gravier des rives, ou entraîné par sa pesanteur spécifique au fond des crevasses de rochers. La distance à parcourir chaque jour pour gagner les travaux, la brièveté des journées dans cette latitude, l'abondance des eaux résultant de la fonte des neiges, et sans doute aussi l'imperfection des machines employées pour le lessivage des terres contenant l'or, ont été d'ailleurs, jusqu'à présent, autant d'obstacles à ce que le travail des mineurs fût très-productif; quelques-uns ont pu, avec un bonheur dont il n'y a que très-peu d'exemples, gagner jusqu'à 25 francs; en moyenne, les plus expérimentés ont réalisé de 5 à 6 francs, et les autres 3^l,75 environ par jour; des facilités additionnelles et des engins moins imparfaits pourront porter les bénéfices à un chiffre sensiblement plus élevé, en dépit de la concurrence qui ne manquera pas de se produire. Mais l'État s'occupe en ce moment de fixer son prélèvement, qui paraît devoir être de 10 p. 100, et les propriétaires du sol n'exigeront pas moins de leur côté, de quelque façon qu'ils établissent leur redevance, par mètre de concession ou par homme et par mois. Ainsi grevée de 20 p. 100, l'exploitation des terrains aurifères de l'Écosse ne paraît pas devoir donner des résultats de nature à produire une émotion bien durable dans le pays, et à attirer à elle un grand concours d'ouvriers ayant ailleurs un emploi permanent et suffisamment lucratif.

(Extrait d'un rapport adressé, le 50 mars 1869, à M. le Ministre des affaires étrangères, par M. LE CONSUL DE FRANCE en Écosse.)

Sur les mines d'or, d'argent et d'étain récemment découvertes dans les environs de los Angeles (Californie).

Dans la partie nord et nord-est du comté, se trouvent des mines et des placers d'or qu'on exploite avec avantage; telles sont surtout les mines de quartz aurifère de la Solidar, où en outre des arastras qu'on emploie pour écraser le quartz, deux beaux moulins à plusieurs pilons ont été construits depuis peu. De 50 à 60 mineurs et autres travailleurs sont employés à l'exploitation de ces mines.

Un nombre à peu près égal de mineurs travaille dans les placers de San Francisquito. La distance de los Angeles aux mines de la Solidar est de 50 à 55 milles, et de 40 milles aux placers de San Francisquito.

Comme de los Angeles, le pays est ouvert dans toutes les saisons pour les mines situées au sud-est de la sierra Nevada et de la chaîne de San Bernardino, les exportations par terre de los Angeles deviennent de plus en plus importantes à mesure que les exploitations des mines augmentent et prennent du développement, dans tous ces parages situés sur la lisière et à l'intérieur du désert.

Les mines pour lesquelles on a exporté d'ici le plus de marchandises et d'effets, depuis le mois de novembre, sont celles dites de sierra Gorda et Longpine, situées au versant sud-est de la sierra Nevada, à une distance d'environ 500 milles de los Angeles. Ces mines sont argentifères, très-nombreuses sur une étendue de plus de 50 milles, et très-riches à ce qu'on dit; quatre à cinq cents personnes s'y sont rendues d'ici; beaucoup n'attendent que la belle saison pour s'y rendre.

Plusieurs autres mines ont été découvertes depuis quelques mois à la distance de 15 à 40 milles de los Angeles. Dans une de ces mines on ouvre un tunnel qui aura 600 pieds de longueur.

Mais les mines les plus importantes pour ce comté, si une partie seulement de ce qu'elles semblent promettre se réalise, ce sont les mines d'étain du Tamercol, nom d'une localité située à 45 milles de los Angeles. Ces mines étaient connues, ou je dirai plutôt que l'existence de ce métal dans cette localité avait été signalée depuis quinze ans ou plus; mais l'incertitude du titre de la terre, que deux Californiens se disputaient, avait empêché d'y entreprendre de grands travaux.

Aujourd'hui plusieurs centaines de mineurs y travaillent. On dit qu'il y a deux mines sur des gîtes parfaitement encaissés, et d'une

grande puissance. Le minerai est abondant et riche et le métal très-pur.

(Extrait d'une dépêche adressée, le 1^{er} février 1869, à M. le ministre des affaires étrangères, par M. LE VICE-CONSUL DE FRANCE à Los Angeles.)

Rapport sur l'industrie minière et l'industrie métallurgique en Italie (*).

Les richesses minérales de l'Italie ont donné lieu, depuis la plus haute antiquité, à une exploitation longtemps florissante, mais qui peu à peu est tombée en décadence, à la suite de la découverte dans d'autres pays de gisements minéraux plus riches, mieux exploités, et probablement aussi par le fait de la concurrence écrasante, qui est résultée, pour l'Italie, du développement des aptitudes industrielles dans l'ouest de l'Europe et de la facile exploitation de puissants dépôts de charbon fossile. Ce n'est que tout récemment que l'industrie métallurgique italienne a cherché à entrer, à son tour, dans une période de lente transformation et de progrès, dont le résultat paraît devoir être de rendre un jour à cette branche de production l'activité dont elle est susceptible.

Le royaume d'Italie comptait, en 1865, 116 exploitations de mines en activité; environ le quart, soit 44, de ces exploitations avaient pour but l'extraction du fer, 54 celle du cuivre, 13 celle du plomb argentifère, 14 celle de la pyrite d'or; le reste comprenait les mines de zinc, de mercure, de nickel et de manganèse.

La valeur du minerai extrait de ces 116 mines représentait une somme de 6.989.921 francs, décomposée comme il suit:

	francs.
Minerai de fer.	2.033.460
Minerai de plomb argentifère.	2.972.678
Autres minerais.	1.983.783

Il faut d'ailleurs ajouter que cette production s'est beaucoup augmentée dans ces dernières années. Le rendement des mines de plomb argentifère notamment a doublé, en Sardaigne, depuis 1861,

(*) Documents consultés : *Gazette officielle du royaume d'Italie*, n^{os} 26, 28, 32, 33 des 26 et 28 janvier et 1^{er}, 2 et 5 février 1869. (Statistique du royaume d'Italie.). — *Monitore delle Strade Ferrate*, du 26 août 1868, n^o 17. — Industrie minière en Italie.

et leur exploitation représente aujourd'hui une des principales industries de ce pays. Depuis 1865 deux mines de calamine, dont le produit n'est pas estimé à moins de 570.000 francs et n'est pas compris dans les chiffres indiqués plus haut, ont en outre été découvertes en Sardaigne.

L'extraction du minerai occupait 9.955 ouvriers, dont les salaires s'élevaient à 4.645,259 francs, ce qui réduit à 2.546,662 francs la recette destinée à couvrir à la fois les autres dépenses d'exploitation et à représenter les bénéfices des entrepreneurs.

Les établissements métallurgiques, où sont traitées les parties de minerai qui ne sont pas exportées à l'étranger à l'état brut, sont au nombre de 545, et se décomposent comme il suit:

Usines pour le travail du fer.	299
Idem. du cuivre.	21
Idem. du plomb argentifère.	10
Idem. de l'or.	12
Usines diverses.	3

Leur produit total s'élève à 35.660.062 francs, dont 24.665.125 francs proviennent des usines à fer, 5.506.626 des usines à plomb argentifère (dont 1.500.000 d'argent), et 2.074.574 des usines à cuivre.

C'est donc au travail du fer que doit être assignée la première place comme production générale; il représente en effet environ les trois quarts de la production totale; mais c'est le plomb argentifère qui paraît devoir être la branche la plus productive.

Les ouvriers employés par ces divers établissements métallurgiques sont un peu plus nombreux que les ouvriers mineurs. On en compte 9.965 environ, dont 8.117 travaillent le fer, 775 seulement le plomb argentifère, et 287 le cuivre. Le prix de la main-d'œuvre de toutes les usines s'élève à 5.891.809 francs, ce qui porte la moyenne de ces salaires un peu plus haut que pour les ouvriers mineurs, et laisse encore une somme de 18.773.316 francs pour faire face aux dépenses matérielles et indemniser les usiniers de leurs travaux.

Fer.

Historique. — L'exploitation du fer en Italie remonte à la plus haute antiquité, ainsi que le prouvent les fréquentes amorces de galeries ouvertes pour l'extraction de ce minerai, que l'on trouve dans les Alpes et dans les Apennins. Le nombre de ces excavations est surtout considérable dans la haute Lombardie, dans la vallée d'Aoste, dans l'île d'Elbe, dans la maremme Toscane et dans la

Calabre ultérieure; elles sont attribuées généralement aux Romains et même aux Étrusques. Les mines de la vallée d'Aoste datent des Romains et ont été, depuis le XIII^e siècle, exploitées presque sans interruption par les habitants mêmes de cette vallée, en vertu des privilèges qui leur ont été octroyés à cette époque par les comtes de Savoie.

Je me bornerai, pour rappeler l'importance des usines à fer de l'île d'Elbe, à mentionner ici le chiffre de sa production pour la totalité de la période quinquennale 1862-1867: il est de 411.656 tonneaux de minerai, dont 385.170 ont été exportés à l'étranger.

Gisement et nature du minerai. — Les différents minerais de fer exploités en Italie peuvent être, au point de vue de leur nature et de leurs gisements, classés comme il suit:

1° Le *minerai d'oxyde de fer*, comprenant les fers oxydulés et les fers oligistes. Les gisements de l'île d'Elbe appartiennent à cette catégorie, ainsi que ceux de Cogné dans la vallée d'Aoste et de Tebro dans la Valtelline. Plusieurs dépôts de ce minerai sont également exploités depuis quelque temps en Sardaigne.

2° Le *minerai de fer hydraté*, qui se rencontre notamment à Penedoletto en Valtelline et à Pezzano dans l'Italie méridionale.

3° Le *minerai de fer carbonaté peu manganésifère*, qui se trouve en bancs dans les grès rouges du Trias.

4° Le *minerai de fer carbonaté très-manganésifère*, que l'on rencontre également en bancs dans les schistes argileux superposés aux grès rouges du trias.

5° Le *minerai de fer carbonaté en filons* dans les quartzites micacés de l'époque carbonifère.

Nombre et production des mines. — Des 45 mines de fer en activité, 29 appartiennent à la Lombardie, 8 au Piémont et 5 à la Toscane. La Sardaigne, les Calabres et l'Émilie se divisent les 3 autres. Les gisements abandonnés ou inexploités sont au nombre de 14 dont 5 situés en Piémont, où se trouve, en outre, une exploitation encore à l'état d'exploration.

Le minerai extrait de ces mines s'est élevé, en 1865, à 1.484.719 quintaux métriques, dont 516,996 quintaux métriques seulement selon les uns, et 550.000 quintaux métriques selon les autres, ont été travaillés dans le pays; le reste a été exporté à l'étranger, et, on signale surtout la Toscane et la Sardaigne comme ayant pris une part considérable à cette exportation.

La valeur de la totalité de ces extractions est de 2.055.640 francs, et l'on évalue le prix moyen du quintal métrique à 1',05 en Lombardie, 1',51 en Toscane et 1',67 en Piémont. La richesse moyenne

du minerai est de 60 p. 100 en Toscane, en Sardaigne, en Calabre et dans l'Émilie, de 44 p. 100 en Lombardie et de 45 p. 100 en Piémont.

Ouvriers mineurs. — On emploie dans ces mines 2.212 ouvriers dont 524 enfants. La Lombardie, où tous les transports de minerai se font en général à dos d'homme, absorbe la majeure partie de ce personnel. Les salaires sont peu élevés.

Établissements métallurgiques. — Ainsi que je l'ai déjà indiqué, une partie du minerai brut est exportée; le reste est traité dans le pays, mais le développement de l'industrie métallurgique y est entièrement subordonné à la quantité de combustible que peuvent lui fournir annuellement les forêts italiennes. Les fontes produites sont d'ailleurs de différente nature, selon les minerais employés. Les unes, provenant des minerais carbonatés peu manganésifères des grès rouges du trias et des quartzites micacés de l'époque carbonifère, sont propres aux pièces moulées de première fusion et servent à faire des bombes, des pièces de machines, des tuyaux, etc. Elles sont très-résistantes et peuvent donner de bons résultats dans la fabrication des grosses pièces d'artillerie et des boulets, et l'on aurait, en effet, expérimenté avec succès, à Gênes, des boulets de la fabrique Glisenti de Brescia fondus avec ce minerai. D'autres fontes (minerais de fer oxydé et hydraté) donnent des fers très-doux, et enfin les carbonates de fer très-manganésifères produisent des fontes propres à la fabrication des aciers et des fers aciérés. L'Italie ne compte pas, d'ailleurs, plus de 58 hauts fourneaux, produisant annuellement 22.000 tonneaux de fonte.

L'industrie du fer en Italie paraît s'être beaucoup ressentie de l'abaissement des droits d'entrée, accordés par les traités de commerce aux fers étrangers; en effet cette facilité nouvelle, jointe aux bas prix des transports par mer et par voie ferrée, a causé dans la fabrication du fer et de l'acier italien un bouleversement, à la suite duquel la plus grande partie des anciennes fabriques de fer commun ont disparu. Plusieurs industriels italiens essayent aujourd'hui d'abandonner la production des fers communs, pour lesquels ils ne peuvent lutter avec la concurrence étrangère, et de la remplacer par la fabrication des fers spéciaux, pour lesquels ils n'ont pas encore trouvé cependant des débouchés suffisants; ils cherchent, dans ce but, à perfectionner leur installation, et y ont introduit l'usage des fours à réverbère alimentés au charbon de bois, au bois et à la tourbe, dont les produits sont livrés sous différentes formes, telles que chaînes, fils de fer, cuirasses et surtout fers en lames pour fers à cheval, en ce qui concerne les fers sim-

ples, cercles, essieux, ustensiles ruraux, etc., pour les fers aciérés. Les aciers sont également fabriqués dans les fours à réverbère chauffés à la tourbe; une de ces usines, à Lovère, a adopté le système Siemens.

La production des fers ouvrés est divisée par groupes, selon les conditions diverses de la force motrice que présentent les cours d'eau. Pour ce qui regarde spécialement le Piémont, j'indiquerai la fabrication du fil de fer à Ponte près Irzea et à Pignerole, des clous dans la val Sabbia et la val Sassina, des limes et des armes à feu à Turin, des essieux et des cercles de roue les plus renommés d'Italie dans la vallée d'Aoste, à Turin encore des fontes moulées, que l'on obtient par un mélange de fontes anglaise et italienne, et des machines; mais c'est surtout la Lombardie qui centralise le travail du fer, et pour ne citer qu'un de ces établissements importants, j'indiquerai l'usine Glisenti près de Brescia, qui fabrique toute espèce d'armes de guerre et de chasse.

L'industrie de la serrurerie, ainsi que la fabrication des lits en fer et des caisses fortes, est également en progrès en Italie.

Les établissements métallurgiques pour la production et le travail du fer, sont au nombre de 356 dans toute l'Italie, dont 299 en activité et 57 fermés. Le Piémont entre dans ce total pour 55 usines, 6 hauts fourneaux, auxquels sont annexées des affineries et quelques clouteries, la Lombardie pour 165 usines, 17 hauts fourneaux, 5 fabriques d'acier, 5 fonderies et fabriques de machines et quelques clouteries, 111 ateliers d'affinage sont d'ailleurs, annexés à ces établissements; la Toscane pour 58 usines, 4 hauts fourneaux avec 2 ateliers d'affinage, 2 fabriques d'acier, 1 fonderie et fabrique de machines; la Ligurie et l'Émilie pour des fonderies et fabriques de machines assez nombreuses, et 14 usines catalanes toutes situées en Ligurie; les Marches et la Campanie pour 6 fonderies et fabriques de machines; la Calabre pour 1 haut fourneau avec atelier d'affinage, et la Sicile pour 1 fonderie et fabrique de machines.

Force motrice employée. — La force motrice employée dans ces divers établissements est de 5.588 chevaux, dont les $\frac{4}{5}$, soit 4.555 chevaux, sont fournis par les moteurs hydrauliques, surtout nombreux en Lombardie, où ils produisent une force de 2.158 chevaux, et $\frac{1}{5}$ ou 1.190 chevaux pour les machines à vapeur. Les moteurs mis en œuvre pour l'affinage du fer, seulement, développent une force de 1.402 chevaux, ceux des fonderies et fabriques de machines, une force de 822 chevaux.

Outillage des usines. — Le matériel technique rassemblé dans les

usines comprend 871 fours, que l'on peut classer ainsi: 58 hauts fourneaux, 120 cubilots, 75 fours à réverbère, 71 foyers franco-comtois, 199 foyers bergamasques et 368 fours divers. Le vent est fourni par 158 machines soufflantes à cylindre métallique, 404 trompes et 65 ventilateurs. Enfin on y compte 358 marteaux, 114 martinets, 45 trains lamineurs, 215 tours, 57 raboteuses et 791 outils divers.

Dépenses et valeur des produits. — Les dépenses des établissements métallurgiques italiens pour le fer, se sont élevées à 19.787.269 francs, dont 7 millions environ, soit $\frac{1}{3}$, doivent être attribués à la Lombardie. Au point de vue de leur nature, ces dépenses se décomposent en 9.564.205 francs pour achats de matières premières, 5.072.756 francs pour le combustible et 5.350.350 de main-d'œuvre.

D'autre part la production en fer brut ou ouvré est représentée par 24.665.125 francs. Il en résulte un excédant des produits sur les dépenses de 4.867.856 francs, englobant les intérêts des capitaux engagés, les dépenses d'administration d'ailleurs insignifiantes, et les bénéfices. On calcule d'ailleurs que la production moyenne est de 125 francs par 100 francs de dépenses effectives.

Matières premières. — On a employé, en 1865, 1.015,487 quintaux métriques de matières coûtant 9.564.205 francs ainsi répartis:

MATIÈRES.	QUANTITÉS.	VALEURS.
	quint. mètr.	francs.
Minéral de fer	547.928	1.187.610
Fonte de première fusion	391.424	5.287.238
Fer neu en barres et en masses	53.412	1.946.866
Vieux fer	19.311	373.863
Acier et métaux divers	3.412	568.626
Total	1.015.487	9.564.203

Combustibles. — Quant au combustible, la quantité consommée a été de 986.231 quintaux métriques valant 5.072.756 francs, et se décomposant de la manière suivante:

	QUANTITÉS.	VALEURS.
	quint. mètr.	francs.
Bois	40.527	81.338
Charbon de bois	689.500	3.886.953
Charbon de terre	238.074	1.067.970
Tourbe	18.130	36.475
Totaux	986.231	5.072.756

On voit que le charbon de bois est, en Italie, le combustible le plus employé dans la métallurgie du fer ; il doit naturellement, à cause de son prix relativement élevé, augmenter dans une notable proportion les prix courants des produits.

Main-d'œuvre. — Les ouvriers en fer sont au nombre de 8.177, dont 2.510 sont ouvriers proprement dits, et 5.667 sont manœuvres. Ces derniers comprennent 5.351 adultes et 316 enfants. Le total de leurs salaires s'élève, ainsi que nous l'avons déjà dit, à 5.350.550 francs ; quant à la moyenne journalière de ces salaires, elle est de 5',05 pour les ouvriers, de 1',80 pour les manœuvres adultes et de 0',80 pour les enfants. On peut enfin évaluer à trois cents jours par an environ le chiffre moyen des journées de travail.

Mouvement commercial. — Les produits de l'industrie du fer en Italie sont bien loin de pouvoir suffire à la consommation locale ; si le pays exporte, en effet, du minerai de fer pour une quantité relativement considérable, elle importe par contre une quantité de fonte et de fer supérieure à la production nationale, et que l'étude statistique officielle dont je fais l'analyse, décompose pour 1866 en

	quint. métr.
Fonte ouvrée.	36.200
Fonte en coussinets.	730
Fer en barres et fonte brute.	403.049
Fer ouvré.	222.270
Fer en rails.	110.251
Total.	772,500

Part prise par le Piémont dans cette industrie. — Le Piémont n'occupe pas une place importante dans la production, soit minière, soit métallurgique du fer italien. Sur les 60 mines connues, le Piémont n'en possède que 14, dont 5 abandonnées et 1 encore à l'état d'essai ; tandis que la Lombardie en compte 29 en activité, les 8 mines actives en Piémont sont concentrées sur le versant italien des Alpes Pennines ; 7 d'entre elles contenant des minerais d'oxyde de fer sont situées dans la vallée d'Aoste, une seule est formée d'hydrate de fer, dont le produit est estimé égal au meilleur fer suédois, et se trouve dans l'arrondissement de Domodossola. Elles produisent ensemble 58.092 quintaux métriques de minerai (1/38^e environ de la production totale de l'Italie) valant 54.890 fr., occupent 174 ouvriers et soldent leurs dépenses par 61.155 francs, ce qui réduit leurs bénéfices à 5.000 francs environ. La richesse métallique du minerai n'est pas d'ailleurs considérable, 43 p. 100

en moyenne, quoique le gisement d'hydrate de fer de Monteschino donne de 57 à 64 p. 100 de métal.

Quant aux établissements métallurgiques ou affectés au travail du fer, le Piémont ne présente pas une importance plus considérable, ils se réduisent à 55, auxquels sont annexés 6 hauts fourneaux seulement, et 6 ateliers d'affinage. L'industrie piémontaise est, au contraire, la seule en Italie qui s'occupe de l'exploitation minière suivante :

Pyrites de fer.

Les trois seules mines de pyrite de fer en exploitation en Italie ont été concédées depuis peu d'années ; elles sont situées dans la province de Turin et plus spécialement dans la vallée d'Aoste, arrondissement d'Ivrée, à Brozzo, Bajo et Challant Saint-Victor. Cette dernière est inexploitée en ce moment ; les deux premières, dont celle de Brozzo doit être spécialement mentionnée à cause de la puissance de son gisement et de la beauté de son minerai cristallisé, donnent deux sortes de pyrites, l'une un peu pauvre avec laquelle on fabrique le sulfate de fer sur les lieux mêmes, l'autre compacte et riche qui est expédiée à Turin, où elle est réduite en acide sulfurique et en sulfate de fer.

En 1864, ces deux mines ont produit 47.500 quintaux métriques de minerai valant 25.900 francs, et ont occupé 56 ouvriers. La dépense d'exploitation s'est élevée à 18.564, ce qui permet d'évaluer à 7.400 francs environ les bénéfices effectués, soit environ 40 p. 100 de la dépense ; cette industrie, qui est comme nous venons de le voir exclusivement piémontaise, paraît donc en bonne voie de succès.

Cuivre.

Notions historiques. — Le cuivre a été connu et exploité en Italie dès l'époque étrusque, ainsi que cela résulte de documents historiques. Le centre de cette exploitation, comme aussi de l'industrie métallurgique à laquelle elle a donné naissance, était naturellement la partie centrale de la Péninsule. Les Romains continuèrent ces travaux et les étendirent aux gisements de la vallée d'Aoste ; depuis eux, ils ne paraissent avoir jamais été absolument abandonnés. Le cuivre italien a été fort prisé par les Grecs pendant la période romaine ; au moyen âge par les Anversois, qui le recevaient en vertu d'une convention passée en 1518 entre le duc de Brabant et les Bardi de Florence.

Mines. — Les mines de cuivre de l'Italie sont au nombre de 68,

dont 34 sont en activité, 9 en exploration et 25 abandonnées ou momentanément inexploitées. Leur service n'emploie que 13 moteurs mécaniques (3 à vapeur et 10 à eau) développant une force de 510 chevaux.

L'extraction annuelle est de 160.757 quintaux métriques valant 1.595.627 francs, 98.400 quintaux métriques sont traités dans les mines du pays et 62.357 sont exportés à l'étranger. La Toscane fournit plus de la moitié du produit total.

Les ouvriers mineurs ne sont pas moins de 2.412, dont 2.334 adultes, payés en moyenne 1',34 par jour, et 78 enfants à 0',75.

Établissements métallurgiques. — On compte 29 établissements affectés au travail du cuivre; mais 8 d'entre eux étant fermés, le mouvement industriel est concentré dans 21 usines seulement. Leur matériel technique comprend 52 fours (4 de grillage, 27 de fusion et 21 d'affinage), 18 machines soufflantes et un certain nombre de moteurs hydrauliques de la force totale de 552 chevaux. La Lombardie possède la plus grande partie de ce matériel, et c'est elle aussi qui emploie le plus de minerai.

On compte dans ces usines 287 travailleurs, dont 196 ouvriers proprement dits, et 92 manœuvres; leur salaire moyen est de 1',70 par jour et la dépense annuelle de la main-d'œuvre se chiffre par 145.178 francs.

Le combustible employé est le bois et surtout le charbon végétal dont on consomme annuellement 159.128 quintaux métriques pour une valeur de 615.351 francs.

La production annuelle du cuivre dans les mines italiennes s'élève à 10.326 quintaux métriques, représentant une valeur de 2.764.574 francs. Elle se compose de 5.456 quintaux métriques de cuivre brut, valant 1.312.791 francs, et 4.870 quintaux métriques de cuivre ouvré (vases et ustensiles divers), valant 1.451.783 fr.

On emploie à cette production 56.519 quintaux métriques de minerai préparé, valant 554.107 francs, et 7.040 quintaux métriques de cuivre brut, valant 1.400.054 francs. Le bénéfice peut donc être approximativement estimé de 10 à 12 p. 100 de la valeur du produit, soit une production de 111 francs pour 100 francs de dépense. Ce rendement est inférieur à celui du travail du fer; c'est, d'ailleurs, comme pour ce dernier, au défaut de combustible que semblerait devoir être attribuée la difficulté de développement qui entrave l'industrie métallurgique du cuivre, ainsi que l'exportation considérable d'une grande partie du minerai des roches serpentines de l'Apennin.

Le cuivre italien paraît être d'une grande pureté. Le centre

principal des travaux de chaudronnerie en cuivre est à Lecco, où l'on fabrique les grandes chaudières qui servent à la confection des fromages de pâte dure appelés *Parmesans*.

Commerce. — L'importation du cuivre en Italie a été, en 1867, de 8.500 quintaux métriques en pains, et de 15.715 quintaux métriques du même métal ouvré, d'une valeur totale de 6.224.000 fr.

Part du Piémont dans l'industrie du cuivre italien. — Les concessions de mines de cuivre situées en Piémont sont au nombre de 15, dont 9 abandonnées aujourd'hui et 6 en activité; 4 de ces dernières, situées dans la vallée d'Aoste, sont les plus importantes, les 2 autres placées dans les environs du lac Majeur, exportent leurs produits bruts en Angleterre (annuellement 5.700 quintaux métriques, valant 50.000 francs).

Les 4 mines de la vallée d'Aoste donnent annuellement 66.750 quintaux métriques de minerai, valant 227.210 francs, et emploient 517 ouvriers: leurs dépenses d'exploitation s'élèvent à 151.921 fr., ce qui porterait leurs bénéfices à 75.200 francs environ, qu'il faut surtout attribuer aux trois mines d'Ollomont, de Saint-Marcello et de Traversella. Ces chiffres remontent d'ailleurs à 1865, et ces exploitations ont dû prendre, depuis lors, un développement plus considérable.

Mine de cuivre d'Ollomont.

Cette mine, située à 12 kilomètres au nord de la ville d'Aoste, presque au sommet de la vallée d'Ollomont contiguë à celle du Saint-Bernard, est exploitée sur trois points désignés sous les noms de Saint-Jean, la Balme et Vaux. La présence du cuivre y a été découverte en 1600, à Saint-Jean, et depuis cette époque la mine n'a pas cessé d'être exploitée.

L'exploitation d'Ollomont paraît présenter aujourd'hui un bel avenir.

Le chantier de Saint-Jean, dont l'ouverture date de la découverte du gisement, est alimenté par une veine minérale de 10 mètres de puissance, formée par 5 bancs parallèles de 1^m,50 à 2 mètres d'épaisseur, alternant avec une gangue composée de chlorite, de talc, de quartz et de spath calcaire. Une galerie horizontale longue de 320 mètres conduit aux travaux, qui occupent actuellement une longueur de 150 mètres sur une profondeur de 120 mètres au-dessous du niveau du torrent d'Ollomont à l'entrée de la mine: ces travaux sont d'ailleurs munis de trois puits dirigés dans le sens de l'inclinaison des bancs pour l'épuisement des eaux. L'extraction du minerai se fait par déversement direct des matières dans des

galeries de chargement d'où elles sont conduites sur wagonnets, jusqu'au puits d'extraction; 5.000 tonnes de minerai d'une richesse de cuivre moyenne de 5 p. 100 sont ainsi obtenus annuellement à l'aide de 70 ouvriers et d'une turbine de 20 chevaux.

La mine de la Balme semble n'être, en réalité, que le prolongement de celle de Saint-Jean, dont les couches minérales se seraient réunies en un seul banc très-compacte de 2 à 5 mètres d'épaisseur et plus facile, par cela même, à exploiter. Les travaux atteignent actuellement une étendue de 200 mètres environ et une profondeur de 180 mètres; le système d'exploitation adopté est celui par galeries et piliers, et l'on y compte 6 centres d'exploitation principaux avec autant de galeries pour les charrois sur rails. Les ouvriers employés à ces travaux sont au nombre de 60, et le minerai extrait annuellement s'élève à 2.600 tonnes d'une richesse en cuivre moyenne de 5 p. 100.

En prolongeant la galerie de la Balme on viendrait tomber sur le troisième chantier, celui de Vaux, récemment ouvert à 400 mètres N.-E., et à 170 mètres au-dessus de la galerie d'entrée et l'on aura alors un champ d'exploitation de 10.000 mètres carrés d'étendue. Le minerai de Vaux est disposé en bancs de 2 mètres à 2^m,50 d'épaisseur alternant avec des couches de schistes; on n'exploite actuellement qu'un seul banc de 0^m,60, dont 0^m,50 de minerai à 8 p. 100 de cuivre, et 0^m,50 de minerai à bocarder. Ce filon ne fournit encore que 180 tonnes de minerai par an, d'une richesse moyenne de 4 1/2 p. 100 et n'emploie que 10 ouvriers; il paraît, toutefois, que sa richesse augmente à mesure qu'on y pénètre plus profondément.

Le minerai sortant de la mine est apporté aux bocards, dont les pilons sont mis en mouvement par une roue hydraulique de la force de 50 chevaux. A ce moment le minerai a déjà nécessité les dépenses suivantes par tonne :

	SAINT-JEAN.	LA BALME.	VAUX.
	francs.	francs.	francs.
Production	10,00	8,30	} 30,00
Recherches	1,00	0,50	
Epuisement des eaux	0,75	0,80	
Extraction et charroi	1,00	2,10	
Total	12,75	11,70	32,00

Les fragments de minerai sont alors classés à la main, par 17 ou 18 ouvriers en quatre catégories de produits :

1° Le minerai propre à la fonte, qui est alors réduit en morceaux de 4 à 5 centimètres, avec une dépense moyenne de 5 francs par tonneau.

2° Le minerai à broyer et à réduire en *schlick* riche de 8 p. 100 de cuivre. Cette opération revient environ à 5^f,67 par tonneau de minerai.

3° Le minerai contenant une proportion trop considérable de pyrite de fer et seulement 1 à 1 1/2 p. 100 de cuivre, il est réservé pour être ultérieurement utilisé s'il y a lieu.

4° Les parties de roches stériles.

L'extraction annuelle donne à ce point de vue :

	MINERAI DE FONTE.		MINERAI A BROYER.		ROCHE stérile et minerai à pyrites de fer. — Tonnes.	TOTALS. — Tonnes.
	Quantités et tonnes.	Richesse.	Quantités et tonnes.	Richesse.		
		p. 100.		p. 100.		
Saint-Jean	800	7,00	1.600	2,00	600	3.000
La Balme	600	5,50	1.400	2,10	600	2.600
Vaux	90	8,00	40	2,00	50	180
Ollomont	1.490		3.040		1.250	5.780

Le minerai réduit, selon sa nature, en morceaux de 4 à 5 centimètres, ou en *schlick* à 8 p. 100 de cuivre comme je viens de l'indiquer ci-dessus, est conduit à la fonderie pour y être converti en cuivre.

Fonderie de Valpellina. — Le minerai en morceau et le *schlick* préparés pour la fonte sont transportés à la fonderie de Valpellina (vallée d'Aoste), avec une dépense de charroi de 5 francs par tonne de minerai, soit 44^f,06 par quantité nécessaire à la confection d'une tonne de cuivre.

Cet établissement comprend 5 fours à manche pour la fusion du minerai et des *mattes*, 28 fours de grillage avec 5 chambres de condensation pour les gaz, et 1 four à réverbère pour le raffinage du cuivre. Il se compose, en outre, des bâtiments pour les bureaux et les habitations de 150 ouvriers.

Le minerai en morceaux et le *schlick* sont d'abord grillés dans les fours ou cases voûtées, pouvant contenir chacun 2 tonnes 1/2 de minerai : les gaz provenant de cette opération sont conduits dans les chambres de condensation, d'où ils sont ensuite chassés par un ventilateur à palettes dans une cheminée de 150 mètres de haut. Après ce premier grillage le minerai est fondu dans les fours

à manche, en une matre à 25 p. 100 de cuivre, qui, passée de nouveau à 6 feux de grillage, puis refondue dans les fours à manche, donne enfin un tiers de *métalline* ou matre riche à 60 p. 100 de cuivre et deux tiers de cuivre noir. La *métalline* est repassée 5 fois au grillage et placée dans les fours à manche avec une matre nouvelle. Quant au cuivre noir il est affiné, puis raffiné, dans le four à réverbère, qui peut en contenir 2 tonnes.

Les opérations de la fonte et du grillage occupent 20 ouvriers, et la production annuelle de la fonderie s'élève à 150 tonnes de métal environ.

Le combustible employé est le charbon végétal (55 francs la tonne) pour la fusion du cuivre, et le bois sec (12 francs la tonne) pour le grillage et l'affinage.

Le fondant se trouve à vil prix sur les lieux mêmes.

La fabrication d'une tonne de métal à la fonderie donne lieu aux dépenses suivantes :

	francs.
Charbon	380
Grillage	30
Entretien des fours	25
Transport des mattes des fours à rôtir à ceux à fondre et vice versâ	60
Affinage et raffinage	20
Main-d'œuvre	120
Frais généraux	25
Total	660

Le prix de revient d'une tonne de cuivre d'Ollomont peut donc être déterminé comme suit :

	francs.
Extraction et préparation du minerai	674,50
Transport à la fonderie	44,06
Réduction et fabrication	660,00
Total	1.378,66

On estime d'ailleurs que le cuivre d'Ollomont est, au point de vue de la pureté et de la qualité, comparable à celui de l'Australie et du Cap nord. Son prix de vente a touché, autrefois, le chiffre de 5.000 fr. la tonne, il n'est actuellement que de 2.000 à 2.200 fr.

Plomb et plomb argentifère.

Notions historiques. — L'exploitation de mines de plomb argentifère remonte en Sardaigne, à la domination phénicienne et grecque. L'histoire romaine et les chroniques des guerres soute-

nues par les insulaires et les Pisans contre les Génois, montrent d'ailleurs la richesse de ces mines, dont on a récemment repris les travaux sur plusieurs points.

Gisements. — La galène plus ou moins argentifère, dont on tire le plomb et l'argent, se trouve en Italie, en masses compactes généralement amorphes, mais quelquefois cristallisées. Les terrains de la Sardaigne ont, sans contredit, la primauté pour cette richesse minérale; la province d'Iglesias en est même un centre d'extraction inépuisable.

La chaîne des Alpes contient aussi plusieurs gisements de galène, notamment sur le versant lombard de ces montagnes; c'est ainsi que l'on trouve à Vicenago, et dans quelques autres localités alpines, la galène argentifère à grain fin et luisant, à Mandello, sur le lac de Come, le même minerai non argentifère à grain fin, et enfin à la Fratta (province de Brescia), la galène pure, riche en plomb, lamellaire, compacte et très-pesante.

Dans les Apennins les schistes micacés et argileux sont riches en plomb argentifère. Le grès gris qui prédomine dans le subapennin présente concurremment du cuivre et du plomb sulfurés, ainsi que les terrains calcaires de Monteleone, de la Tolfa, de Quercino et de Viterbe, où l'on trouve quelquefois ce minerai dans les spaths granulaires blancs et mêlés à la chaux fluatée ou siliceuse. Dans les Apennins méridionaux, la galène paraît mélangée de blende lamelleuse et antimonifère; elle est plus ou moins argentifère dans les Calabres, où elle est mêlée de sulfate de baryte, et à Sanrosali, où on la trouve associée au carbonate de fer.

Mines. — Les mines de galène étaient, en 1860, pour l'Italie, au nombre de 56, dont 15 en exploitation, 16 en recherches et 27 inactives ou abandonnées. Elles employaient 8 moteurs mécaniques, 3 à vapeur et 5 à eau, d'une force totale de 110 chevaux.

Production. — Le minerai extrait s'élevait à 160.276 quintaux métriques valant 2.972.678 francs, dont la plus grande partie est exportée à l'étranger à l'état brut. Cette production a réclamé le travail de 4.105 ouvriers, dont 3.417 adultes payés 1^{fr},86 par jour et 688 enfants au salaire journalier de 0^{fr},86. La dépense annuelle de ce chef est de 2.615.797 francs.

Plus des 4/5 de cette extraction sont afférents à la seule île de Sardaigne. La production de la galène a d'ailleurs considérablement augmenté dans ces dernières années, et on peut la porter, pour 1867, à 558.000 quintaux métriques, représentant une valeur de plus de 7 millions de francs. L'île de Sardaigne a, dans ces quelques années (de 1861 à 1867), plus que doublé le chiffre de sa

production, qui est, d'autre part, 25 fois plus fort que celui de 1851, ainsi qu'il résulte avec plus de précision des données statistiques suivantes :

	EXTRACTION du minéral.	VALEUR.	OUVRIERS employés.
	quint. métr.	francs.	francs.
1851	13.077	"	"
1861	140.676	2.993.690	3.873
1867	337.559	7.114.660	5.798

Établissements métallurgiques. — On comptait, en 1860, 15 mines affectées au travail du plomb, dont 3 étaient inactives. Le matériel des 10 autres comprenait 60 fours (4 de grillage, 21 à réverbère, 23 à manche, 5 pour la coupellation du plomb argentifère, 4 pour réduire la litharge), 23 chaudières à la Pattinson, 6 trompes soufflantes et plusieurs moteurs à vapeur et à eau, les premiers fournissant une force de 53 chevaux, les seconds de 59 chevaux. On y employait 775 travailleurs, dont 204 ouvriers au salaire quotidien de 2^f,70, et 571 manœuvres (596 hommes payés 1^f,60 et 175 femmes ou enfants payés 1^f,09) ; la dépense annuelle de la main d'œuvre était de 345.811 francs. La valeur de leurs produits a été de 5.744.561 francs, se décomposant comme suit :

Plomb en saumons.	41.980 quintaux métriques	2.143.326 francs.
Plomb ouvré.	37.000 quintaux métriques	2.057.500 francs.
Argent.	7.020 kilog.	1.543.735 francs.

C'est la Ligurie qui prend la plus grande part à cette production métallurgique.

La consommation du combustible dans ces usines se chiffre par 445.254 francs par an, dont 141.912 francs de bois et de charbon végétal, et 186.000 francs d'antracite.

Commerce. — Le mouvement commercial du plomb et de l'argent en Italie a été, en 1866, de :

	IMPORTATIONS.		EXPORTATIONS.	
	Quantité en quintaux métr.	Valeur en francs.	Quantité en quintaux métr.	Valeur en francs.
Galène.	"	"	250.000	5.226.330
Plomb.	33.168	1.857.500	14.677	793.000
Argent.	"	1.776.000	"	3.845.650

Part du Piémont dans l'industrie du plomb et de l'argent. — La part du Piémont dans la production italienne du plomb et de l'argent est peu importante ; cette province compte seulement 9 gisements de galène plus ou moins argentifère, dont 5 abandonnés, 2 en exploitation dans la province de Coni, (qui donnent à peine 16 tonneaux de minéral par an, valant 3.520 francs, et nécessitant une dépense de 2.500 francs environ,) 1 en recherche dans la province de Novare (recettes 6.000 fr., frais 15.650 fr.), et enfin 1 de plomb argentifère dans la même province, dont l'exploitation annuelle accuse une production de 26.000 francs et 21.129 francs de frais ; le minéral provenant de ces deux dernières mines est exporté en Angleterre. En résumé, on peut évaluer à 35.000 francs par an environ, la totalité de la production piémontaise du plomb et de l'argent.

Zinc.

On ne connaissait avant ces dernières années qu'une seule mine de zinc en Italie, celle de l'Argentière, dans la province de Bellune, dont le gisement consiste en une masse de calcaire dolomitique contenant des veines de calamine et de galène, et dont la formation métallique appartient probablement au calcaire du trias inférieur. Mais deux autres gisements de calamine fort importants ont été récemment découverts en Sardaigne.

Réduction du minéral. — Le minéral de l'Argentière subit une préparation consistant à séparer la calamine de la galène ; on obtient ainsi 2.828 quintaux métriques de calamine évalués à 10.000 francs environ. 25 ouvriers, occasionnant une dépense annuelle de 7.475 francs, sont occupés tant à l'extraction du minéral qu'à l'isolement de la calamine.

Après cette opération, qui se fait sur les lieux, la calamine est transportée dans l'usine d'Auronzo, qui possède 2 fours de distillation, et qui transforme les 2.828 quintaux métriques de calamine en 800 quintaux métriques de zinc valant 36.000 francs, à l'aide de 18 ouvriers au salaire de 1^f,70 par jour, soit une dépense annuelle de main d'œuvre de 7.500 francs, et d'une consommation de 570 mètres cubes de bois valant 7.400 francs.

Commerce. — L'importation du zinc en Italie, en 1866, est représentée par le chiffre de 748.400 francs, dont 142.000 francs de zinc brut provenant en grande partie de la France et de l'Angleterre et 541.000 francs de zinc laminé provenant de la Belgique et des Pays Bas ; le zinc ouvré y figure d'ailleurs pour la

somme de 65.400 francs. L'exportation ne dépasse pas 30.000 francs dont la calamine de Sardaigne constitue la plus grande partie.

Part du Piémont. — La part du Piémont dans la production du inc est nulle.

Nickel.

Mines. — Tous les gisements de nickel connus en Italie sont situés en Piémont. Ils étaient, en 1864, au nombre de 6, dont 2 en exploitation, l'un dans la province de Turin et l'autre dans celle de Novare, 2 en recherches et 2 abandonnés, ces 4 derniers situés dans la province de Novare.

La mine en exploitation dans le Novarais, à Locarno (vallée de la Sesia), actuellement la plus importante de toutes, est située à une hauteur de 1.100 mètres au-dessus de la Sesia et se compose d'une masse compacte de sulfure de nickel, mêlé à de la calcopyrite également compacte et parsemée de cristaux octaédriques de fer magnétique. Cette formation est enclavée dans les diorites. Cette mine a produit, en 1864, 696 quintaux métriques de minerai à 5 p. 100 de richesse moyenne valant 1.045 francs, dont l'extraction a présenté de très-grandes difficultés; 24 ouvriers y ont été employés et les dépenses se sont élevées à 5.557 francs.

Commerce. — L'exportation du nickel est nulle; son importation s'élève à 5.000 kilogrammes valant 58.000 francs.

Antimoine.

Mines. — L'antimoine se rencontre en Italie sous forme de sulfure d'une richesse minérale variant de 35 à 80 p. 100 et quelquefois d'oxyde. Le sulfure d'antimoine se trouve en Toscane, dans une gangue de quartzite, et en Sardaigne, disséminé en veines irrégulières dans les schistes siluriens. L'oxyde d'antimoine est presque toujours mêlé aux argiles.

Les essais d'exploitation de l'antimoine en Italie sont de date toute récente; ils ont lieu, en Toscane, sur un gisement de sulfure.

Commerce. — En 1866 l'Italie a importé, presque exclusivement d'Angleterre, environ 20.000 kilogrammes d'antimoine valant 18.000 francs, et son exportation de cette matière est insignifiante.

Part du Piémont. — La part du Piémont dans la production de l'antimoine est nulle.

Manganèse.

Mines. — Les mines de manganèse de San-Marcello, dans la province de Coni, paraissent avoir fourni le manganèse employé autrefois dans les verreries du Vénitien et du midi de la France. D'autres gisements assez considérables se trouvent en outre en Ligurie, en Sardaigne, en Toscane et en Sicile.

Le manganèse se présente dans ces pays sous la forme d'oxydes d'une richesse de 50 à 80 p. 100, formant des bancs de puissance variable encaissés dans des schistes verdâtres, micacés et chloritiques. Les mines en exploitation sont au nombre de 4, produisant annuellement 18.980 quintaux métriques de minerai d'une valeur de 60.558 francs. La dépense de main-d'œuvre nécessitée par l'extraction est de 42.204 francs répartis entre 215 ouvriers, dont 13 enfants.

Commerce. — Le manganèse est un des produits minéraux que l'Italie travaille ou prépare pour l'exportation; son importation de cette matière est insignifiante, tandis qu'elle en a exporté, en 1866, surtout en Autriche, 5.065 quintaux métriques pour une valeur de 76.558 francs.

Part du Piémont. — Le Piémont prend une part assez notable dans la production de cette marchandise, les deux mines de Chatillon et de San-Marcello en extraient annuellement 2.500 quintaux métriques, riches de 80 p. 100, et valant 17.000 francs.

Mercure.

Gisements. — C'est en Toscane, vers le XII^e siècle, que paraissent avoir été découvertes les premières mines italiennes de mercure. Actuellement le nombre des gisements connus est de 10, dont 2 seulement sont exploités; les 8 autres inexploités ou abandonnés se trouvent tous en Toscane. Des deux exploitations susmentionnées, l'une située à Sicile près Castelazara, en Toscane, a lieu sur un banc de schiste argileux compris entre des calcaires et traversé par de petits filons et des veines hépatiques contenant du cinabre; l'autre, qui est la plus importante, est placée dans la province de Bellune; cette dernière opère sur un gisement de sulfure de mercure mêlé à des pyrites ferrugineuses et irrégulièrement disséminé dans une gangue de schiste et de talc d'une épaisseur de 15 à 30 mètres; il ne paraît d'ailleurs avoir été exploré jusqu'ici qu'imparfaitement.

Le produit de ces deux mines a été, en 1864, de 76.000 quintaux

métriques de minerai valant 57.000 francs, et les dépenses de main-d'œuvre, réparties entre 288 ouvriers, dont 10 enfants, se sont élevées à 86.450 francs.

Établissement pour la réduction du minerai. — Il n'existe en Italie qu'un seul établissement, traitant du minerai de mercure pour une valeur de 55.000 francs, et consommant 570 mètres cubes de charbon végétal valant 5.700 francs, pour produire 250 quintaux métriques de métal valant 91.840 francs; elle a occupé, pour ce travail, 2 ouvriers avec une dépense de main-d'œuvre de 4.260 francs.

Commerce. — L'importation du mercure en Italie atteint à peine, en 1866, 4.000 kilogrammes valant 20.000 francs. L'exportation est insignifiante.

Part du Piémont. — Le mercure ne s'est pas, jusqu'ici, rencontré en Piémont.

Or.

Gisements. — L'or se rencontre un peu partout dans les Alpes et les Apennins piémontais à l'état de pyrites plus ou moins riches en métal; les gisements, dont l'exploitation est ou pourrait être tentée avec quelques chances de succès, se trouvent géographiquement classés en deux groupes; celui du mont Rosa dans les Alpes et celui de la vallée de Corsente, dans les Apennins. Le Piémont est donc la seule des provinces italiennes qui produise de l'or; ce métal y est d'ailleurs obtenu de deux manières différentes: 1° par amalgamation des pyrites aurifères des Alpes et des quartz des Apennins; 2° par le lavage des sables aurifères charriés dans les grandes crues de l'Orco, du Tessin, du Pô, du Serio et de quelques autres torrents.

Les gisements du groupe du mont Rosa sont formés de filons parallèles, assez réguliers et dont la présence a été reconnue dans 6 vallées formées par les contre-forts du mont Rosa du côté de Domodossola; elles portent les noms de val Toppa ou della Marmazza, de val Auzasca, de val Tocce, de val Antigoria, de val Antrona et de val Sesia, et contiennent 5 concessions régulièrement exploitées, 10 gisements dont les travaux préliminaires ne sont pas encore complètement terminés et 5 autres abandonnés ou inexploités. Tous ces gisements sont formés de pyrites aurifères excepté celui de val Toppa, qui est composé de quartz. La plus grande richesse du minerai paraît être dans le val Auzasca, à Macugnaga et à Pastarena; 20 à 50 filons à peu près parallèles forment dans cette vallée, sur une étendue de 2 kilomètres environ, quatre groupes principaux, comprenant de fréquentes concessions, dont la

plus grande partie, ainsi que la mine du val Toppa, est aujourd'hui la propriété d'une compagnie anglaise à responsabilité limitée, fondée au capital de 280.000 livres sterling sous le nom de *Pestarena united gold mining company*. D'autres sociétés, également anglaises ou nationales, exploitent les gisements de val Antigoria et de val Antrona, qui leur ont été récemment concédés. La valeur totale attribuée à la production de l'or dans le groupe du mont Rosa a été, en 1864, de 229.125 francs; depuis elle a considérablement augmenté.

Le groupe du Corsente (Apennins) comprend deux espèces de gisements: le quartz aurifère en filons et les alluvions. Les filons se trouvent dans les montagnes qui séparent la vallée du Corsente de celle de la Piotta, toutes deux affluents de la Sturie d'Ovada; ils sont contenus dans des roches serpentines à fissures parallèles et remplies d'une gangue formée de fragments de ces roches soudées par du quartz; leur puissance maximum est de 0^m,25 et leur richesse varie de 65 à 175 grammes d'or par tonne de minerai. On n'a jamais exploité régulièrement ces filons, dont le gisement le plus productif jusqu'ici, celui de Cassalleggio, a fourni, en 1864, 425 quintaux métriques de minerai valant 5.750 francs.

Les alluvions aurifères recouvrent en divers points, sur une épaisseur notable, le flanc des montagnes dans les vallées de Corsente, de la Piotta et de la Stura. Leur exploitation est attribuée par la loi aux propriétaires du sol, mais elle paraissent de nature à devenir un jour l'objet de concessions spéciales.

Enfin, les torrents des Alpes et des Apennins piémontais qui, comme la Toce, la Sesia, le Tessin, l'Orco, la Dora Baltea, la Stura, le Corsente etc., traversent les terrains aurifères ou reçoivent des affluents qui en proviennent, roulent naturellement, dans les grandes crues, des sables aurifères, qui sont recueillis jusqu'à de grandes distances, par les riverains, dans le lit même des torrents.

La production totale du minerai d'or a été, en 1864, de 1.056 quintaux métriques, représentant une valeur de 245.655 francs, dont 10.000 proviennent de la pêche de l'or dans les torrents. 655 ouvriers, au salaire moyen de 1^f,40 à 2 francs, et 7 enfants, payés de 1 franc à 0^f,80, ont travaillé à ce résultat. Toutefois ces chiffres doivent être aujourd'hui considérablement augmentés et le seront encore davantage dans quelques années, car il paraît vérifié que la Société anglaise de Pestarena produit actuellement à elle seule un kilogramme d'or par jour.

Réduction du minerai. — L'amalgamation des pyrites aurifères avait lieu, en 1864, dans 12 établissements, appartenant tous à la pro-

vince de Novare et possédant 7 moulins pour la trituration du minerai et 465 moulins à amalgamer. 8 de ces établissements, les seuls en activité, ont produit 10.409 kilogrammes d'or et 2.131 kilogrammes d'alliage d'or et d'argent, pour une valeur totale de 236.331 francs. La main-d'œuvre représentant les salaires annuels de 62 ouvriers à 1',70 et de 18 femmes à 1',44 s'est élevée à 23.453 fr., Il est d'ailleurs probable que ces données ne répondent plus aujourd'hui au développement de l'exploitation de l'or signalée plus haut.

L'industrie de l'orfèvrerie est assez florissante en Italie. On trouve en effet les données suivantes sur les tableaux douaniers de 1866 :

MATIÈRES D'OR.

Importation. — 2.766.720 fr. provenant presque exclusivement de la France.

Exportation. — 1.767.880 fr. dont un demi-million à destination de la Turquie et 351.000 fr. à celle de la France.

Soufre.

Mines. — La production minérale la plus importante en Italie est, sans contredit, le soufre. Cette substance se rencontre dans les Marches, l'Émilie, et surtout la Sicile, avec une abondance que la nature éminemment volcanique de la péninsule explique, sans que l'on puisse cependant apprécier l'importance réelle des dépôts; ce qui paraît certain, c'est que la production, qui y est cependant obtenue par les procédés d'exploitation les plus grossiers et les plus primitifs, ne laisse pas de présenter des résultats très-lucratifs.

Production du minerai. — En 1864, on comptait 650 mines de soufre, mais 379 d'entre elles seulement étaient exploitées; elles employaient 14 machines à vapeur d'une force totale de 130 chevaux et 22.935 ouvriers (13.678 adultes et 9.257 enfants) dont les salaires variant entre 3',98 et 1',74 représentaient une dépense annuelle de 7.731.042 francs. Le minerai de soufre extrait s'élevait à 67.587 tonneaux dans les Marches et l'Ombrie, et à 1.105.496 mètres cubes en Sicile.

Production du soufre brut. — Cette quantité de minerai fondue, généralement par un système primitif, a cependant donné 1.813.000 quintaux métriques de soufre brut valant 20.059.795 francs, dont les 19/20 seraient produits par la Sicile et environ la moitié par la seule province de Caltanissetta. La main-d'œuvre de cette fusion s'est élevée, en 1864, à 1.576.217 francs, répartis à raison d'une moyenne de 1',58 par jour et par tête entre 7.737 ouvriers, dont 3.867 sont des enfants.

L'accroissement progressif qu'a subi la production du soufre dans ces dernières années est d'ailleurs considérable : elle a sextuplé en Sicile depuis 1830, et s'est élevée dans les Marches et l'Ombrie, de 54.617 quintaux métriques en 1862, à 86.818 quintaux métriques en 1865.

Production du soufre sublimé. — Les raffineries de soufre qui existent en Italie sont naturellement placées à proximité des dépôts exploités; on n'en compte, toutefois que 8 comprenant 15 fours à la marseillaise et 5 fours à bombones. La quantité de soufre brut fournie à la distillation dans ces établissements a été, en 1864, de 89.802 quintaux métriques valant 959.977 francs, dont on a obtenu 82.250 quintaux métriques de soufre raffiné et sublimé représentant une valeur de 1.295.171 francs; on peut donc évaluer à 8,41 p. 100 le déchet au raffinage, et à 335.194 francs, soit 5 p. 100 environ, la plus-value donnée à la marchandise par cette transformation. 39 ouvriers payés 2',38 par jour et 13 manœuvres à 1',66 ont suffi à ce travail, et la dépense de main-d'œuvre se chiffre par 27.854 francs.

La sublimation du soufre est moins pratiquée en Sicile que dans les Romagnes; le premier de ces pays n'a, en effet, contribué aux chiffres ci-dessous que pour 46.000 francs environ, tandis que la part du second est de 1.250.000 francs.

Commerce. — L'exportation du soufre italien porte principalement sur le soufre brut de Sicile; la part du soufre raffiné y est au contraire assez restreinte. Pour préciser autant que possible cette différence par des chiffres, j'extrait du rapport officiel les données suivantes concernant la période quinquennale 1862-1866.

Exportation du soufre italien.

ANNÉES.	SOUFRE BRUT.	SOUFRE RAFFINÉ.
	quint. métr.	quint. métr.
1862	1.433.237	22.257
1863	1.470.350	57.257
1864	1.398.414	35.524
1865	1.382.325	30.841
1866	1.791.100	34.343
1862-1866	7.473.426	180.222

La moyenne annuelle de cette période quinquennale serait donc pour l'exportation du soufre brut de 1.495.084 quintaux métriques, qui se distribuent comme suit par pays de destination :

	quint. mètr.
Angleterre.	565.457
France.	439.447
États-Unis.	79.067
Hollande.	74.559
Amérique méridionale et centrale.	58.635
Villes anséatiques.	52.428
Grèce.	51.741
Autriche.	41.404
Espagne.	32.572
Russie.	32.119
Zolverein.	25.000
Belgique.	10.000
Autres pays.	32.655
Total.	1.495.034

Quant au soufre raffiné, l'exportation en 1865, qui a été une des plus abondantes et dont la valeur est représentée par 2.257.000 fr., s'est répartie sur les pays suivants :

	quint. mètr.
Amérique méridionale.	32.000
Angleterre.	19.000
Autriche et Hollande.	7.000
Orient et autres pays.	12.841
Total.	70.841

Les prix du soufre raffiné italien sont d'ailleurs tombés de 20^f,70 en 1862, à 15^f,50 en 1866.

Pétrole et asphalte.

Gisements. — Le pétrole se rencontre, paraît-il, en Italie assez fréquemment, et quelques-uns de ces gisements auraient même une importance qui pourrait peut-être donner naissance à une exploitation lucrative sur une grande échelle. Les pays où sa présence a été reconnue jusqu'ici sont l'arrondissement de Chieti dans les Abruzzes, les provinces de Parme et de Plaisance, l'Émilie et Lomelline, dans les environs de Voghera.

La production de 1864 a été insignifiante, mais le gouvernement italien vient de concéder récemment deux mines dans les provinces de Parme et de Plaisance, dont on espère de beaux résultats, à une compagnie américaine, et une autre mine dans les mêmes localités à une compagnie génoise ; les travaux de ces concessionnaires sont à peine commencés.

Usines pour la purification du pétrole. — Deux usines sont établies en Italie pour la purification du pétrole : l'une à Porto-Reca-

nati (Macerata) emploie les bitumes et les pétroles de Chieti ; l'autre, située à Turin même, raffine les pétroles américains.

Les matières premières employées en 1864 par ces deux établissements sont :

	QUANTITÉS.	VALEURS.
	quint. mètr.	francs.
Pétrole brut.	8.000	247.000
Bitume.	500	
Produits chimiques, acide sulfurique, sulfate de soude, etc.		11.000
Les combustibles sont :		
Houilles.	3.000	22.000
Tourbe.	3.500	
A ces débours il faut ajouter :		
Les dépenses de main-d'œuvre.		14.265
Total des frais.		294.265

Par contre, les produits obtenus ont été :

MINES.	DÉNOMINATION des produits.	QUANTITÉS en quintaux métriques.	VALEUR en francs.	TOTAUX.
		quint. mètr.	francs.	francs.
Porto-Recanati.	Pétrole raffiné.	250	18.750	27.450
	Pétrole brut.	120	7.200	
	Asphalte.	100	1.500	
Molinetto (Turin).	Pétrole raffiné.	6.400	416.000	488.000
	Benzine.	800	64.000	
	Cateame.	800	8.000	
Soit une valeur totale de.				294.265
Dont 95 p. 100 sont afférents à l'usine piémontaise.				

Deux autres établissements pour la distillation des schistes bitumineux, avec 12 fours de distillation, viennent en outre de se fonder dans la province de Venise, mais ils n'en sont encore qu'à leur période d'essai.

Fabrication de l'asphalte. — La fabrication de l'asphalte a lieu dans 5 usines, dont 2 situées en Piémont (Turin et Alexandrie), 1 à Milan et 2 à Venise. Les 2 usines piémontaises emploient 220 mètres cubes de poussière des routes et 2.200 quintaux métriques de bitume, pour produire 7.000 quintaux métriques d'asphalte artificielle et 550 quintaux métriques de créosote.

Commerce. — L'importation italienne des bitumes atteint an-

nuellement 62.000 quintaux métriques valant 1.687.000 francs ; l'exportation ne surpasse pas 4.400 quintaux métriques valant 120.000 francs.

Combustibles fossiles.

Je terminerai ce travail par les combustibles fossiles de l'Italie. On pourra ainsi apprécier combien ce pays est encore loin de pouvoir se suffire à lui-même sous ce point de vue, et quelles entraves son industrie métallurgique en particulier doit rencontrer de ce chef dans ses essais de développement, les combustibles actuellement employés, comme le bois et le charbon végétal, étant naturellement soumis à un débit restreint et coûtant beaucoup trop cher.

Les combustibles fossiles de l'Italie se composent d'antracite, de lignite et de tourbe.

Anthracite. — L'antracite est assez rare, on en trouve cependant dans la vallée d'Aoste en Piémont, où ces gisements ont donné lieu à 4 concessions, ainsi qu'en Sardaigne; mais la proportion énorme des cendres des premiers et la difficulté des voies de communication pour les seconds en rendent l'exploitation malaisée, peu abondante et, par suite, onéreuse.

Des 4 mines de la vallée d'Aoste, 2 sont abandonnées, et les travaux des deux autres ne se poursuivent qu'à titre de recherches. Ces dernières produisent annuellement 950 quintaux métriques seulement de charbon valant 950 francs, et la dépense de main-d'œuvre y est de 780 francs répartis sur 4 ouvriers seulement; leur produit, légèrement sulfureux, est peu propre à la métallurgie du fer; voici d'ailleurs quelle serait son analyse chimique:

	p. 100
Carbone	72,20
Matières volatiles	5,30
Cendres	22,50

On évalue à 5.710 calories sa puissance calorifique.

Lignite. — Au contraire de l'antracite, les dépôts de lignite italien sont très-fréquents, les qualités du lignite italien lui permettraient même, en certains cas, de suppléer la houille, à laquelle ils sont préférables comme prix de revient.

Le lignite paraît être employé depuis le xvi^e siècle dans la province de Lucques pour la réduction du minerai de fer. On le rencontre actuellement dans la province de Bergame, où il forme un

banc puissant, dans celle de Venise, dans le Napolitain, en Toscane et dans la province de Coni (Piémont).

Le nombre des mines de cette substance est de 37, dont 20 exploitées, 3 en recherche et 14 abandonnées; dans ces chiffres, le Piémont figure pour 2 mines en recherches et 2 mines abandonnées.

La production du lignite a été, en 1864, de 415.555 quintaux métriques valant 472.000 francs; le nombre des ouvriers employés, de 750 au salaire moyen de 1,56 par jour, et la dépense annuelle de main-d'œuvre de 247.846 francs. L'extraction du lignite paraît être très-lucrative quand on peut la faire à ciel ouvert; dans d'autres conditions elle exige, pour ne pas être onéreuse, que le dépôt soit étendu et ait au moins 1 mètre d'épaisseur. La composition chimique des différentes qualités de ce combustible reste constamment inférieure à 75 p. 100 de carbone, et leur puissance calorifique maximum est de 7.485 calories.

Il existe à San Pier d'Arena, près de Gênes, une usine pour l'agglomération du charbon minéral italien; elle emploie 30 ouvriers coûtant 20.250 francs, et produit environ 200.000 quintaux métriques de briquettes représentant une valeur de 800.000 francs.

Tourbe. — La tourbe est employée en Italie, dans quelques industries, mais surtout par la classe pauvre, pour qui son bas prix la rend préférable au bois. La statistique de ce combustible se résume dans les chiffres suivants:

Tourbières exploitées	Nombre	9
Tourbières non exploitées	Id	4
Superficie totale des bassins	Hectares	1.455,78
Profondeurs	{ Maxima	Mètres 4,00
	{ Minima	Id 0,34
Tourbe extraite	{ Quantité séchée	Quint. mét. 668.310
	{ Valeur	Francs 532.449
Ouvriers employés	Nombre	2.407
Salaire journalier moyen	Francs	1,22
Dépense annuelle de main-d'œuvre	Id	296.618

La tourbe retirée du sol contient environ 50 p. 100 d'eau; on la sèche sur les lieux et quelques producteurs la soumettent même à une série d'opérations qui ont pour but de la débarrasser en partie des corps étrangers qui peuvent y être mêlés, et de la rendre plus compacte; ils arrivent quelquefois ainsi à quadrupler sa densité. Ainsi préparée, la tourbe du Piémont a une puissance de 6.000 calories environ; sa combustion ne dégageant pas d'ailleurs de gaz sulfurés la rend propre à plusieurs industries et spéciale-

ment à la métallurgie du fer, où elle est en effet employée; on peut même s'en servir pour les soudages du fer battu.

Tels sont les combustibles fossiles de l'Italie. Je n'ajouterai plus qu'un mot pour en déterminer la valeur réelle, en les comparant, pour les résultats qu'ils peuvent fournir, aux charbons anglais par exemple. Les expériences faites ont, paraît-il, démontré que l'équivalent d'une tonne de Newcastle était :

	kilogrammes.
Pour le lignite de bonne qualité.	1.202 à 1.905
Pour le lignite de qualité ordinaire.	1.960 à 2.651
Pour la tourbe.	1.621 à 2.331

Production annuelle.—La production totale et la consommation des combustibles fossiles en Italie peut d'ailleurs être ainsi résumée pour une année moyenne antérieure à 1864 :

	HOUILLE.	ANTHRACITE et lignite.	TOURBE.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Production.	47.231	47.231	66.831
Consommation.	474.239	47.231	66.831
Importation.	474.239	"	"

Commerce.—L'exportation de ces matières serait donc nulle. Quant à l'importation, qui porterait exclusivement sur la houille, elle peut être répartie par pays de provenance, pour 1864, 1865 et 1866, ainsi qu'il suit :

	1864.	1865.	1866.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Angleterre.	440.032	374.176	446.202
France.	61.242	52.058	38.609
Autriche.	32.906	22.176	23.156
Autres pays.	19.451	7.629	16.075
Totaux.	554.631	456.039	524.042

La part afférente à la France dans cette répartition s'est amoindrie en deux ans d'une manière très-notable (près de 40 p. 100). Peut-être faut-il attribuer ce résultat fâcheux aux difficultés et à la cherté des moyens de transport, pour lesquels l'Angleterre offre au contraire la facilité et le bon marché relatifs de son fret maritime, qui ne fait pas revenir le prix d'un tonneau de charbon de

Newcastle rendu en Italie, à plus de 40 francs, tandis que la houille arrivant par voie de France, coûte de 50 à 60 francs la tonne.

(Extrait d'un rapport adressé le 29 mars 1869, à M. le ministre des affaires étrangères, par M. A. D. DEFLY, élève consul de France à Turin.)

Notice statistique sur l'industrie minérale de la province du Hainaut.

M. Jochams, ingénieur directeur des mines du Hainaut, vient de publier un rapport des plus complets sur la situation des industries houillère et sidérurgique de la Belgique, et plus spécialement de celles de la province du Hainaut (districts de Mons, du Centre et de Charleroy). Un court extrait de cet important travail nous a paru devoir offrir quelque intérêt aux lecteurs des *Annales des mines*.

L'industrie houillère s'est rapidement développée en Belgique jusqu'à l'année 1866; elle décroît depuis cette époque, ainsi que cela résulte du tableau suivant :

ANNÉES.	PRODUCTION en tonnes.
	tonnes.
1863	10,345 000
1864	11,158 000
1865	11,811 000
1866	12,775 000
1867	12,756 000
1868	12,299 000

Le déficit de 1868 sur 1866 est de près de 500.000 tonnes, soit 4 1/2 p. 100 du chiffre de 1866. Ce ralentissement provient sans doute, en partie, du malaise général de l'industrie; mais il prouve aussi, à mon avis, qu'un bassin houiller ne saurait développer sa production au delà d'un certain maximum; et si aujourd'hui la production houillère augmente encore d'année en année, tant en Angleterre qu'en France, si même elle tend depuis 1850 à doubler tous les quinze ans dans les deux pays, on ne saurait admettre que cette progression si rapide puisse se soutenir longtemps.

Le développement des travaux est non-seulement limité par l'étendue même des bassins houillers, mais encore et surtout par le grand nombre de bras qu'exige le travail des mines, travail que les machines-outils ne pourront jamais remplacer dans une notable proportion. D'ailleurs, si les machines peuvent économiser quelques bras, l'approfondissement des travaux, le triage et le lavage plus soigné de la houille réclameront un surcroît à peu près égal.

C'est en admettant le développement progressif des travaux, le doublement de la production par chaque nouvelle période de quinze ans, que l'on a cherché à établir, dans ces derniers temps, le prompt épuisement des bassins houillers. Les houillères s'épuisent sans doute d'année en année, mais la production de chaque bassin, et par suite de chaque pays, ne saurait dépasser un certain maximum, qui bientôt sera partout atteint dans notre vieille Europe. La production oscillera longtemps autour de ce maximum, puis diminuera graduellement jusqu'à complet épuisement.

La Belgique est-elle déjà arrivée à ce maximum? Je ne saurais le dire, mais en tous cas elle ne me paraît pas devoir en être fort éloignée.

L'extraction de la houille, je viens de le rappeler, exige un personnel considérable. En Angleterre il faut, en moyenne, une journée d'ouvrier par tonne de houille mise en wagon. En 1867 le Royaume-Uni a fourni, en effet, 165 millions de tonnes à l'aide de 355.000 ouvriers, ce qui donne 515 tonnes par an et par homme, ou une tonne par jour. En Belgique, où les couches sont bien plus minces et moins régulières, chaque ouvrier des mines ne fournit qu'une demi-tonne, ou même seulement 140 à 150 tonnes par année. En France, les couches sont plus puissantes qu'en Belgique, mais en général encore plus tourmentées et plus mêlées de schistes; en sorte que la production n'est également que d'une demi tonne par journée d'ouvrier, et tout au plus de deux tiers de tonne dans les mines les plus favorisées.

M. Jochams fait ressortir, dans son rapport, les difficultés rapidement croissantes du travail des mines :

L'approfondissement annuel des puits a été, ces dernières années, de 9 mètres en moyenne dans le Hainaut, et même de 11 mètres en 1868, en sorte que tous les dix ans la profondeur des travaux s'accroît de 90 à 100 mètres. Déjà en ce moment la profondeur moyenne des puits d'extraction y est de 400 mètres; elle approchera par suite de 1.000 mètres dans soixante ans!

Avec ces profondeurs croissantes, augmente forcément le prix de la houille; elle a haussé en Belgique dans ces vingt dernières

années de 4 à 5 francs par tonne. Les prix de vente étaient en effet, dans le Hainaut :

En	de	fr.
1849	7,63	
1853	8,72	
1859	11,80	
1864	10,17	
1866	12,23	
1867	12,88	
1868	11,08	

On voit cependant une forte baisse en 1868, et même comparativement à 1867, dans un rapport plus grand que la production.

Mais si le prix de la houille a haussé de 4 à 5 francs par tonne depuis vingt ans, ce sont les ouvriers surtout qui en ont profité et non les exploitants.

Les salaires annuels ont été en moyenne par homme :

En	de	fr.
1849	468	
1853	591	
1859	759	
1864	719	
1866	884	
1867	907	
1868	812	

tandis que les bénéfices par tonne furent, d'après M. Jochams,

En	de	fr.
1849	0,67	
1853	1,15	
1859	1,19	
1864	1,02	
1866	1,97	
1867	1,74	
1868	0,84	

Les salaires annuels ont presque doublé, lorsque le bénéfice par tonne, momentanément élevé en 1866 et 1867, n'est guère plus considérable en 1868 qu'en 1849.

La production moyenne des puits oscille depuis quelques années, à Mons, entre 50 et 55.000 tonnes à Charleroy, autour de 45 à 46.000 tonnes.

La Belgique exporte 35 à 40 p. 100 de sa production houillère, et sur ce total la France en reçoit les 0,96.

En 1866, l'exportation de la Belgique pour la France a été de :

3.819.000 tonnes de houille
511.000 tonnes de coke;

en 1868 de :

3.612.000 tonnes de houille
540.000 tonnes de coke.

M. Jochams estime la consommation industrielle et domestique de la Belgique à 7.895.000 tonnes de houille, soit 1.800 kilog. par habitant, tandis qu'en Angleterre on arrive au chiffre de 2.950 kil. et en France à peine à 600 kilog.

L'activité métallurgique baisse aussi en Belgique depuis deux ans, comme celle des mines de houille. La province du Hainaut, qui fournit les deux tiers de la fonte des usines belges, a donné les résultats suivants :

En 1866.	313.400 tonnes de fonte cotées 82 fr.		
1867.	273.700	—	77
1868.	287.735	—	71

La Belgique entière a produit, en 1868, 481.757 tonnes, provenant de 41 hauts fourneaux, dont 17 dans la province de Liège et 24 dans le Hainaut.

Au reste, si la production totale tend à diminuer, la moyenne par haut fourneau est par contre en voie de progression.

En 1866 elle était à très-peu près, par année, de 10.000 tonnes.			
1867	—	—	11.000
1868	—	—	12.000

Les minerais de fer indigènes ne suffisent plus à la production belge. Les quantités importées augmentent d'année en année.

En 1866 on a importé 307.800 tonnes contre une exportation de 157.695 tonnes.			
En 1868	—	396.282	—
			136.067

Les minerais importés proviennent pour un tiers de la France et deux tiers de l'Allemagne, tandis que les minerais exportés se dirigent surtout vers les usines françaises; mais, comme on le voit, la masse des minerais exportés tend à diminuer. Il en est de même de la fonte. En 1866, la Belgique en expédiait encore en France 10.951 tonnes; en 1868, le chiffre se réduit à 7.010 tonnes; et M. Jochams prévoit le moment où la France fournira des fontes aux forges belges.

La fabrication du fer suit la même marche décroissante que celle de la fonte.

En 1866, la production du Hainaut était de 234.460 tonnes.			
En 1868,	—	206.815	—

De plus, dans cet intervalle de temps, les prix sont tombés de 180 francs à 168 francs; cependant les exportations, en rails surtout, sont toujours considérables. La Russie en a reçu, en 1868,

45.000 tonnes, l'Allemagne 7,000 tonnes, les États-Unis 6.800 tonnes, etc.

La production totale de la Belgique en fers de toutes sortes a atteint, en 1866, le chiffre de 368.452 tonnes; si l'industrie des houilles et des fers souffre et décline depuis 1866, il n'en est pas de même de celle des verres et des glaces. La valeur des produits livrés au commerce par les verreries est montée, dans le Hainaut, de 16.922.000 francs en 1866, à 20.454.000 francs en 1868.

Notons encore qu'au 31 décembre 1866, le nombre total des moteurs à vapeur était en Belgique de 7.536, d'une puissance réunie de 267.669 chevaux. Enfin, du tableau que publie M. Jochams, il résulte que durant la période des trois dernières années, 24 ouvriers ont été tués annuellement dans le Hainaut sur 10.000, ou 17 par chaque million de tonnes amené au jour.

En Angleterre, la même moyenne est 38 ouvriers sur 10.000; mais à cause de la plus forte production par homme, ce chiffre correspond en réalité à 12 seulement par million de tonnes.

M. Jochams s'occupe aussi de la délicate question du travail des femmes dans les mines. Le nombre des ouvrières est 11.058 dans les mines du Hainaut. Le savant ingénieur incline à penser que le travail des femmes dans les mines offre en réalité peu d'inconvénients; que la mesure qui leur interdirait ce genre de travail pourrait avoir des conséquences graves pour certaines familles; enfin qu'au point de vue de la moralité, l'oisiveté produirait des effets plus fâcheux que le travail des mines, et qu'en fait la conduite de ces ouvrières est plus régulière que celle de beaucoup de femmes de contrées purement agricoles. Je résume cette manière de voir sans vouloir la juger.

(Extrait par M. L. GRUNER, inspecteur général des mines, du rapport de M. JOCHAMS, ingénieur en chef, directeur des mines en Belgique; mai 1867.)

**Production des mines, salines et usines, dans les pays
faisant partie du Zollverein.**

Le premier tableau donnant pour chaque État le nombre d'établissements et la valeur de la production totale montre l'importance relative de chacun d'eux.

Le second tableau indique la répartition de la production totale d'après la nature des produits : il devra être rapproché des tableaux analogues qui ont été donnés pour la Prusse seule dans un précédent Bulletin.

TABLEAU N° 1. — Production totale des différents États en 1867.

PAYS.	NOMBRE DE mines, salines et fonderies.	VALEUR DE LA PRODUCTION en 1867.	VALEUR relative.
		francs.	
Prusse	4.068	665.063.763,75	1,000
Saxe	644	52.313.900,50	0,078
Bavière	573	23.647.290,00	0,034
Wurtemberg	63	9.112.365,00	0,013
Luxembourg	26	7.598.126,25	0,011
Bade	52	4.005.832,50	0,006
Brunswick	25	3.802.691,25	0,006
Anhalt	29	3.344.602,50	0,005
Grand-duché de Hesse	35	3.013.522,50	0,004
Oldenbourg	10	2.388.352,50	0,004
Thuringe, États saxons	324	2.228.445,00	0,003
Waldeck et Pyrmont	5	82.136,25	"
Lippe	1	70.837,50	"
Totaux	1.855	776.671.866,50	1.164

TABLEAU N° 2. — Détail de la production du Zollverein en 1867.

PRODUITS.	Quantité.		NOMBRE d'établisscm.	
	Nature.	Valeur.		
		tonnes.	francs.	
MINES.				
Houille		23.738.327	170.898.566	674
Lignites		6.994.818	25.063.803	865
Minerais de fer		3.764.464	22.966.912	1859
— de zinc		368.923	10.053.386	64
— de plomb		95.593	19.410.011	188
— de cuivre		178.850	4.941.953	74
— d'argent et d'or		31.953	5.495.137	188
— de mercure		35	3.356	5
— de cobalt et de nickel		655	401.381	5
— d'arsenic		1.245	52.867	4
— d'antimoine		44	5.527	4
— de manganèse		60.342	2.494.571	242
Pyrites de fer		79.612	1.716.806	30
Minerais d'alun		17.160	42.300	3
Graphite		564	39.720	27
Spath fluor		6.445	65.145	7
SALINES.				
Sel gemme		275.674	3.030.806	6
Sel raffiné		276.188	12.789.772	64
Sel commun		6.308	233.010	"
Gypse pour engrais		7.429	52.113	25
USINES.				
Fonte		960.806	81.225.451	118
Fonte aciérieuse		71.357	7.663.365	52
Fonte de moulage de 1 ^{re} fusion		126.443	15.416.415	14
— de 2 ^e fusion		189.000	49.335.161	381
Fers en barres		540.375	128.658.363	347
Tôle et fers blancs		69.507	22.017.622	34
Fils de fer		31.641	10.223.118	98
Acier		122.591	72.809.711	214
Zinc brut et blanc de zinc		66.319	31.431.828	46
Zinc laminé		17.573	9.869.688	6
		kilogrammes.		
Or		84.752	293.842	1
Argent		88.325.882	19.784.392	7
Mercure		550.000	3.356	1
		tonnes.		
Plomb brut		43.982	20.131.537	17
Plomb laminé		1.169	597.757	3
Litharges		5.864	2.322.041	1
Cuivre brut		1.169	597.757	12
Cuivre façonné		3.872	7.818.637	26
Laiton		2.003	4.791.506	32
Nickel et composés dérivés		414	1.720.080	6
Small et composés de cobalt		447	982.886	3
Composés arsenicaux		1.001	279.108	4
Antimoine		60	58.500	1
Alun		2.885	595.833	7
Sulfate de cuivre		2.176	1.262.047	2
Sulfate de fer		4.084	3.825.150	7
Sulfates mélangés		878	171.243	1
Soufre		136	40.728	2
Totaux			776.671.866	1855

(Extrait par M. Douvillé, ingénieur des mines, d'un rapport adressé à M. le ministre des affaires étrangères par M. BENEDETTI, ambassadeur de France à Berlin.)

Supplément aux notes additionnelles sur la métallurgie du plomb, par M. Gruner.

La note additionnelle à mon mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du plomb se trouvait déjà imprimée, lorsque je reçus de M. H. Siéger, représentant de la compagnie qui exploite les brevets Flach, une brochure intitulée : *Mise en parallèle des procédés FLACH et CORDURIÉ.*

Je crois de mon devoir d'en extraire les points suivants :

Le procédé primitif du chimiste Flach a été sensiblement modifié.

À l'origine, et tout récemment encore, à l'usine de Burgfeyer près de Mechernich, on traitait au four à cuve, pour enlever le zinc, aussi bien le plomb désargenté que l'alliage riche. C'est cette refonte du plomb pauvre que je n'ai pas craint d'appeler *barbara* (voir ci-dessus page 16), à cause du déchet inévitable et de l'incomplète épuration du plomb marchand. L'ingénieur Flach dut en faire l'expérience à ses dépens, car aujourd'hui, et depuis la fin de 1866, l'épuration du plomb pauvre se fait, selon M. Siéger, au four à réverbère et à l'aide du perchage (*poting*), suivant le système de M. Roswag, ce qui aurait ramené le déchet sur le plomb de 1,3 p. 100 à 0,5 p. 100, tandis que la proportion d'oxydes produits ne dépasserait pas lors de cet affinage 7 à 7 1/2 p. 100 (pages 7 et 14 de la brochure de M. Siéger). Quant aux écumages riches, on les liquate à une température assez élevée pour ne conserver dans les croûtes liquatées que 1 5/4 à 2 1/4 p. 100 du plomb mis en traitement, et pour obtenir un alliage tenant jusqu'à 7 et parfois même 10 à 12 p. 100 de son poids en argent fin.

Cet alliage triple si riche passe au four à cuve avec des scories ferrugineuses. Le zinc est volatilisé ou entraîné sous forme d'oxydes par les scories; le plomb obtenu est coupellé. On traite 1.000 kil. d'alliage avec 1.400 kil. de scories et une consommation de 544 kil. de coke, en fondant 5 tonnes par vingt quatre heures. Les scories produites ne renfermeraient que 0,387 p. 100 de plomb et très-

rarement un peu d'argent (page 17). Cette dernière assertion, je l'avoue, me surprend beaucoup; ce serait le premier exemple d'un lit de fusion riche produisant des scories aussi pauvres. Mais il y a plus, on affirme obtenir couramment un excédant d'argent de 2 à 2 3/4 p. 100! Il est vrai que, pour diminuer les pertes par volatilisation, on charge l'alliage directement vers le milieu de la cuve, à 1 mètre au-dessous du gueulard et 1^m,50 au-dessus des tuyères.

Le procédé Flach, ainsi modifié, fonctionne depuis trois ans dans l'ancienne usine de M. Figueroa à Marseille, exploitée par MM. Guillemin et compagnie. On s'en sert aussi à l'usine de Par (Cornwal), à Mechernich (Prusse) et chez MM. Locke Blackett et compagnie à Newcastle. Les certificats que publie M. Siéger, à l'appui du procédé, sont satisfaisants, voire même brillants. Je ne suis pas en mesure de les contrôler, mais j'admets parfaitement que, comparé au patinsonage, le procédé Flach offre des avantages très-réels. On les estime à 40 à 45 p. 100 lorsqu'on traite des plombs d'œuvre tenant 1.800 à 2.000 grammes par tonne. Le procédé est expéditif, les frais directs faibles, l'atelier et les manipulations simples. Je suis même porté à croire que le déchet total sur le plomb, comme on l'assure à l'usine de Par, ne doit pas dépasser 2 1/4 p. 100. Mais lorsqu'on affirme, en outre, que les pertes d'argent sont nulles, il me sera permis d'en douter. Il est évident d'abord qu'on ne saurait trouver plus d'argent fin que le plomb d'œuvre n'en renferme; si donc il y a un excédant de 2 à 2 3/4 p. 100, cela signifie simplement que le procédé Flach l'emporte sur le patinsonage et que les essais des plombs d'œuvre ont été mal faits. Or j'admets parfaitement, (les expériences comparatives faites au Hartz et ailleurs le prouvent,) que tous les procédés de désargenteration par le zinc l'emportent sur le patinsonage. Mais la question n'est pas là. Le point en discussion est le mode d'épuration du plomb pauvre zingueux et le traitement de l'alliage riche. Fautil épurer le plomb pauvre dans un chaudron par la vapeur d'eau, ou dans un réverbère par l'air et le perchage? Doit-on traiter l'alliage riche par la vapeur d'eau, puis les oxydes par l'acide chlorhydrique, comme au Havre, ou par scorification au four de coupelle, comme au Hartz? ou bien doit-on passer cet alliage au four à cuve, selon le procédé de l'ingénieur Flach? L'expérience seule peut ici prononcer, et l'expérience devrait être faite dans une même usine et dans des conditions tout à fait identiques. Ils se pourrait d'ailleurs que le résultat de ces essais comparatifs variât avec les conditions locales et la nature du plomb d'œuvre. Toutefois je ne puis m'empêcher de croire que l'épuration du plomb pauvre par la vapeur d'eau soit moins in-

salubre et donne moins de poussières oxydées que l'affinage au réverbère par l'air, et je crains que le traitement de l'alliage riche au four à cuve n'occasionne de sensibles pertes en argent.

En tous cas, quel que soit le mode spécial auquel on s'arrête finalement, on peut conclure, avec plus de certitude que jamais, que la désargentation par le zinc est partout appelée à remplacer le patinsonage.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SEIZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages
Notice sur les gîtes minéraux et les matériaux de construction de l'Algérie; par M. <i>Ville</i>	133
Note sur quelques minéraux du Chili; par M. <i>Dorneyko</i>	557
Ressources minérales de l'Ariège (1 ^{re} partie); par M. <i>Mussy</i>	547

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Examen du procédé Heaton; par M. <i>Gruner</i>	199
Notice sur quelques procédés nouveaux de la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier; par M. <i>Gruner</i>	281
Notes additionnelles sur l'état actuel de la métallurgie du plomb; par M. <i>Gruner</i>	519

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Note sur l'application du procédé Kind-Chaudron au creusement de la fosse n° 4 de la compagnie des mines de l'Escarpelle; par M. <i>de Boisset</i>	571
Mémoire sur les mines et usines du Banat; par M. <i>Castel</i>	405

OBJETS DIVERS.

Emploi des eaux d'égout en agriculture d'après les faits observés en France et à l'étranger; par M. <i>Ch. de Freycinet</i>	1
Recherches sur l'emploi agricole des résidus de quelques usines; par MM. <i>Éd. Nivoit</i> et <i>Éd. Létrange</i>	299

BULLETIN.

	Pages.
Terrains aurifères récemment découverts dans le nord de l'Écosse.	597
Sur les mines d'or, d'argent et d'étain récemment découvertes dans les environs de Los Angeles (Californie).	599
Rapport sur l'industrie minière et l'industrie métallurgique en Italie.	600
Notice statistique sur l'industrie minière de la province du Hainaut.	627
Production des mines, salines et usines dans les pays faisant partie du Zollverein	632
Supplément aux Notes additionnelles sur la métallurgie du plomb par M. Gruyer.	634

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME SEIZIÈME.

	Pages.
Pl. I. <i>Fig. 1 à 4.</i> Four Siemens pour la fusion de l'acier.	281
<i>Fig. 5 à 9.</i> Convertor Heaton.	199
Pl. II. <i>Fig. 1 à 5.</i> Four Siemens pour l'affinage de la fonte par le minerai réduit.	281
Pl. III. <i>Fig. 1 à 5.</i> Four d'affinage pour acier fondu (procédé Martin). <i>Fig. 6 à 9.</i> Générateur Boëtius. <i>Fig. 10 à 12.</i> Appareil Ellershausen.	
Pl. IV et Pl. V. Procédé Kind-Chaudron aux mines de l'Escarpelle.	371
Pl. VI, VII, VIII et XI. Mines et usines du Banat.	405

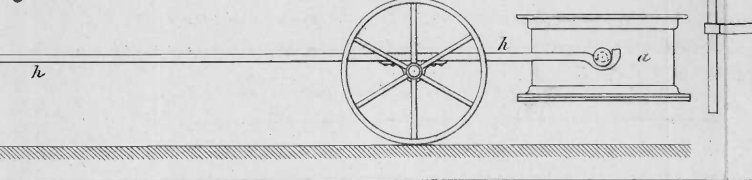
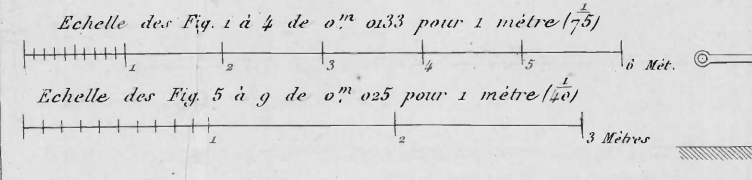
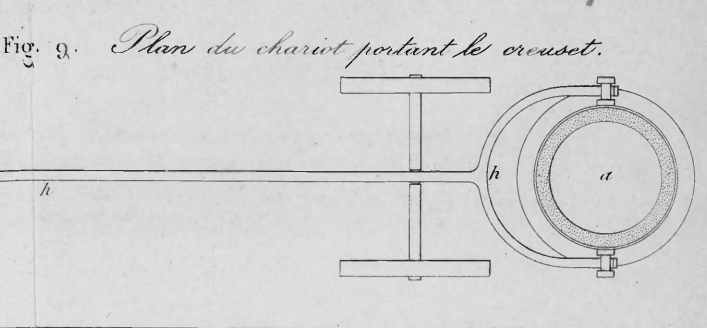
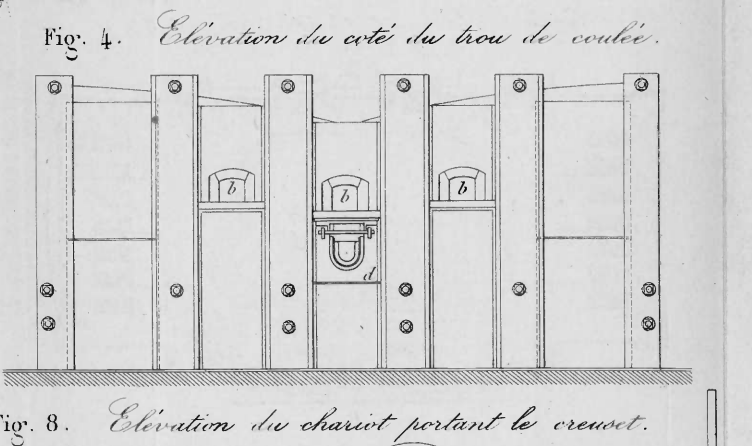
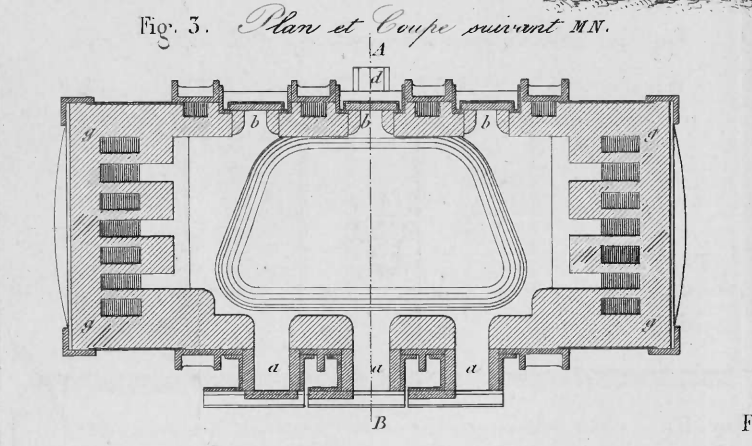
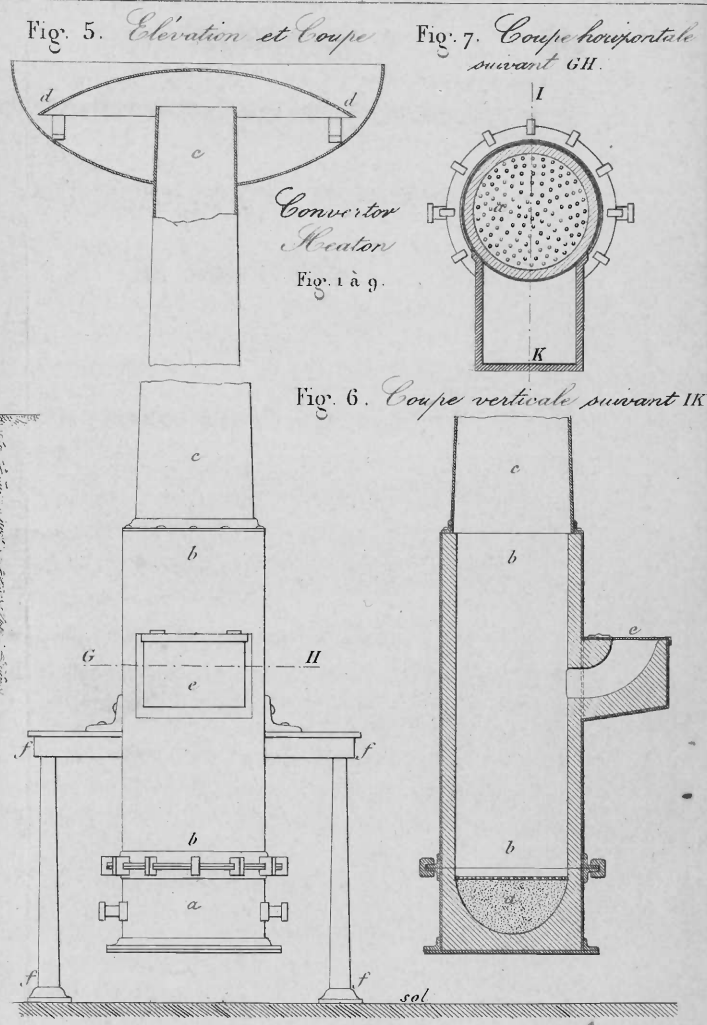
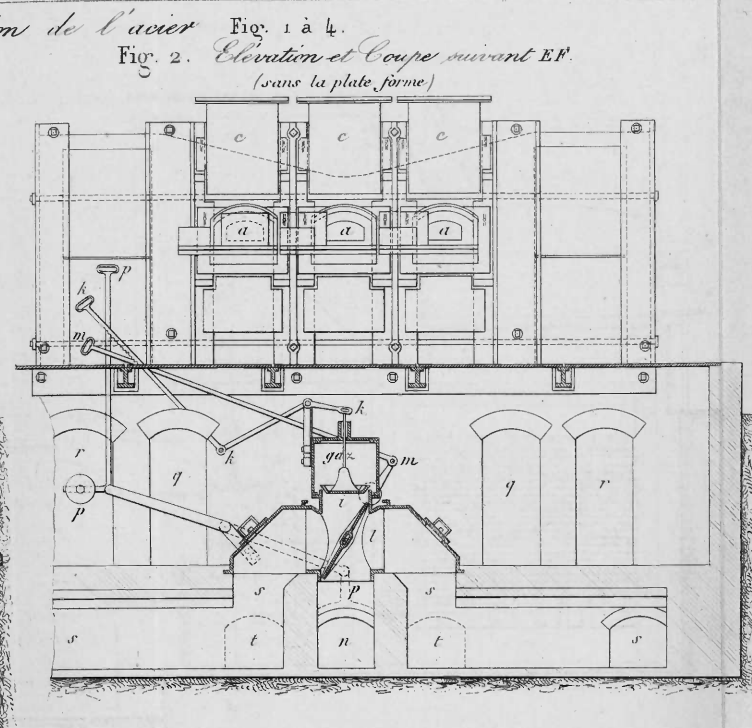
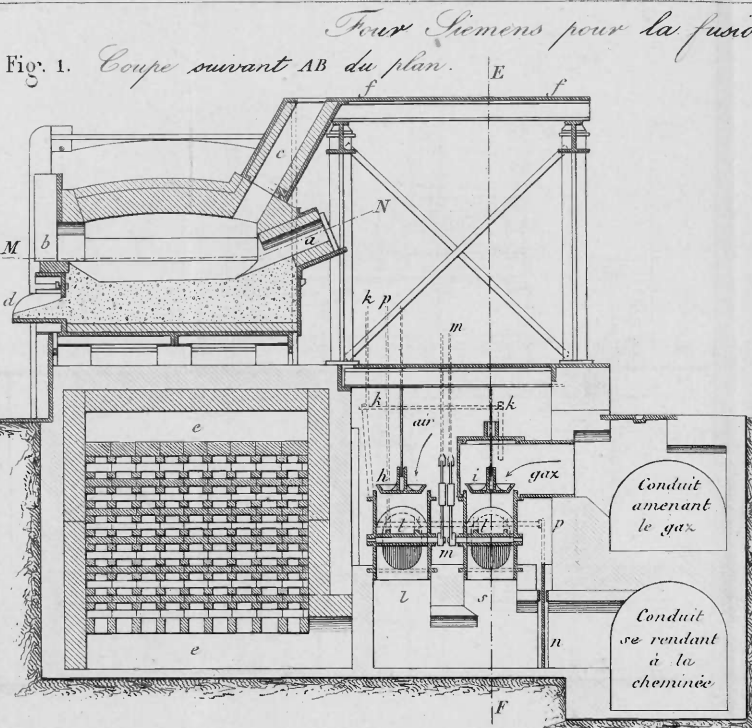


Fig. 1. Coupe verticale suivant AB.

Four Siemens pour l'affinage de la fonte par le minerai réduit.

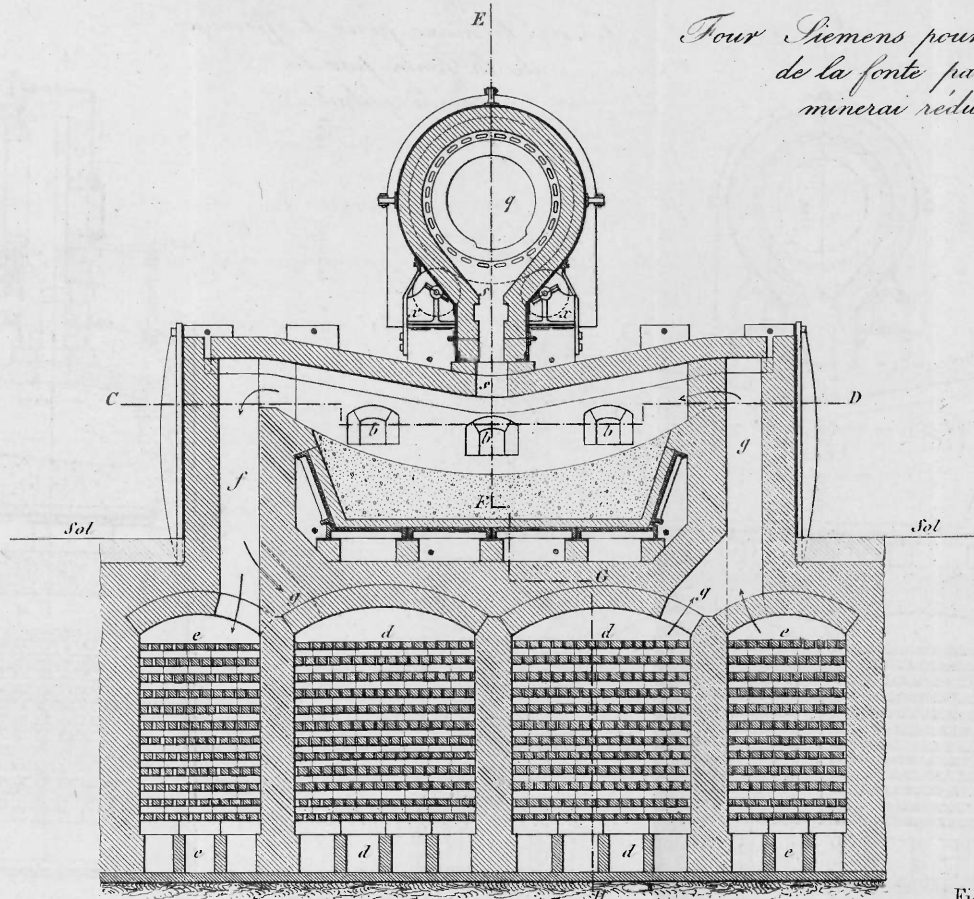


Fig. 2. Coupe horizontale suivant CD.

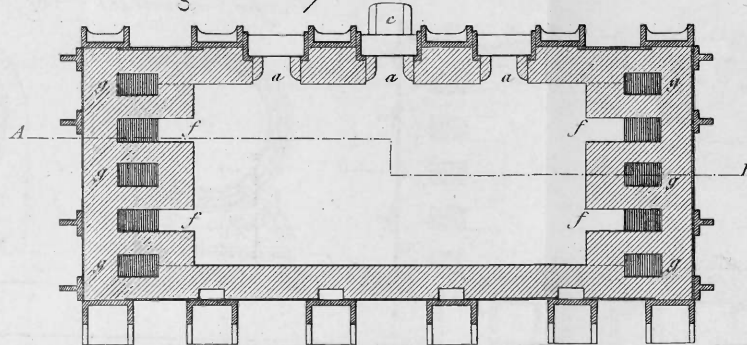


Fig. 3. Coupe verticale suivant EFGH.

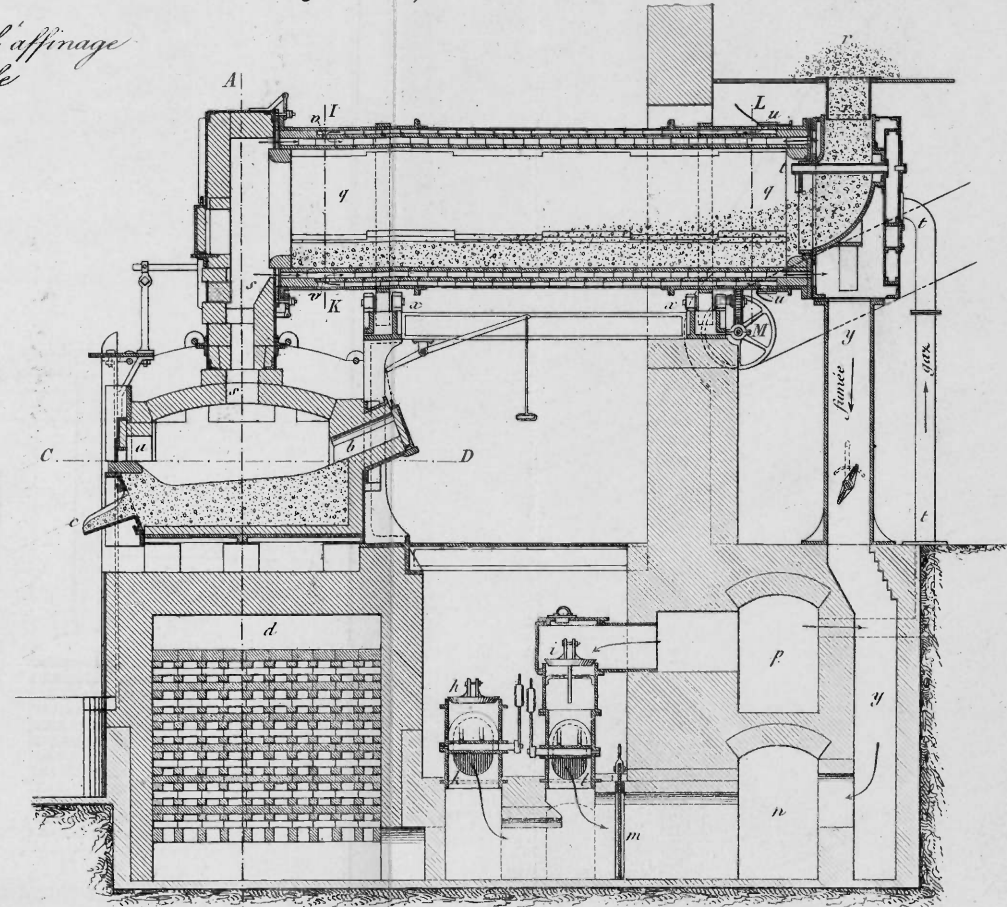


Fig. 4.

Coupe suivant IK.

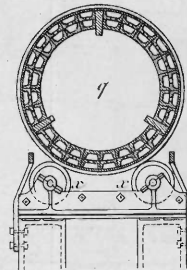
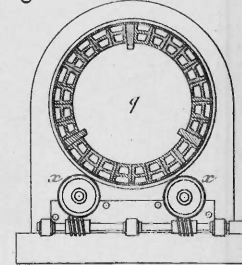


Fig. 5. Coupe suivant LM.



Echelle de 0^m 0133 pour 1 mètre

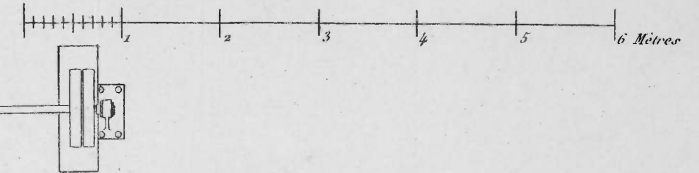


Fig. 1. Fosse avec machines d'épuisement à balanciers et 4 pompes de 0^m60

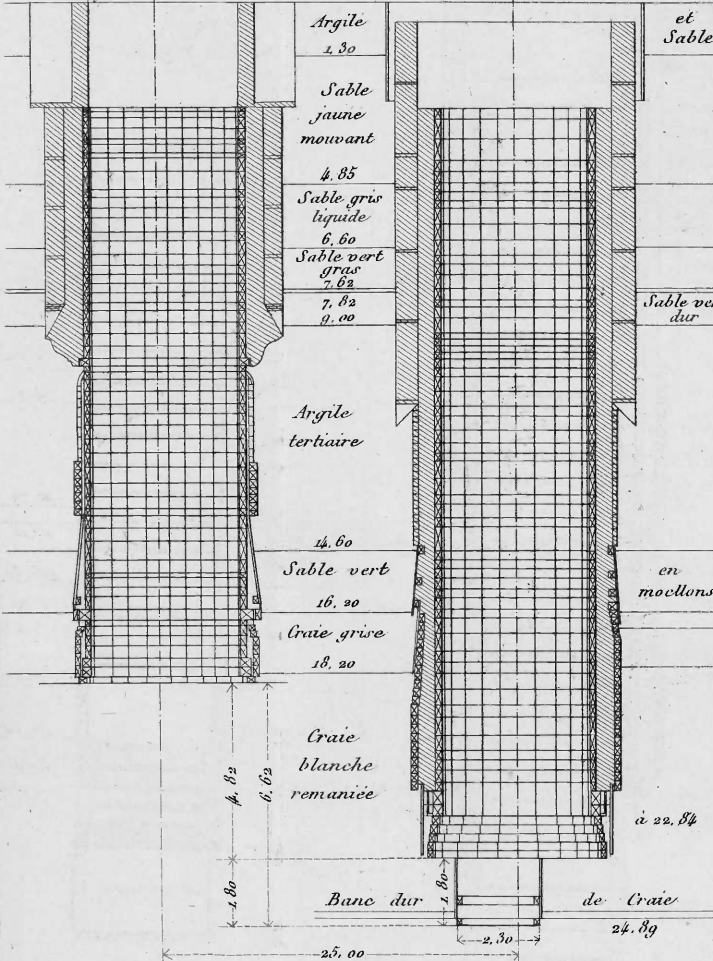


Fig. 2. Fosse avec machine d'épuisement à traction directe et 4 pompes de 0^m70.

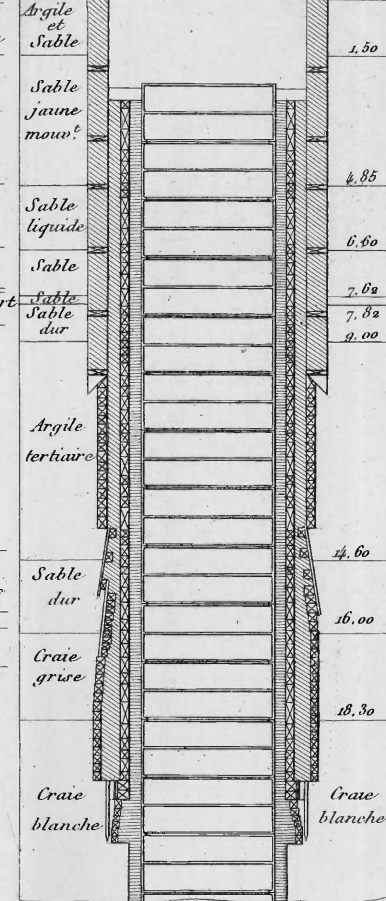


Fig. 3. Application du système Heud Chaudron au N^o 2 de la fosse N^o 4.

Suite de la Fig. 3.

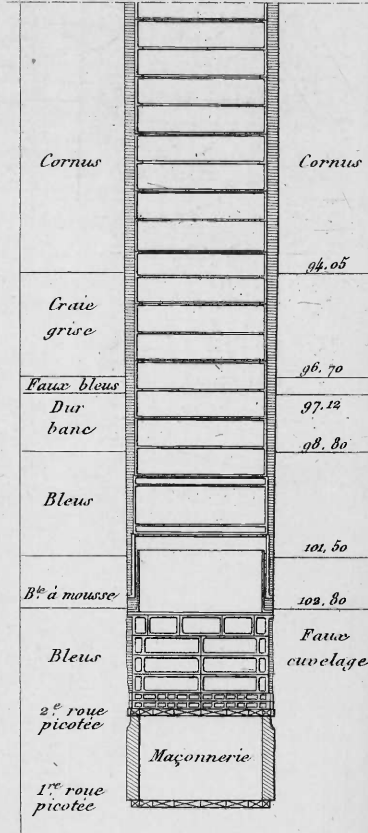


Fig. 4. Assemblage des pièces inférieures du couvlage

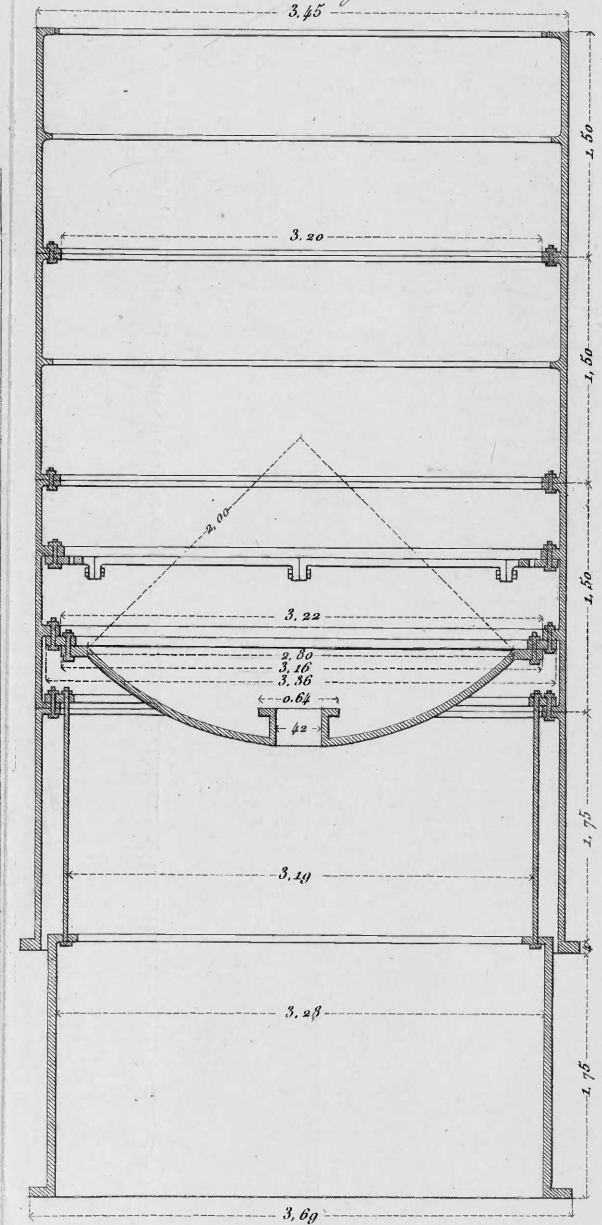
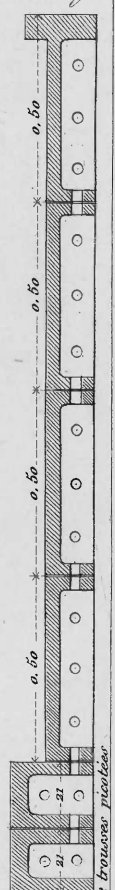


Fig. 5. Faux couvlage



Echelle de la Fig. 1 à 3 de 0^m005 pour 1 mètre

Echelle de la Fig. 4 de 0^m02 pour 1 mètre

Echelle de la Fig. 5 de 0^m05 p^r 1 m.

Fig. 1.

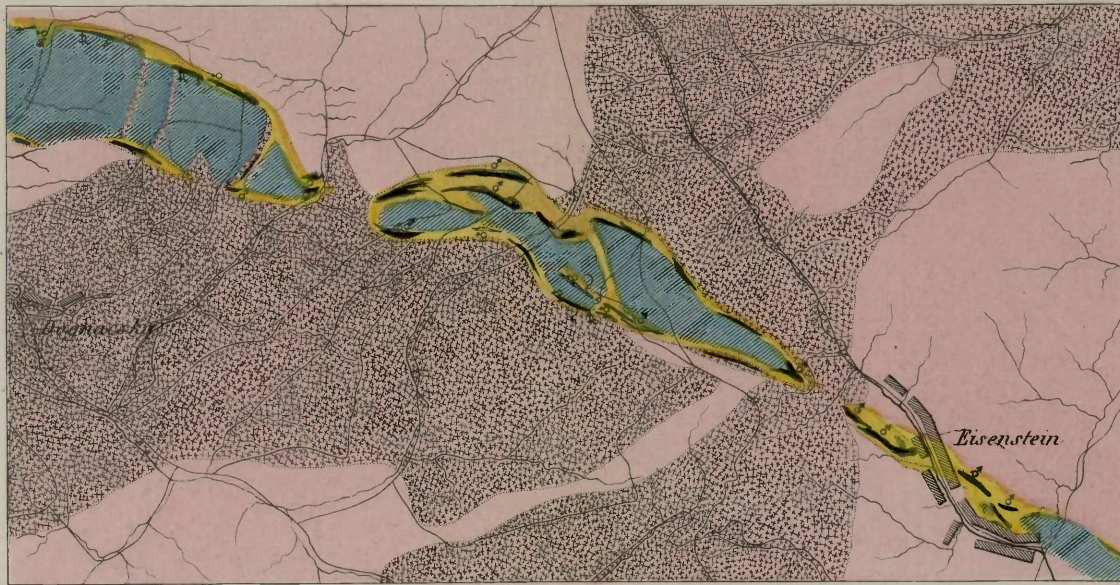


Fig. 2.

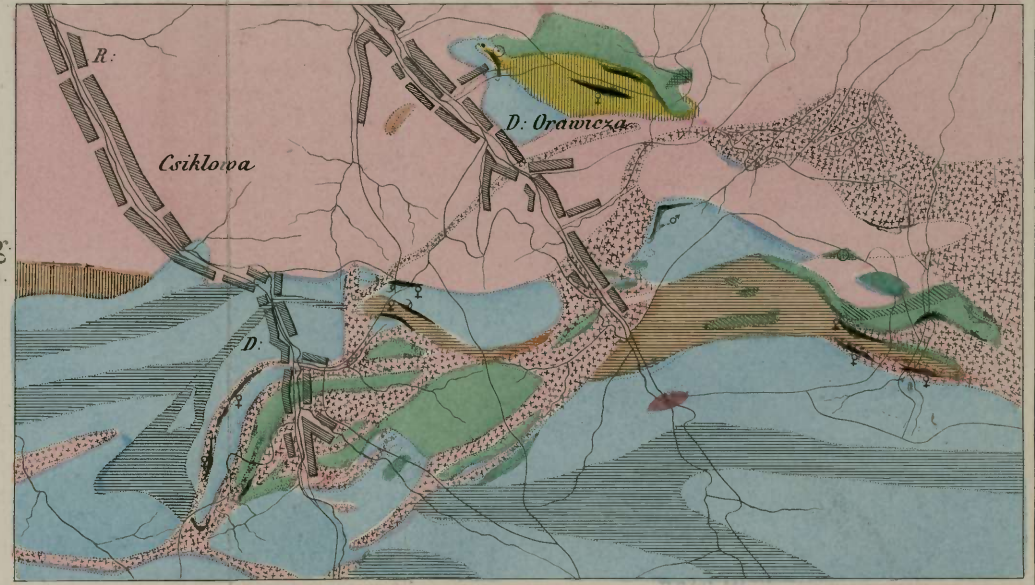


Fig. 3.

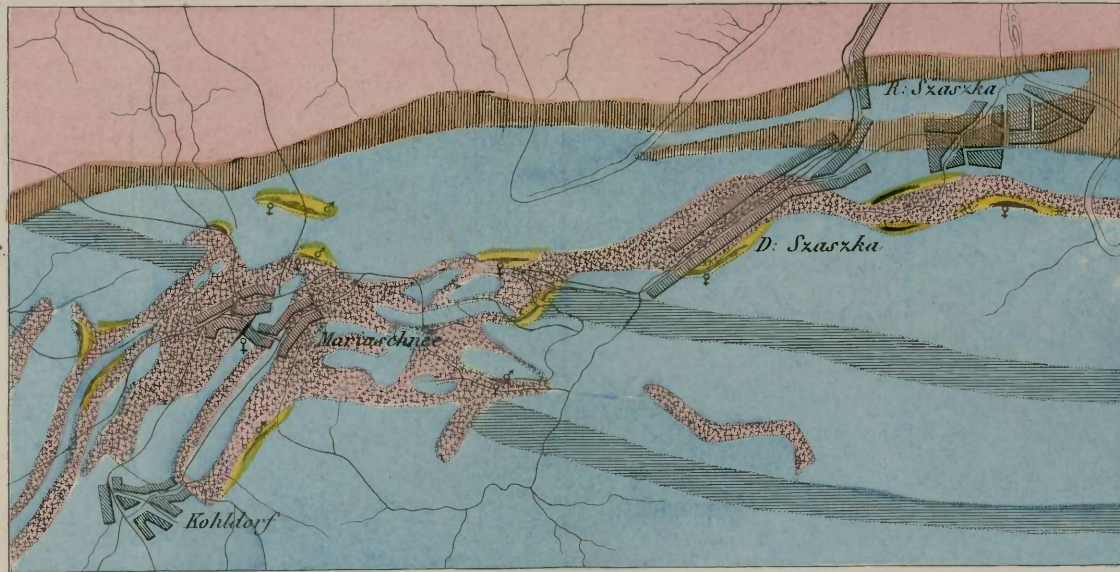
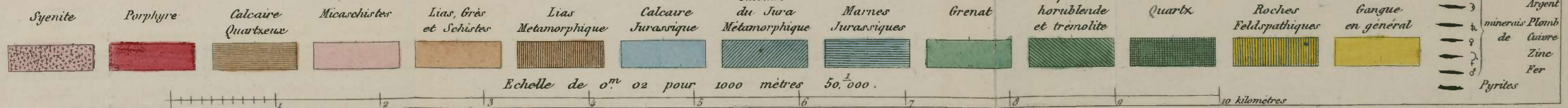
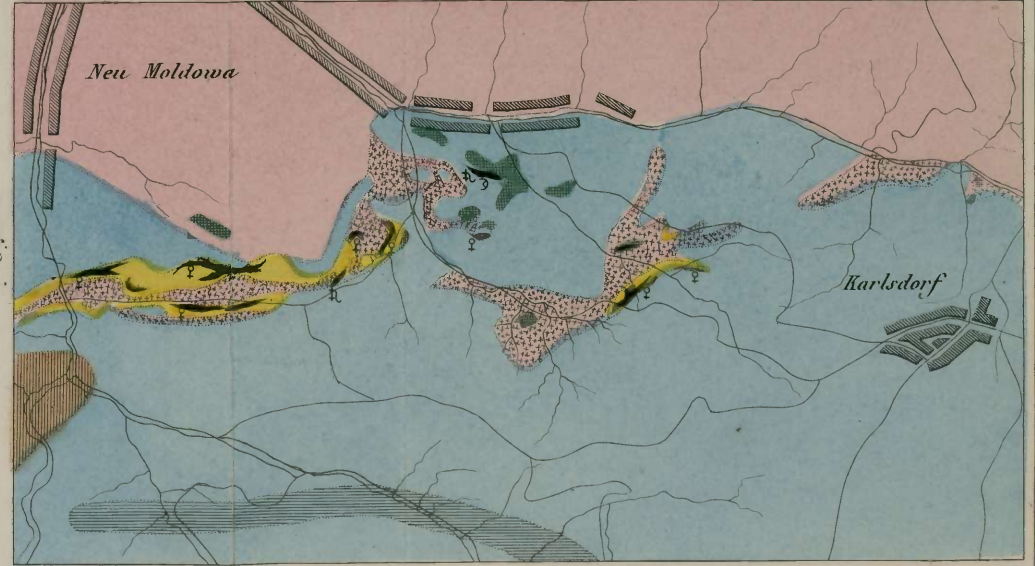
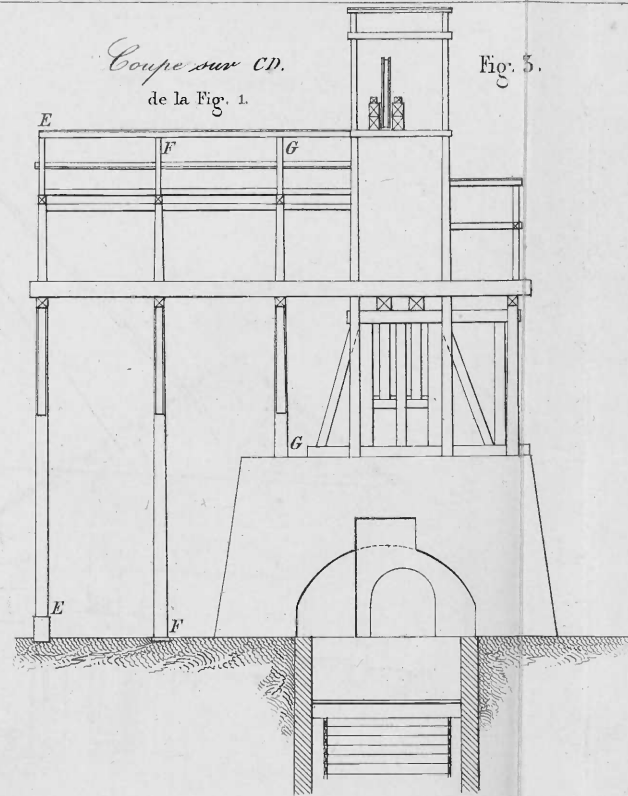
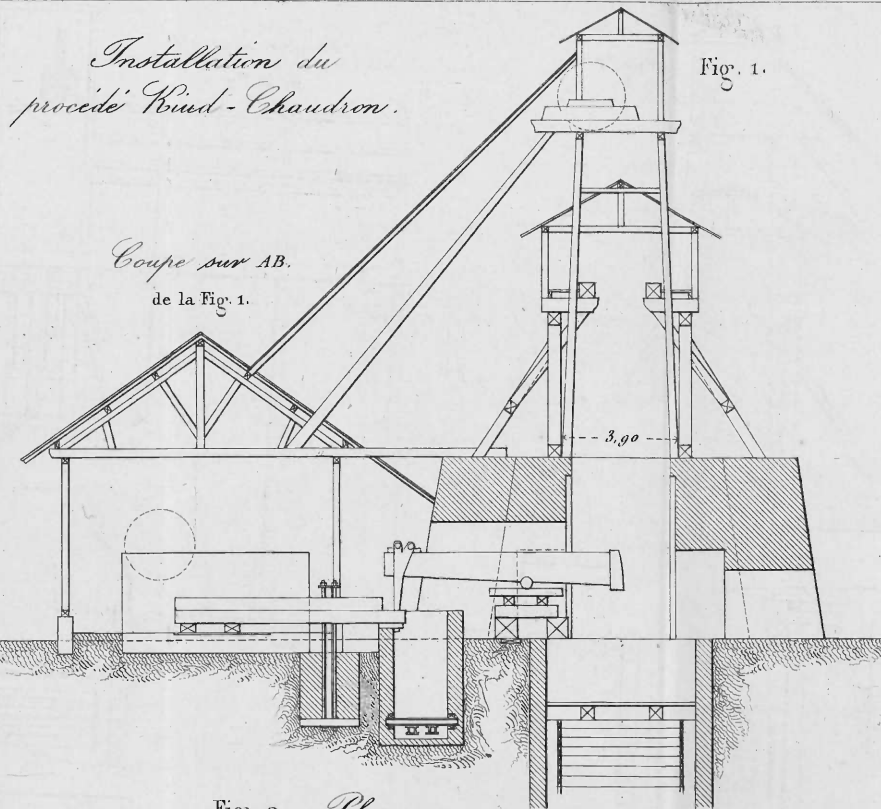
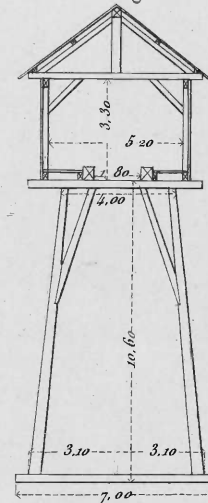


Fig. 4.





Projection latérale EE.
de la Fig. 3.



Coupe latérale FF.
de la Fig. 3.

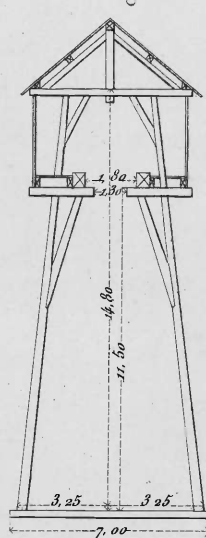


Fig. 2. *Plan.*

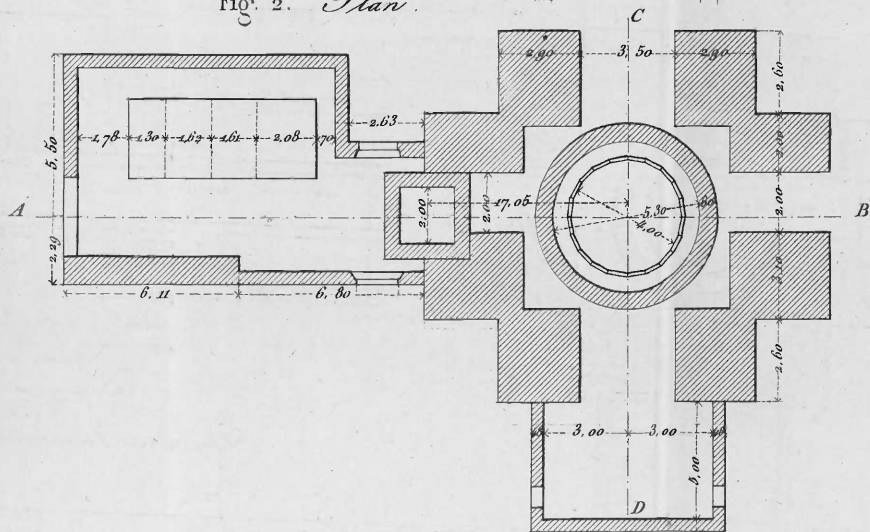
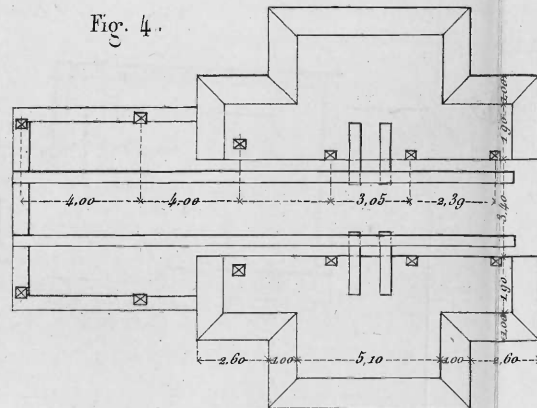
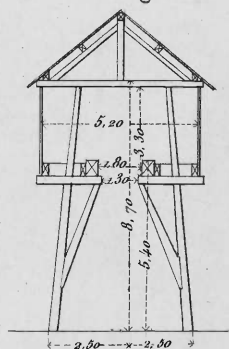


Fig. 4.



longeur de la machine d'éprouvet

Coupe latérale GG.
de la Fig. 3.



Echelle de 0^m.004 pour 1 mètre



Fig. 1. Carte d'une partie du Banat de Temeswar.

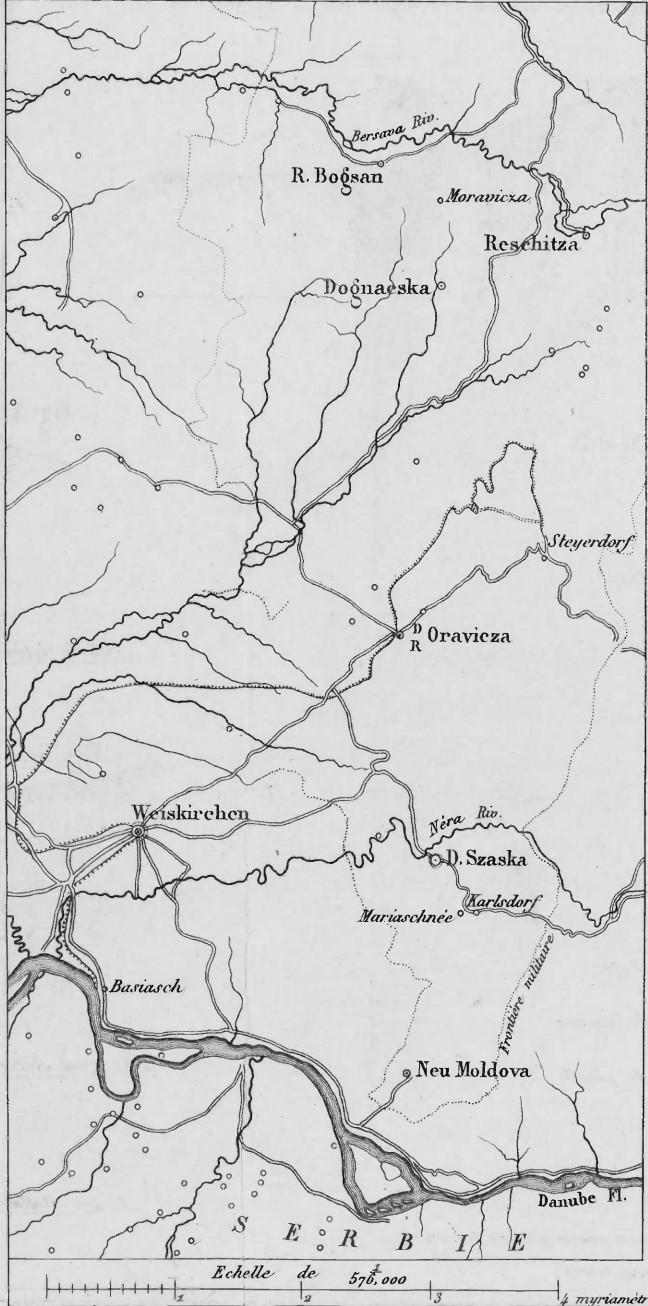
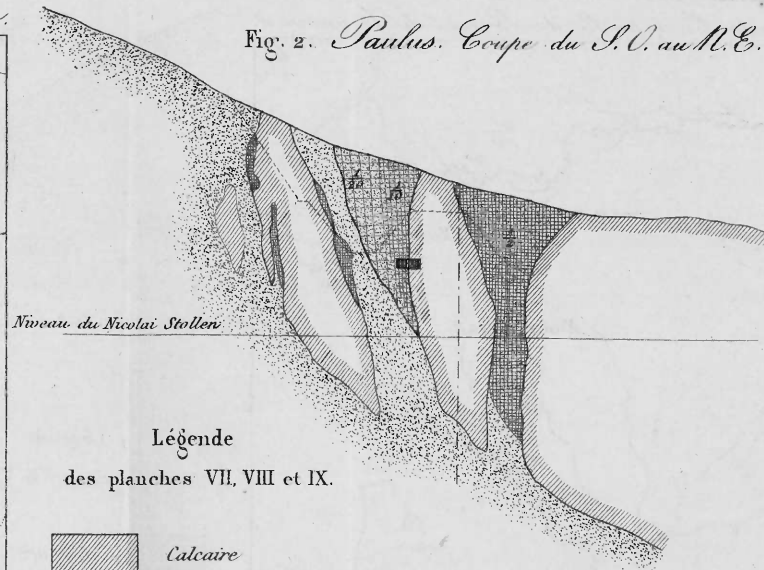


Fig. 2. Paulus. Coupe du S.O. au N.E.



Légende
des planches VII, VIII et IX.

- Calcaire
- Micaschistes
- Syénite
- Gange
- Horustein
- Trémolite
- Grenat
- Pyrites
- Minerai de fer
- Minerai de cuivre
- Minerai de plomb
- Galeries
- Carrières

Les fractions $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{10}$ etc expriment la portion du minerai par rapport à la masse totale.

Fig. 3. Franciscus. Coupe E.S. - O.N.O.

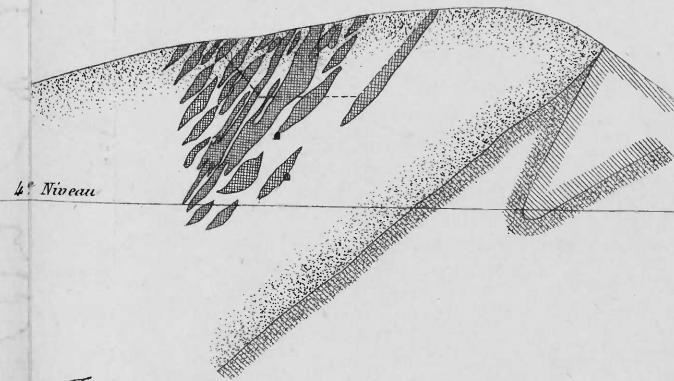


Fig. 4. Chercovia. Coupe S.E. - N.O.

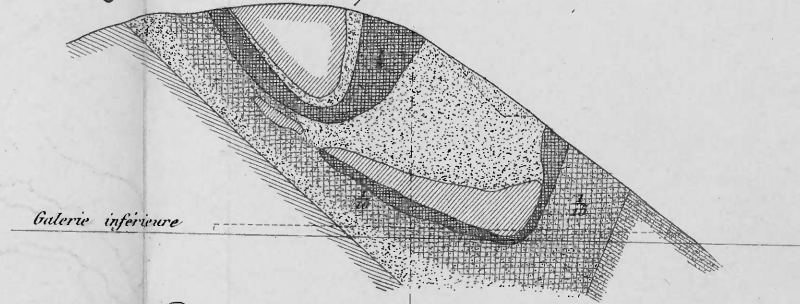
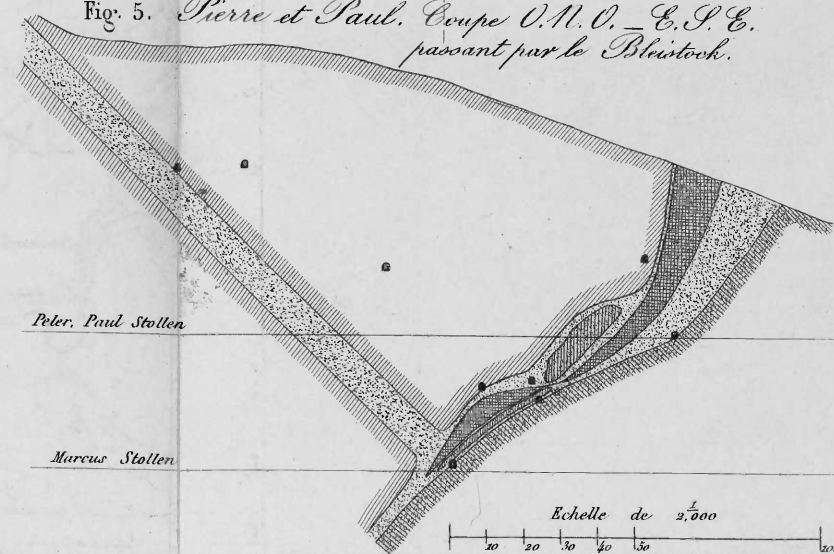


Fig. 5. Pierre et Paul. Coupe O.N.O. - E.S.E. passant par le Bliistöck.



Echelle de 2,000

10 20 30 40 50 100 mètr.

Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc

Fig. 1. Simon - Judas. Coupe N.O. - S.E. et projection du Stock de cuivre.

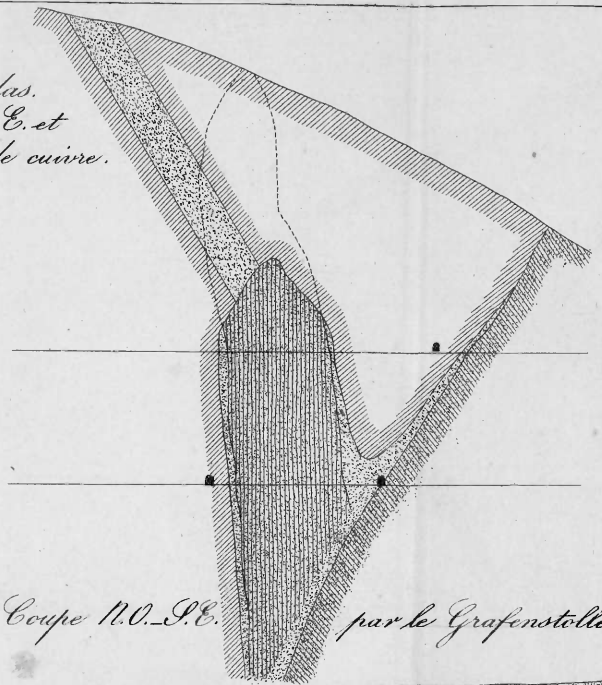


Fig. 2. Barbara. Coupe O.N.O. - E. S.E. Coupe de la masse calcaire Sud.

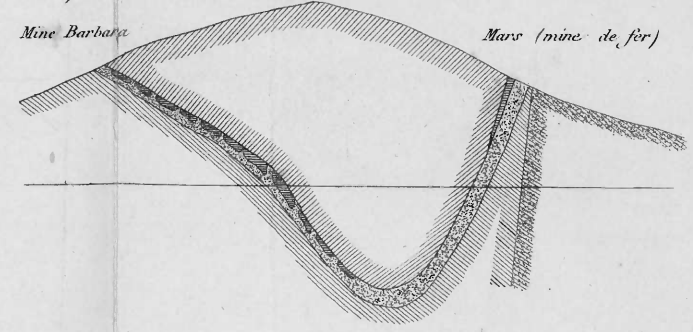


Fig. 3. Waiderna. Coupe O.N.O. - E. S.E. passant par le Speisschacht et le Baronschacht avec projection des Stocks métalliques.

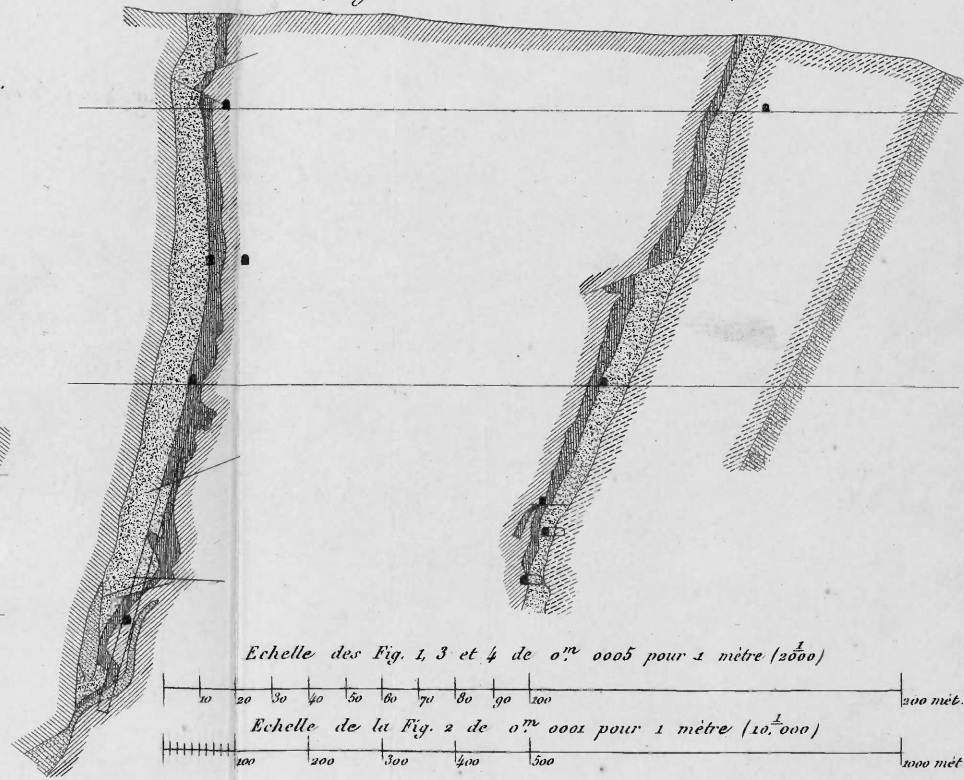
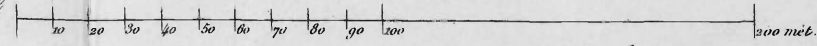


Fig. 4. Koochowitz. Coupe N.O. - S.E. par le Grafenstollen et le puits de Rochus.



Echelle des Fig. 1, 3 et 4 de 0^m 0005 pour 1 mètre (1/2000)



Echelle de la Fig. 2 de 0^m 0001 pour 1 mètre (1/10000)

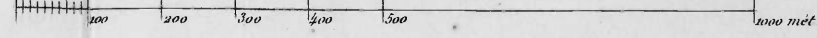
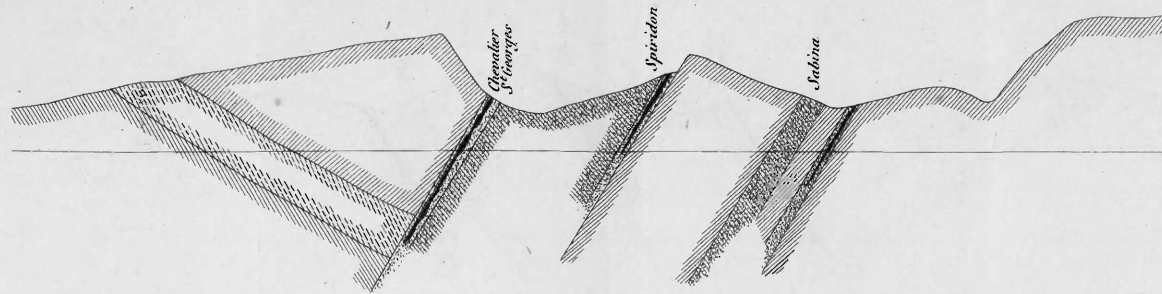
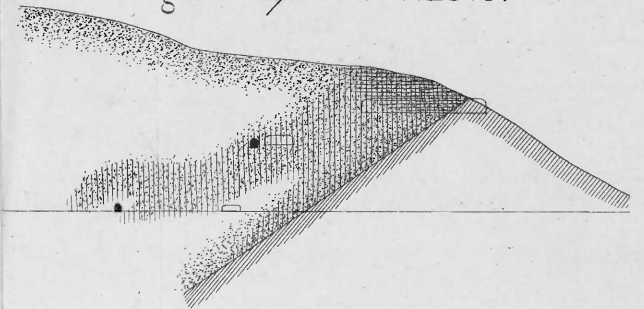


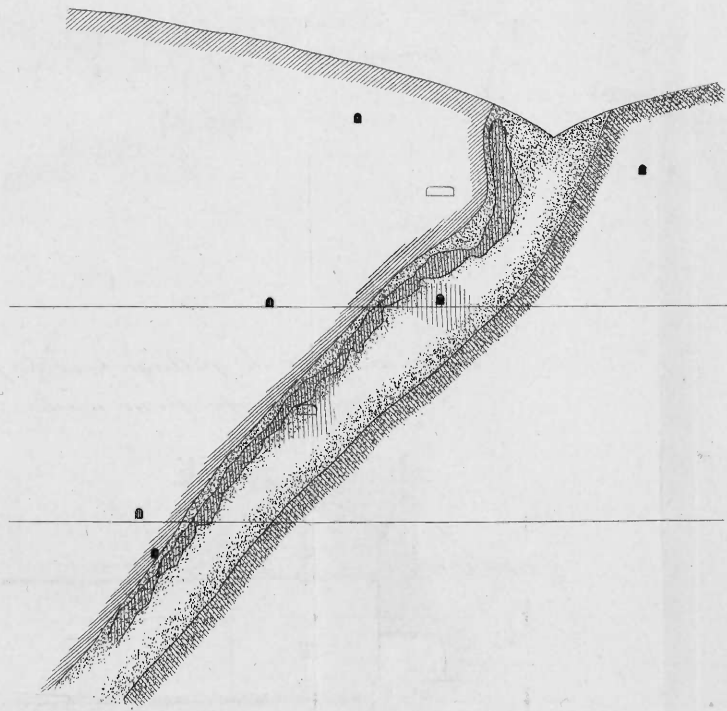
Fig. 1. *Spascha. Coupe O.-E. passant par la mine du Chevalier S.^t Georges*



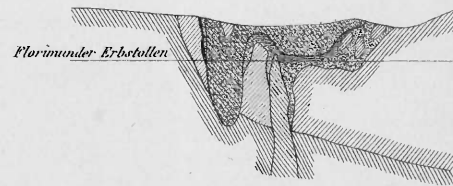
Spascha. Mine Samuel
Fig. 3. *Coupe N.O.-S.E.*



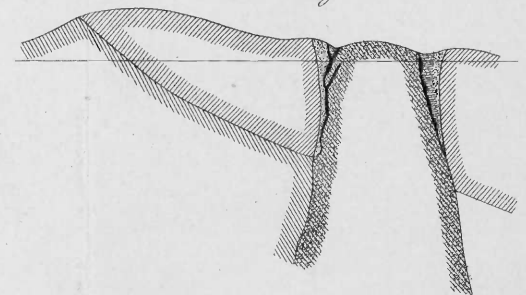
Spascha. Mine du Chevalier S.^t Georges
Fig. 2. *Coupe O.S.O.-E.N.E. passant à 39 mètres au nord du Hunotshacht.*



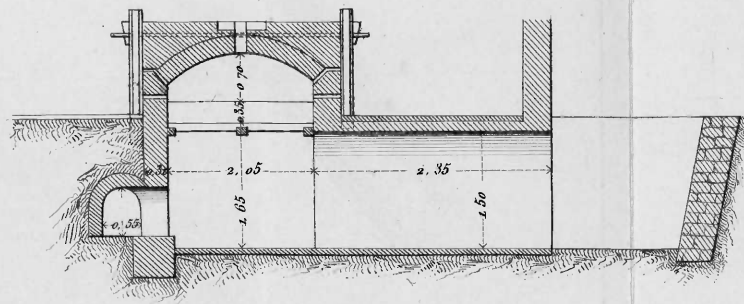
Florimunder Gebirg.
Fig. 4. *Coupe O.-E. passant par l'entrée du David-Stollen*



Benedictus Gebirg.
Fig. 5. *Coupe O.-E. passant par S.^t Jean Evangeliste.*



Nouveau four de grillage pour les pyrites.
Fig. 6. *Coupe transversale.*



Echelle des Fig. 1, 4 et 5 de 0^m 001 pour 20 mètres (20,000.)
100 200 300 400 500 1000 1500 m.

Echelle des Fig. 2 et 3 de 0^m 0005 pour 1 mètre (2,000.)
10 20 30 40 50 100 150 m.

Echelle de la Fig. 6 de 0^m 01 pour 1 mètre (100.)
1 2 3 4 5 6 7 mètres