Thursts, impected control do to al. professional Louis des mires Courts, imperator control for ch. The Courts, and in clother in distinct

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, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire:

MM.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général de 1 cl., membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collège de France et à l'École des mines, président.

DE BOUREUILLE, conseiller d'État, inspecteur général de 1¹² cl., secrétaire général du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

THIRRIA, inspecteur général de 1^{re} cl. Combes, inspecteur général de 1^{re} cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines.

LEVALLOIS, inspecteur général de 1° cl. LOBIEUX, inspecteur général de 2° cl. DE BILLY, inspecteur général de 2° cl. BLAVIER, inspecteur général de 2° cl. FOURNEL, inspecteur général de 2° cl. DROUGT, inspecteur général de 2° cl. PIÉRARD, inspecteur général de 2° cl.

MM

GRUNER, ingénieur en chef de 1re cl., professeur de métallurgie.

DAUBRÉE, ingénieur en chef de 1^{re} cl., membre de l'Académie des Sciences, professeur de minéralogie.

Callon, ingénieur en chef de 1re cl., professeur d'exploitation.

Rivor, ingénieur en chef de 2° cl., professeur de docimasie.

BAYLE, ingénieur en chef de 2° cl., professeur à l'École des mines.

DE CHEPPE, ancien chef de la division des inlues.

Lamé-Fleury, ingénieur ordinaire de 1^{re} cl., professeur de droit des mines et de drainage.

COUCHE, ingén. en chef de 1^{re} cl., prof. de chemins de fer et de construction, secrétaire de la commission. Delesse, ingénieur en chef de 2^e cl.,

maître de conférence à l'École normale, secrétaire adjoint.

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 périodique français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des Annales des Mines, rue Bonaparte, n° 1, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent gratis 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une seuille d'impression. Ils peuvent saire saire des tirages à part à raison de 9 fr. par seuille 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 métnoire, 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 voluries, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les dex volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contienment 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 départemnts, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. - IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce, RUE RACINE 26.

ANNALES

DES MINES

on

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.

ĒT PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME VII.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE VOT DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

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

Quai des Augustins, nº 49.

4865

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1865

OUVRAGES FRANÇAIS.

1º Mathématiques pures.

AMIOT. Applications de la géométrie élémentaire. 4° édit. In-8, 176 p. et 4 pl. (4068).

Béron. Aperçu de la physique céleste. In-8, 182 p. (405)

Bertrand. Traité d'algèbre. 1ºc partie; 4º édition. În-8, 1v-528 p. (885).

Breton (P.) Traité du lever des plans et de l'arpentage, précédé d'une introduction qui renferme des notions sur l'emploi pratique des logarithmes, la trigonométrie, l'algèbre et l'optique. XXXII-596 p. et 9 pl. In-8.

Briot. Éléments de géométrie. Théorie. 5° édition. In-8, 591 p. (2540).

BRIOT et VACQUANT. Éléments de géométrie. Application. 5° édit. In-8, IV-210 p. et 4 pl. (2791).

CHACORNAC. Note sur les apparences de la surface lunaire. In-8, 11 p. (3871).

CHAIRGRASSE et J. VINOT. Niveaux Chairgrasse. Brochure explicative sur leur construction, leur usage et leurs nombreux avantages; moyen de se passer de la mire divisée et de la chaîne d'arpenteur dans les opérations de nivellement et d'arpentage. 54 p. et 5 pl. ln-12.

CHASLES. Traité des sections coniques, faisant suite au Traité de géométrie supérieure; 1^{re} partie. In-8, x1-368 p. (659).

Annales des mines, 1865. Tome VII.

Dubois. Cours d'astronomie, 2º édition. Gr. in-8, xLv-568 p. (2339). FINCK. Mécanique rationnelle. 3° partie. Mécanique des corps. In-8, VIII-244 p. (3011).

FINCK (P. J. E.). Mécanique rationnelle. VIII-227 p. In-8.

Housel. Introduction à la géométrie supérieure. In-8, XII-269 p. et 8 pl. (3698).

Lenthéric. Essai d'exposition élémentaire des diverses théories de la géométrie moderne. In-8, 25 p. et pl. (3110).

Poncelet (Le général). Traité des propriétés projectives des figures. T. 1er, 2e édition. In-4, xxxII-428 p. et 12 pl. (1001).

Puille (D.). Traité complet de la division des champs dans tous les cas. Géodésie usuelle, comprenant : toutes les méthodes arithmétiques et géométriques simples, claires et précises pour diviser les terrains d'une forme régulière et irrégulière en portions équivalentes et proportionnelles d'après les différentes conditions imposées par les copartageants. Ouvrage rédigé à l'usage des géomètres arpenteurs de profession et des amateurs d'applications géométriques. Nouvelle édition, revue avec soin et augmentée. 288 p. et atlas de 16 pl. In-12.

2º Physique, Chimie.

BACALOGLO. Considérations théoriques sur la chimie. In-8, 11 p. (1336).

BAUR. Observations météorologiques faites à Metz en 1863. 2º année de la nouvelle série. In-8, 32 p. et tableau (3223).

BECQUEREL. Éléments d'électro-chimie appliquée aux sciences naturelles et aux arts. 2° édition. In-8, III-650 p. (1339).

BLAVIER. Nouveau traité de télégraphie électrique. 1er fascicule. In-8, 464 p. et fig. dans le texte (4334).

BLAVIER. Propagation de l'électricité. Note sur la réponse de M. Guillemin aux observations de M. Geunelle. In-8, 45 p. (3235).

BOULADE. Notice sur les produits dérivés de la houille appliqués à

l'industrie. In-8, 25 p. (3620).

CHAUTARD. Mémoire sur les divers acides camphoriques, suivi de deux Notes, l'une sur les acides de l'Orchis hyrcinum, l'autre sur les propriétés phosphogéniques de la lumière du magnésium. In-8, 22 p. (3872).

COMMAILLE. Analyse de l'eau minérale d'Alet (Aude). In-8, 7 p.

DAURIAC (Philippe). La télégraphie électrique, son histoire et ses

applications en France et à l'étranger; suivie d'un guide de l'expéditeur de dépêches, viii-120 p. In-18.

DEBRAY. Cours élémentaire de chimie, avec nombreuses figures intercalées dans le texte. 2º édition, revue et augmentée. In-8, 870 p. (3646).

Description de l'appareil Morse modifié et des bureaux télégraphiques adoptés par l'administration portugaise. In-8, 32 p. (3500)

GAUDIN. Réforme de la chimie minérale et organique, de la monphogénie moléculaire et de la cristallogénie au moyen de la mécanique des atomes ou synthèse mathématique. In-8, 52 p. (2846).

GIGOT-SUARD. La théorie de l'électricité considérée comme cause principale de l'action des eaux minérales. In-8, 20 p. (4406).

HIRN. Théorie mécanique de la chaleur. 2° édition. In-8, XIII-378 p. et 2 pl. (1176).

HUGUENY. Recherches expérimentales sur la dureté des corps et spécialement sur celle des métaux. In-8, 117 p. et 6 pl. (1426).

HUGUENY. Recherches sur la composition chimique et les propriétés qu'on doit exiger des eaux potables. In-8, x111-166 p. (1427).

LAMBRON. Études expérimentales sur le dégagement d'électricité dans les eaux sulfureuses de Bagnères de Luchon. 111-8, 47 p.

Lamé. Cours de physique mathématique rationnelle. Discours préliminaire. In-8, 31 p. (1437).

LAVIALLE DE LAMEILLÈRE. Documents législatifs sur la télégraphie électrique en France comprenant les lois, exposé des motifs, rapport et résumés des discussions aux chambres, etc.; précédés d'une introduction historique. 1841-1854. xxx1-596 p. In-8.

LEFORT. Analyse chimique des eaux minérales de Sainte-Marguerite ou de Vic-le-Comte (Puy-de-Dôme). In-8, 14 p. (3521).

LEFORT et Doyon. Etudes chimiques, physiologiques et thérapeutiques sur les eaux minérales d'Uriage (Isère). In-8, 60 p. (3522).

MAUROUARD. Nouveaux appareils pour la production des charbons à poudre. In-8, 40 p. et pl. (524).

NAQUET. Principes de chimie fondés sur les théories modernes. In-18 jésus, IV-692 p. (264).

Notice sur les phosphates. In 8, 16 p. (269).

Notice historique et instruction pratique sur le moteur à air dilaté par la combustion du gaz d'éclairage: Moteur Lenoir. 60 p. et 2 pl. In-18.

NICKLES. Recherches sur le thallium. In-8, 24 p. (2180).

PAYEN. Précis théorique et pratique des substances alimentaires et

BIBLIOGRAPHIE.

des moyens de les améliorer, de les conserver et d'en reconnaître les altérations; 4° édition. In-8, x11-569 p. (992).

Pelouze et Fremy. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. 3° édition. T. III, 1° partie, 2° fascicule. Chimie inorganique. T. III, 1. In-8, xxII-545-822 p. (2914).

REVEIL. Analyse des sources du lac des Roses et du Nord à Enghien.

In-8, 24 p. (2446).

RICHE. Leçons de chimie professées à l'Ecole supérieure de pharmacie de Paris et à Sainte-Barbe. T. II. Grand in-18, 647 p. (4271).

ROCHE. Résumé des observations météorologiques faites à la Faculté des sciences de Montpellier pendant l'année 1864. In-8, 8 p. (4731).

ROLLAND (Eugène.) Mémoire sur la réglementation de la température dans les fourneaux ou réservoirs quelconques traversés par un flux variable de chaleur. In-4, 78 p. et 4 pl. (95).

ROLLAND (Eugène). Mémoire sur la torréfaction mécanique. In-4,

41 p. et 1 pl. (96).

Salleron. Notice sur les instruments de précision construits par J. Salleron. 3° et 4° parties. Pesanteur. Hydrostatique. Calorique. Mécanique. In-8, xvi-494 p. (2251).

STURM. Cours d'analyse de l'École polytechnique. 2° édition. revue

et corrigée par M. E. PROUHET. T. H. XI-456 p. In-8.

Télégraphie domestique. Instruction sur la pose et l'entretien des sonnettes électriques. In-12, 48 p. (4042).

Valson. Etude sur les actions moléculaires, fondée sur la théorie de l'action capillaire. In-8, 59 p. et pl. (2006).

WILLEMIN. Traité de l'agrandissement des épreuves photographiques. In-8, 126 p. (1305).

Zaliwski-Mikorski. La gravitation par l'électricité. In-8, 48 p. (3458).

3º Mécanique appliquée: exploitation et droit des mines.

Armengaud. Le Vignole des mécaniciens. 2° fascicule. In-4, 361-728 p. et atlas de 40 pl. in-fol. (2762).

Badois. Étude sur les moyens mécaniques à employer aux travaux du canal de Suez, dans la traversée des lacs Menzaleh et Ballah, et description de l'excavateur ou drague à pivot pour les terrassements à sec, construite par MM. Frey fils et A. Sayn. In-8, 50 p. (872).

Balliano (DE). Statistique des mines de l'Espagne. In-4, 12 p. (126).

Burat. Supplément au matériel des houillères en France et en Belgique; avec un second atlas de 40 pl. In-8, 181 p. (4111).

CAZIN. Théorie élémentaire des machines à air chaud. In-8, 44 p. et pl. (1835).

Décret concernant la fabrication et l'établissement des machines à vapeur. In-8, 25 p. (1618).

Guérard Hygiène publique Appareils respiratoires de M. Galibert. Lampe photo-électrique de MM. Dumas et Benoît. In-8, 51 p. (4416).

Lemonnier. Notice sur la méthode d'exploitation appliquée par M. Rouquayrol aux couches de houille de grande puissance. In-8, 39 p. (2157).

Soulié et Haudouin. Le pétrole. Ses gisements, son exploitation, son traitement industriel, ses produits dérivés, ses applications à l'éclairage et au chauffage. In-18 jésus, VIII-251 p. (2240).

VIDAL. Législation des machines à vapeur. In-18 jésus, 89 p. (5819)

4º Géologie, Minéralogie, Métallurgie,

ARCHIAC (D'). Paléontologie stratigraphique. Leçons sur la faune quaternaire professées au Muséum d'histoire naturelle. 1n-8, 296 p. (868).

ARCHIAC (A. D'). Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme dans le nord de la France. Leçons professées au muséum, In-8 de 48 p.

Buteux. Esquisse géologique de la Somme. In-8. avec pl.

CLÉMENT (Ch.) Aperçu général de la constitution géologique et de la richesse minérale du Luxembourg; étendue, nature, composition et usage des gîtes ferrifères de la partie méridionale de cette contrée, avec la description, la distinction et la détermination de la teneur et de la composition de tous les minerais de fer employés dans l'industrie. v-151 p. et 7 pl. color. In-8.

COQUAND. Monographie de l'étage aptien de l'Espagne. In-8, 225 p. (5880).

COTTEAU. Rapport sur les progrès de la géologie en France pendant les annés 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1885. Caen, 1858-1865. 6 parties. In-8.

DELESSE. Carte géologique souterraine de la ville de Paris, exécutée d'après les ordres de M. le Baron Haussmann, Sénateur, Préfet de la Seine, 2 feuilles grand-monde, imprimées en lithochromie.

DELESSE. Carte hydrologique de la ville de Paris, exécutée d'après les ordres de M. le baron Haussman, Sénateur, Préfet de la Seine, a feuilles grand-monde, imprimées en lithochromie.

Carte agronomique du département de la Seine, publiée d'après les ordres de M. le Baron Hausmann. Cette carte fait connaître la composition minéralogique de la terre végétale aux environs de Paris.
 2 feuilles grand aigle.
 Dumaine, éditeur, passage Dauphine.

- De l'azote et des matières organiques dans l'œuvre terrestre.

- Recherches sur le porphyre rouge antique et sur la syénite rose d'Égypte.

Delesse et Laugel. Revue de Géologie pour 1860, 1er vol. in-8.

- et LAUGEL. Revue de Géologie pour 1861, 2° vol. in-8.

DOLLFUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers. T. I., 2° partie.

Auteurs. Grand in-8, 308 p. (3888).

FROMENTEL (DE). Polypiers coraliens des environs de Gray considérés dans leurs rapports avec ceux des bassins coraliens de la

rés dans leurs rapports avec ceux des bassins coraniens de la France et dans leur développement pendant la durée de cet étage. In-4, 40 p. (4654).

HÉBERT. Étude sur les mines des Pyrénées françaises et espagnoles. T. 1. In-8, 66 p. (4648).

JULLIEN. Annexe au traité théorique et pratique de la métallurgie du fer. Théorie de la trempe. 7º mémoire. In-4, 36 p. (2378).

Lecoq (H.). Atlas géologique du département du Puy-de-Dôme, à l'échelle de 1/40.000. 24 feuilles col. dans un atlas in-folio cartonné.

MALAISE (C.). Sur l'existence en Belgique de nouveaux gîtes fossilifères appartenant à la faune silurienne. In-8. de 8 p.

Percy. Traité complet de métallurgie. T. H. In-8, xvi-611 p. (3137).

Cet ouvrage est traduit sous les auspices de l'auteur avec introduction, notes et appendices, par MM. E. Petigand et H. A. Ronna.

Accompagné de figures dans le texte. T. I. ccliv-556 p. In-8.

PICTET. Note sur une dent de l'étage aptien des environs d'Apt appartenant à un fossile non décrit. In-8, 4 p. (2202).

PLESSIER. Formation simultanée du plateau et des vallées de la Brie. Préexistence des sources et pondération des cours d'eau. In-8, 47 p. (296).

RÉSAL (H.). Statistique géologique, minéralogique et métallurgique des départements du Doubs et du Jura. 1v-377 p. et pl. In-8.

RIVIÈRE. Précis de minéralogie. In-8, 404 p. et atlas. (1519).

ROYER et BAROTTE. Notice explicative de la carte géologique du département de la Haute-Marne. In-8, IV-83 p. (4735).

TERQUEM. Quatrième mémoire sur les foraminisères du Lias, comprenant les polymorphines des départements de la Moselle, de la Côte-d'Or et de l'Indre. In-8, 235-308 p. et pl. (2245).

Tournouer. Sur quelques affleurements des marnes nummulitiques de Bos-d'Arros dans la vallée du gave de Pau. In-8, 11 p. (5445). Vézian. Prodrome de géologie. T. II. In-8, 680 p. (4055).

5° Construction, chemins de fer.

Annales nouvelles de la construction, publication rapide et économique des documents les plus récents et les plus intéressants, relatifs à la construction française et étrangère destinée aux ingénieurs, architectes, gardes-mines, agents voyers, etc. T. V. Année 1859. 2° édition. 185 p. et 56 pl. gr. In-4°. à 2 col.

Arnoux. Des économies réalisables dans la construction et l'exploitation des chemins de fer par l'application du système articulé

perfectionné. In-8, 37 p. (4512).

BOUTILLIER. Traité pratique des attributions des commissaires de surveillance administrative des chemins de fer. In-8, 561 p. (414).

Chemins de fer vicinaux projetés en 1858 et livrés à l'exploitation en 1864 dans le département du Bas-Rhin. Recueil de documents officiels concernant les projets, la création des ressources, les conditions techniques et financières, le mode d'exécution, la dépense et la concession. Gr. in-8, xxi-664 p. et 1 pl. (5655).

Collignon. Théorie élémentaire des poutres droites. Ponts métalliques, ponts américains, combles; avec atlas in-4. In-8, 138 p.

COTELLE. Législation française des chemins de fer. Situation générale des chemins de fer et de la télégraphie électrique du globe. Législations et exploitations comparées. Traité théorique et pratique, etc. cxv-516 p. In-8.

Dejardin. Routine de l'établissement des voûtes, ou Recueil de formules pratiques et de tables déterminant à priori, et d'une manière élémentaire, le tracé, les dimensions et le métrage des voûtes d'une espèce quelconque. Nouvelle édition. In-8, 504 p. (2088).

DUPONCHEL. Eaux de Nîmes. — Projet de dérivation des eaux filtrées de la plaine du Rhône, par machines hydrauliques, utilisant la chute du barrage de la Barthelasse. In-8, 87 p. et plan. (2106).

Dupuir. Traité théorique et pratique de la conduite et de la distribution des eaux, avec un atlas de 47 pl.; 2° édition, revue et considérablement augmentée. In-4, xv-496 p. (923).

FAIRLIE. Des locomotives; ce qu'elles sont et ce qu'elles devraient être. In-8, 56 p. (3668).

FÉRAUD-GIRAUD. Traité de la grande voirie et de la voirie urbaine. In-12, 359 p. (3906).

FLACHAT. Note sur l'emploi des rails en acier fondu sur les voies courantes. 6. p. In-8.

GOSCHLER. Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer. T. I. Service de la voie. In-8, xxvIII-585 p. (1162).

GUIGUE DE CHAMPVANS. Des chemins de fer départementaux. Réponse à M. de la Guéronnière, préfet de Saône-et-Loire. In-8, 48 p. et cartes. (481).

Instructions sur les méthodes à suivre pour l'entretien des routes, pour l'exécution des plantations sur les accotements, et pour l'entretien de ces plantations. (Circulaires ministérielles.) In-8, 57 p. et tableau. (951).

JACQUIN (A.). Nouvel album des chemins de fer; avec une introduction; par M. A. Perdonnet. École centrale des arts et manufactures. Cours professé par M. A. Perdonnet. 2° tirage. 42 p. et 51 pl. In-8.

MALEVILLE. Guide pratique pour la construction des chemins de fer. In-18 jésus, 120 pl., 1 tableau et 2 pl. (516).

MARTIN. Pont d'el-Kantara, à Constantine (Algérie). Notes, descriptions et dessins relatifs à la construction de l'échafaudage et de l'arche métallique. In-8, 51 p. et 3 pl. (3744).

MARX, VARROY ET JUNDT. Notice sur les chemins de fer d'Alsace, dits vicinaux ou départementaux, leur prix de revient, les ressources appliquées à leur construction, leur mise en exploitation, etc. In-8, 24 p.

Moinor. Levés de plans à la stadia. Notes pratiques pour études de tracés. Gr. in 8, viii-93 p. (4239).

Nouvelles annales de la construction, publication rapide et économique des documents les plus récents et les plus intéressants relatifs à la construction française et étrangère, destinée aux ingénieurs, architectes, gardes-mines. agents-voyers, etc. T. VI et VII. Années 1860 et 1861, 2° édition. Gr. in-4 à 2 col., 198 p. et 112 pl. (4488).

PALAA. Répertoire général ou complément faisant suite au Dictionnaire législatif et réglementaire des chemins de fer. In-8, 741-1019 p. (4491).

Pelletier (Adolphe). Carnet des agents secondaires des travaux de chemins de fer. Guide pratique à l'usage des personnes débutant dans cette partie, ouvrage présentant l'examen pratique des connaissances les plus usuelles pour les opérations de terrain et de cabinet; suivi de tables des ordonnées pour le tracé des courbes de raccordement et de plusieurs autres. 17º édition. 215 p. et planches. In-16

Poiror. Nouvelle appréciation sur la question des chemins de fer vicinaux des Vosges. In-16, 32 p. (4265).

Prou (V.). Ponts à treillis sous les chemins de fer. Étude sur la détermination du rapport existant entre les sections dangereuses des semelles et des barres inclinées à 45 degrés d'une poutre à treillis. 40 p. In-8.

REYNAUD. Mémoire sur l'éclairage et le balisage des côtes de France. (Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.) In-4, 582 p. et atlas de 59 pl. (5786).

Scheffler (Adolphe). Étude sur une forme rationnelle des essieux de wagons et avantages techniques des essieux en acier fondu. Traduit de l'allemand par M. T. Séebold. 55 p. et 1 pl. In-8.

SCHEFFLER (Hermann). Traité de la stabilité des constructions. Ouvrage traduit de l'allemand et annoté par V. Fournié. 1re partie. Théorie des voûtes et des murs de soutenement. x1-575 p. et atlas In-8

TYLER (H. V.). La stratégie et les chemins de fer. Traduit du Army and Navy Journal, de New-York, par V. Prou. 8 p. In-8.

6° Sujets divers.

Albert (Denis). Traité de la régénération de la vigne et des céréales, la confection des vins et de l'eau-de-vie, l'amélioration des terres, etc. 4° édition, corrigée et augmentée. VI-209 p. In-18. Arbois de Jubainville (d'). Manuel du défrichement des forêts. In-8,

178 p. (121).

Arbois de Jubainville (d'). Observations sur la vente des forêts de l'État. In-8, 12 p. (1077).

Armengaud (Ch.). Formulaire de l'ingénieur-constructeur. Carnet usuel des architectes, agents-voyers, etc. 268 p. In-12.

AUBRY-LE-COMTE. Produits tirés des eaux et des rivages dans les colonies françaises (4559).

BARRAL. Mémoire sur les engrais en général et sur le phosphoguano en particulier. In-8, 52 p. (2985).

BATAILLARD. Notice sur les insectes nuisibles aux arbres et aux plantes de la Franche-Comté. In-8, 59 p. (393).

BECQUEREL. De la conservation du fer et de la fonte dans l'eau douce. 4. p. In-4°.

BERTRAND. Les fondateurs de l'astronomie moderne. In-8, avi-591 p. (2780).

Bibliographie des ingénieurs, des architectes, des chefs d'usines industrielles, des élèves des écoles polytechnique, professionnelles et agricoles; publiée par Eugène Lacroix. 1^{re} série. 1^{er} fascicule.

BOINVILLIERS. L'État et les chemins de fer en 1865. In-8, 40 p. (3477). BOUGARD. De la sylviculture dans le département de l'Indue. In-8, 198 p. (3479).

BOURAMBOURG (de). Inauguration du chemin de fer du nord de l'Espagne. In-8, 62 p. (413).

Buire (DE). Le chemin de fer des Alpes et les routes qu'il doit remplacer. In-8, 40 p. (1357).

CAUSSE. Revue agricole de la Haute-Garonne en 1864. In-8, 20 p. (3869).

CAZALÈS-ALLUT. OEuvres agricoles. In-8. xxvI-474 p. et portrait (1368).

CHEVALLIER. Un mot sur les engrais. In-8, 7 p. (2564).

CLAYE. Culture des fleurs et des plantes aromatiques. Fabrication des parfums en Portugal et dans ses colonies. In-8. 59 p. (158).

Carnet de l'ingénieur, recueil de tables, de formules et de renseignements usuels et pratiques sur les sciences appliquées à l'industrie; chimie, physique, mécanique, machines à vapeur, etc.,
à l'usage des ingénieurs-constructeurs, des architectes, des chefs
d'usines industrielles, des mécaniciens etc.; publié par les rédacteurs des Annales du génie civil, avec la collaboration d'ingénieurs et de savants français et étrangers. 12° édition corrigée
et augmentée. Tirage de 1865, VIII-290 p. 10-12.

Damiens. Recherches sur l'histoire des travaux hydrographiques de Lamblardie et particulièrement sur son projet d'un port au havre d'Ault. In-8, 24 p. (2575).

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'inventien ont été pris. T. 49. In-4 à 2 col., 374 p. et 50 pl. (2090).

Description des unachines 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. LXVIII, 350 p. et 62 pl. In-4° à 2 col.

Documents officiels complétant les rapports du jury international sur l'ensemble de l'Exposition universelle de Londres de 1862.

T. VII et dernier. XLVI-589 p. In-8.

DESMOUSSEAUX DE GIVRÉ (Em.). De l'économie des bandages et de la stabilité des locomotives. 30 p. In-8.

Donso. Études géologiques et dynamiques. Le salut des chemins de fer et des voyageurs. Système hippromique. Gr. in-8, 80 p. (4 v/47). Duhamel. Des méthodes dans les sciences de raisonnement. In-8,

x-94 p. (177).

Exposition universelle de 1851. Travaux de la commission française sur l'industrie des nations, publiés par ordre de l'Empereur. T. I, 6° partie. Force productive des nations. L'Indo-Chine et l'Inde. xxxII 650 p. In-8.

EYMARD. Quelques mots sur le reboisement et le regazonnement du sommet des hautes montagnes pastorales du Dauphiné. In-8,

18 p. (4154).

FIGUIER. Les grandes inventions scientifiques et industrielles chez les Anciens et les Modernes. 2° édit. In-18 jésus. 111-516 p. (2354).

Figuier. L'année scientifique et industrielle; 9° année, 1865. In-18 jésus, 272 p. et 1 grav. (5674).

FLACHAT. Mémoire sur les travaux de l'isthme de Suez. In-8, 47 p. (2591).

FLAMM (Pierre). Trois sources d'économie de combustibles. Guide pratique du constructeur d'appareils économiques de chaussage pour les combustibles solides et gazeux, traitant des générateurs à gaz fixes et locomobiles, de l'application de la chaleur concentrée et du calorique perdu aux chaudières à vapeur et aux fours de toute espèce; à l'usage des ingénieurs, architectes, fumistes, etc. 157 p. et 4 pl. In-18.

GRATEAU. L'École des mines de Paris; histoire, organisation, enseiguement; élèves ingénieurs et élèves externes. In-8, 48 p. (4411).

Guerrier (A.). De l'Organisation de l'enseignement industriel. 169 p. In-8.

Guy. Le charbon dans ses applications industrielles. In-8, 43 p. (5032).

LAFFINEUR. Guide pratique de l'ingénieur agricole; hydraulique, desséchement, drainage, irrigations. In-18 jésus, 270 p. et 3 pl. (1911).

Langlois (A.). Viticulture. Leçons de M. le docteur Guyot, à la Société d'agriculture du Puy, rédigées et lues en séance, 52 p. In-r'8.

Lesseps (De). Visites à l'isthme de Suez, en 1855 et 1865. In-8, 16 p. (3112).

LUNEL (Adolphe-Benestor). Encyclopédie illustrée des inventions et découvertes dans les sciences, l'industrie, les arts et manufactures. T. I, 1 re livraison. 48 p. à 2 col. In-8.

MAGNIER (M. D.). Manuel-Roret. Nouveau Manuel complet du porcelainier, faïencier, potier de terre, comprenant la fabrication des grès cérames, des pipes, des boutons en porcelaine, des diverses porcelaines tendres, et contenant les procédés pratiques de ces fabrications, etc. Ouvrage entièrement neuf, orné de 10 planches gravées sur acier 2 vol. 503 p. In-18.

MARQUET. Le météore du 14 mai 1864. In-8, 20 p. (4257).

MARTINS. Deux ascensions scientifiques au mont Blanc. In-8, 58 p. (3125).

MATHIEU. Le reboisement et le regazonnement des Alpes. In-8, 112 p. (1934).

MAZURE (M.). Mémoire sur les avantages comparés de la marne et de la chaux employées en agriculture.

Mémoires de la Société d'agriculture, commerce, sciences et arts du département de la Marne. Année 1864. 182 p.

MENAULT et Boillot. Le mouvement scientifique pendant l'année 1864. 2° semestre. Gr. in-18, 395 p. (1940).

MINARD. Des embouchures des rivières navigables. In-4, 28 p. et 6 pl. (534).

MONGRUEL (L. P.) Traité pratique, industriel et commercial des huiles minérales, à l'usage des fabricants, marchands et consommateurs de pétroles, schistes et autres huiles analogues. Ouvrage également utile aux négociants entrepositaires et consignataires, etc. x-121 p. In-12.

OKORSKI. Désinfection des villes. Engrais complet dit engrais atmosphérique. In-8, 24 p. (2424).

Parville (DE). Causeries scientifiques, découvertes et inventions, 4° année. 1864. In-18 jésus, 452 p. (796).

Renouard. Traité des brevets d'invention. 3° édition. In-8, 544 p. (1014).

ROBERT (F.) Du plâtrage des vins du Jura au point de vue de les prévenir du bleuissement (vin tourné), et de certains vins du Bugey ou autres fortement chargés en bitartrate de potasse (tartre), dans le but de les adoucir; précédé de l'histoire de la vinification, etc. 31 p. In-8.

ROBINET. Quelques faits pour servir à l'histoire de la pluie, suivi d'une remarque sur le développement des productions cryptogamiques dans des solutions salines. In-8, 53 p. (2717).

ROCHET. Les engrais devant l'agriculture. In-8°, 95 p. (2222).

SALVANDY (DE). Les chemins de fer devant l'opinion publique. In-8, 61 p. (309).

Sanson. Exposé critique des faits et questions scientifiques du temps; 1^{re} série. In-18 jésus, 686 p. (310).

SÉBILLOT. Le mouvement industriel et commercial en 1864-1865. Chemins de fer. Navigation intérieure. Navigation maritime. 1^{re} année. Gr. in-18, xvi-216 p. (4749).

Sieber (P.). Note sur le procédé de durcissement des rails par la compression finale à basse température. 30 p. In-8.

TATE (A. Norman). Du pétrole et de ses dérivés. Histoire, origine, composition, propriétés, emplois et valeur commerciale du pétrole; méthodes employées pour le raffiner, propriétés et emplois de ses dérivés. Traduit de l'anglais par D. H. Brandon. 140 p. et 1 pl. In-8.

Travaux de la Société d'émulation du Jura pendant l'année 1865. Section de l'association philotechnique. 324 p. et 8 pl.

TURGAN. Les grandes usines.

Vergnette-Lamotte (Le vicomte de). Des vignes fines et de la vinification de la Côte-d'Or. 48 p. In-8. à 2 col.

VILLE (Georges). Résumés des conférences agricoles faites au champ d'expériences de Vincennes pendant la saison de 1864. Gr. in-18, 141 p. (3202).

VIMERCATI. Isthme de Suez, avenir commercial franco-italien; 1^{re} livraison. In -8, 52 p. (545)

OUVRAGES ANGLAIS.

Bibliotheca americana... Collection d'ouvrages inédits ou rares sur l'Amérique. Vol. II et III. Gr. in-8. — Leipsiz, 1864.

RICHARD (A. Procter). Saturn and its system... Saturne et son système.

WILLIAM FAIRBAIRN. Iron ship building... Construction des vaisseaux cuirassés; son histoire et ses progrès, comprenant une série de recherches expérimentales sur les lois de la force, de la disposition et des propriétés du matériel de construction, ainsi que les résultats d'une enquête faite sur le pouvoir résistant des plaques de fer contre les projectiles à grande vitesse.

JOHN BOURNE. A handbook of the steam engine... Manuel des machines à vapeur, contenant des règles à l'usage de l'ingénieurmécanicien.

JOHN BOURNE. Recent improvements... Améliorations récentes intro-

duites dans les appareils à vapeur et dans leurs applications aux mines, aux moulins, aux bateaux à vapeur, aux chemins de fer ainsi qu'à l'agriculture.

JOHN LINDLEY et THOMAS MOORE. The treasury of botany... Le trésor de la botanique.

WILLIAM ODLIND. A course of practical chemistry... Cours de chimie pratique.

Geological magazine, édité par MM. Rupert Jones et Henry Woodward.

NICOL (Robert). Essay on sugar... Essai sur le sucre; Traité général sur le raffinage du sucre comme il est pratiqué dans les raffineries de la Clyde, et comprenant les améliorations les plus récentes.

Tyndall. Heat considered as... La chaleur considérée comme force motrice.

Rosa. The American continent... Le continent américain. Carte topographique des chemins de fer des États-Unis, des colonies anglaises, des Indes occidentales, etc.

ROSA. The empire city and environs... Carte de la ville de New-York et de ses environs.

CARL VOGT. Lectures on man... Leçons sur l'homme; sa place dans la création et Histoire de la terre.

BUCKMASTER. The elements of experimental physics... Élements de physique expérimentale; acoustique, lumière, chaleur, magnétisme et électricité.

JOSEPH (A.) GALBRAITH. Manual of the steam engine. Manuel des machines à vapeur.

LEDWICH (T. H.) et LEDWICH (E.). The practical and descriptive anatomy... Anatomie pratique et descriptive du corps humain.

WILLIAM LUGAS. Tables for finding the longitude... Tables pour trouver les longitudes.

CHARLES BONER. Transylvania, its products and its people... La Transylvanie, ses produits et ses habitants.

The Alpine journal... L'Alpine journal rédigé par les membres qui composent l'Alpine club.

The Quarterly journal... Journal trimestriel de mathématiques pures et appliquées.

A new map of Switzerland. Nouvelle carte à l'échelle de 1/250.000 représentant la Suisse et ses environs, publiée par les membres de l'Alpine club.

JOHN BOURNE. The engineer's memorandum-book... Mémorandum pour les ingénieurs.

SAMUEL HAUGHTON. Manual of geology... Manuel de géologie. Dublin.

Ansted (D. T.). The applications of geology to the arts and manufactures... Les applications de la géologie aux arts et aux manufactures, contenant six leçons de géologie pratique, faites à la Société des Arts.

The practical mechanics' journal. Journal pratique de mécanique. Dana. A manual of mineralogy.... Manuel de minéralogie. Nouvelle édition.

Winter (Samuel H.). Mathematical exercises... Exercices variés de mathématiques, comprenant 3.500 exemples.

Wollaston. A short description of the thermæ Romano-Britannicæ... Courtes descriptions faisaut connaître les établissements d'eaux thermales des Romains en Angleterre, ainsi que les bains romains trouvés en Italie.

Mémoires publiés par le *Geological Survey* de la Grande-Bretagne.

NOAD (HENRY). *Manual of chemical analysis...* Manuel d'analyses chimiques.

J. C. JEAFFRESSON et WILLIAM POLE. Life of Stephenson (Robert)...

La vie de Robert Stephenson, accompagnée de quelques chapitres
donnant la description des plus importantes professions manuelles.

HUXLEY. An elementary atlas... Atlas élémentaire d'ostéologie comparée.

FAIRBAIRN. On the application of cast and wrought iron to building purposes... Sur l'emploi de la fonte et du fer manufacturés dans les constructions.

Transactions of the Society of engineers... Mémoires, de la Société des Ingénieurs Civils.

Magazine, the mining and smelting... Le magasin du mineur et du métallurgiste, traitant de l'exploitation des mines et de l'art de fondre les métaux; revue mensuelle des mines, des carrières, de la métallurgie, ainsi que des arts et des sciences qui s'y rapportent.

Church. Laboratory guide for students of agricultural chemistry...

Le guide du laboratoire pour les personnes qui étudient la chimie agricole.

OUVRAGES ALLEMANDS.

Archiv. d. Mathematik... Archives des sciences mathématiques et physiques, publiées par le professeur GRUNERT.

Jahrbuch d. K. K. geolog. Reichsanstalt... Annuaire de l'Institut im-

périal et royal géologique de Vienne.

CLAUDIUS (M.). Das Gehörlabyrinth von Dinotherium giganteum... le Labyrinthe de l'oreille du Dinotherium giganteum avec observations sur la valeur de la forme du labyrinthe, pour servir à la classification des mammifères. Cassel. In-4°.

Fuchs (C. W. C.). Die vulkanischen Erscheinungen der Erde... Phé-

nomènes volcaniques de la terre. Leipzig.

KOBELL (F. VON). Tafeln zur Bestimmung der Mineralien mittelst einfacher chemischer... Tableaux pour la détermination des minéraux au moyen de recherches chimiques simples faites par la voie sèche et par la voie humide. Munchen. In-8.

TASCHENBERG (E. L.). Naturgeschichte der wirbellosen Thiere ... Histoire naturelle des animaux invertébrés, qui en Allemagne

causent des dégâts aux plantes cultivées. Leipzig.

Zeitschrift fur wissenschaftliche Zoologie... Annuaire pour la zoologie scientifique, par C. TH. V. SIEBOLD et A. KÖLLIKER. Vol. XV, livre 2. Leipzig. In-8.

CREMONA (L.). Einleitung in eine geometrische Theorie des ebenen Curven... Introduction à une théorie géométrique des courbes

planes, traduit par C. HAASSE. Hannover. In-8.

STIEBER (P. C. G.). Die wahre Gestalt der Planeten... De la véritable forme de l'orbite des planètes et des comètes. Iéna. In-4.

Mittheilungen aus J. Perthes geographischer... Publications de l'établissement géographique de Justus Perthes, d'après les recherches les plus récentes et les plus importantes de la géographie, par A. Petermann. Gotha.

Mittheilungen. Erganzungs-Heft. nº 15. Tinneische. L'expédition de Tinné faite vers la partie occidentale des sources du Nil, exécutée en 1865 et en 1864; extrait du journal de Til. Von

HEUGLIN. Gotha.

VAMBERY (H.). Reise in Mittel Asien... Voyage dans l'intérieur de l'Asie, par Téhéran, le désert des Turkomans, le bord oriental de la mer Caspienne jusqu'à Chiwa, Bochara et Samarkand, exécuté en 1863; Leipzig. In-8.

BREMIKER (C.). Nautisches Jahrbuch... Annuaire nautique ou

éphémérides et tableaux complets pour l'année 1867. Berlin. In-8. MUNICHSDORFER (F.). und FREY (E. A.). Zwei Berichte uber die Erzeugung... Deux rapports sur la fabrication et le travail de

l'acier dit de Bessemer. Wien. In-4.

RITTINGER (P. V.). Theorie und Bau der Rohrturbinen... Théorie et construction des turbines à tuyaux en général et des turbines dites de Jonval, en particulier, Prague. In-8.

AUTENHEIMER (F.). Elementar Buch der differential und integral-Rechnung... Traité élémentaire du calcul différentiel et intégral avec nombreuses applications à l'analyse, à la géométrie, à la mécanique, etc. Weimar, In-8.

MULLER (Dr. Baron J. W.). Reisen in den Vereinigten Staaten... Voyages dans les États-Unis, le Canada et le Mexique, 5 vol. Additions à l'histoire, à la statistique et à la zoologie du Mexique, avec une carte lithographiée de l'empire et un profil de l'isthme de Tehuantepec. — Leipsick.

de Tenuantepec. — Leipsick. Zeitschift fur allgemeine Erdfrunde. Annuaire de l'étude générale de la terre, par le professeur-docteur W. von Koner. Nou-

velle série en 18 vol. et 6 feuilles. Berlin. KEPLER (Joa). Astronomie; opera omnia... Édité par le docteur Ch. Frisch. Francfort-sur-Mein.

PRYM (docteur F); Neue theorie der ultra-elliptischen Functionen... Nouvelle théorie des fonctions ultra-elliptiques, avec 3 tableaux lithographiés. Vienne.

Wochenschrift fur Astronomie, Meteorologie und Geographie... Publication hebdomadaire sur l'astronomie, la météorologie et la géographie, rédigée par le professeur-docteur Heis. Nouvelle série, 8° année. Halle.

Zeitschrift fur Mathematik und Physik... Annuaire pour les mathématiques et la physique, par les docteurs O. Schlomilch, E, KAHL et M. CANTOR. 10° année, Leipzig.

Bau Zeitung, allgemeine mit Abbitdungen... Journal général des constructions avec dessins et planches, rédigé par Henri et Emil von Forster, architectes, 30° année. Vienne.

Givil Ingenieur (der); Zeitschrift fur das Ingenieurwesen... L'ingénieur civil; annuaire de l'art de l'ingénieur, par K. R. Borne-MANN; nouvelle série 11 vol. 8 feuilles. Leipsic.

Eisenbahnen. Osterreichische, entw. und ausgeführt in den Jahre 1857-1867... Chemins de fer autrichiens projetés et exécutés de 1857 à 1867, publication faite sous la direction de Charles von Etzel: Wienne.

Annales des Mines, #865. Tome VII.

Eisenbahn-Jahrbuch Österreichisches..... Annuaire des chemins de fer autrichiens pour l'année 1865. Wienne.

Nachrichten statistische von den preussischen Eisenbahnen... Documents statistiques sur les chemins de fer prussiens; 11 vol. 1863. Berlin.

Nachrichten fur die Benutzung der Telegraphen-Linien zur Beforderung von privat Depeschen... Documents sur l'emploi des lignes télégraphiques à l'expédition des dépêches privées soit à l'intérieur, soit à l'étranger. Berlin. Von Decker.

Seward (Sir Will. H.). Telegraph um die Erde. Zur Verbindung der ostlichen und westlichen Halbkugel... Le télégraphe autour de la terre ou la communication entre les deux hémisphères par Moscou, l'Amour, le détroit de Béring, la Columbie britannique et la Californie. Traduit de l'anglais par Cl. Gerke, avec une carte lithographiée. Hambourg.

Weisbach (Bergrath. prof. D' Jul.). Lehrbuch der Ingenieur und Maschinen-Mechanik. 2 Theile, Lehrbuch der statik der Bauwerke und der mechanik der Umtriebsmaschinen... Manuel de l'ingénieur et du constructeur de machines, 2 parties; manuel de la statique des constructions et de la mécanique des machines.

— Brunswick.

Erfahrungen im Berg-und Hüttenmannischen Maschinen-bau und Aufbereitungswesen... Recherches sur les machines employées dans les mines et dans les usines, publiées d'après les ordres de M. le ministre R. P. DE RITTINGER, année 1863, avec atlas de 20 tableaux. Vienne.

Glückauf. Berg und Hüttenmannische Zeitung von den Niederrhein und Westfalen... Journal des mines et des usines pour les provinces Rhénanes et la Westphalie, par Rud. Jul. BADEKER, année 1865. Leipzig.

Zeitschrift fur Berg-und Huttenwesen... Feuille périodique autrichienne pour la connaissance des mines et des usines, rédigée par le conseiller en chef des mines, professeur Otto, 13° année. Hingenau.

Zeitung, Berg und Hüttenmannische... Journal des mines et des usines, rédigé par M. le professeur Bruno Kerl et par M. Freder. WIMMER. 24° année, 1865. Leipzig.

Annalen der Landwirthschaft in den Königlichen Preussischen Stuaten... Annales de l'agriculture dans le royaume de Prusse, rédigées par M. De Salviati. 5° année. Berlin.

Kiepert (H.). General-Karte von Asien entworfen, im Jahr 1850... Carte générale de l'Asie dressée en 1850 et complétée d'après les meilleures sources et publications qui ont paru depuis, sur l'échelle de 1 à 10.000.000; en 4 feuilles sur cuivre, coloriées.— Veimar.

Liesch (J. B.). Plan de la ville de Luxembourg, dressé à l'échelle de 1 à 2.500. — Luxembourg.

Peters. Geologische untersuchungen... Recherches géologiques dans la Dobrudscha.

Schneider. Fernere Nachrichten uber die Fortschritte... Rapport sur les progrès de l'astronomie et de la météorologie.—Leipsick.

Wiebe (le professeur). Skizzen Buch fur den... Portefeuille de l'ingénieur et du constructeur de machines. 36° livraison. Berlin.

HEER (professeur Oswald). Die Urwelt der Schweiz... Les mers anciennes de la Suisse; 12° et 13° livraisons. Zurich.

OLBRISCH (Th.). Flotz-Karte von dem Saarbrucker Steinkohlen district... Carte représentant les couches de houille du district houiller de Saarbruck, à l'échelle de 1 à 40.000; 2 feuilles, lith. — Gotha.

Sypow's (E. V.). Schul-atlas, in-42, Karten... Atlas pour les écoles en 42 feuilles lithographiées en chromo-lithographie. Gotha.

Gebrauch von Dampfkesseln... L'emploi des chaudières et des appareils à vapeur; ordonnance royale du 7 août 1864. Munich, Bavière.

GRANTHAM (John). Eisenschiffbau... Construction des navires en fer. Traduit de l'anglais. Hambourg.

Köhler (H). Ueber das profil und die Fabrication der Eisenbahnschienen... Sur le profil et la fabrication des rails. 36 p. avec 1 grav. in-4, fol. Bochum, Stumpf.

Kronauer (J. H.). Zeichnungen von ausgeführten in verschiedenen Zweigen... Dessins des machines, des outils et des appareils les plus récents, exécutés et appliqués aux différentes branches de l'industrie.

Langer (Joseph). Der Eisenbruckenbau auf dem neuesten Standpunkte... Construction des ponts en fer d'après les recherches
les plus récentes; représentée par les ponts déjà exécutés, avec
appendice sur les ponts en bois et sur les échafaudages. 1865.
Vienne en Autriche.

LIPPOLD (Herm). Uber die Canalisation der... Sur la canalisation de la ville de Mayence, actuellement et dans l'avenir. Mayence.

Main-Lahn-Sieg-Eisenbahn, die kurzeste Linie zwischen Francfurt... Chemin de fer de Main-Lahn-Sieg, ou la ligne la plus courte entre Francfort-sur-le-Mein et Cologne, projetée par le comité central, Viesbaden, MENSCHING (Adf.). Der Tracht-Verkehr der Eisenbahnen... La question du trafic des chemins de fer étudiée sous le rapport mercantile et juridique, avec la désignation des stations des chemins de fer en Allemagne et dans les pays limitrophes. Manuel destiné aux employés des chemins de fer, etc. Hannovre.

Mittheilungender König-Sächsischse-polytechnischen... Publications de l'École royale polytechnique de Dresde. Leipzig.

ROTHER (L. G. W.). Der Telegraphenhau... Construction des télégraphes. Manuel pratique destiné aux employés des télégraphes.

RZIHA (F.). Lehrbuch der gesammten Tunnel Baukunst... Manuel pour la construction générale des tunnels. Berlin.

Berg und Hüttenwesen, das, in Herzogthum Nassau. Statistische Nachrichten... Mines et usines du duché de Nassau. Statistiques accompagnées de descriptions géognostiques, minéralogiques et techniques. Wiesbaden.

DIETRICH (Dr. Daw). Forst-flora oder Abbildung und Beschreibung...
Flore forestière ou représentation des arbres et des arbrisseaux croissant spontanément ainsi que des plantes utiles et nuisibles.

1 vol. avec 25 tableaux en couleur. Leipzig.

GLEICHMANN (W.). Tafeln zur Bestimmung der Holzgehalts... Tableaux pour calculer le rendement des arbres de haute sutaie lorsqu'ils sont encore sur pied. Hildburghausen.

HUYSSEN (A.). Die allgemeinen Verhaltnisse der Preussischen Bergwesens... Rapport général sur les mines de la Prusse avec des considérations sur leur développement, 4 cartes, chromo. Essen.

KERL (Bruno). Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde... Manuel de métallurgie destiné à l'enseignement et à l'étude de cette science. Refondu, 3 vol. avec 5 pl. Leipzig.

PANNEWITZ (Jul.). Die Walder Frankreichs... Les forêts de la France en 1863. 1 tableau et 1 carte. Breslau.

Percy (John). Die Metallurgie. Gewinnung und Verarbeitung... La métallurgie. L'extraction et le travail des métaux ainsi que leur gisement, considérés sous le rapport pratique, théorique et surtout chimique. Traduit en allemand et revu par MM. les professeurs Knapp et Herm Weding. 2 vol. avec grav. sur bois. Brunswick.

PLATTNER (Garl. Fred). Probirkunst mit dem Læthrohre... L'art d'essayer au chalumeau et moyens de se servir du chalumeau pour les recherches qualitatives ou quantitatives.

Schel (Fred). Die Unglücksfalle in den Ober Harzischen Bergwerken... Accidents arrivés dans les mines du Harz supérieur; avec avant-propos par G. Schulze. Clausthal. Spirzer Sn.). Gesammt-Uebersicht über die Production... Aperçu général sur la production, la consommation et la circulation des combustibles minéraux en Autriche, avec une carte représentant les couches de ces combustibles d'après des sources authentiques. Vienne.

CONRAD (J.). Liebigs Ansicht von der Bodenerschæpfung... L'opinion de M. le Baron Liebic sur la formation du sol végétal, fondée sur des preuves historiques, statistiques et économiques. Jena.

FISCHER (K.). Die Ackerbau und Thier-Chemie... Chimie agricole, zoologique et physiologique, à l'usage des cultivateurs.

Horrmann. Jahresbericht uber die Fortschritte der Agricultur Chemie... Compte rendu des progrès de la chimie agricole, avec des considérations sur la chimie et sur la physiologie des plantes. 6° année 1863-1864. Berlin.

Kolliker. Darwinische Schöpfongstheorie... La théorie de Darwin sur l'origine des éspèces.

HOCHSTETTER (Von). Abharten von Neuseeland. Nephrit.. Variétés de néphrite de la Nouvelle Zélande.

Brasack. Spectral-oualyt. Untersuchungen... Recherche des métaux par l'analyse spectrale.

MULLER (Alex.). Die chemische Zusammensetzung der gebrauchlichsten... Composition chimique des aliments les plus habituels, avec divers dessins.

VINCKE (F.). Kurze geschichtliche Entwickelung der Getreide Production... Description historique et succincte de la production, de la consommation et du commerce des grains en Prusse, depuis l'année 1840 jusqu'à 1860. Stuttgart.

RITTER (A.) Lehrbuch d. techn. Mechanik... Traité de mécanique pratique.

REUSS. Die foss. Foraminiferen... Les foraminifères fossiles d'Ober-

OUVRAGES ESPAGNOLS.

CANALEJUS Y CASUS (José). Anuario de los progressos tecnologicos de la industria y de la agricultura... Annales des progrès scientifiques faits par l'industrie et par l'agriculture.

OUVRAGES ITALIENS.

- Annali di agricoltura... Annales de l'agriculture, de l'industrie et du commerce du royaume d'Italie; publiées par le Ministre de ce département.
- Carta del Strade, etc. Carte des voies ferrées de l'Europe centrale.
 Trieste.
- CLEMENTINI. Manuale di architectura... Manuel d'architecture civile; 4° édition. Trieste.
- Industria del' ferro in Italia... État de l'industrie du fer en Italie, publié par les soins du Ministère de la marine. Iu-4° de 437 pages avec 7 pl. lithographiées. Costa, à Turin.
- Schiaparelli et E. Mayr. Nuova carta generale del regno d'Italia...
 Nouvelle carte générale du royaume d'Italie avec les divisions administratives. 9 feuilles; en chromolithographie.

ANNALES

DES MINES.

NOTE

SUR L'EXPLOSION D'UN APPAREIL CONDENSEUR ÉTABLI DANS LA FILATURE DE LAINE DE MM. TRAPP ET COMPAGNIE, A MULHOUSE.

Par M. CALLON, ingénieur en chef des mines, rapporteur de la commission centrale des machines à vapeur.

Le 1er février 1864, il s'est produit dans la filature de laine de MM. Trapp et compagnie, à Mulhouse (Haut-Rhin), un accident qui n'a fort heureusement occasionné que des dégâts matériels peu importants, mais qui, par les circonstances qui l'ont accompagné, donne lieu à quelques observations dignes d'un certain intérêt.

S. Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics a décidé, conformément aux propositions de la commission centrale des machines à vapeur, qu'il serait publié sur cet accident une courte notice résumant les considérations et les conclusions du rapport présenté à cette commission et approuvé par elle.

L'accident dont il s'agit est l'explosion d'un appareil condenseur, formé d'un cylindre en tôle d'un mètre de diamètre, terminé à la base par un fond entièrement plat et à la partie supérieure par un fond légèrement bombé.

Cet appareil recevait à sa sortie la vapeur employée au Tome VII. 1865.

chaussage d'une des salles de la filature. La vapeur venant du générateur, après s'être abaissée dans un appareil de détente à la pression effective de 2^{at},4, circulait dans un calorisère formé d'un système de tuyaux en ser étiré de 0^m,20 de diamètre, présentant un développement de 285 mètres, et se rendait ensuite dans le condenseur. Un tube de 0^m,35, terminé par un ajutage de 0^m;12, laissait dégager le surplus de vapeur qui avait échappé à la condensation.

Lors de l'explosion, la partie cylindrique s'est déchirée au-dessus de la ligne des rivets fixant le fond plat. Celui-ci est resté sur place; la pièce cylindrique et le fond supérieur, par un effet de recul facile à concevoir, ont été projetés tout d'une pièce, ont défoncé la toiture du bâtiment (lequel ne se compose que d'un simple rez-de-chaussée) et sont allés tomber à 60 mètres de distance, en passant, sans le toucher, par-dessus un bâtiment voisin de 12 mètres de hauteur.

M. l'ingénieur ordinaire Lebleu et M. l'ingénieur en chef Dubocq s'accordent à penser que sur le long trajet de 283 mètres parcouru entre l'appareil de détente et l'appareil recueillant l'eau condensée, la vapeur avait le temps de descendre à une température voisine de roo° et par conséquent à une pression effective à peu près nulle.

L'explosion serait due, selon M. l'ingénieur ordinaire, à la forme vicieuse d'un fond plat de grand diamètre, dont la tendance à la déformation, même sous une pression réduite, devaitfatiguer la partie cylindrique au voisinage de la rivure.

L'épaisseur de la tôle était telle que, même sous la pression de 2^{at}, 4 existant dans le réservoir de détente, le métal du corps cylindrique n'aurait encore supporté, abstraction faite de l'insluence du fond plat, qu'une charge de 2 kilos grammes par millimètre carré; mais la rupture était commencée avant l'accident, comme l'a montré l'aspect de la cassure; et cette circonstance, jointe à l'excès de fatigue

résultant d'un léger bombement possible du fond plat, aurait, d'après M. l'ingénieur ordinaire, déterminé l'explosion.

M. l'ingénieur en chef ne pense pas que l'influence du fond plat ait pu être une cause suffisante de rupture. Se fondant sur le phénomène considérable de projection observé, il regarde comme évident que la pression devait être notablement supérieure à la pression atmosphérique. Il faut, selon lui, qu'une obstruction du tuyau d'échappement se soit produite par une cause quelconque, pour expliquer et la rupture et surtout la projection.

La commission centrale des machines à vapeur ne pense pas qu'on doive regarder à priori comme évident que la pression dans l'appareil condenseur était nécessairement faible, par le seul fait du long développement des tuyaux calorifères et de la présence d'un orifice d'échappement de o^m,12, même libre de toute obstruction Cette pression dépendait en outre, et même d'une manière très-intime, de la quantité de vapeur qui affluait dans le calorifère. On ne pourrait en avoir une idée que si l'on connaissait la puissance de vaporisation du générateur alimentant cet appareil.

Supposons cette puissance très-grande, que le générateur serve, par exemple, habituellement à alimenter, non-seulement le calorifère, mais encore une série d'autres appareils. Si cette dernière alimentation vient à être suspendue temporairement, toute la vapeur qui continue de se produire affluera nécessairement vers le calorifère; elle s'y condensera en plus grande abondance qu'à l'ordinaire; elle en suréchauffera les parois à l'intérieur, et pourra ainsi se maintenir jusque dans le condenseur à une température et par conséquent à une pression graduellement croissantes. La limite supérieure de la pression ne peut être indiquée à priori; mais elle peut se rapprocher de celle qui correspond à la charge de la soupape du réservoir de détente; elle peut même à la rigueur la dépasser, si le diamètre de cette

soupape n'est pas suffisant pour débiter la plus grande

partie de la vapeur produite.

Si l'on voulait pousser les choses à l'extrême et supposer une puissance de vaporisation indéfinie, de telle sorte que le débit de la soupape et celui du tube d'échappement pussent être négligés, la pression dans le calorifère et dans l'appareil de détente serait précisément égale à la pression dans le générateur.

Il résulte de là que, même avec l'orifice d'échappement de om, 12 entièrement ouvert, même avec la soupape de l'appareil de détente chargée à 2ªt,4, l'explosion a bien pu se produire sous une pression notable se rapprochant de celle du générateur, si à un moment donné un afflux considérable de vapeur a été dirigé vers le calorifère. L'appareil de détente, le calorifère et le condenseur sont devenus alors, en quelque sorte, dans leur ensemble, un appendice, une espèce de réservoir de vapeur de la chaudière. L'orifice d'échappement de o'",12 a pu alors devenir radicalement insuffisant pour écouler toute la vapeur affluente.

D'après ces considérations, la commission centrale des machines à vapeur pense que dans les appareils qui sont destinés à employer sous une pression réduite de la vapeur produité sous une pression plus ou moins élevée, les dimensions des soupapes des réservoirs de détente, ou les diamètres des orifices d'échappement à l'air libre ne sauraient être rationnellement déterminés sans avoir égard à la puissance de vaporisation des générateurs, ou du moins à l'afflux maximum de vapeur qui peut avoir lieu dans les appareils qu'on se propose d'établir.

RAPPORT

SUR UNE EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR A MONTCHANIN (SAÔNE-ET-LOIRE).

Par M. C. JORDAN, ingénieur des mines.

Une explosion de chaudière à vapeur s'est produite le 1er février 1864, dans la tuilerie de Montchanin (Saône-et-Loire).

La chaudière, de forme cylindrique, avait 10^m,80 de long sur 1 mètre de diamètre : elle était accompagnée d'un bouilleur de 8^m,60 de long sur 0^m,70 de diamètre, chauffé par le retour de flamme. La pression de la vapeur était de 5 atmosphères.

L'appareil, mis en feu dans la matinée, avait commencé à fonctionner à midi, et le chauffeur avait eu soin de vérifier à ce moment que l'eau s'élevait dans la chaudière audessus du niveau réglementaire. Tout à coup, à midi un quart, la chaudière se déchire suivant une génératrice, à sa partie inférieure, et du côté du foyer. L'explosion détruisit le fourneau de la chaudière et celui d'une chaudière voisine; le chauffeur a été légèrement brûlé, mais il n'y a eu heureusement aucun accident grave.

D'après les constatations faites après l'accident, la fente longitudinale présentait une largeur maximum de om, 39 sur une longueur de 3m,20. Une ligne de rivets dispersés suivant un cercle perpendiculaire à l'axe s'étant rencontrée à cette distance a empêché la déchirure de se propager au delà, mais la tôle, affaiblie par la présence des rivets, a

été tranchée tout le long de cette ligne. La chaudière s'est trouvée ainsi coupée en deux parties inégales, l'une intacte, l'autre éventrée suivant une génératrice.

Cet accident ne paraît pas devoir être attribué à la qualité de la tôle : en effet, la déchirure était parfaitement franche sur toute sa longueur, et ne manifestait aucun défaut de soudure, malgré les efforts considérables qui ont dû se produire au moment de l'explosion.

Un examen plus attentif a permis de reconnaître que la partie de la chaudière qui se trouvait soumise à l'action du feu présentait sur divers points des déformations sensibles, qui paraissent indiquer qn'elle a rougi. La plus importante de ces déformations se trouvait précisément au centre de la déchirure, où l'on pouvait observer une boursouslure bien marquée. D'autre part, la chaudière était déjà nettoyée au moment de ma visite : mais ceux qui l'ont vue à l'origine déclarent y avoir remarqué une couche très-épaisse d'incrustations. Suivant toute apparence, ce sont ces dépôts qui, en empêchant le contact de l'eau avec le fond de la chaudière, ont permis à la tôle de rougir et causé l'accident.

EXTRAIT D'UN RAPPORT ET OBSERVATIONS

sur

UNE EXPLOSION DE CHAUDIÈRE A VAPEUR SURVENUE DANS LA FABRIQUE DE SUCRE DE MM. DURIEZ ET DROULERZ, A COPPENANSFORR (NORD).

1° Extrait d'un Rapport de M. Leverrier, ingénieur des mines.

Le 13 février 1864, dans la fabrique de sucre et alcool de MM. Duriez et Droulers à Coppenansfort, près Bourbourg, un tube intérieur d'un générateur a cédé à la pression et s'est écrase; l'eau et la vapeur s'échappant par cette ouverture, un grand nombre d'ouvriers ont été atteints de brûlures graves, des suites desquelles la plupart sont morts.

Nous avons été informé de ces faits le 14 février : en conséquence, nous nous sommes rendu le 15 à Coppenansfort pour procéder à une enquête; nous sommes retourné sur les lieux, le 25, pour vérifier quelques points sur lesquels notre attention ne s'était pas portée d'abord: nous allons exposer dans ce rapport le résultat des recherches auxquelles nous nous sommes livré.

Nous devons d'abord faire connaître le système de construction du générateur et de l'emplacement qu'il occupait dans l'usine.

Description du générateur. — Ce générateur se compose de deux bouilleurs et d'un corps cylindrique avec trois tubes intérieurs, surmonté d'un dôme de vapeur. La flamme chauffe d'abord les bouilleurs et le fond du corps de chaudière, revient à l'avant du fourneau par les trois tubes intérieurs et passe ensuite dans des carneaux qui font le tour de la chaudière, de manière à la chauffer latéralement.

Les fonds de la chaudière sont presque plats, et se trouvent naturellement entretoisés par les tubes intérieurs; chacun d'eux est en outre maintenu par deux tirants qui le relient à la paroi cylindrique.

Les dimensions des diverses parties du générateur sont les suivantes:

	CHAUDIÈRE.	BOUILLEURS.	TUBE INTÉRIEUR.	воме.
Diamètre	11m,70	0''',70	0",47	0 ^{to} ,80
Longueur	Sn:,00	8 ^m ,50	8 ¹¹¹ ,00	0 ⁿ¹ ,80
Surface de chauffe	22 ^{mq} ,00	18 ^{mq} ,00 (l'un)	13 ^{mq} ,50 (l'un)	,,
Volume	18 ^{me} ,160	3 me ,273 (l'un)	1,388 (l'un)	0,402

Ce générateur a été construit dans les ateliers de M. Fontaine, à la Madeleine, près Lille, où il a subi l'épreuve légale pour 5 atmosphères: il a commencé à fonctionner dans le courant de 1857.

Emplacement du générateur. — Ce générateur est installé à côté de deux autres, concurremment avec lesquels il a été autorisé par arrêté préfectoral en date du 17 mars 1859; tous les trois se trouvent dans un bâtiment spécial, couvert d'une toiture indépendante, contigu à l'atelier de fermentation, à la distillerie et à la sucrerie. Nous aurons, du reste, à insister longuement sur ces descriptions, nous n'entrerons donc pas dans plus de détails pour le moment.

Exposé de l'accident. — Le samedi, 13 février, vers huit heures du matin, le tube intérieur a du générateur A, fig. 14 et 15, Pl. I, se déchira sur toute sa longueur, et l'eau et la vapeur des trois générateurs s'échappèrent par cette jouverture. Il n'y eut pas à proprement parler d'explosion, car le générateur n'a subi d'autre avarie que l'écrasement du tube; il ne s'est même déplacé que d'une très-petite quantité, il a reculé de 50 centimètres environ, vers le mur de la distillerie. Ce ne sont pas, dans le cas actuel, les débris du générateur qui ont porté au loin la destruction; il a suffi de la force d'expansion de la vapeur se dégageant brusquement dans un espace assez resserré, et lançant de tous côtés les briques des fourneaux, pour produire les conséquences les plus déplorables.

Effets de l'explosion quant aux personnes. — En face du générateur, le mur mitoyen de la distillerie fut renversé sur toute sa hauteur correspondante à deux étages, et sur une largeur de 3 à 4 mètres: l'eau et la vapeur pénétrèrent par la brèche ainsi pratiquée, dans la distillerie qui ne fonctionne pas en ce moment,

mais où, par malheur, les ouvriers étaient alors réunis pour déjeuner. Quatorze personnes furent ainsi atteintes de brûlures graves: en nième temps deux ouvriers étaient tués sur le coup dans la cave du chauffeur, deux autres qui s'y trouvaient également échappaient comme par miracle.

Quatre des victimes sont actuellement hors de danger, les autres ont succombé.

Quant aux avaries matérielles, les murs mitoyens de la distillerie et de l'atelier de fermentation ont été renversés, la toiture du local des générateurs a été enlevée, ainsi qu'une partie de celle de l'atelier de fermentation : celle du bâtiment principal a été fortement dégradée, en face des générateurs, le massif des fourneaux a été détruit et une partie du matériel de la distillerie mise hors de service. Des briques et des tuiles des toitures ont été lancées dans le sens de l'axe des générateurs, jusqu'à une distance de 60 mètres environ, etc.

Causes de l'explosion. — Les explosions de générateurs peuvent, en général, être attribuées, tantôt à un excès de pression, tantôt, et c'est le cas le plus ordinaire, à un abaissement tel du niveau de l'eau dans la chaudière qu'une certaine étendue de tôle puisse rougir et donner lieu à une production subite de vapeur lorsqu'on vient à alimenter. Nous examinerons si l'une ou l'autre de ces causes a été en jeu dans le cas actuel, et si toutes les mesures de sûreté prescrites par l'ordonnance du 22 mai 1843 pour y obvier, ont été observées.

L'accident ne paraît pas être dû à un excès de pression dans la chaudière. — Soupapes de sûreté. — La pression qu'il est possible d'atteindre dans une chaudière, est limitée par le poids dont est chargé la soupape de sûreté, celle-ci ayant d'ailleurs un diamètre suffisant. Dans le cas actuel, le générateur était muni de deux soupapes dont la réglementation était la suivante:

Diamètre
Rapport des bras de levier
Distance du centre de gravité du levier à l'axe de
rotation
Poids suspendu
Poids du levier 4k.300

Les soupapes devaient se lever vers μ^{2} , 25: s'il n'y a pas eu de surcharge la pression indiquée au timbre de la chaudière n'a pas même été atteinte dans l'usage. MM. Duriez affirment qu'il n'a jamais été mis sur les leviers d'autres poids que ceux que nous y avons trouvés suspendus. En ce qui concerne l'indication de la

A COPPENANSFORT (NORD).

pression, un manomètre du système Noël Renier était sous les yeux du chauffeur, et était mis en communication par un tube spécial avec les trois générateurs.

L'accident ne paraît pas dû à l'insuffisance de l'alimentation. — L'abaissement anormal du niveau de l'eau est, avons-nous déjà dit, la cause de presque tous les accidents.

Les appareils destinés à indiquer le niveau de l'eau qui existaient sur le générateur étaient les suivants :

- 1º Un flotteur ordinaire;
- 2° Un indicateur magnétique Lethuillier-Pinel;
- 3° Un sifflet d'alarine.

Contrairement aux prescriptions légales, il n'existait ni tube en verre, ni robinets indicateurs du niveau de l'eau, nous devons ajouter que ces appareils manquent malheureusement sur la plupart des chaudières du département.

Dans l'espèce, il ne paraît pas que l'accident puisse être attribué à un manque d'eau; s'il en eût été ainsi, il se serait produit au moment de la reprise de l'alimentation.

Le générateur était muni de trois moyens d'alimentation :

- 1° Un tuyau communiquant avec la pompe alimentaire de la machine et se bifurquant pour porter l'eau froide dans les bouil-leurs;
 - 2° Un retour d'eau provenant de la cuite et de la défécation;
- 3º Un retour d'eau provenant de l'évaporation.

Au moment de l'accident, les deux retours d'eaux communiquaient avec le générateur du milieu seulement; le tuyau de la pompe était ouvert sur la chaudière qui a fait explosion, mais la machine ne fonctionnant pas, il n'y avait pas alimentation.

Des trois tubes intérieurs, c'est celui qui se trouve au niveau le plus bas qui a cédé: cet effet eût cependant pu se produire sans que le niveau eût baissé jusque-là; en admettant que les tubes supérieurs ayant rougi, ce fût l'inférieur qui eût cédé. Cependant la tôle portée à une haute température perd une grande partie de sa force de résistance; elle doit donc céder plutôt dans la partie même où elle a été surchauffée. Quoi qu'il en soit, si le niveau a subi un abaissement anormal, les tubes supérieurs doivent porter la trace d'un coup de feu: altération de la tôle et disjonction des pinces, détruisant l'effet du mattage. Ce dernier caractère, notamment, est facile à reconnaître et se présente toujours lorsqu'il y a eu coup de feu. Nous n'avons rien vu de pareil; les tubes renferment encore de la suie, rien, en un mot, ne donne lieu de croire qu'il y ait eu insuffisance d'alimentation.

Nous ajouterons qu'il n'existait pas d'incrustations dans la chaudière; les eaux employées à l'alimentation sont prises dans le canal de Bourbourg et ne donnent lieu qu'à des dépôts boueux sans adhérence et peu abondants.

Ces deux causes écartées, nous devons étudier quelle était la résistance du générateur, notamment du tube qui a été écrasé.

Forme du tube intérieur après l'explosion. - Les sig. 17, 18, 19 représente le tube intérieur avec toutes ses lésions. Ainsi qu'on le voit, le demi-cylindre inférieur a été complétement écrasé et replié sur le supérieur en se déchirant au sommet de la selle a et suivant les lignes de recouvrement des tôles b et c. Cette déformation de la première virole a été déterminée par le cisaillement de la tôle suivant cinq des rivets qui la fixaient sur le cône évasé existant à l'avant du tube; c'est là, en effet, que la déchirure est à son maximum; les deux lèvres de la plaie sont très-écartées et un fragment assez important a été enlevé; elles vont ensuite en se rapprochant, et sur la seconde et la troisième virole, il n'y a plus qu'une déformation ayant donné lieu à une déchirure au sommet, mais sans solution de continuité importante. Le sens dans lequel s'est produit le mouvement du générateur donne tout lieu de croire que la première phase de l'accident a consisté dans le cisaillement de la tôle sur la cornière d'avant; mais ce mouvement n'a été que de om,50 environ, ce qui montre que presque de suite un nouveau passage s'est ouvert à la vapeur. La quatrième virole, en effet, s'est déformée en partie par l'écrasement du demi-cylindre inférieur; mais en outre, par la déchirure complète du demicylindre supérieur dont la tôle s'est cisaillée suivant sept des treize rivets la fixant sur la cornière d'arrière et s'est repliée sur le demicylindre inférieur. Dans cette partie quelques fragments de tôle ont été complétement enlevés, mais sur une faible étendue : ajoutons que ces fragments n'ont pas été projetés à distance, on les a retrouvés sous les décombres du massif du fourneau.

Résistance du tube intérieur. — A quelle pression pouvait résister le tube intérieur, 1° en pleine tôle, 2° dans les parties rivées?

Les tôles de ce tube proviennent de la fabrique de M. Dumont à Ferrière: nous en avons fait découper deux échantillons, l'un dans la feuille supérieure de la quatrième virole, l'autre dans la feuille supérieure de la première. Dans ces échantillons ont été taillées des barres qui ont été essayées à la résistance à la traction dans les ateliers de MM. Parent et Schaken à Lille.

Le premien échantillon (tôle de la quatrième virole) présentait

une section de 50 millimètres sur 8 millimètres, il a rompu sous une charge de 9.300 kilogrammes, soit 23^k,25 par millimètre quarré.

Le second échantillon (tôle de la première virole) avait 48^{mm},5 sur 7^{mm},5; il a rompu sous une charge de 11.000 kilogrammes, soit 30 kilogrammes par millimètre quarré.

La tôle de la quatrième virole ayant été prise dans une partie où la déformation avait été très-grande, était peut être altérée dans sa texture: somme toute, ces tôles étaient d'une qualité assez médiocre.

Épaisseur de la tôle. — Au point où le tube intérieur est rivé sur la cornière d'avant, son diamètre est de o^m,50: son épaisseur légale serait donc de 9^{mm},9; en effet, l'épaisseur légale d'un tube de même diamètre pressé à l'intérieur, serait de 6^{mm},6; celle d'un tube pressé à l'extérieur, aux termes de l'instruction ministérielle du 17 décembre 1848, doit être plus forte de moitié. D'après M. l'ontaine, les tôles auraient été commandées pour 9 millinètres. Nous avons lieu d'en douter, n'ayant pu obteuir communication des commandes; nulle part, nous n'avons trouvé l'épaisseur supérieure à 8 millimètres; à la première virole elle n'est que de 7^{mm},5, elle se réduit même sur certains points où la tôle aura sans doute été rongée par suite de fuites à 6 millimètres.

Rivure des tôles. — Les tôles sont rivées entre elles, et aux cornières par des rivets de om,02, espacés de om,05 d'axe en axe; cette rivure est simple, tant sur les joints transversaux que sur les joints longitudinaux: on voit, d'après cela, que la résistance du métal suivant la rivure est seulement les trois cinquièmes de ce qu'elle est en pleine tôle, et qu'en outre la rupture doit avoir lieu plutôt par cisaillement de la tôle que par cisaillement des rivets. Elle s'est, en effet, ainsi que nous l'avons déjà dit, produite de cette manière.

Cause de l'explosion. — En résumé, nous pensons que l'écrasement du tube s'est produit dans des circonstances normales de pression et d'alimentation: qu'il est simplement dû à un défaut de résistance provenant de la construction première et aggravé par l'usage.

Les générateurs, au bout d'un certain temps de service sont souvent fort affaiblis. Nous pourrions en citer cinquante, auxquels, par suite d'avaries locales, on a remis des pièces en pleine tôle; le bouilleur de la chaudière voisine de celle qui a fait explosion chez M. Duriez était dans ce cas; l'affaiblissement va même quelquefois si loin, que la tôle est réduite à une épaisseur d'un millimètre et peut se crever d'un coup de pointeau; on peut voir chez MM. Malo-Belleville, à Dunkerque, une vieille chaudière dont les

parois ont été complétement rongées. Dans ce cas, il se déclare simplement des fuites sans explosion, lorsqu'il s'agit de générateurs, dont les parois résistent à une pression intérieure : si des tubes pressés à l'extérieur se trouvent affectés de lésions semblables, leur écrasement est imminent.

Épreuve annuelle des générateurs à tube intérieur. — C'est pour parer à ce danger, que la circulaire ministérielle, en date du 17 décembre 1848, a prescrit l'épreuve annuelle des générateurs à tube intérieur. Mais pour que MM. Duriez et Droulers pussent encourir une responsabilité pour n'avoir pas fait procéder à cette épreuve annuelle, il faudrait que l'obligation en eût été spécifiée dans l'arrêté d'autorisation, et c'est ce qui n'a pas eu lieu. Ajoutons, d'ailleurs, qu'aucun fabricant n'a jamais fait procéder à cette épreuve : peut-être serait il à désirer qu'elle eût lieu d'office à certaines époques; elle nous paraîtrait avoir, dans ce cas, un caractère d'utilité beaucoup plus grand, que lorsqu'elle s'applique à des générateurs neufs dont toutes les parois résistent à des pressions intérieures.

Influence des conditions d'emplacement du générateur sur les résultats de l'explosion. — Il nous reste maintenant à examiner l'influence que les conditions d'emplacement du générateur ont exercée sur les conséquences de l'explosion.

Les fig. 14 et 15 représentent deux coupes à angle droit de ce local: on voit qu'il était entouré de trois côtés par les murs de l'atelier du noir, de l'atelier de fermentation et de la distillerie: contigu au premier, il était séparé du second par un espace vide de o^m,50, et du troisième par un espace vide de 1 mètre. En outre, sur la tête des bouilleurs, régnait un mur de 1^m,35 de hauteur: la suppression de ce mur avait été stipulée dans l'arrêté de permission, dont nous transcrirons ici les clauses relatives à l'emplacement des générateurs.

« Art. 4. Les chaudières seront placées dans le local désigné au « plan fourni par les demandeurs, dont une copie sera annexée à « la minute du présent arrêté.

« Le mur qui surmonte la tête des bouilleurs devra être supprimé, « et le devant du massif des fourneaux entièrement dégagé.

« Le dessus des chaudières devra être constamment tenu libre, « de facile accès et suffisamment éclairé. Le local ne devra être « couvert que d'une toiture légère et indépendante, et être es- pacé des ateliers voisins par des murs pleins de o^m,60 d'épais- « seur. »

L'existence de tous ces murs circonscrivant le local des chau-

dières, a eu pour résultat de limiter pendant un certain temps un espace où régnait une pression assez élevée, accusée par l'enlèvement de la toiture de l'atelier de fermentation, toiture placée latéralement en dehors de la direction suivant laquelle s'échappaient l'eau et la vapeur, et par la destruction du mur de ce même atelier qui s'est affaissé dans son intérieur. Celui de la distillerie a été également détruit dans la partie qui se trouvait en face du générateur, soumise au choc du jet d'eau bouillante sortant par le tube écrasé.

La brèche produite dans le mur mifoyen de la distillerie a été la cause des proportions qu'a prises l'accident: si le mur eût résisté, on n'eût, ainsi que nous l'avons vu, à déplorer que la mort du chauffeur et d'un manouvrier.

Il importe d'étudier avec soin les conditions de résistance dans lesquelles il se trouvait placé.

Aux termes de l'arrêté précité, il eût dû être plein, et présenter l'épaisseur de o^m,60. En réalité, il avait trois briques (o^m,50) à partir du sol sur une hauteur de o^m,80: au-dessus de ce niveau, inférieur de o^m,47 à celui de la plate-forme du générateur, existaient des fausses fenêtres de 1^m,50 de large sur 2^m,50 de haut, dont le remplissage n'avait qu'une demi-brique d'épaisseur.

Cette disposition se répétait au premier étage, avec cette différence que la fausse fenêtre de l'angle était remplacée par une fenêtre véritable. La partie du mur qui a été renversée, est comprise entre l'angle et le milieu A de la seconde fenêtre dont une partie du garnissage s'est maintenue en surplomb, la base épaisse, comme nous l'avons vu, de o^m,56, ayant été renversée sur une longueur un peu plus grande.

Le mur séparant le local des générateurs de l'atelier de fermentation n'avaît que o^m,55 sur toute son étendue, il a été renversé également en dedans de l'atelier, ce qui prouve que sa chute est due à la pression de la vapeur, et non à la destruction des sommiers de la toiture du bâtiment des chaudières, sommiers qui, allant du mur de l'atelier de fermentation, à celui de la sucrerie, pouvaient être considérés comme les entretoisant.

Ainsi, les prescriptions relatives aux épaisseurs à donner aux murs mitoyens n'ont pas été remplies. Leur exécution eût-elle at-ténué les suites de l'explosion? C'est ce qu'il est très-difficile d'apprécier, mais ce qui paraît au moins fort douteux, si l'on réfléchit à la faible résistance que peut offrir un mur à une force agissant perpendiculairement à sa surface.

Il est d'usage, dans les constructions bydrauliques, de donner

pour épaisseur aux murs sous charge d'eau, le tiers de leur hauteur. Quelle épaisseur eût dû présenter celui de la distillerie pour résister au choc du courant d'eau et de vapeur sortant de la chaudière, des briques du fourneau le battant en brèche, à la pression enfin, qui a pu exister pendant quelques instants dans l'espace circonscrit du local des générateurs, et que des calculs faciles à comprendre, permettent de comparer à celle qui eût résulté de l'inflammation de 12 kilogrammes de poudre?

Remarquons enfin que la base du mur présentait o^m,56 et qu'elle a été complétement détruite: si un mur de cette épaisseur eût pu résister, la destruction n'eût commencé qu'au-dessus du niveau du seuil des fausses fenêtres.

Conclusions. - En résumé, nous pensons que:

L'explosion n'est due ni à un excès de pression ni à un défaut d'alimentation.

On ne peut l'attribuer qu'à l'affaiblissement des générateurs, affaiblissement toujours amené par l'usage, sans danger sérieux avec les chaudières ordinaires, mais pouvant mener aux conséquences les plus graves quand il s'applique à des tubes qui, pressés extérieurement, tendent à s'éoraser.

Observations sur le rapport précédent, par M. CALLON, ingénieur des mines, rapporteur de la commission centrale des machines à vapeur.

L'accident du 13 février méritait, par le nombre des victimes qu'il a faites, d'attirer l'attention de l'administration supérieure et celle de la commission centrale des machines à vapeur à laquelle ont été renvoyés le rapport ci-dessus de M. l'ingénieur ordinaire Le Verrier, et l'avis de M. l'ingénieur en chef Boudousquié, qui s'accorde complétement avec M. l'ingénieur ordinaire, pour attribuer le déplorable accident dont il s'agit à l'affaiblissement des tôles amené par l'usage.

Après un examen attentif, la commission centrale est arrivée à la même conclusion que MM. les ingénieurs.

Conformément à la proposition qui lui en a été faite par son rapporteur, elle a émis l'avis qu'il y avait lieu de publier un extrait du rapport de M. l'ingénieur ordinaire, et en même temps de saisir cette occasion pour appeler, une fois de plus, l'attention des constructeurs et des industriels sur la gravité des accidents qui accompagnent souvent la rupture des tubes en tôle de grand diamètre. Cette gravité résulte de ce que la déformation de ces tubes, une fois commencé, va souvent jusqu'à l'écrasement complet, et peut ainsi ouvrir instantanément de larges issues à l'eau et à la vapeur.

A ce sujet la commission a jugé inutile d'insister sur ce point que la résistance à la déformation et à l'écrasement des tubes est considérablement augmentée par l'application, de distance en distance, de viroles ou anneaux, faisant saillie dans l'intérieur de la chaudière, et que ce mode de construction mérite d'être signalé à l'attention des constructeurs de chaudières et des propriétaires d'usines.

RAPPORT

SUR L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR A L'USINE DE COTATAY, PRÈS SAINT-ÉTIENNE.

Par M. H. GONTHIER, ingénieur des mines.

Le 4 juillet, l'ingénieur soussigné était préveuu par M. Holtzer, directeur de l'usine de Cotatay, qu'une explosion de chaudière à vapeur avait eu lieu le matin dans son usine. Il se transporte sur les lieux le 5 juillet, et les faits suivants sont le résultat de ses investigations.

État de la chaudière avant l'explosion. - La chaudière qui a fait explosion avait été construite en 1844 dans les ateliers de M. Bèret à Sainte-Étienne, et éprouvée pour une pression de marche de 3 atmosphères 1/2. C'était une chaudière horizontale, cylindrique, à fond hémisphérique de 8 mètres de long sur 1^m,20 de diamètre. M. Holtzer l'employa pendant un certain temps à cet état, puis il essaya d'en faire une chaudière verticale, pour la chauffer par les fours de son usine. A cet effet, les trous qui servaient à l'ajustage des soupapes et le trou d'homme furent bouchés par des plaques de tôle rivées, et un tirant en deux parties réunies par une clavette fut placé pour servir de montant à une échelle. L'essai n'ayant pas réussi, la chaudière ne resta verticale que pendant quelques semaines, et on la remit à l'état de chaudière horizontale. De nouveaux trous furent percés pour les appareils de sûreté et le trou d'homme; on laissa subsister le tirant intérieur, et la chaudière fut retournée bout pour bout, c'est-à-dire qu'on mit à l'avant, exposé à l'action immédiate du foyer, le

TOME VII, 1865.

18

bout qui précédemment était à l'arrière; disons tout de suite, pour n'y plus revenir, que ces diverses réparations avaient été bien faites, et que les déchirures ne se sont produites en aucun des points réparés.

Depuis un grand nombre d'années la chaudière marchait dans ces conditions; c'est celle qui est marquée en A sur le plan, à l'entrée de la forge et à côté d'une autre chaudière du même système, mais plus longue. Elle servait de chaudière de renfort; on ne la faisait fonctionner un peu activement que lorsque les autres chaudières de l'usine, chauffées en partie par des fours, ne donnaient pas assez de vapeur, ce qui arrivait par exemple tous les lundis, lors de la reprise du travail. C'est précisément un lundi matin que l'explosion a eu lieu.

La chaudière était munie de soupapes et des autres appareils de sûreté (flotteur d'alarme et tube indicateur de niveau). Ils ont été brisés par l'explosion; mais les débris retrouvés ont suffi pour justifier de leur existence. Nous verrons plus loin qu'avant l'explosion le siflet ne s'est pas fait entendre, ce qui prouve que l'appareil était dérangé ou surchargé.

Voyons maintenant comment l'explosion a été amenée. Elle a eu lieu un lundi matin, à 8 h. 3/4, au moment où les ouvriers allaient reprendre leur travail après le déjeuner. Depuis minuit le mécanicien Piette avait la surveillance des chaudières et des machines. Plusieurs des ouvriers lui ont entendu dire, un moment avant l'accident, qu'il avait eu beaucoup de peine à remettre en état une pompe qui alimente le courant d'eau des fours à puddler; il aurait passé à ce travail un temps considérable, et depuis ce moment il est probable qu'il avait oublié les chaudières. Le foyer avait été, durant cet intervalle, entretenu activement par le chauffeur, puisqu'on était au jour où la chaudière servait principalement. Le niveau a dû baisser considérablement et la tôle arriver à une baute température; il semble même qu'on

pouvait s'en apercevoir en dehors et qu'un des ouvriers aurait prévenu Piette, mais sans insister. Quoi qu'il en soit, ce dernier monta sur la chaudière pour faire arriver l'eau, et à peine avait-il tourné la soupape d'alimentation que l'explosion eut lieu instantanément.

Sur les débris de la chaudière on reconnaît très-bien les traces du coup de feu qui a produit la rupture. Il n'est guère possible de douter que la tôle était rouge sur un grand nombre de points le long de cette ligne, et en quelques points sur une hauteur de 10 centimètres. Cette tôle était de bonne qualité, elle avait conservé très-sensiblement son épaisseur primitive de o^m,010, enfin la chaudière était propre. On ne voit pas quelle autre cause peut être assignée à l'explosion.

Lorsque le mécanicien Piette, qui était d'ailleurs un bon ouvrier, prit à minuit la surveillance, il est probable qu'il s'assura que les chaudières étaient en bon état d'alimentation, soit immédiatement, soit dans les premières heures de son poste. Ce jour-là le travail ne commença qu'à 6 heures du matin; les chaudières n'eurent donc, avant l'explosion, à fournir de la vapeur aux machines que pendant 2 heures, de 6 à 8, et comme les chaudières en feu étaient au nombre de 5, dont la plus petite est celle qui a éclaté, il est évident que ce n'est pas cette dépense de vapeur qui a pu abaisser notablement le niveau de l'eau.

Il faut noter ici que toutes les chaudières étaient en communication; deux d'entre elles, chauffées par les fours de fusion, n'étaient que faiblement poussées, puisque ces fours ne marchaient pas; ne peut-on pas admettre qu'elles ont servi de condenseur pour la vapeur à saturation et à haute pression produites par les chaudières les plus chauffées? Cela me paraît d'autant plus plausible que l'accident est arrivé presque immédiatement à la suite de la mise en feu active, commencée peu d'heures avant la reprise du travail. Pendant cette période de mise en feu, la vapeur, produite

par la chaudière éclatée, en supposant qu'elle fût la plus fortement chauffée, se serait condensée dans les autres chaudières en élevant leur température, jusqu'à ce que l'équilibre fût établi avec une pression de 5 atmosphères.

En résumé, je crois que les causes qui ont amené l'explosion sont: en premier lieu, l'imprudence du mécanicien qui, par défaut d'alimentation, a laissé la chaudière arriver au rouge, et qui ensuite a introduit de l'eau froide au lieu de laisser tomber peu à peu le feu;

En second lieu, la pression trop forte à laquelle les soupapes étaient chargées, pression qui a dû contribuer à la rupture, soit parce qu'il a suffi d'un moindre excès de pression pour faire déchirer la tôle, soit parce qu'elle a facilité avant l'explosion la grande dépense de vapeur.

Effets de l'explosion. — Les effets de l'explosion ont été très-considérables. D'abord on a eu à déplorer la mort de deux hommes. Le mécanicien, qui était sur la chaudière, a été lancé contre le toit, et est retombé mort presque à la même place. Un ouvrier puddleur qui se trouvait devant la chaudière B (Pl. II, fig. 10) a été tellement brûlé par la vapeur, qu'il a succombé le surlendemain. Enfin trois autres ouvriers ont eu des brûlures et des contusions plus ou moins graves.

La chaudière a été rompue en quatre fragments. Au milieu une portion a (fig. 10), comprise à peu près entre deux sections droites, a été lancée verticalement en se déchirant suivant une génératrice; elle a fortement ébranlé la toiture, dont toutes les tuiles sont tombées, et dont une poutre a été fortement endommagée. Elle est retombée à la même place, entièrement déployée. Une autre portion b s'est également déployée et est retombée à environ 15 mètres de là dans l'usine. Les deux bouts sont partis en sens inverse en se déviant un peu en avant où la résistance était moindre. Le massif de la seconde chaudière n'a pas été notablement endonmagé. Le bout c a passé au-dessus

de deux fours à puddler, puis a rencontré le montant d'un marteau-pilon, ce qui l'a rejeté en avant. Les deux montants du marteau-pilon ont été brisés, celui qui a recu le choc en deux endroits et l'autre en un seul; le marteau est pourtant resté droit, maintenu par la tige du piston. Le fond hémisphérique était fortement déprimé en dedans. La déformation s'étendait jusque sur la partie cylindrique. et il y avait une longue déchirure provenant du choc contre le montant du marteau-pilon. L'autre bout d s'est d'abord élevé; il a renversé en passant un montant de pierre de taille séparant le portail de l'usine d'une fenêtre; l'une de ces pierres a été lancée à plus de 30 mètres. Le bout de chaudière a ensuite ricoché sur le sol et s'est arrêté à 50 mètres environ de son point de départ, après avoir rencontré deux tonneaux de riblons dont l'un a été renversé et l'autre coupé à om, 20 au-dessus du sol. Le fond était déchiré et la tôle rentrée en dedans, ce qui doit être attribué au choc contre les pierres de taille. Les deux parties du tirant étaient restées avec les bouts de chaudière, la clavette avait été brisée.

On voit donc que les projections ont été très-violentes, et que les déchirures se sont produites sur de grandes longueurs. La vapeur, qui s'est brusquement répandue dans l'usine et qui a brûlé les ouvriers les plus rapprochés, a renversé un pan de mur en M. C'est elle aussi qui a probablement causé les plus grands dégâts à la toiture.

On a représenté sur le plan (fig. 10) et sur l'élévation (fig. 9) les trajectoires qu'ont dû suivre les fragments, ainsi que les positions où ils se sont arrêtés.

L'élévation donne l'état de l'usine après l'explosion.

Enfin, on a recomposé la chaudière avec ses divers fragments.

RAPPORTS

SUR L'EXPLOSION D'UNE MACHINE LOCOMOTIVE DES CHEMINS DE FER DE L'EST.

1° Rapport préliminaire de l'ingénieur en chef du contrôle des chemins de fer de l'Est.

Paris, le 2 juillet 1864.

Monsieur le Ministre,

L'enquête ouverte sur les causes de l'explosion de la machine 0,135, la Tchernaïa, suit son cours. Je recevrai prochainement le rapport de M. l'ingénieur des mines Lebleu et je le transmettrai à Votre Excellence. Mais je puis dès à présent faire connaître sommairement les causes de ce funeste accident, ainsi que les mesures immédiates qu'il suggère.

La machine 0,155 appartient à la même série que la locomotive la Turquie, qui fit explosion en 1857, dans la station de Dormans. L'une et l'autre font partie d'une livraison de 40 locomotives, fournies par MM. Kæchlin et compagnie de Mulhouse. Les deux explosions ont eu lieu dans des circont stances analogues et ont présenté les mêmes phénomènes : tout indique dès lors que les causes sont les mêmes.

Pour la Turquie, ces causes étaient, d'une part, la trèsmauvaise qualité de la tôle employée à la construction de l'enveloppe extérieure de la chaudière; de l'autre, une élévation à peu près certaine, mais cependant assez bornée, de la tension de la vapeur au-dessus de la limite régleumentaire.

A Vesoul, comme à Dormans, c'est l'enveloppe extérieure

EXPLOSION D'UNE MACHINE LOCOMOTIVE.

qui a éclaté; dans un cas comme dans l'autre, rien n'autorise à supposer qu'un défaut d'alimentation ait eu la moindre part dans l'accident; dans un cas comme dans l'autre, le système intérieur, foyer et tubes, est resté parfaitement intact, ce qui exclut l'idée d'une élévation vraiment excessive de la pression.

La qualité défectueuse des matériaux est donc incontestablement la cause principale, sinon la seule, de l'explosion. Une certaine exagération de la tension a fait le reste.

Votre Excellence se rappelle que les expériences auxquelles j'ai procédé à la suite de l'explosion de la Turquie ont fait ressortir le côté défectueux des tôles mises en œuvre; leur défaut consistait bien moins dans l'insuffisance de la résistance à la rupture que dans la petitesse de l'allongement correspondant, c'est-à-dire dans le défaut de ductilité, dans l'aigreur. Comme je le faisais remarquer, ce défaut a pour esset d'exagérer la faiblesse des lignes de rivure, le perçage des trous au poinçon et le mattyage des joints fatiguant singulièrement une tôle dépourvue de ductilité.

Entre l'explosion de la Turquie et celle de la Tchernaïa, la différence est que, dans la première, c'est le corps cylindrique qui a cédé, tandis que dans la seconde c'est le berceau qui surmonte la boîte à feu, berceau qui n'est du reste, dans ces machines, que le prolongement de la moitié supérieure du corps cylindrique.

A la suite de l'accident de la Turquie et des expériences qui avaient constaté la mauvaise qualité des tôles employées pour la partie qui avait cédé, c'est-à-dire pour le corps cylindrique, la compagnie, sur mon invitation, procéda à un examen minutieux des 39 autres machines de la même série. Les lignes de rivure furent l'objet d'un examen minutieux, mais qui ne s'étendit pas à l'enveloppe du foyer, aucun motif de défiance n'ayant paru exister à l'égard de cette partie.

C'est elle qui a cédé dans la machine o, 135: la feuille qui forme le berceau de la boîte à feu s'est déchirée suivant la ligne des centres des rivets qui la réunissaient aux parois latérales; et l'examen du métal a montré que c'est de la tôle puddlée, de mauvaise qualité. Les feuilles latérales sont en tôle ou bois, mais présentant à un haut degré la structure feuilletée, défaut assez ordinaire dans ces tôles dont la soudure est souvent imparfaite. Ici, au surplus, c'est la feuille supérieure, c'est-à-dire la tôle puddlée, qui s'est déchirée.

Des essais vont être faits pour constater la résistance de cette tôle. On peut du reste prévoir qu'ils conduiront à la même conséquence que ceux que j'ai faits sur les tôles de la machine la Turquie, c'est-à-dire que cette tôle pèche par le défaut de ductilité bien plus que par le défaut de résissance à la rupture, qu'elle manque surtout, en un mot, de résistance vive.

La chaudière de la locomotive 0,135 avait été éprouvée et reçue conformément aux règlements. Le constructeur ne paraît donc pas pouvoir être recherché par suite de l'accident du 27 juin.

L'explosion la Turquie avait éveillé de justes inquiétudes; l'accident analogue qui affecte, à sept ans d'intervalle, une machine de la même série vient réveiller ces inquiétudes et rendre suspectes les 38 autres machines du même type. La description minutieuse des détails de l'accident, les discussions auxquelles ils peuvent donner lieu, tout cela peut être différé sans inconvénient. Mais ce qui ne doit pas l'être, c'est l'ensemble des mesures propres à prévoir le retour de ces funestes explosions. Voici, Monsieur le Ministre, en quoi consistent les mesures que j'ai l'honneur de soumettre à votre appréciation, après m'être entendu à cet effet avec la compagnie:

1° Toutes les machines de la série vont être l'objet d'un examen minutieux, surtout suivant les lignes de rivure lon-

EXPLOSION D'UNE MACHINE LOCOMOTIVE.

gitudinales, tant du corps cylindrique que de son prolongement appartenant à la boîte à feu. Des têtes de rivets seront coupées sur chacune de ces lignes pour constater l'état des intervalles pleins de bord à bord. Toute feuille sur laquelle une fissure serait découverte serait remplacée,

2° Un mode de consolidation, au moyen de cornières circulaires intérieures du réseau, sera appliqué tant au corps cylindrique qu'au berceau de la boîte à feu.

5° Les manomètres à ressort seront plombés et pourvus d'une aiguille à maxima constatant, indépendamment de la volonté du mécanicien, la pression la plus élevée atteinte depuis l'instant où la machine aura quitté le dépôt.

Votre Excellence se rappelle peut-être que j'ai déjà eu l'occasion d'appeler son attention, ainsi que celle des compagnies, sur les garanties qu'offre ce moyen d'un emploi si simple (*). Je vois avec plaisir que l'accident du 27 juin détermine la compagnie de l'Est à prendre d'elle-même l'initiative de cette application, qui me paraît devoir se généraliser sur les autres lignes.

Agréez, etc.

Signé: Couche.

2º Rapport de l'ingénieur des mines de la deuxième section du contrôle des chemins de fer de l'Est.

Le 27 juin 1864, le train mixte (40) 86 qui devait partir de Vesoul à 5 heures 40 minutes du matin, avait été formé dans cette gare, et attendait, sur la voie dite de Mulhouse, la machine qui devait le remorquer. Celle qui avait été désignée pour ce service était la Tchernaïa portant le n° 0,135. Elle avait quitté le dépôt à 3 h. 30 du matin, sous la conduite du mécanicien Durand, accompagné du chauffeur

Bretton. Après avoir parcoum 350 mètres pour aller s'aiguiller à l'extrémité des voies du dépôt, Durand avait ramené sa machine sur la voie principale, en tète du train (40) 86, à peu près en face du point d'où il était parti; il avait donc fait un parcours total de 700 mètres. Commes il ne restait plus que cinq minutes avant le départ, l'hommes d'équipe Morizot se hâta d'accrocher la machine au train, et vint sous la halle aux marchandises se mettre à l'abrid'une légère pluie qui tombait alors. L'aiguilleur Dufour accourait près de son aiguille située à r8 mètres en auvent de la machine. Le chausseur Bretton s'occupait d'attiser le feu et le mécanicien Durand, placé sur le tender, faisait ses derniers préparatifs de départ.

Telle était la position des différentes personnes entourant la machine, quand tout à coup, à 5 h. 38, une explosion formidable se fit entendre. La partie supérieure de l'enveloppe du foyer de la chaudière avait été arrachée et lancée dans l'espace avec une prodigieuse vitesse, entraînant avec elle les pièces qui y étaient adaptées. Pendant quelques minutes un nuage de vapeur ne permit pas d'arriven jusqu'à la machine; lorsque l'on put enfin en approcher, on trouvale mécanicien renversé sur le heurtoir en terre à côté duquel se trouvait le tender au moment de l'explosion. Il avait la jambe gauche emportée et était en outre gravement brûlés et contusionné en différentes parties du corps. Il est mort des suites de ses blessures après huit jours de souffrance. Dans les premiers moments on ne savait ce qu'était devenu le chauffeur. On trouva enfin son corps horriblement mutilé, qui avait pénétré dans la halle aux marchandises en écartant et brisant le panneau en planches qui ferme ce hangar; il avait été lancé ainsi à une distance de 25 mètres. Après avoir donné les soins que réclamaient ces deux vic+ times de l'accident, heureusement les seules; on s'occupadu matériel. La machine après avoir rompu la barre d'attelage qui la retenait au tender, et les rails qui suppor-

^(*) Annales des mines, 6º livraison de 1858, page 647.

21 mètres dans le ballast jusque sur l'aiguille et presque

contre la guérite de l'aiguilleur Dufour. Le mécanisme,

c'est-à-dire les organes du mouvement et de la distribution

de la vapeur, n'avaient pas soussert: mais toutes les pièces

adaptées à la chaudière avaient été arrachées et projetées à

des distances dissérentes. Près de la machine, on trouva

dans le ballast, la boîte à sable, pièce en fonte de 200 ki-

logrammes environ, qui avait été renversée par la commo-

tion. A peu de distance deux fragments de feuilles de tôle

avaient pénétré dans le sable, l'un à droite, l'autre à gauche

de la position initiale de la machine; ces deux fragments

provenaient des parois latérales de l'enveloppe du fover.

Quant à la feuille supérieure, elle avait été projetée, en-

traînant avec elle le dôme des soupapes et la tige du régu-

lateur jusque dans la cour de la caserne de cavalerie, à une

distance de 246 mètres. Ce projectile pesait 273 kilo-

grammes, donc 160 pour la feuille de tôle, et 113 pour le

donne des soupapes. Dans l'arrachement de ces pièces les

leviers des soupapes avaient été tordus par leur liaison aux

balances qui avaient momentanément résisté; mais bientôt

celles-ci avaient été entraînées à leur tour avec les ressorts

à boudins en partie déroulés, et avaient été projetées, l'une

à 200 mètres en arrière près de la voie, et l'autre à 250 mè-

tres en arrière, mais dans une direction oblique sur la

droite. L'injecteur Giffard qui se trouvait adapté à la feuille

arrachée du côté gauche de l'enveloppe du foyer avait été

lancé contre le mur en briques du dépôt, l'avait traversé

et était venu trouer le tender d'une machine en stationne-

ment sur la sixième voie. Quant à toutes les petites pièces,

telles que le sisset, les robinets, etc., elles avaient été lan-

cées dans différentes directions; mais surtout dans la cour

de la caserne de cavalerie, où quelques fragments étaient

arrivés à 100 mètres plus loin que le dôme des soupapes,

c'est-à-dire à 350 mètres environ de la machine. La violence

de l'explosion pouvait se mesurer encore par ses effets sur le bâtiment du dépôt. Les tuiles et les vitres avaient été brisées, les galandages en partie renversés.

La fig. 8 donne le plan de la partie de la gare de Vesoul où l'accident a eu lieu; A, est le point où se trouvait la machine au moment de l'explosion; A', le point où elle se trouvait après; B, le point où le chausseur Bretton a été trouvé; AC, la direction de la cour de la caserne de cavalerie où la partie supérieure de la chaudière a été lancée; AD, la direction prise par l'injecteur Giffard; AE, AF, les directions prises par les deux soupapes.

Les fig. 1, 2, 5, représentent la chaudière après l'explosion; les figures donnent le dessin des feuilles arrachées.

Les circonstances dans lesquelles l'accident a dû se produire se déduisent facilement des observations dont il vient d'être rendu compte. Au moment où la machine venait d'être accrochée au train la pression intérieure de la chaudière avait dépassé la limite de résistance de la tôle supérieure de l'enveloppe du foyer. Cette tôle a été arrachée d'abord suivant la ligne de rivure du côté gauche, correspondant à une génératrice du corps cylindrique; immédiatement après, les deux clouures qui rattachaient cette feuille au corps cylindrique d'une part, et à la plaque d'arrière, d'autre part, ont cédé. Dès lors toute la partie supérieure du foyer était découverte; mais la réaction avait eu pour effet de renverser la plaque d'arrière et les deux plaques latérales, pendant que la feuille supérieure était lancée dans l'espace vers la droite. Celle-ci entraînant avec elle la tringle du régulateur, cette longue tige de fer a agi à la façon du fouet et a entraîné le chauffeur Bretton. Quant au mécanicien Durand, il a été atteint par un cercle de la garniture extérieure de la chaudière, lequel a été rabattu sur le tender. La projection de l'injecteur Giffard, des balances et autres pièces accessoires s'explique de la même manière très-naturellement.

Il serait oiseux de chercher à calculer les effets mécaniques de l'explosion; le problème présente trop d'inconnues, Cependant on peut apprécier l'effet produit sur l'arrière de la machine par le brusque arrachement de tôles dont une seule pesait 273 kilogrammes. Le recul a été assez violent pour rompre les rails et la barre d'attelage, et pour soulever l'avant de la machine dont les roues sont retombées dans le ballast. Mais alors, ainsi que j'ai pu le constater après l'accident, le levier de marche avait déjà été placé par le mécanicien dans le sens de la marche en avant; comme d'ailleurs l'arrachement de la tringle du régulateur avait eu pour effet de laisser libre l'introduction de la vapeur dans les cylindres, les pistons ont agi sur les roues motrices qui ont fait avancer la machine. Ainsi s'explique le déplacement de 21 mètres de celle-ci, alors que le tender et le reste du train sont restés en place.

Après avoir exposé les conditions dans lesquelles s'est produit l'accident du 27 juin et les conséquences qu'il a amenées, il me reste à en rechercher les causes. Pour bien préciser la question, il importe d'abord de mettre de côté les causes ordinaires d'explosions de chaudières fixes ou locomotives; savoir : le défaut d'alimentation, le nettoyage imparfait, l'exagération de pression.

L'examen minutieux de toutes les parties de la chaudière a démontré de la manière la plus certaine qu'il n'y avait pas eu manque d'eau. Les tubes et les parois du foyer étaient parfaitement intacts, à l'exception d'un seul point très-rapproché de la grille, où le cuivre de la plaque de gauche était légèrement brûlé. Il faut évidemment attribuer cette altération du métal à la continuation du feu après l'explosion, alors que la chaudière était vide et que l'on était dans l'impossibilité d'éteindre immédiatement le seu, la porte du foyer étant obstruée par le renversement de la plaque d'arrière de l'enveloppe. D'ailleurs y eût-il eu manque d'eau, ce n'est jamais près de la grille que les traces

en fussent restées. Malgré l'évidence de ces preuves, il y en a une plus convaincante encore. Le ciel du foyer de la machine 0,135 était muni d'un plomb destiné à fondre en cas d'abaissement du niveau de l'eau. Ce plomb est resté parfaitement intact. Le même examen de la chaudière a démontré d'une manière aussi certaine que le nettoyage avait été complet depuis peu de temps. Ainsi s'est trouvé corroboré le dire des agents de la compagnie de l'Est, affirmant que la machine avait été nettoyée le 25 juin.

Les preuves de la non-exagération de pression ne sont pas moins évidentes. Mais elles résultent de dépositions qu'il est utile de rapporter, et qui d'ailleurs confirment ce qui vient d'être établi.

La machine la Tchernaïa n° 0,135 est arrivée à Vesoul, le 26 juin à 11^h,52' du matin, remorquant le train de marchandises n° (40) 65. Le mécanicien Durand l'a conduite au dépôt vers une heure de l'après-midi, lorsqu'il eut fait les manœuvres nécessaires. A ce moment la pression n'était déjà que de 3 ou 4 atmosphères seulement; elle baissa encore rapidement lorsque la machine fut abandonnée à elle-même.

Le 27 à 1^h,40 du matin, c'est-à-dire plus de douze heures après l'entrée de la machine au dépôt, l'allumeur Charrière est venu en allumer le feu; l'eau était chaude encore, mais il n'y avait aucune pression. De 1^h,40 à 3 heures la pression s'est élevée lentement à 4 atmosphères; Charrière commençait à alimenter au moyen de l'injecteur Giffard, quand le chauffeur Bretton arriva et se plaignit vivement de lui parce que la chaudière n'était ni pleine d'eau ni en pression. Il s'empressa alors de faire le nécessaire pour être prêt au moment du départ. A cet effet, il ouvrit le souffleur pour activer le feu et fit marcher l'injecteur pour alimenter. A 3^h,30 la chaudière était pleine d'eau et la pression était de 6 atmosphères. L'allumeur Charrière et le mécanicien de dépôt, Bardot, qui l'un et l'autre sont montés sur la ma-

chine, affirment ce fait de la manière la plus positive. C'est à ce moment que le mécanicien Durand est venu prendre sa machine pour la conduire en tête du train. Comme je l'ai dit plus haut, le trajet à parcourir était de sept cents mètres, 350 mètres pour aller jusqu'à l'aiguille d'accès du dépôt et autant pour revenir. Cette distance a sans doute été franchie rapidement avec le souffleur ouvert et l'échappement serré. La pression a donc dû monter très-vite, et à 3^h,38 elle était selon toute probabilité aux environs de 8 atmosphères, c'est-à-dire à la limite normale, la machine étant timbrée pour cette pression. Quelques jours avant sa mort, le mécanicien Durand a dit que le manomètre était près d'atteindre 8 atmosphères; il a juré sur son lit de douleur que les soupapes n'étaient pas calées. Comme d'ailleurs le garde-poseur Leriche, l'aiguilleur Dufour et l'homme d'équipe Morizot, affirment qu'au moment de l'accident, les soupapes ne soufflaient pas et que le souffleur était fermé. il faut que l'explosion se soit produite lorsque la pression allait atteindre 8 atmosphères.

Toutes les assertions relatives à la pression n'ont de valeur que si l'on peut être certain de l'exactitude des indications données par le manomètre. Cet instrument, du système Desbordes, était adapté à la plaque d'arrière qui a été renversée; aussi le cadran en émail et le verre qui le recouvre étaient-ils brisés; mais la lame d'acier faisant ressort, l'engrenage et le pignon étaient restés intacts. J'ai donc pu comparer la marche de l'instrument, tel qu'il devait fonctionner avant d'être avarié, à celle des manomètres du même système. J'ai reconnu ainsi qu'il fonctionnait convenablement: le ressort agissait jusqu'à une pression maximum de 13 atmosphères, au delà de laquelle la lame d'acier s'appuyait sur le pivot de l'engrenage, et les indications de l'aiguille s'arrêtaient; celle-ci marquait alors 3 atmosphères, après avoir fait un premier tour complet du cadran. Lors donc que les mécaniciens Durand et Bardot et l'allumeur Charrière ont observé que le manomètre indiquait 6 atmosphères, telle était bien la pression intérieure de la chaudière.

L'explosion s'est donc produite sous la pression normale de 8 atmosphères; elle ne peut, en conséquence, être attribuée qu'à l'usure de la chaudière, ou à un vice de construction

La machine 0,135 a été construite en 1856 par MM. André Kœchlin et Cie, à Mulhouse. Le 11 juin de cette même année, elle a subi au moyen de la presse hydraulique l'épreuve réglementaire, double de la pression de marche. Le 27 juin suivant, c'est-à-dire huit ans jour pour jour avant l'explosion, elle était livrée à la compagnie de l'Est. Pendant cette période de 8 ans elle a parcouru 256.948 kilomètres. Ce travail est loin de représenter celui que peut et doit faire une machine bien construite et bien entretenue. Les soins apportés à l'entretien n'ont pas manqué. La machine 0,135 a subi en décembre 1862 une réparation complète aux ateliers d'Epernay; depuis qu'elle en était sortie elle n'a parcouru que 55.000 kilomètres.

La chaudière se compose d'un corps cylindrique comprenant 157 tubes, avec boîte à feu et boîte à fumée. La partie supérieure de l'enveloppe de la boîte à feu est le prolongement du corps cylindrique. La feuille de tôle qui représente cette partie est rivée sur les deux longs côtés aux feuilles latérales et sur les deux petits côtés, d'une part aux autres feuilles du corps cylindrique, et d'autre part à la plaque d'arrière emboutie à cet effet. Les rivets ont 22^{mm},5 de diamètre et sont distants de 50 milli-mètres, d'axe en axe.

Comme le diamètre de la chaudière est de 1^m,25, l'effort supporté par la tôle qui tendrait à s'ouvrir suivant une des génératrices du cylindre sous une pression absolue de huit atmosphères est de 45.194 kilogrammes par mètre courant. Mais la tôle a 13 millimètres d'épaisseur; elle supporte donc dans les parties pleines 3^k,476 par millimètre quarré;

à la rivure, il faut faire une réduction de 45 pour 100 sur la résistance de la tôle, on ce qui revient au même sur la quantité de métal; l'effort supporté est alors de 6^k,098 par millimètre quarré. Il s'agit donc de savoir si la tôle pouvait supporter sans danger un pareil effort. Pour éclairer ce point j'ai fait de nombreuses expériences sur les différentes tôles employées dans la construction de la chaudière. Les tableaux annexés au présent rapport font connaître le résultat de ces essais qui ont porté sur dix-huit échantillons dont dix de la tôle supérieure, deux de la tôle du côté droit, deux de la tôle du côté gauche, deux de la plaque d'arrière, une d'une tôle neuve au bois n° 1 d'Audincourt, une d'une tôle neuve au coke du Creusot.

En général la résistance à la rupture a été très-grande, assez uniforme, et de beaucoup supérieure à l'effort cal-culé ci-dessus; mais si l'on considère la colonne des allongements, on trouve des différences considérables entre les différents échantillons.

La plaque d'arrière a été évidemment construite avec une tôle au bois d'excellente qualité, tandis que la feuille supérieure et les feuilles latérales sont en tôle peu malléable. Cependant l'aigreur du métal aurait pu provenir en partie au moins du travail auquel il avait été soumis, et surtout de la déformation brusque due à l'explosion. Une circonstance paraissait même donner quelque vraisemblance à cette supposition.

L'échantillon n° 16 de la tôle d'arrière n'avait présenté qu'un allongement de rupture de 4,779 pour 100, tandis que le n° 15, de la même tôle, qui avait été préalablement réchauffé, et pouvait ainsi avoir acquis à nouveau la malléabilité perdue par la déformation, avait donné 21,304 pour 100. Deux échantillons, n° 9 et n° 10, de la tôle supérieure ont été aussi réchauffés et n'ont pas donné de meilleurs résultats que les autres. On ne peut donc conserver aucun doute sur la conclusion formulée ci-dessus que les

tôles de l'enveloppe du foyer, à l'exception de celle d'arrière, étaient fort peu malléables, même avant leur emploi. C'est évidemment à ce défaut de ductilité qu'il faut attribuer la première cause de l'explosion du 27 juin. Mais on peut objecter, non sans raison, que le défaut de ductilité aurait dû, depuis longtemps, amener des accidents avant l'explosion du 27 juin, que rien ne pouvait faire prévoir. Il v a évidemment ici une cause consécutive à vechercher; car il résulte de l'examen scrupuleux des tôles qu'aucune déchirure n'existait avant l'accident. Je n'ai pu remarquer aucune trace de fuite; le métal était sain dans toutes les parties mises à nu. Les pailles dont il est question dans les tableaux d'expériences provenaient de défauts de soudures très-fréquents, même dans les meilleures tôles; mais aucune de ces pailles n'a paru vers les rivets et n'a pu, par conséquent, altérer le métal dans les points dangereux.

Je pense que c'est dans le travail même de la machine 0,135 qu'il faut rechercher la cause consécutive dont je viens de parler. Cette machine, comme toutes celles qui font le même service, devait remorquer les trains de marchandises ordinaires et le train mixte (40) 86. Or celui-ci marche à une vitesse de 38 kilomètres à l'heure sur une section à profil accidenté, dont une partie assez longue est en rampe de 6 millimètres. Le travail de la machine pour un train de 250 tonnes correspond à 351 chevaux et à une consommation de 17k,50 par kilomètre. Dans des conditions atmosphériques favorables, la machine peut remorquer le train sans difficultés exceptionnelles; mais par le vent et la pluie, les mécaniciens ont une tendance naturelle à augmenter la tension de la vapeur et calent leurs soupapes. La pression s'élève alors à des proportions qu'il n'est pas possible d'apprécier. La limite d'élasticité de la tôle est alors dépassée, surtout vers les lignes de rivets, et la déchirure devient imminente.

L'examen de la machine a donné une preuve de cette

EXPLOSION D'UNE MACHINE LOCOMOTIVE.

fréquente exagération de pression. Un grand nombre d'entretoises indiquées sur les fig. 2 et 3 étaient rompues avant l'explosion. La place où se trouvaient ces entretoises ne permet pas d'attribuer à leur rupture une cause immédiate de l'accident; mais elles indiquent suffisamment que la machine a été surmenée.

La machine 0,155 avait donc sans doute été soumise antérieurement au 27 juin à des pressions exagérées qui avaient préparé l'explosion. Ce jour-là, dans un espace de temps assez court, la pression a été poussée de quatre à huit atmosphères. Lorsque cette limite a été atteinte, une ligne de rivure a cédé et a amené la rupture.

Telles sont donc à mes yeux les causes de l'explosion du 27 juin :

1° Cause primordiale: vice dans la qualité des tôles au point de vue de la malléabilité;

2° Cause consécutive : exagération fréquente de la pression;

3º Cause déterminante: élévation rapide de la pression quelques instants avant l'explosion.

Il importe, en présence des faits qui viennent d'être signalés, d'indiquer les moyens de prévenir le retour d'un accident aussi fatal qui, à la suite de l'explosion en 1857 de la machine la Turquie, faisant partie de la même série, et ayant été fournie par le même constructeur, a jeté une profonde émotion parmi les mécaniciens et autres agents de la compagnie des chemins de fer de l'Est.

Déjà cette compagnie a décidé certaines mesures qui me paraissent complétement remplir le but que doit se proposer l'administration.

1° Toutes les machines de la série vont être l'objet d'un examen minutieux surtout suivant les lignes de rivure longitudinales, tant du corps cylindrique que de son prolongement appartenant à la boîte à feu. Des têtes de rivets seront coupées sur chacune de ces lignes, pour constater

l'état des intervalles pleins de bord en bord. Toute feuille, dans laquelle une fissure serait découverte serait remplacée.

2° Un mode de consolidation au moyen d'anneaux intérieurs, sera appliqué tant au corps cylindrique qu'au berceau de la boîte à feu.

3° Les manomètres à ressort seront plombés et pourvus d'une aiguille à maxima, constatant indépendamment de la volonté du mécanicien la pression maxima atteinte depuis l'instant où la machine aura quitté le dépôt. En outre le train mixte à grande vitesse (40) 86 va être supprimé; les mécaniciens n'auront donc plus de prétexte pour exagérer la pression dans leurs machines.

L'ensemble de ces mesures est de nature à donner satisfaction aux appréhensions des agents de la compagnie de l'Est, et à prévenir le retour d'accidents analogues à celui du 27 juin. En conséquence, je suis d'avis qu'il y a lieu de les proposer à l'approbation de S. E. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Mulhouse, le 27 juillet 1864.

L'ingénieur des mines, LE BLEU.

Paris, le 1er octobre 1864.

Rapport de l'ingénienr en chef du contrôle des chemins de fer de l'Est.

Monsieur le Ministre,

J'ail'honneur de transmettre à Votre Excellence le rapport par lequel M. l'ingénieur des mines Le Bleu rend compte de l'examen auquel il s'est livré, des circonstances et des causes de l'explosion qui a eu lieu à Vesoul le 27 juin dernier.

M. Le Bleu conclut que l'explosion doit être attribuée à

EXPLOSION D'UNE MACHINE LOCOMOTIVE.

59

la mauvaise qualité des tôles qui formaient le berceau et les faces latérales de la boîte à feu. « C'est évidemment, « dit-il, à leur défaut de ductilité qu'il faut attribuer la « première cause de l'explosion.»

Cette opinion est tout à fait conforme à celle que j'exprimais dans mon rapport du 2 juillet dernier.

Les essais de tôles ont été faits dans les ateliers de MM. Koechlin à Mulhouse, au moyen d'un appareil à lewier. Les allongements, sous la charge et permanents, étaient mesurés simplement à la règle, mode d'autant plus impansait que les pièces d'essai étaient courtes. Mais ce mode sussit, quand il s'agit surtout de constater, non les allongements élastiques, mais les allongements à l'instant de la rupture.

Il résulte de ces essais, dit M. Le Bleu, que la feuille supérieure et les faces latérales sont en tôle « peu mal-léable. »

On peut dire hardiment que ces feuilles sont en tôle très-aigre; les allongements de rupture proportionnels ont été:

1º Pour le dessus :

0,4 p. 100 | 0,8 p. 100 | 1,3 p. 100 | 1,5 p 100 | 2,2 p. 100 | 2,3 p. 100 2,7 p. 100 | 4,35 p. 100 | 4,5 p. 100

2º Pour les feuilles latérales,

0,7 p. 100 { 1,12 p. 100 | 1,3 p. 100 | 4,7 p. 100

Tous ces chiffres, moins ceux qui sont soulignés, indiquent une très-grande aigreur: c'est la qu'est le mal.

Quelques essais, qui ont indiqué des pailles dans la cassure, ont donné pour la résistance de rupture des chiffres sans signification réelle, puisqu'on ne sait pas exactement sur quelle section effective cette charge se répartissait. D'ailleurs ces charges sont souvent trop considérables, attendu que la rupture qui se produisait alors sous une charge qu'on supposait trop faible, aurait eu lieu, peut-être, sous un effort notablement moindre. Mais l'existence même de ces pailles, constatée dans quatre essais sur les quatorze auxquels ont été soumises les feuilles supérieures et de côté, prouve que ces tôles présentaient, outre leur aigreur, un vice très-grave, le défaut de continuité dans la section, défaut bien plus sérieux qu'une mauvaise soudure à plat.

Quant aux allongements de rupture des pièces dont il s'agit (l'allongement à été nul, c'est-à-dire non mesurable dans les conditions de l'expérience pour l'essai n°4), leurs valeurs sont évidemment tout aussi significatives que celles qui correspondent aux sections transversales exemptes de pailles.

Considérant : 1° qu'il résulte de l'enquête que la pression n'a pu être notablement exagérée ; 2° que la tôle essayée possède, lorsqu'elle est exempte de pailles, un excès trèsconsidérable de résistance à la rupture; 5° qu'on n'a pas trouvé de pailles dans les lignes de rupture, dirigées suivant les centres des rivets, M. Le Bleu en conclut qu'une seconde cause a dû concourir avec la première, c'est-àdire avec l'aigreur de la tôle.

Cette cause, il la trouve dans les conditions mêmes du travail habituel de la machine o, 135, conditions qui, d'après lui, « conduisaient le mécanicien à caler fréquemment les soupapes. » Il voit une preuve de l'exagération habituelle de la pression dans ce fait, qu'un grand nombre d'entretoises étaient rompues avant l'explosion. Ces ruptures préexistantes ne paraissent pas toutefois avoir exerce une influence directe sur les déchirures qui se sont produites. M. Le Bleu le reconnaît; mais, d'après lui, elles indiquent suffisamment, que, la «machine a été surmenée. »

Sur ce point, je ne partage pas complétement l'avis de M. le Bleu. On sait qu'il est très-difficile de constater, quand on visite un foyer, si le corps des entretoises est in-

tact. Les boursous lures des faces planes sont le seul signe certain, et elles ne se produisent pas toujours, à cause de l'excès de résistance du système des feuilles entretoisées. Il arrive souvent, quand on descend un foyer, qu'on trouve un grand nombre d'entretoises entièrement rompues; et ce fait, que rien n'indiquait à l'extérieur, ne se produit pas seulement dans des chaudières qu'on doive considérer comme ayant été, pendant longtemps, soumises à des pressions excessives.

Toutefois, et sur ce point mon opinion se rapproche de celle de M. le Bleu, il est certain que les machines à marchandises, moins surveillées que les machines à voyageurs, stationnant longtemps en feu dans des gares secondaires, et marchant plus souvent à charge complète, sont, par cela même, plus sujettes aux exagérations de pression.

M. le Bleu reproduit les mesures (déjà indiquées dans mon rapport du 2 juillet) que la compagnie m'a annoncé l'intention d'appliquer à la série, justement supecte, à laquelle appartiennent la *Tchernaïa* et la *Turquie*.

Les principes posés sont certainement très-bons; il reste à en étudier l'application.

Il y a une autre mesure qui me paraît la plus importante, la plus nécessaire c'est:

1° Que les compagnies, dans leurs cahiers des charges, s'attachent avant tout à exiger des tôles assez ductiles;

2° Que toutes les rivures suivant les génératrices soient à deux rangs de rivets (en quinconce).

Agréez, Monsieur le Ministre, etc.

L'Ingénieur en chef du Contrôle, Couche.

0,135.	
machine	
de la	
tôles	
dur les	
d'expériences	
Résultats	

LO	LONGUEUR entre les repères	SECTION	CHA de ri	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT de rupture	LONGEMENT de rupture	SAULATAGABAY
6 9	de la piece essayée.	la pièce essayèe.	absolue.	par millimetre quarré.	absolu.	per mètre.	ORSENVALIONS,
ii ii	millimètres.	millimet. q.	kilog.	kilog.	millimetres. millimetres	millimetres.	
4	178	168,75	7.123	42,21	4,75	26,67	
	178	191,80	7.323	38,18	2,30	12,92	
	178	182,00	6.448	35,42	1,50	8,42	Une paille dans la cassure.
	178	183,58	5.448	29,67	0	0	Deux pailles dans la cassure.
	178	182,00	7.073	38,86	7,75	43,54	
	178	187,60	7.323	39,20	4,00	22,40	
	178	179,56	6.948	38,69	3,80	21,90	
	178	182,00	869.9	36,80	08'0	4,48	Une paille dans la cassure.
	178	179,47	6.823	37,90	4,00	23,00	Réchauffée au rouge cerise.
	178	179,47	6.148	35,90	3,00	16,00	Idem.
	178	00,961	6.198	31,60	2,00	11,23	Une paille dans la cassure.
	178	187,69	7.573	40,30	8,20	46,70	
	178	178,50	6.448	36,10	2,25	12,64	
	178	184,80	5.948	32,18	1,20	6,74	
	115	196,00	7.823	39,90	24,50	213,04	On a du rechauffer la tôle pour
	136	203,00	7.948	39,15	6,50	61,74	la reuresser.
	178	191,25	7.448	38,94	19,50	109,55	
	178	188,50	6.373	33,80	4,50	25,28	
				Vu:			
							יי משטיוסה ה

APPLICATION

DES ÉQUATIONS DE L'HYDRODYNAMIQUE A LA RECHERCHE DU MOUVEMENT D'UN ELLIPSOIDE DANS UN LIQUIDE.

Par M. H. RESAL, ingénieur des mines.

M. Clebsch, dans un remarquable mémoire inséré au Journal de Crelle, en 1856, est parvenu, en partant des équations de l'hydrodynamique, à déterminer la loi du mouvement d'un ellipsoïde dans un fluide incompressible pesant supposé indéfini.

Quoique ce mémoire ait fait sensation dans le monde savant, cependant il n'a été ni traduit ou interprété dans notre langage.

J'ai essayé de réparer cet oubli et de présenter, sinon une traduction littérale du mémoire précité, du moins son équivalent au point de vue analytique. J'ai cru devoir en simplifier certaines parties, en développer d'autres, et adopter des notations conformes à celles de notre illustre géomètre M. Lamé, dans ses leçons sur les coordonnées curvilignes. Ehfin j'ai pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de faire ressortir les anomalies que peuvent présenter, vis à vis de l'observation, les conséquences de la théorie rationnelle du mouvement des fluides, essentiellement basée sur une hypothèse de continuité qui n'est pas toujours admissible dans l'étude des phénomènes physiques.

La théorie des coordonnées curvilignes étant encore peu

répandue, j'ai pensé qu'il ne serait pas hors de propos d'en présenter, sous forme de notes, à un point de vue autant que possible géométrique, les principes fondamentaux, et j'ost espérer qu'en agissant ainsi, je ne ferai qu'augmenter le nombre des lecteurs de l'ouvrage cité plus haut de M. Lamé,

Ensin je ferai observer que, en vue d'abréger l'écriture, je me bornerai très-souvent à écrire la première de trois équations pouvant se déduire l'une de chacune des deur autres par une simple permutation de lettres.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉQUATIONS GÉNÉRALES DU MOUVEMENT D'UN CORPS SOLIDE DANS UN LIQUIDE PESANT INDÉFINI.

I. Équations du mouvement du liquide et du corps en coordonnées rectiliques.

1. Rappel des équations générales du mouvement d'un liquide pesant.

Soient au bout du temps t:

x', y', z' les coordonnées d'une molécule m du liquide parallèles à trois axes rectangulaires fixes 0'x', 0'y', 0'z';

p le rapport de la pression au même point à la densité du liquide, ou encore la valeur de cette pression, en supposant, comme nous le ferons dorénavant, la densité égale à l'unité;

 $V_{x'}$, $V_{y'}$, $V_{z'}$ les composantes parallèles aux trois axes de la vitesse V de la molécule m.

Nous supposerons que $V_{x'}$, $V_{y'}$, $V_{z'}$ sont respectivement les dérivées partielles, par rapport à x', y', z', d'une

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE. 45 fonction φ de ces trois variables et du temps t, ou que

$$V_{z}' = \frac{dx'}{dt} = \frac{d\varphi}{dx'},$$

$$V_{y}' = \frac{dy'}{dt} = \frac{d\varphi}{dy'},$$

$$V_{z}' = \frac{dz'}{dt} = \frac{d\varphi}{dz},$$

$$V_{z}' = \frac{dz'}{dt} = \frac{d\varphi}{dz},$$

$$V_{z}' = \frac{dz'}{dt} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

$$V_{z}' = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

$$V_{z}' = \frac{dz'}{dt} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

$$V_{z}' = \frac{dz'}{dt} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

$$V_{z}' = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

$$V_{z}' = \frac{d\varphi}{dt'} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

$$V_{z}' = \frac{d\varphi}{dz'} = \frac{\varphi}{dz'} = \frac{d\varphi}{dz'},$$

et nous rappellerons qu'il suffit en général que ces relations soient vérifiées à une époque quelconque pour qu'il en soit de même pendant toute la durée du mouvement (*).

Par suite de cette supposition, la vitesse V est normale à la surface représentée par l'équation $\phi=$ constante, et comme la somme des carrés des dérivées partielles premières d'une fonction de trois variables a une valeur (**) indépendante du choix des axes coordonnés, il en résulte que les formules (a) ont lieu pour tout autre système d'axes rectangulaires que l'on voudrait substituer aux premiers.

L'équation $(b) \qquad \frac{d^2\varphi}{dx'^2} + \frac{d^2\varphi}{dx'^2} + \frac{d^2\varphi}{dx'^2} = 0,$

jointe aux conditions spéciales du problème, fera connaître la fonction φ .

Si nous désignons par Z la distance du point m à un plan horizontal fixe, considérée comme positive ou négative selon qu'elle sera située au-dessous ou au-dessus de ce plan, par g l'accélération de la pesanteur, on aura, pour calculer la pression p,

(c)
$$p = gZ - \frac{d\varphi}{dt} - \frac{V^2}{2}.$$

^(*) Voyez notamment la Mécanique de Poisson.

^(**) Voyez les notes placées à la fin du mémoire.

Soient au bout du temps t:

- x, y, z les coordonnées de la molécule m parallèles à trois axes rectangulaires 0x, 0y, 0z, dont l'origine et l'orientation varient à chaque instant;
- a la vitesse du point 0;
- n la rotation instantanée du système des trois axes autour de leur origine, considérée comme positive ou négative, selon qu'elle aura lieu de la droite vers la gauche ou inversement, pour l'observateur couché suivant l'axe instantané en ayant les pieds au point 0.

Pour abréger, il nous arrivera souvent de désigner par u l'une quelconque des coordonnées x, y, z, et nous représenterons la composante d'une vitesse ou d'une rotation estimée suivant l'axe Ou par l'indice u placé au bas et à droite de la lettre qui désigne cette vitesse ou cette rotation.

En supposant que l'on exprime φ en fonction des coordonnées x, y, z, substituées à x', y', z' au moyen des formules connues de la transformation des coordonnées, \mathfrak{M} aura, d'après une remarque faite plus haut,

$$\begin{cases} V_{u} = \frac{d\varphi}{du} \\ V = \sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^{2} + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^{2} + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^{2}}. \end{cases}$$

La forme (b), donnée à l'équation de continuité, résultant essentiellement des conditions (a) doit subsister pour les axes mobiles en vertu de la première des formules (a'), de sorte que l'on aura

$$(b') \qquad \frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = c,$$

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE. 47 et au lieu de l'équation (c),

(c')
$$p = gZ - \frac{d\varphi}{dt} - \frac{1}{2} \left(\frac{d\varphi^2}{dx^2} + \frac{d\varphi^2}{dy^2} + \frac{d\varphi^2}{dz^2} \right)$$
.

Enfin, la vitesse relative du point m par rapport aux axes mobiles, étant la résultante de la vitesse absolue V et de la vitesse d'entraînement prise en sens contraire, ses composantes, estimées suivant les mêmes axes, seront données par

$$(d) \begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{d\varphi}{dx} - a_x - zn_y + yn_z, \\ \frac{dy}{dt} = \frac{d\varphi}{dy} - a_y - xn_z + zn_x, \\ \frac{dz}{dt} = \frac{d\varphi}{dz} - a_z - yn_x + xn_y. \end{cases}$$

3. Résultantes et moments des pressions d'un liquide sur la surface d'un corps qu'il recouvre.

Supposons que les axes ci-dessus 0x, 0y, 0z soient invariablement reliés au corps et qu'ils soient menés par son centre de gravité 0.

Soient

- P_u la somme des composantes des pressions qui s'exercent sur les éléments de la surface du corps, estimées suivant l'axe Ou.
- Q, la somme des moments de ces pressions par rapport au même axe, la convention relative aux signes des moments étant la même que pour les rotations.

 p_{\bullet} la pression sur la surface du corps au point (x, y, z). $d\omega$ l'élément correspondant de la surface.

N la normale à cet élément.

On a

(e)
$$\begin{cases} P_{u} = -\int p_{o} \cos(N, u) d\omega, \\ Q_{z} = \int p_{o} \left(z \cos(N, y) - y \cos(N, z)\right) d\omega \quad Q_{y} = ..., \quad Q_{z} = ..., \end{cases}$$

ces intégrales étant prises pour toute la surface du corps,

Remarque. Avant d'aller plus loin, nous ferons observer, 1° que si p_o renferme un terme constant, il disparaît dans ces intégrales, ce qui est évident; 2° que le terme de p_o dépendant de la pesanteur d'après la formule (c') ne donnera dans les P, que les composantes du poids du fluide déplacé prises en sens inverse, conformément au principe d'Archimède, et qu'il n'aura aucune influence dans les Q.

4. Equations du mouvement du corps.

Soient

M la masse du corps.

 g_u la projection de la gravité sur l'axe 0u.

P' la composante suivant le même axe des forces qui agissent sur le corps, autres que la pesanteur et les pressions.

Les équations du mouvement du corps, parallèlement aux trois axes, seront (*)

(f) M
$$\frac{da_x}{dt}$$
 = Mg_x + M($n_z a_y - n_y a_z$) + P_x + P'_x, M $\frac{da_y}{dt}$ = ...

Si nous supposons maintenant que les axes coordonnés dont l'orientation dans les corps est restée arbitraire jusqu'ici, soient les axes principaux d'inertie de ce corps, maura pour les équations du mouvement autour de son centre de gravité

(g)
$$I_{x} \frac{dn_{x}}{dt} + (I_{y} - I_{z}) n_{y} n_{z} = Q_{x} + Q'_{x}, I_{y} \frac{dn_{y}}{dt} + ...,$$

$$I_{z} \frac{dn_{z}}{dt} +$$

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

En désignant par I_u le moment d'inertie du corps autour de l'axe Ou, et par Q_u le moment par rapport au même axe, des forces, autres que les pressions, qui agissent sur le corps.

- II. Équations du mouvement du liquide et du corps en coordonnées curvilignes.
 - 5. Equations du mouvement du liquide.

Soient, en désignant par ρ , ρ_1 , ρ_2 , trois constantes arbitraires,

$$\rho = f(x,y,z), \quad \rho_1 = f_1(x,y,z), \quad \rho_2 = f_2(x,y,z),$$

les équations de trois séries de surfaces orthogonales (*) qui, par leurs intersections, nous serviront à définir tous les points de l'espace. La première de ces équations sera censée représenter la surface du corps, lorsque ρ prendra la valeur particulière ρ_o , et donnera les points situés à l'infini pour $\rho = \infty$.

Il nous arrivera souvent, pour abréger de représenter par ρ_i ou ρ_i l'un quelconque des paramètres arbitraires ρ , ρ_1 , ρ_2 , que nous allons maintenant substituer aux coordonnées rectilignes x, y, z.

Posant.

$$h_i = \sqrt{\left(rac{d\,
ho_i}{dx}
ight)^2 + \left(rac{d\,
ho_i}{dy}
ight)^2 + \left(rac{d\,
ho_i}{dz}
ight)^2},$$

nous aurons, au lieu de la seconde des équations (a'), et des équations (b') et (c'), les suivantes :

(1)
$$V = \sqrt{h^2 \left(\frac{d\varphi}{d\rho}\right)^2 + h_1^2 \left(\frac{d\varphi}{d\rho_1}\right)^2 + h_2^2 \left(\frac{d\varphi}{d\rho_2}\right)^2} (**),$$

TOME VII, 1865.

^(*) Voir mon Traité de cinématique pure, page 224, en ayant égard au changement de notations et de convention sur le signé de la rotation.

^(*) Ces équations doivent satisfaire aux conditions (4) et (4') des notes.

^(**) Formule (11) des notes.

(2)
$$\frac{d}{d\rho} \left(\frac{h}{h_1 h_2} \cdot \frac{d\varphi}{d\rho} \right) + \frac{d}{d\rho_1} \left(\frac{h_1}{h h_2} \cdot \frac{d\varphi}{d\rho_1} \right) + \frac{d}{d\rho_2} \left(\frac{h_2}{h h_1} \cdot \frac{d\varphi}{d\rho_2} \right) = O(*),$$

(3)
$$p = g\mathbf{Z} - \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) - \frac{d\varphi}{d\rho}\frac{d\rho}{dt} - \frac{d\varphi}{d\rho_1}\frac{d\rho_1}{dt} - \frac{d\varphi}{d\rho_2}\frac{d\rho_2}{dt} - \frac{1}{2}\left(\frac{h^2d\varphi^2}{d\rho^2} + \frac{h_1^2d\varphi^2}{d\rho_1^2} + \frac{h_2d\varphi^2}{d\rho_2^2}\right),$$

en remplaçant dans la dernière la différentielle totale $\frac{d\phi}{dt}$ par sa valeur en fonction des différentielles partielles de ϕ , et que nous distinguerons par des parenthèses quand il pourra y avoir ambiguïté.

6. Occupons-nous maintenant de la transformation des équations (d) qui donnent le mouvement relatif du liquide par rapport au corps.

De la relation

$$\frac{1}{h_i^2} d\rho_i = \frac{dx}{d\rho_i} dx + \frac{dy}{d\rho_i} dy + \frac{dz}{d\rho_i} dz (**),$$

divisée par dt, on obtient, en ayant égard aux équations précitées,

(4)
$$\begin{pmatrix} \frac{1}{h^2} \frac{d\rho}{dt} = \frac{d\varphi}{d\rho} - \left(a_x \frac{dx}{d\rho} + a_y \frac{dy}{d\rho} + a_z \frac{dz}{d\rho} \right) + n_x \left(\frac{zdy}{d\rho} - \frac{ydz}{d\rho} \right) + n_y \left(\frac{xdz}{d\rho} - \frac{zdx}{d\rho} \right) + n_z \left(\frac{ydx}{d\rho} - \frac{xdy}{d\rho} \right), \\ \frac{1}{h_1^2} \frac{d\rho_1}{dt} = \cdot \cdot \cdot \cdot, \\ \frac{1}{h_2^2} \frac{d\rho_2}{dt} = \cdot \cdot \cdot \cdot, \end{pmatrix}$$

formules qui, multipliées respectivement par h, h_1 , h_2 , feront connaître les composantes normales aux trois surfaces

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOIDE DANS UN LIQUIDE. 51 ρ, ρ_1, ρ_2 , de la vitesse relative d'une particule fluide, par

rapport au corps (*).

7. Expressions des dérivées partielles $\left(\frac{d
ho_i}{dt}\right)$.

Pour que l'on puisse déterminer la pression p au moyen de l'équation (3), la fonction φ étant supposée connue, il faut que l'on y remplace préalablement les dérivées partielles $\left(\frac{d\hat{\varphi}_{i}}{dt}\right)$ qui entrent dans cette équation, par leurs waleurs que nous allons maintenant chercher à obtenir.

Les ρ_i pouvant être considérés comme des fonctions des coordonnées x', y', z', substituées à x, y, z, on a, en ayant égard aux formules (a) du n° 1,

$$\frac{d\rho_{i}}{dt} = \left(\frac{d\rho_{i}}{dt}\right) + \frac{d\rho_{i}}{dx'}\frac{dx'}{dt} + \frac{d\rho_{i}}{dy'}\frac{dy'}{dt} + \frac{d\rho_{i}}{dz'}\frac{dz'}{dt} = \left(\frac{d\rho_{i}}{dt}\right) + \frac{d\rho_{i}}{dx'}\frac{d\varphi}{dx'} + \frac{d\rho_{i}}{dy'}\frac{d\varphi}{dy'} + \frac{d\rho_{i}}{dz'}\frac{d\varphi}{dz'} = \left(\frac{d\rho_{i}}{dt}\right) + h_{i}^{2}\frac{d\varphi}{d\rho_{i}} (**),$$

et en égalant les trois valeurs qui résultent de cette formule à celles que donnent les équations (4), on trouve

(5)
$$\begin{cases} \frac{1}{h^2} \left(\frac{d\rho}{dt} \right) = -\left(a_x \frac{dx}{d\rho} + a_y \frac{dy}{d\rho} + a_z \frac{dz}{d\rho} \right) + n_z \left(\frac{zdy}{d\rho} - \frac{ydz}{d\rho} \right) \\ - \frac{ydz}{d\rho} + n_y \left(\frac{xdz}{d\rho} - \frac{zdx}{d\rho} \right) + n_z \left(\frac{ydx}{d\rho} - \frac{xdy}{d\rho} \right), \\ \frac{1}{h_1^2} \left(\frac{d\rho_1}{dt} \right) = \dots, \\ \frac{1}{h_2^2} \left(\frac{d\rho_2}{dt} \right) = \dots, \end{cases}$$

valeurs qu'il s'agissait de déterminer.

^(*) Formule (13) des notes.

^(**) Formule (8) des notes.

^(*) Formule (5) des notes divisée par dt.

^(**) Formule (9) des notes.

8. Expressions des quantités Pu et Qu en coordonnées curvilignes.

On a (*)
$$\cos (N,u) = \frac{1}{h} \frac{d \, \beta}{d u} = h \, \frac{d u}{d \, \rho},$$

$$d \, \omega = \frac{h}{h_1 h_2} \, d \, \rho_1 d \, \rho_2,$$

par suite

(6)
$$\begin{cases} P_{x} = -\int \frac{h}{h_{1}h_{2}} p_{o} \frac{dx}{d\rho} d\rho_{1} d\rho_{2}, P_{y} = ..., Q_{z}..., \\ Q_{x} = \int \frac{h}{h_{1}h_{2}} p_{o} \left(z \frac{dy}{d\rho} - y \frac{dz}{d\rho}\right) d\rho_{1} d\rho_{2}, Q_{y} = ..., Q_{z} = ... \end{cases}$$

9. Conditions particulières du problème dans l'hypothèse d'un fluide indéfini.

La fonction φ, intégrale de l'équation aux différentielles partielles (2), doit être déterminée de manière à satisfaire aux conditions suivantes:

1º La composante normale à la surface du corps, de la vitesse relative de chaque molécule fluide en contact avec elle devant être nulle, puisqu'il ne peut y avoir qu'un glissement le long de cette surface, il faut que l'on ait (n° 6):

$$\frac{1}{h}\frac{d\rho}{dt} = 0 \quad \text{pour} \quad \rho = \rho_0,$$

ou, en vertu de la première des équations (4),

(7)
$$\left[\frac{d\varphi}{dt} - \left(a_x \frac{dx}{dt} + a_y \frac{dy}{dt} + a_z \frac{dz}{dt}\right) + n_x \left(z \frac{dy}{d\rho} - y \frac{dz}{d\rho}\right) + \dots \right]_{\rho = \rho_0}$$

2° La vitesse absolue de chacune des molécules fluides situées à l'infini étant nulle, si le mouvement n'est produit

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE. que par le déplacement du corps, il faut en vertu de la formule (1) que

(8)
$$\left(h_i \frac{d\varphi}{d\rho_i}\right) = 0.$$

$$\rho = \infty.$$

10. Forme générale de la fonction φ.

La condition (7) sera satisfaite en posant,

(9)
$$\varphi = C + A_x a_x + A_y a_y + A_z a_z + B_x n_x + B_y n_y + B_z n_z$$

C étant uniquement fonction du temps, et les A et B des fonctions des ρ_i et non de t, satisfaisant, substituées à φ , à l'équation (2), ainsi qu'aux conditions

(10)
$$\begin{pmatrix} \frac{d\mathbf{A}_{x}}{d\rho} = \frac{dx}{d\rho}, & \frac{d\mathbf{B}_{z}}{d\rho} = -\frac{zdy}{d\rho} + \frac{ydz}{d\rho} \\ \frac{d\mathbf{A}_{y}}{d\rho} = \frac{dy}{d\rho}, & \frac{d\mathbf{B}_{y}}{d\rho} = \cdots \\ \frac{d\mathbf{A}_{z}}{d\rho} = \frac{dz}{d\rho}, & \frac{d\mathbf{B}_{z}}{d\rho} = \cdots \end{pmatrix} \text{pour } \rho = \rho_{0}.$$

Si l'on porte les valeurs (5) et (9) dans l'équation (3), puis la valeur de p_o qui s'en déduit dans les intégrales (6), on reconnaîtra que chacune de ces dernières sera formée de trois parties; la première due à la perte de poids dans le liquide comme à l'état de repos (n° 3); la seconde, fonction linéaire des $\frac{da_u}{dt}$, $\frac{dn_u}{dt}$; et la troisième fonction homogène du second ordre de a_u , n_u : quant à $\frac{dC}{dt}$, il disparaît puisqu'il joue le rôle d'une constante dans l'intégration.

^(*) Formules (3) et (6) des notes.

III. Cas où la surface du corps est symétrique par rapport à ses axes principaux d'inertie passant par son centre de gravité.

11. Forme de la fonction \u03c4.

Lorsque le corps est symétrique par rapport aux axes Ox, Oy, Oz, ρ est une fonction de x, y, z, qui conserve la même valeur et le même signe lorsque l'on change le signe de l'une quelconque de ces variables, en d'autres termes ρ est une fonction paire des trois coordonnées rectilignes. Il est d'ailleurs facile de reconnaître que $\frac{d\rho}{du}$ est le produit d'une fonction paire par u, qui change de signe avec u, en conservant la même valeur absolue, en d'autres termes c'est une fonction impaire de u.

Cela posé, nous remarquerons que la première et la quatrième des conditions (10) peuvent se mettre sous la forme (*).

$$\begin{split} &\frac{d\Lambda_x}{dx}\frac{d\rho}{dx} + \frac{d\Lambda_x}{d\rho}\frac{d\rho}{dy} + \frac{d\Lambda_x}{dz}\frac{d\rho}{dz} = \frac{d\rho}{dx} \\ &\frac{dB_x}{dx}\frac{d\rho}{dx} + \frac{dB_x}{dy}\frac{d\rho}{dy} + \frac{dB_x}{dz}\frac{d\rho}{dz} = \left(y\frac{d\rho}{dz} - z\frac{d\rho}{dz}\right), \end{split}$$

et comme $\frac{d\rho}{du}$ est une fonction impaire de u, on voit que ces deux conditions, considérées comme équations différentielles, exigent que

$$\mathbf{A}_x = x\mathbf{D}_x, \quad \mathbf{B}_x = yz\mathbf{E}_x,$$

en désignant d'une manière générale par D_u , E_u , deux fonctions paires des coordonnées rectilignes. On est donc conduit à admettre pour la fonction φ la forme

(11)
$$\varphi = \mathbf{C} + x \, \mathbf{D}_x a_x + y \, \mathbf{D}_y \, a_y + z \, \mathbf{D}_z \, a_z + y z \, \mathbf{E}_x n_x + x z \, \mathbf{E}_y n_y + x y \, \mathbf{E}_z n_z.$$

12. Valeurs des quantités Pu et Qu.

Supposons que l'on remplace φ par sa valeur (11) dans l'équation (3), que l'on porte ensuite la valeur résultante de la pression p_o à la surface du corps dans celle des équations (e), qui donnent P_x et Q_x . On reconnaîtra par une discussion simple, basée sur la symétrie de la surface du corps, que les termes de p_o qui ne s'annulent pas par l'intégration, sont ceux qui sont impairs en x pour P_x , et impairs en y et z pour Q_x . Si donc on remarque que, à la surface du corps, x, y, z sont indépendants de t, on devra prendre tout simplement

$$\begin{aligned} -p_0 &= -g\mathbf{Z} + x\mathbf{D}_x \frac{da_x}{dt} + x \frac{d.y\mathbf{D}_y}{dy} \frac{d.y\mathbf{E}_y}{dy} a_y n_z + \\ &+ x \frac{d.z\mathbf{D}_z}{dz} \frac{dz.\mathbf{E}_z}{dz} a_z n_y \text{ pour } \mathbf{P}_x \\ &+ p_0 = yz\mathbf{E}_x \frac{dn_x}{dt} + yz \frac{d.\mathbf{D}_y}{dx} \frac{d.\mathbf{D}_z}{dx} a_y a_z + \\ &+ \frac{d.x\mathbf{E}_y}{dx} \frac{d.x\mathbf{E}_z}{dx} n_y n_z \text{ pour } \mathbf{Q}_x \mathbf{P}_z \end{aligned}$$

Portons ces valeurs dans celles des formules (6) qui donnent P_x et Q_x , désignons par M' la masse du volume liquide déplacé par le corps, et soient

$$\left\{ \begin{array}{l} m_x = -\int \frac{h}{h_1 h_2} \frac{dx}{d\rho} \, x \mathcal{D}_x d\rho_1 d\rho_2 \stackrel{(`)}{=} -\int x \mathcal{D}_x dy dz \,, \\ \alpha_x = -\int \frac{h}{h_1 h_2} \frac{d \cdot y \mathcal{D}_y}{dy} \, \frac{d \cdot y \mathcal{E}_y}{dy} \, \frac{dx}{d\rho} \, x d\rho_1 d\rho_2 = \\ -\int x \frac{d \cdot y \mathcal{D}_y}{dy} \, \frac{d \cdot z \mathcal{E}_z}{dy} \, dy dz, \end{array} \right.$$

(*) Il ne faut pas perdre de vue que

$$\frac{h}{h_1 h_2} \frac{dx}{d\rho} d\rho_1 d\rho_2 = \cos(N, x) d\omega = dy dz.$$

^(*) Formule (7) des notes.

les constantes résultant de ces diverses intégrations pour toute la surface du corps; il viendra, en ayant égard à l'observation faite à la fin du n° 3.

$$\begin{cases} -P_{x} = m_{x} \frac{da_{x}}{dt} + \alpha_{x} a_{y} n_{z} + \alpha'_{x} a_{z} n_{y} + M'g_{x}, \\ -Q_{x} = i_{x} \frac{dn_{x}}{dt} + \beta_{x} a_{y} a_{z} + \gamma_{x} n_{y} n_{z}. \end{cases}$$

En permutant entr'elles les lettres x, y, z, on trouvera des expressions analogues pour les autres P et Q.

13. Equations du mouvement du corps.

Il résulte de là que les équations (f) et (g) du n° 4 relatives au mouvement du corps deviennent :

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

$$(14) \begin{cases} (M + m_x) \frac{da_x}{dt} = (M - M') g_x - a_x a_y n_z - a'_x a_z n_y + \\ + M (n_z a_y - n_y a_z) + P'_x, \\ (M + m_y) \frac{da_y}{dt} =, \\ (M + m_z) \frac{da_z}{dt} =; \end{cases}$$

$$(I_{x} + i_{x}) \frac{dn_{x}}{dt} + (I_{y} - I_{z} + \gamma_{x}) n_{y} n_{z} = \beta_{x} a_{y} a_{z} + Q'_{x},$$

$$(I_{y} + i_{y}) \frac{dn_{y}}{dt} + \dots,$$

$$(I_{z} + i_{z}) \frac{dn_{z}}{dt} + \dots.$$

Les constantes m_u et i_u sont de véritables corrections résultant de l'influence du fluide, apportées à la masse du corps dans la direction de l'axe Ou, et au moment d'inertie autour de cet axe.

Quoique les équations (14) et (15) donnent par l'intégration la loi du mouvement du corps, le problème n'est pas cependant résolu, puisque la détermination des constantes est subordonnée à celle de D_x , E_x, ou des fonctions xD_x , yzE_x, qui doivent satisfaire à l'équation (2), ainsi qu'aux conditions (8) et (10), et c'est ce que nous ferons plus loin en nous occupant de l'ellipsoïde.

14. Hypothèse d'une translation.

Pour que le corps soit animé d'une simple translation, il faut qu'en supposant $n_u = o$, les Q_u satisfassent à la condition de rendre constamment nuls les seconds membres des équations (15), et il ne reste plus alors que les équations (14), qui sont comprises dans la suivante :

$$(\mathbf{M} + m_u) \frac{da_u}{dt} = (\mathbf{M} - \mathbf{M}') g_u + \mathbf{P}'_u.$$

On voit ainsi que, en dehors de la perte du poids résultant du principe d'Archimède, l'influence du fluide ne se traduit que par des corrections à introduire dans la masse du corps suivant trois directions rectangulaires fixes, qui ne sont pas nécessairement celles des axes principaux d'inertie, ce choix n'étant utile que pour donner la forme (15) aux équations relatives à la rotation.

Les équations (4) qui définissent le mouvement relatif des particules fluides se réduisent à la forme générale

$$\begin{split} \frac{1}{h_i^2} \frac{d \, \rho_i}{dt} &= \frac{d \varphi}{d \, \rho_i} - \left(\frac{a_z dx}{d \, \rho_i} + a_y \frac{dy}{d \, \rho_i} + a_z \frac{dz}{d \, \rho_i} \right) = a_x \frac{d \cdot (\mathbf{D}_x - \mathbf{1}) x}{d \, \rho_i} + \\ &\quad + a_y \frac{d \cdot (\mathbf{D}_y - \mathbf{1}) y}{d \, \rho_i} + a_z \frac{d \cdot (\mathbf{D}_z - \mathbf{1}) z}{d \, \rho_i}. \end{split}$$

et la vitesse relative $\frac{1}{h_i} \frac{d\rho_i}{dt}$, par rapport au corps, de la particule m, estimée normalement à la surface ρ_i , ne dépend que des composantes a_u de la vitesse de translation, dont les rapports ne dépendent eux-mêmes que de la forme de la courbe décrite par chacun des points du corps. On a donc ce théorème;

Les trajectoires apparentes par rapport au corps des particules fluides ne dépendent que de la forme du corps et de celle de la courbe que décrit chacun de ses points.

Il suit de là que si le centre de gravité du corps se meut sur une courbe donnée, les trajectoires apparentes des molécules liquides seront déterminées sans que l'on soit obligé de faire intervenir les forçes extérieures qui agissent sur le corps.

15. Comparaison avec l'observation.

Supposons que le corps ne soit sollicité que par la pesanteur, et que l'un de ses axes de symétrie Ou soit dirigé suivant sa verticale. Il est clair que, abandonné à lui-même sans vitesse initiale, il prendra un mouvement vertical de

mouvement d'un ellipsoïde dans un liquide.

$$\frac{da_u}{dt} = \frac{\mathbf{M} - m_u}{\mathbf{M} + m_u} g ,$$

et le fluide n'aurait ainsi pour effet que de réduire l'accélération de la gravité-dans une proportion déterminée, ce qui n'est évidemment pas d'accord avec ce qui se passe sous nos yeux, du moins à partir du moment où la vitesse du corps a acquis une valeur notable.

Si la gravité n'existait pas ou était neutralisée par une autre force extérieure, ou encore si le corps avait la même densité que le liquide, sa vitesse resterait constante, et la force vive employée par lui à mettre en mouvement ses particules fluides situées à l'avant, serait compensée par celle que lui communiquent les molécules qui arrivent à l'arrière, en comblant à mesure le vide qui tend à se former dans cette région, ce qui n'est pas non plus admissible.

Il y a donc là un désaccord flagrant entre le résultat du calcul et l'observation; c'est qu'en effet la théorie de l'hydrodynamique ne peut s'appliquer d'une manière générale au problème du mouvement d'un corps dans un liquide; car elle est essentiellement basée sur l'hypothèse de la continuité du fluide et du mouvement de ses particules, supposition qui ne se réalise pas pour des vitesses considérables du mobile; il se produit généralement des changements brusques de mouvement donnant lieu aux remous qui sont sounis à des variations de densité dont on ne tient pas compte. Ces variations se comprennent d'autant mieux maintenant que, au moyen de l'injecteur automateur, on sait produire des jets composés de globules liquides dont le poids spécifique descend au dessous de la moitié de celui de l'eau.

Il résulte de là que la théorie précitée ne devra généralement s'appliquer qu'à des problèmes qui par leur nature permettront de reconnaître à priori que l'hypothèse sur laquelle elle repose est satisfaite; et dans celui qui nous occupe, on ne devra la considérer que comme donnant une approximation, et seulement encore pour de très-faibles vitesses du mobile. Dans le cas contraire, on devra se contenter des formules approximatives ou empiriques que l'on donne dans les ouvrages de mécanique appliquée.

16. Hypothèse d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe.

Nous ne considérerons que le cas ou la rotation a lieu autour d'une parallèle à l'un des axes principaux 0x du corps passant par son centre de gravité.

Soient

l la distance du point 0 à l'axe de rotation.

& l'angle constant qu'elle forme avec Oy.

 $I = I_x + M l_1^2$ le moment d'inertie du corps autour de l'axe fixe.

 $Q'=Q'_x+P_xl\sin\delta-P_zl\cos\delta$, le moment total par rapport à cet axe, des forces extérieures agissant sur le corps, y compris son poids modifié conformément au principe d'Archimède, et que nous comprendrons dans les P', Q' pour simplifier l'écriture.

On a

$$n_y=0$$
, $n_z=0$, $n_x=n$, $a_y=nl\sin\delta$, $a_z=-nl\cos\delta$, $a_x=0$.

La seconde et la troisième des équations (14), et la première des équations (15), les seules que nous ayons à considérer, se réduisent à

$$(\mathbf{M}+m_y)\,l\sin\delta\,rac{dn}{dt}-n^2l\cos\delta(\mathbf{M}+\alpha_y)=\mathbf{P'}_y\,,$$
 $(\mathbf{M}+m_z)\,l\cos\delta\,rac{dn}{dt}+n^2l\sin\delta(\mathbf{M}-\alpha_z)=-\mathbf{P'}_z\,,$
 $(\mathbf{I}_x+i_x)rac{dn}{dt}-n^2l\sin\delta\cos\delta\,eta_x=\mathbf{Q'}_x.$

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

λjoutant membre à membre en trois équations, multipliées respectivement par $l \sin δ$, $l \cos δ$, et ι, et posant

$$(\alpha_y - \alpha_z' - \beta_x) l^2 \sin \delta \cos \delta = \beta,$$

$$(m_y \sin^2 \delta + m_z \cos^2 \delta) = i,$$

On aura

(16)
$$(\mathbf{I}+i) \frac{dn}{dt} = \mathbf{Q} + \beta n^2.$$

Il suit de là que l'esset produit par le fluide sur le corps est le même que celui qui résulterait de l'action d'une force perpendiculaire au plan passant par son centre de gravité et par l'axe, à une distance invariable de ce dernier, et représentée par la somme de deux termes dont l'un est proportionnel à l'accélération angulaire et l'autre au carré de la vitesse angulaire. M. Didion a été conduit à une forme analogue, à une constante près, pour représenter la résistance de l'air sur les plateaux soumis à ses expériences (Poncelet, Introduction à la mécanique industrielle, p. 584).

L'équation (16) est notamment applicable au mouvement du pendule dans un liquide, en supposant que l'axe de rotation est horizontal, et que Q représente le moment du poids du corps modifié conformément au principe d'Archimède, par rapport à cet axe. Dans le cas de petites oscillations on peut l'intégrer par approximation, et nous renverrons pour cet objet à une note sur le mouvement du pendule simple dans un milieu offrant une résistance proportionnelle au carré de la vitesse, et que nous avons fait insérer dans les annales de mathématiques (1860).

Si le corps est assujetti à tourner autour d'un axe fixe, incliné d'une manière quelconque sur les axes coordonnés, 0x, 0y, 0z, on arrive, en suivant une marche semblable à la précédente, à une équation de même forme que l'équation (16), mais dont les coefficients sont plus compliqués; et la résistance de l'air se traduit de la même manière que ci-dessus.

Occupons-nous maintenant du mouvement des particules fluides. Quelle que soit la forme du corps, que sa surface ait ou non des axes de symétrie, nous pourrons prendre l'axe fixe pour l'axe x (*), et l'expression (9) de φ abstraction faite de G se réduit à

$$\varphi = B_x n$$
,

et en la portant dans les équations (4) on trouve

$$\frac{\frac{1}{h^2} \frac{d\rho}{dt} = n \left(\frac{dB_x}{d\rho} + z \frac{dy}{d\rho} - y \frac{dz}{d\rho} \right),}{\frac{1}{h_1^2} \frac{d\rho_1}{dt} = \dots,}$$

$$\frac{1}{h_2^2} \frac{d\rho_2}{dt} = \dots$$

On voit ainsi que les particules apparentes des particules fluides ne dépendent que de la forme et du mouvement du corps, et non des forces qui agissent sur lui, théorême analogue à celui auquel nous sommes arrivé au n° 14.

DEUXIÈME PARTIE.

DU MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

17. Formules relatives au système de coordonnées ellipsoïdal Ce système de coordonnées sera donné par les équations

$$\begin{cases} \frac{x^2}{\Lambda + \rho} + \frac{y^2}{\Lambda_1 + \rho} + \frac{z^2}{\Lambda_2 + \rho} = 1, \\ \frac{x^2}{\Lambda + \rho_1} + \frac{y^2}{\Lambda_1 + \rho_1} + \frac{z^2}{\Lambda_1 + \rho_1} = 1, \\ \frac{x^2}{\Lambda + \rho_2} + \frac{y^2}{\Lambda_1 + \rho_2} + \frac{z^2}{\Lambda_2 + \rho_2} = 1, \end{cases}$$

qui seront censées représenter respectivement un ellipsoïde et ses hyperboloïdes homofocaux à une et à deux nappes, surfaces qui, comme on le sait, se coupent mutuellement à angle droit.

Nous supposerons que la première des équations (17) représente la surface du corps en posant

$$\rho = 0$$
,

et que pour tous les points de la masse liquide non en contact avec cette surface on aura

(18)
$$\rho > 0$$
,

Si l'on admet que

$$\Lambda > \Lambda_1 > \Lambda_2$$

il faudra que

(19)
$$\Lambda > -\rho_2 > \Lambda_1 > -\rho_1 > \Lambda_2$$
,

pour que la seconde et la troisième des équations (17) représentent bien respectivement un hyperboloïde à une nappe et un hyperboloïde à deux nappes.

Les valeurs des ρ_i en fonction de x, y, z seront les racines des équations du troisième degré en ρ_i qui résulte de l'une quelconque des équations (17).

Si l'on résout les mêmes équations par rapport aux coordonnées rectilignes, on trouve (*)

$$(20) \begin{cases} x^2 = \frac{(\Lambda + \rho)(\Lambda + \rho_1)(\Lambda + \rho_2)}{(\Lambda - \Lambda_1)(\Lambda - \Lambda_2)}, \quad y^2 = \frac{(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_1 + \rho_1)(\Lambda_2 + \rho_2)}{(\Lambda_1 - \Lambda_2)(\Lambda_1 - \Lambda)} \\ z^2 = \frac{(\Lambda_2 + \rho)(\Lambda_2 + \rho_1)(\Lambda_2 + \rho_2)}{(\Lambda_2 - \Lambda)(\Lambda_2 - \Lambda_1)}$$

^(*) Il ne faut pas perdre de vue que le choix des axes d'inertie passant par le centre de gravité du corps n'est motivé que par la mise en équation de son mouvement de rotation autour de ce centre.

^(*) On arrive assez simplement à ces résultats en retranchant successivement de la première équation (17), chacune des deux autres; on obtient ainsi les valeurs de $\frac{x^2}{z^2}$, $\frac{y^2}{z^2}$ qui, portées dans la première équation (17) divisée par z^2 , font connaître la valeur de cette dernière quantité sous la forme donnée dans le texte.

(21)
$$h = \sqrt{\frac{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}{(\rho - \rho_1)(\rho - \rho_2)}}, h_1 =, h_2 =$$

18. Détermination de la fonction \u03c4.

En vertu des valeurs précédentes, l'équation (2) se réduit à la suivante :

(22)
$$(\rho_1 - \rho_2) \frac{d^2 \varphi}{d \zeta^2} + (\rho_2 - \rho_1) \frac{d^2 \varphi}{d \zeta_1^2} + (\rho_2 - \rho_1) \frac{d^2 \varphi}{d \zeta_2^2} = 0$$
, en posant

(23)
$$d\zeta_i = \frac{d\rho_i}{\sqrt{(\Lambda + \rho_i)(\Lambda_1 + \rho_i)(\Lambda_2 + \rho_i)}} = o.$$

Si l'on remplace maintenant, dans les conditions (10), A_u , B_u par leurs valeurs en D_u et E_u du n° 11, les $\left(\frac{du}{d\rho}\right)_{\rho=0}$ étant donnés par les formules (20), on obtient :

$$(24) \begin{cases} 2 \left(\frac{d\mathbf{D}_{x}}{d\rho}\right)_{0} = \frac{1 - (\mathbf{D}_{x})_{0}}{\Lambda} & 2 \left(\frac{d\mathbf{E}_{x}}{d\rho}\right)_{0} = \frac{1 - (\mathbf{E}_{x})_{0}}{\Lambda_{2}} - \frac{1 + (\mathbf{E}_{x})_{0}}{\Lambda_{1}}, \\ 2 \left(\frac{d\mathbf{D}_{y}}{d\rho}\right)_{0} = \frac{1 - (\mathbf{D}_{y})_{0}}{\Lambda_{1}} & 2 \left(\frac{d\mathbf{E}_{y}}{d\rho}\right)_{0} = \frac{1 - (\mathbf{E}_{y})_{0}}{\Lambda} - \frac{1 + (\mathbf{E}_{y})_{0}}{\Lambda_{2}}, \\ 2 \left(\frac{d\mathbf{D}_{z}}{d\rho}\right)_{0} = \frac{1 - (\mathbf{D}_{z})_{0}}{\Lambda_{2}} & 2 \left(\frac{d\mathbf{E}_{z}}{d\rho}\right)_{0} = \frac{1 - (\mathbf{E}_{z})_{0}}{\Lambda_{1}} - \frac{1 + (\mathbf{E}_{z})_{0}}{\Lambda_{2}}, \end{cases}$$

Les conditions (8) se tranforment dans les suivantes:

$$\begin{pmatrix} h_i \left(\frac{d\mathbf{D}_x}{d\,\zeta_i} + \frac{\mathbf{D}_x}{x} \frac{dx}{d\,\zeta_i} \right) = 0, & h_i \left(\frac{d\mathbf{E}_x}{d\,\zeta_i} + \frac{\mathbf{E}_x}{yz} \frac{dyz}{d\,\zeta_i} \right) = 0 \\ h_i \left(\frac{d\mathbf{D}_y}{d\,\zeta_i} + \frac{\mathbf{D}_y}{y} \frac{dy}{d\,\zeta_i} \right) = 0, & h_i \left(\frac{d\mathbf{E}_y}{d\,\zeta_i} + \frac{\mathbf{E}_y}{xz} \frac{dx_z}{d\,\zeta_i} \right) = 0 \\ h_i \left(\frac{d\mathbf{D}_z}{d\,\zeta_i} + \frac{\mathbf{D}_z}{z} \frac{dz}{d\,\zeta_i} \right) = 0, & h_i \left(\frac{d\mathbf{E}_z}{d\,\zeta_i} + \frac{\mathbf{E}_z}{xy} \frac{dxy}{d\,\zeta_i} \right) = 0 \end{pmatrix}$$

19. Hypothèses des D_u et E_u iudépendants des paramètres ρ_1 et ρ_2 .

Examinous maintenant si l'hypothèse qui consiste à considérer les D_u et E_u comme indépendants des ρ_1 , ρ_2 est compatible avec les conditions du problème.

En remplaçant, dans l'équation (22), φ par les coefficients de a_u , n_u de l'expression (11) de cette fonction, on trouve :

$$\frac{d^{2}D_{x}}{d\zeta^{2}}(\Lambda+\rho) + \frac{dD_{x}}{d\zeta}\frac{d(\Lambda+\rho)}{d\zeta} = 0,$$

$$\frac{d^{2}E_{x}}{d\zeta^{2}} + \frac{dE_{x}}{d\zeta}\frac{d}{d\zeta}\log(\Lambda_{1}+\rho)(\Lambda_{2}+\rho) = 0,$$

$$\frac{d^{2}D_{y}}{d\zeta^{2}}(\Lambda_{1}+\rho) + \frac{dD_{y}}{d\rho}\frac{d(\Lambda_{1}+\rho)}{d\zeta} = 0,$$

$$\frac{d^{2}E_{y}}{d\zeta^{2}} + \frac{dE_{y}}{d\zeta}\frac{d}{d\zeta}\log(\Lambda+\rho)(\Lambda_{2}+\rho) = 0,$$

$$\frac{d^{2}D_{z}}{d\zeta^{2}}(\Lambda_{2}+\rho) + \frac{dD_{z}}{d\zeta}\frac{d}{d\zeta}(\Lambda_{2}+\rho) = 0,$$

$$\frac{d^{2}D_{z}}{d\zeta^{2}} + \frac{dE_{z}}{d\zeta}\frac{d}{d\zeta}\log(\Lambda+\rho)(\Lambda_{1}+\rho) = 0,$$

$$\frac{d^{2}E_{z}}{d\zeta^{2}} + \frac{dE_{z}}{d\zeta}\frac{d}{d\zeta}\log(\Lambda+\rho)(\Lambda_{1}+\rho) = 0,$$
(*);

(*) Ces équations s'obtiennent facilement; car si, par exemple, on remplace dans l'équation (22) φ par yz E_x , en remarquant que par hypothèse E_x est indépendant de ζ_1 , ζ_2 ; on trouve :

$$\begin{split} (\rho_1-\rho_2)yz\frac{d^2 E_x}{d\zeta^2} + 2(\rho_1-\rho_2)\frac{dyz}{d\zeta}\frac{dE_x}{d\zeta} + E_z \left[(\rho_1-\rho_2)\frac{d^2yz}{d\zeta^2} + (\rho_2-\rho_1)\frac{d^2yz}{d\zeta_1^2} + (\rho-\rho_1)\rho\frac{d^2yz}{d\zeta_2z} \right] = 0, \end{split}$$

formule dont le dernier terme, d'après la même équation, n'est autre chose que le produit de \mathbf{E}_x par la même somme des dérivées secondes de yz relativement à x, y, z, et qui est nulle. Il vient donc:

$$\frac{d^2 E_x}{d\zeta^2} + \frac{1}{y^2 z^2} \frac{dy^2 z^2}{d\zeta} \frac{d E_x}{d\zeta} = 0,$$

et en remplaçant y^2 et z^2 par leurs valeurs (20), on retombe sur l'équation en \mathbf{E}_z du texte.

65

^(*) Par application de la formule (2') des notes.

66

d'où en intégrant, et appelant H, H', H", K, K', K" six constantes arbitraires

$$(26) \begin{cases} (\Lambda + \rho) \frac{d\mathbf{D}_{x}}{d\zeta} = \mathbf{H}, & (\Lambda_{1} + \rho) \frac{d\mathbf{D}_{y}}{d\zeta} = \mathbf{H}', & (\Lambda_{2} + \rho) \frac{d\mathbf{D}_{z}}{d\zeta} = \mathbf{H}'', \\ (\Lambda_{1} + \rho) (\Lambda_{2} + \rho) \frac{d\mathbf{E}_{x}}{d\zeta} = \mathbf{K}, & (\Lambda + \rho) (\Lambda_{2} + \rho) \frac{d\mathbf{E}_{y}}{d\zeta} = \mathbf{K}', \\ (\Lambda + \rho) (\Lambda_{1} + \rho) \frac{d\mathbf{E}_{z}}{d\zeta} = \mathbf{K}'', \end{cases}$$

et les intégrales de ces équations satisfaisant aux conditions (25) du problème sont :

$$\begin{array}{c} D_{z} = - H \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\rho}{\Lambda + \zeta} = - HS \;, \\ D_{y} = - H' \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\rho}{\Lambda_{1} + \zeta} = - H'S', \\ D_{z} = - H'' \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\rho}{\Lambda_{2} + \zeta} = - H''S'', \\ E_{z} = - K \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\zeta}{(\Lambda_{1} + \rho)(\Lambda_{2} + \rho)} = - \frac{K}{\Lambda_{1} - \Lambda_{2}} (S' - S'), \\ E_{y} = - K' \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\zeta}{(\Lambda + \rho)(\Lambda_{2} + \rho)} = - \frac{K'}{\Lambda_{2} - \Lambda} (S - S''), \\ E_{z} = - K'' \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\zeta}{(\Lambda + \rho)(\Lambda_{1} + \rho)} = - \frac{K''}{\Lambda - \Lambda_{1}} (S' - S), \end{array}$$

et ϕ s'exprimera ainsi, au moyen de trois transcendantes semblables S, S', S"; ou tout simplement au moyen de la suivante :

$$-\zeta = \int_{\rho}^{\infty} \frac{d\rho}{\sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}},$$

résultant de l'intégration de l'équation (23) puisque l'on a

$$S = 2 \frac{d\zeta}{d\Lambda}$$
, $S' = 2 \frac{d\zeta}{d\Lambda}$, $S'' = 2 \frac{d\zeta}{d\Lambda_0}$

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

20. Calcul des coefficients H et K.

Si l'on désigne par l'indice o la valeur de chacune des fonctions S, correspondant à $\rho = o$, que l'on porte les expressions (27) de D_u , E_u dans les équations de conditions (24), on trouve :

$$\begin{split} \frac{2H}{\sqrt{A\Lambda_{1}\Lambda_{2}}} &= 1 + HS_{0} & \frac{2K}{\sqrt{\Lambda\Lambda_{1}\Lambda_{2}}} = -\frac{(\Lambda_{1} - \Lambda_{2})^{2} + (\Lambda_{1} + \Lambda_{2})(S'_{0} - S''_{0})K}{\Lambda_{2} - \Lambda_{1}} \\ \frac{2H'}{\sqrt{A\Lambda_{1}\Lambda_{2}}} &= 1 + H'S'_{0} & \frac{2K'}{\sqrt{\Lambda\Lambda_{1}\Lambda_{2}}} = -\frac{(\Lambda_{2} - \Lambda)^{2} + (\Lambda_{2} + \Lambda)(S''_{0} - S'_{0})K'}{(\Lambda - \Lambda_{2})} \\ \frac{2H''}{\sqrt{\Lambda\Lambda_{1}\Lambda_{2}}} &= 1 + H''S''_{0} & \frac{2K''}{\sqrt{\Lambda\Lambda_{1}\Lambda_{2}}} = -\frac{(\Lambda - \Lambda_{1})^{2} + (\Lambda_{1} + \Lambda)^{2}(S_{0} - S'_{0})K''}{\Lambda_{1} - \Lambda} \end{split}$$

d'où

$$\begin{split} \mathbf{H} &= \frac{1}{\Sigma_0 - \mathbf{S}_0} \quad \mathbf{K} = -\frac{(\Lambda_2 - \Lambda_1)^2}{(\Lambda_2 - \Lambda_1)\Sigma_0 + (\Lambda_2 + \Lambda_1)(\mathbf{S}''_0 - \mathbf{S}'_0)} \\ \mathbf{H}' &= \frac{1}{\Sigma_0 - \mathbf{S}_0'} \quad \mathbf{K}' = -\frac{(\mathbf{A} - \mathbf{A}_2)^2}{(\mathbf{A} - \mathbf{A}_2)\Sigma_0 + (\mathbf{A} + \mathbf{A}_2)(\mathbf{S}_0 - \mathbf{S}''_0)} \\ \mathbf{H}'' &= \frac{1}{\Sigma_0 - \mathbf{S}''_0} \quad \mathbf{K}'' = -\frac{(\Lambda_1 - \mathbf{A})^2}{(\Lambda_1 - \mathbf{A})\Sigma_0 + (\Lambda_1 + \mathbf{A})(\mathbf{S}'_0 - \mathbf{S}_0)}, \\ \text{en posant} \end{split}$$

$$\begin{split} \Sigma &= S + S' + S'' = \frac{2}{\sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}}, \\ \Sigma_0 &= \frac{1}{\sqrt{\Lambda \Lambda_1 \Lambda_2}}, \end{split}$$

La fonction \(\phi \) a donc pour expression

$$(28) \quad \varphi = -\left(\frac{xS}{\Sigma_{0} - S_{0}} a_{x} + \frac{yS'}{\Sigma_{0} - S'_{0}} a_{y} + \frac{zS''}{\Sigma_{0} - S''_{0}} a_{z} + \frac{(\Lambda_{1} - \Lambda_{2})(S' - S'')yz}{(\Lambda_{1} - \Lambda_{2})\Sigma_{0} + (\Lambda_{1} + \Lambda_{2})(S' - S''_{0})} n_{x} + \frac{(\Lambda_{2} - \Lambda)(S'' - S)xz}{(\Lambda_{2} - \Lambda)\Sigma_{0} + (\Lambda_{2} + \Lambda)(S'_{0} - S''_{0})} n_{y} + \frac{(\Lambda - \Lambda_{1})(S - S')xy}{(\Lambda - \Lambda_{1})\Sigma_{0} + (\Lambda + \Lambda_{1})(S_{0} - S'_{0})} n_{z}\right).$$

Les S, Σ, H sont évidemment positifs et l'on a

$$H < H' < H''$$
.

Les K sont négatifs ou les trois derniers termes de φ sont positifs; car on a, par exemple :

$$\frac{K}{\Lambda_{2}-\Lambda_{1}} = \frac{1}{\Sigma_{0}-\int_{0}^{\infty} \frac{(\Lambda_{1}+\rho+\Lambda_{2}+\rho-2\rho)d\zeta}{(\Lambda_{1}+\rho)(\Lambda_{2}+\rho)}} = \frac{1}{\Sigma_{0}-S'_{0}-S''_{0}+2\int_{0}^{\infty} \frac{\rho d\zeta}{(\Lambda_{1}+\rho)(\Lambda_{2}+\rho)}} = \frac{1}{S_{0}+2\int_{0}^{\infty} \frac{\rho d\zeta}{(\Lambda_{1}+\rho)(\Lambda_{2}+\rho)}},$$

valeur qui est essentiellement positive.

On pourrait mettre les fonctions S sous la forme de transcendantes elliptiques, mais cela est d'autant moins intéressant que l'on détruirait la symétrie des formules.

21. Valeur des corrections de la masse et des moments d'inertie.

Les D_u , E_u étant indépendants de ρ_1 ρ_2 , conservent la même valeur pour tous les points de la surface ρ . Il vient donc en continuant à désigner par l'indice o leurs valeurs correspondant à la surface du corps, et en appliquaat la première et la quatrième des formules (22).

$$(29) \ \begin{cases} m_x = - (D_x)_0 \int x dy dz = - (D_x)_0 M' \\ i_x = - (E_x)_0 [\int y^2 z dy dx - \int z^2 y dx dz] = - (E_x)_0 (I'_y - I'_z), \end{cases}$$

en appelant I'_u le moment d'inertie de la masse fluide déplacée par le corps, par rapport à l'axe 0 u. On obtiendra des valeurs semblables pour les autres m et i, et en y remplaçant les D et E par leurs valeurs obtenues plus haut, on reconnaîtra d'après la discussion qui termine le n° précédent que les quantités sont toutes positives.

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

22. Calcul des coefficients au u'u, bu yu.

Si l'on désigne par F l'une quelconque des quantités D et E, on a

$$\frac{d\mathbf{F}}{du} = \frac{d\mathbf{F}}{d\rho} \frac{d\rho}{du}.$$

D'autre part les équations (20) donnent pour la surface du corps ou pour $\rho = 0$,

$$\frac{dx}{d\rho} = \frac{x}{2\Lambda}, \quad \frac{dy}{d\rho} = \frac{y}{2\Lambda_1}, \quad \frac{dz}{d\rho} = \frac{z}{2\Lambda_2}.$$

Au moyen de ces relations, les formules (12) donnen facilement.

$$\begin{split} -\alpha_x &= \frac{1}{4\Lambda_1^2} \left(\frac{d\mathbf{D}_y}{d\rho} \frac{d\mathbf{E}_y}{d\rho}\right)_0 \int y^4 dy dz + (\mathbf{D}_y \mathbf{E}_y)_0 \int dy dz + \\ &+ \frac{1}{2\Lambda_1} \left[\frac{d\cdot \mathbf{D}_y \mathbf{E}_y}{d\rho}\right]_0 \int y^2 dy dz, \\ -\beta_x &= \frac{1}{4\Lambda_1^2} \left(\frac{d\mathbf{D}_y}{d\rho} \frac{d\mathbf{D}_x}{d\rho}\right)_0 \int x^2 y z (y dy - z dz) dx, \\ -\gamma_x &= \frac{1}{4\Lambda^2} \left(\frac{d\mathbf{E}_y}{d\rho} \frac{d\mathbf{E}_z}{d\rho}\right)_0 \int x^4 y z (y dy - z dz) dx + \\ + (\mathbf{E}_y \mathbf{E}_z)_0 \int y z (y dy - z dz) dx + \frac{1}{2\Lambda} \left[\frac{d\cdot \mathbf{E}_y \mathbf{E}_z}{d\rho}\right]_0 \int x^2 y z (y dy - z dz) dx. \end{split}$$

Le coefficient α'_z s'obtiendra en permettant entre elles les lettres y et z dans l'expression α_z .

Les intégrales qui entrent dans les expressions précédentes se déduisent de celles qui sont relatives à la sphère d'un rayon égal à l'unité, en posant

$$\frac{x^2}{\Lambda} = x_1^2$$
, $\frac{y^2}{\Lambda} = y_1^2$, $\frac{z^2}{\Lambda} = z_1^2$.

et les dernières s'obtiennent facilement en substituant les coordonnées polaires aux coordonnées rectilignes, on trouve ainsi :

On obtiendra des expressions semblables pour les autres constantes α , α' , θ , γ et l'on aura plus qu'à y substituer les valeurs des D et E trouvées plus haut.

23. Du mouvement du liquide.

Nous n'examinerons que les deux cas particuliers où l'ellipsoïde est animé d'une translation parallèle à l'un de ses axes principaux ou d'une rotation autour d'un pareil axe pour lesquels (n° 14 et 16) les orbites relatives des molécules fluides ne dépendent que du mouvement du corps. Les deux cas sont d'ailleurs les seuls pour lesquels les recherches sur le mouvement du liquide puissent être poussées un peu loin.

1º Mouvement de translation de l'ellipsoïde parallèle à un axe principal.

Supposons que cet axe soit celui des x; les n_u sont nuls, et il ne reste des α_u que $a_x = a$; on a alors

$$\varphi = x \mathbf{D}_x = -a \cdot \frac{x \mathbf{S}}{\Sigma_b - \mathbf{S}_o},$$

et les formules (4) du n° 6, eu égard aux valeurs (21) et (28) des n° 19 et 20, donnent alors les équations :

$$\frac{(\rho-\rho_1)(\rho-\rho_2)}{(\mathbf{A}+\rho)(\mathbf{A}_1+\rho)(\mathbf{A}_2+\rho)} \cdot \frac{d\rho}{adt} = -\frac{2x}{\mathbf{A}+\rho} \left(1 + \frac{\mathbf{S}}{\Sigma_0 - \mathbf{S}_0}\right) + \frac{x}{(\Sigma_0 - \mathbf{S}_0)(\mathbf{A}+\rho)\sqrt{(\mathbf{A}+\rho)(\mathbf{A}_1+\rho)(\mathbf{A}_2+\rho)}},$$

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

$$\begin{split} \frac{(\rho_1-\rho_2)(\rho_1-\rho)}{(\Lambda+\rho_1)(\Lambda_1+\rho_1)(\Lambda_2+\rho_1)} \cdot \frac{d\rho_1}{adt} &= -\frac{2x}{\Lambda+\rho_1} \left(1+\frac{S}{\Sigma_0-S_0}\right), \\ \frac{(\rho_2-\rho)(\rho_2-\rho_1)}{(\Lambda+\rho_2)(\Lambda_1+\rho_2)(\Lambda_2+\rho_2)} \cdot \frac{d\rho_2}{adt} &= -\frac{2x}{\Lambda+\rho_2} \left(1+\frac{S}{\Sigma_0-S_0}\right), \\ \text{qui se réduisent à la forme,} \\ (\rho-\rho_1) d\Omega &= \frac{d\rho_1}{(\Lambda_1+\rho_1)(\Lambda_2+\rho_1)}, \\ (\rho_2-\rho) d\Omega &= \frac{d\rho_2}{(\Lambda_1+\rho_2)(\Lambda_2+\rho_2)}, \\ (\rho_1-\rho_2) d\Omega &= \frac{d\rho}{(\Lambda_1+\rho)(\Lambda_2+\rho)} \left[1-\frac{1}{1-\frac{1}{2}\left(\Sigma_0-S_0+S\right)\sqrt{(\Lambda+\rho)(\Lambda_1+\rho)(\Lambda_2+\rho)}}\right], \end{split}$$

comme on le reconnaît en divisant successivement la seconde et la troisième de ces équations par la première, de manière à éliminer le temps.

En ajoutant respectivement ces trois équations multipliées respectivement par

 $\begin{vmatrix} \frac{2dy}{y} = \frac{d\rho}{\Lambda_1 + \rho} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \left(\Sigma_0 - S_0 + S \right) \sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}}, \\ \frac{2dz}{z} = \frac{d\rho}{\Lambda_2 + \rho} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \left(\Sigma_0 - S_0 + S \right) \sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}}, \\ \frac{d^2 \circ d}{d^2 \circ d} = \frac{d\rho}{\Lambda_1 + \rho} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \left(\Sigma_0 - S_0 + S \right) \sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}},$

$$\sqrt{\frac{2\log y = \int_{\Lambda_1 + \rho}^{d\rho} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \left(\Sigma_0 - S_0 + S\right) \sqrt{(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}}{2\log z = \int_{\Lambda_2 + \rho}^{d\rho} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{2} \left(\Sigma_0 - S_0 + S\right) \sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)}}},$$

et les coordonnées de chaque molécule fluide se trouvent ainsi exprimées en fonction du paramètre de l'ellipsoïde sur lequel elle se trouve, homofocal de la surface du corps. C'est là tout ce que l'on peut obtenir, et y et z ne peuvent même pas se calculer approximativement par les développements des fonctions elliptiques.

Si l'on considère des molécules assez éloignées du corps pour que l'on puisse négliger les sixièmes puissances de

$$\sqrt{\frac{\Lambda}{\rho}}, \quad \sqrt{\frac{\Lambda_1}{\rho}}, \quad \sqrt{\frac{\Lambda_2}{\rho}}, \text{ les équations (51) donnent :}$$

$$\log \frac{z}{z_0} = \frac{S''}{\Sigma_0 - S_0}, \quad z = z_0 \left(1 + \frac{S''}{\Sigma_0 - S_0}\right),$$

$$\log \frac{y}{y_0} = \frac{S'}{\Sigma_0 - S_0}, \quad y = y_0 \left(1 + \frac{S'}{\Sigma_0 - S_0}\right),$$

et les orbites des molécules fluides ou les ondes produites sont sensiblement parallèles à l'axe des x.

En négligeant seulement la quatrième puissane des mêmes quantités, on a

$$z = z_0 \left[1 + \frac{2}{5(\Sigma_0 - S_0)\sqrt{\overline{\rho}^3}} \right],$$

$$y = y_0 \left[1 + \frac{2}{5(\Sigma_0 - S_0)\sqrt{\overline{\rho}^3}} \right],$$

et la courbe est plane et passe par l'axe des x. On peut avec la même approximation considérer dans le second terme de chacune de ces équations, ρ comme étant égal au carré du rayon r mené de la particule considérée au centre du corps, et l'équation de la trajectoire, rapportée à l'axe 0η compris dans son plan et perpendiculaire à l'axe 0x et

$$\eta = \eta_0 \left(1 + \frac{2}{3(\Sigma_0 - S_0)} \frac{1}{r^2} \right).$$

La courbe, comme on le voit se rapproche beaucoup de la ligne droite.

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

2°. L'ellipsoide tourne autour d'un axe principal.

Supposons que cet axe soit celui des x; les a_n disparaissent, et il ne reste des n_n que $n_n = n$, et l'on a

$$\varphi = \lambda (S' - S'') xzn$$
,

en posant

$$\lambda = \frac{\Lambda_1 - \Lambda_2}{(\Lambda_1 - \Lambda_2) \Sigma_0 + (\Lambda_1 + \Lambda_2) (S'_0 - S''_0)}$$

Les équations (4) du nº 6 deviennent

$$\begin{split} &\frac{1}{\mathfrak{h}^1}\frac{d\rho}{dt} = \frac{n}{2}yz\left(\frac{1}{\Lambda_1 + \rho} - \frac{1}{\Lambda_2 + \rho}\right) + \lambda\left(\mathbf{S}' - \mathbf{S}''\right)\left(\frac{1}{\Lambda_1 + \rho} - \frac{1}{\Lambda_2 + \rho}\right) + 2\lambda\frac{d(\mathbf{S}' - \mathbf{S}'')}{d\rho},\\ &\frac{1}{\mathfrak{h}_1^2}\frac{d\rho_1}{dt} = \frac{n}{2}yz\left(\frac{1}{\Lambda_1 + \rho_2} - \frac{1}{\Lambda_2 + \rho_2}\right) + \lambda\left(\mathbf{S}' - \mathbf{S}''\right)\left(\frac{1}{\Lambda_1 + \rho_1} - \frac{1}{\Lambda_2 + \rho_1}\right),\\ &\frac{1}{\mathfrak{h}_1^2}\frac{d\rho_2}{dt} = \frac{n}{2}yz\left(\frac{1}{\Lambda_1 + \rho_2} - \frac{1}{\Lambda_2 + \rho_2}\right) + \lambda\left(\mathbf{S}' - \mathbf{S}''\right)\left(\frac{1}{\Lambda_1 + \rho_2} - \frac{1}{\Lambda_2 + \rho_2}\right). \end{split}$$

On reconnaît facilement que ces équations prennent la forme

$$\begin{split} d\Omega \left(\mu + \nu \rho_1\right) \left(\rho_2 - \rho\right) &= \frac{d \rho_1}{\Lambda + \rho_1}, \\ d\Omega \left(\mu + \nu \rho_2\right) \left(\rho - \rho_1\right) &= \frac{d \rho_2}{\Lambda + \rho_2}, \\ d\Omega \left(\mu + \nu \rho\right) \left(\rho_1 - \rho_2\right) &= \frac{d \rho}{\Lambda + \rho} \left(1 - f\right), \end{split}$$

μ, ν, désignant deux constantes, et en posant

$$= \frac{2\lambda(\Lambda_2 - \Lambda_1)}{2\lambda(\Lambda_2 - \Lambda) - [(\Lambda_2 - \Lambda_1) + \lambda(S - S')(\Lambda_2 + \Lambda_1 + 2\rho)\sqrt{(\Lambda + \rho)(\Lambda_1 + \rho)(\Lambda_2 + \rho)]}}.$$

Ces trois équations ajoutées membre à membre donnent

$$2\log x = \int \frac{fd\rho}{\Lambda + \rho}$$

formule que l'on pourra remplacer par une autre plus simple mais approximative, pour les points très-éloignés, comme nous l'avons fait plus haut en nous occupant du mouvement de translation

24. Remarque relative au cas où l'ellipsoïde est de révolution.

Dans ce cas les fonctions S s'expriment en fonction de logarithmes et d'arc tang; tous les termes de ϕ dépendant de la rotation autour de l'axe inégal disparaissent, et cette rotation ne produit aucun mouvement dans le liquide, ce qui devait être, puisque nous avons négligé le frottement du liquide contre le corps.

25. Mouvement d'une sphère dans un liquide.

Ce cas particulier du mouvement d'un corps dans un liquide, qui a été traité directement et pour la première fois par Lejeune Diriehlet, se déduit de ce qui précède en y supposant

 $\Lambda = \Lambda_1 = \Lambda_2 = \mathbb{R}^2,$

R étant le rayon de la sphère.

Si r est la distance du centre de gravité du corps à une particule liquide quelconque, on a

 $R^2 - - \rho = r^2$,

et l'on trouve

$$S = S' = S'' = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{r^2};$$

par suite

$$\varphi = -\frac{\mathrm{R}^3}{2r^3}(xa_x + ya_y + za_z).$$

Les termes dépendant de la rotation disparaissent, comme on devait s'y attendre, de sorte qu'il nous suffira, dans la recherche du mouvement du liquide, de supposer que la sphère n'est animée que d'un mouvement de translation.

On obtient ensin, pour la correction de la masse en toute direction,

$$m=\frac{\mathbf{M'}}{2}$$

et comme les constantes, calculées au n° 22, sont nulles, on voit que une sphère se meut dans un liquide comme si sa masse se trouvait augmentée de la moitié de celle du suide qu'elle déplace, résultat qui doit donner lieu à des observations analogues à celles du n° 15.

Soient θ l'angle formé par r avec l'axe des x pris pour ligne des pôles; ∞ l'angle compris sous le plan mOx et le plan xOy; r, θ , ∞ étant, si l'on veut, les paramètres d'un système de surfaces sphériques orthogonales. Désignons par un, deux, trois accents, les composantes des vitesses estimées respectivement suivant le rayon, la méridienne et le parallèle. Nous aurons

$$x = r \cos \theta$$
, $x = r \sin \theta \cos \varpi$, $z = r \sin \theta \sin \varpi$,
$$\varphi = -\frac{R^3}{2r^2} [a_x \cos \theta + (a_y \cos \varpi + a_z \sin \varpi) \sin \theta] = -\frac{R^3}{2r^2} a'$$
,

et au lieu des équations (d), du n° 2,

$$\frac{dr}{dt} = V' - a', \quad r \frac{d\theta}{dt} = V'' - a'', \quad r \sin \theta \frac{d\varpi}{dt} = V''' - a'''.$$

Or la différentielle totale $d\varphi$, n'étant autre chose que le travail virtuel de la vitesse V considérée comme une force, il en résulte que

$$V' = \frac{d\varphi}{dr}, \quad V'' = \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{d\theta}, \quad V''' = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{d^d\varphi}{d\varpi},$$

et par suite

(32)
$$\frac{dr}{dt} = -\frac{r^3 - R^3}{r^3} a', \quad \frac{r^2 d \, 0}{dt} = -\frac{2r^3 + R^3}{2r^2} a'',$$
$$r^2 \sin^2 \theta \frac{d \, \infty}{dt} = -\frac{2r^3 + R^3}{2r^2} a''.$$

Si le mouvement se réduit à une translation parallèle à l'axe des x, on a $\frac{a'}{a''} = -\cot \theta$, a''' = o; l'a dernière des équa-

76

tions précédentes montre alors que l'angle ∞ est constant ou que la courbe est comprise dans un plan passant par l'axe des x, et que nous pourrons prendre pour plan des xy. Les deux autres équations donnent

$$\frac{dr}{d\theta} = -\frac{r^3 - R^3}{2r^3 + R^3} 2r \cot \theta,$$

d'où, en appelant e2 une constante,

$$(r^3 - \mathbb{R}^3) \sin^2 \theta = \varepsilon^2 r$$
.

Pour des points éloignés du corps, ou pour des valeurs de s suffisamment grandes par rapport à R, on peut prendre la valeur approchée

$$r \sin \theta = \varepsilon \left(1 + \frac{1}{2} \frac{R^3 \sin^3 \theta}{\varepsilon^3}\right),$$

équation qui représente une courbe ne différant d'une parallèle à l'axe des x que de $\frac{1}{2} \frac{R^3 \sin^3 \theta}{\epsilon^2}$, dont le maximum

 $\frac{1}{2} \frac{R^3}{\epsilon^3}$ sera égal à $\frac{1}{8}$ R pour $\epsilon = 2R$, et cet écart ne sera ainsi que la seizième partie de la distance au centre de la sphère de la droite à laquelle on compare la courbe.

Dans le cas où le mouvement est parallèle au plan zOy on trouve

$$\frac{dr}{d\theta} = \frac{r^3 - R^3}{2r^3 + R^3} \cdot 2r \tan \theta,$$

d'où

(33)
$$\begin{cases} (r^3 - R^3) \cos^2 \theta = \mu^2 r \\ \text{ou} \\ (r^3 - R^3) x^2 = \mu^2 r^3, \end{cases}$$

 μ étant une constante qui représente la valeur de x lorsque $r=\infty$.

26. Mouvement dans un liquide d'un pendule terminé par une sphère.

Supposons que l'on fasse osciller un pendule formé d'un fil terminé par une sphère, dans une masse liquide indéfinie, et soit ψ l'angle formé par ce fil avec la verticale prise pour axe des z, l'axe des x étant la perpendiculaire au plan d'oscillation menée par le point de suspension.

L'équation (16) donne, en ayant égard à ce qui précède,

$$\left[\mathbf{I}_{x}+\left(\mathbf{M}+\frac{\mathbf{M}'}{2}\right)l^{2}\right]\frac{d^{2}\psi}{dt}=-gl\left(\mathbf{M}-\mathbf{M}'\right)\sin\psi.$$

En désignant par λ et λ' les longueurs du pendule synchrone dans le vide et dans le fluide, on a

$$\lambda = \frac{\mathbf{I}_x + \mathbf{M}l^2}{\mathbf{M}l}, \quad \lambda' = \frac{\mathbf{I}_x + \left(\mathbf{M} + \frac{\mathbf{M}}{2}\right)l^2}{(\mathbf{M} - \mathbf{M}')l},$$

d'où, en négligeant les puissances de $\frac{M'}{M}$ supérieures à la première,

$$\lambda = \lambda' \left(1 + n \, \frac{\mathbf{M}'}{\mathbf{M}} \right)$$

en posant

$$n=1+\frac{l}{2\lambda'}.$$

Ainsi le sluide a pour esset d'augmenter la longueur du pendule synchrone d'une quantité proportionnelle au rapport de la masse liquide déplacée à la masse du corps, qui croît avec le rayon de la sphère, comme on le reconnaît, en remplaçant I_x , M, M' par leurs valeurs en fonction de ce rayon.

De ce que $\lambda' > l$, on a $n < \frac{5}{2} = 1.5$, tandis que, d'après le général Duchemin, n est compris entre 1.6 et 1.7. Le

frottement ne paraît pas suffisant pour expliquer cette différence.

On a

$$\varphi = -\frac{\mathbf{R}^3 l}{2} \cdot \frac{x}{r^3} \frac{d\psi}{dt}$$

par suite pour le mouvement du fluide

$$rac{dr}{d\psi} = -rac{r^3 - \mathrm{R}^3}{\mathrm{R}^3} \, l \sin \theta \, \sin \varpi$$
 $rac{r^2 d\theta}{d\psi} = -rac{2r^3 + \mathrm{R}^3}{2r^2} \, l \cos \theta \, \sin \varpi$ $r^2 \sin^2 \theta \, rac{d\varpi}{d\psi} = -rac{2r^3 + \mathrm{R}^3}{2r^2} \, l \sin \theta \, \cos \varpi + r^2 \sin^2 \theta.$

La première et la troisième de ces équations, donnent, en ayant égard à la seconde des relations (33),

$$\mathrm{co} = rac{d\,\varpi}{dr}\sin\varpi - rac{2r^3 + \mathrm{R}^3}{2r(r^3 - \mathrm{R}^3 + \mu^2 r)}\cos\varpi + rac{r^3}{(r^3 - \mathrm{R}^8)l\sin\theta},$$

d'où, en multipliant par,

tang
$$\theta = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{\overline{r^2 - R^2 - \mu^2 r}}{r}}$$

et intégrant,

$$\cos \varpi \tan \theta = \frac{1}{\mu l} \int_{r(r^3 - \mathbb{R}^3)}^{r^2 dr} = \frac{1}{\mu l} \left(\sqrt{r(r^3 - \mathbb{R}^3)} + \frac{\mathbb{R}^3}{4} \left(\frac{dr}{\sqrt{r(r^3 - \mathbb{R}^3)}} \right) \right).$$

Posant

$$\int_{0}^{2\chi} \frac{d\chi}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}(2 + \sqrt{3})\sin^{2}\chi}} = u,$$

$$r = \frac{R}{1 - \sqrt{3}\tan^{2}\chi} = R \frac{1 + \cos am \cdot u}{1 - \sqrt{3} + (1 + \sqrt{3})\cos am \cdot u},$$

MOUVEMENT D'UN ELLIPSOÏDE DANS UN LIQUIDE.

il vient

$$\int_{R}^{r} \frac{dr}{\sqrt{r(r^{3} - R^{3})}} = \frac{u}{R\sqrt[4]{3}}, \quad \sqrt{r(r^{3} - R^{3})} = R\sqrt[4]{3} \frac{dr}{du} =$$

$$= \frac{2R^{3} \sqrt{3\sqrt{3}} \sin am \cdot u}{[1 - \sqrt{3} + (1 + \sqrt{3}) \cos am \cdot u]};$$

par suite

$$+\left[\frac{u}{\sqrt[3]{3}}+\frac{\sqrt{3}\sqrt{3}\sin am \cdot u}{\left[1-\sqrt{3}+\left(1+\sqrt{3}\right)\cos am \cdot u\right]^{2}}\right]\frac{R^{2}}{\mu l},$$

et cette équation ajoutée à la première des formules (33) déterminera complétement les orbites des molécules liquides.

et désignons par N_i la normale en un point de la surface ρ_i ; l'angle qu'elle forme avec l'axe en sera donné par la formule :

(3)
$$\cos(N_i u) = \frac{d\rho_i}{h_i}$$
,

d'où il suit que pour que les surfaces ρ_i et ρ_j se coupent à angle droit, il faut que

(4)
$$\frac{d\rho_i}{dx}\frac{d\rho_j}{dx} + \frac{d\rho_i}{dy}\frac{d\rho_j}{dy} + \frac{d\rho_i}{dz}\frac{d\beta_j}{dz} = 0.$$

Appelons ds_i l'élément de la normale à la surface ρ_i ; le travail élémentaire de la force h_i étant égal à $d\rho_i$, il vient :

$$ds_i = \frac{d\rho_i}{h_i}.$$

Ou voit ainsi qu'un élément d'arc tracé sur la surface ρ_1 a pour expression :

$$\sqrt{\frac{d{\rho_1}^2}{{h_1}^2} + \frac{d{\rho_2}^2}{{h_2}^2}};$$

que

$$(6) \qquad \frac{1}{h_1 h_2} \, d\rho_1 \, d\rho_2$$

représente un élément superficiel de la même surface; et enfin qu'un volume infiniment petit peut être défini par

$$\frac{1}{h h_1 h_2} d\rho d\rho_1 d\rho_2.$$

L'équation (5) donne

$$\frac{du}{ds_i} = h_i \, \frac{du}{d\rho_i};$$

or $\frac{du}{ds_i}$ n'est autre chose que le cosinus $\frac{1}{h_i}\frac{d\varphi_i}{du}$ de l'angle que la normale à la surface ϱ_i fait avec l'axe des u; on a donc cette formule de transformation:

(7)
$$\frac{d\rho_i}{du} = h^2_i \frac{du}{d\rho_i},$$

et les formules (2) et (4) deviennent respectivement :

TOME VII, 1865.

NOTES.

Principes fondamentaux de la théorie des coordonnées eurvilignes,

1. La valeur de

$$\Delta_{1}F = \left(\frac{dE}{dx}\right)^{2} + \left(\frac{dE}{dy}\right)^{2} + \left(\frac{dE}{dz}\right)^{2},$$

F étant une fonction de x, y, z, est indépendante, pour un même point de l'espace, du choix des axes coordonnés.

En effet, la différencielle totale :

$$dF = \frac{dF}{dx} dx + \frac{dF}{dy} dy + \frac{dF}{dz} dz$$

peut être considérée comme représentant le travail virtuel élémentaire de la force $\Delta_1 F$ normale à la surface F, et comme la valeur de dF est indépendante du choix des coordonnées, il en est de même de la force ou de $\Delta_1 F$.

2. Propriétés générales des coordonnées curvilignes.

Soient, en désignant par p, p1, p2 trois constantes arbitraires:

(1)
$$\rho = f(x, y, z), \quad \rho_1 = f_1(x, y, z), \quad \rho_2 = f_2(x, y, z),$$

les équations de trois séries de surfaces orthogonales qui, par leurs intersections, peuvent servir à définir tous les points de l'espace.

Pour abréger, nous représenterons par u l'une quelconque des coordonnées x, y, z, par ρ_i ou ρ_j l'un ou l'autre des paramètres ρ_i , ρ_1 , ρ_2 .

Posons:

(2)
$$h_i = \sqrt{\left(\frac{d\rho_i}{dx}\right)^3 + \left(\frac{d\rho_i}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\rho_i}{dz}\right)^3};$$

83

$$(2') \quad h_i = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{dx}{d\rho_i}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\rho_i}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\rho_i}\right)^2}},$$

(4')
$$\frac{dx}{d\rho_i}\frac{dx}{d\rho_j} + \frac{dy}{d\rho_i}\frac{dy}{d\rho_j} + \frac{dz}{d\rho_i}\frac{dz}{d\rho_j} = 0.$$

Si maintenant on multiplie l'équation (7) par du, que l'on remplace ensuite u successivement par x, y, z, et enfin que l'on fasse la somme des résultats obtenus, on trouve :

(8)
$$\frac{1}{h_i^2} d\rho_i = \frac{dx}{d\rho_i} dx + \frac{dy}{d\rho_i} dy + \frac{dz}{d\rho_i} dz.$$

3. Supposons que dans la fonction F du n° 1, on substitue aux coordonnées rectilignes x, y, z, les coordonnées curvilignes ρ , ρ_1 , ρ_2 , au moyen des équations (1). La formule (7) conduit à ce théorème:

(9)
$$\frac{d\rho_{i}}{dx}\frac{dF}{dx} + \frac{d\rho_{i}}{dy}\frac{dF}{dy} + \frac{d\rho_{i}}{dz}\frac{dF}{dz} = h_{i}^{2}\left(\frac{dx}{d\rho_{i}}\frac{dF}{dx} + \frac{dy}{d\rho_{i}}\frac{dF}{dy} + \frac{dz}{d\rho_{i}}\frac{dF}{dz}\right) = h_{i}^{2}\frac{dF}{d\rho_{i}}$$

4. Si dans la formule évidente:

(10)
$$\frac{dF}{du} = \frac{dF}{d\rho} \frac{d\rho}{du} + \frac{dF}{d\rho_1} \frac{d\rho_1}{du} + \frac{dF}{d\rho_2} \frac{d\rho_2}{du},$$

on remplace successivement u par x, y, z, que l'on fasse la somme des quarrés des résultats obtenus, en ayant égard à la relation (4), on trouve:

(11)
$$(\Delta_1 F)^2 = h^2 \left(\frac{dF}{d\rho}\right)^2 + h_1^2 \left(\frac{dF}{d\rho_1}\right)^2 + h_2^2 \left(\frac{dF}{d\rho_2}\right)^3$$
.

5. Une propriété connue relative aux cosinus des angles que forment deux systèmes d'axes rectangulaires, l'une par rapport à l'autre, donne:

$$\frac{1}{h}\frac{d\rho}{dx} = \frac{1}{h_1}\frac{d\rho_1}{dz} \cdot \frac{1}{h_2}\frac{d\rho_2}{dy} - \frac{1}{h_1}\frac{d\rho_1}{dy} \cdot \frac{1}{h_2}\frac{d\rho_2}{dz};$$

d'où, en posant $\lambda = \frac{h}{h_1 h_2}$, on déduit:

$$\frac{d\rho}{dx} = \lambda \left(\frac{d\rho_1}{dz} \frac{d\rho_2}{dy} - \frac{d\rho_1}{dy} \frac{d\rho_2}{dz} \right),$$

$$\frac{d\rho}{dy} = \lambda \left(\frac{d\rho_1}{dx} \frac{\rho_2}{dz} - \frac{\alpha \rho_1}{dz} \frac{d\rho_2}{dx} \right),$$

$$\frac{d\rho}{dz} = \lambda \left(\frac{d\rho_1}{dy} \frac{d\rho_2}{dx} - \frac{d\rho_1}{dx} \frac{d\rho_2}{dy} \right).$$

Si l'on différentie les valeurs respectivement par rapport à x, y, z, que l'on ajoute les résultats obtenus, on voit de suite que le terme en λ disparaît dans la somme, et qu'il reste:

$$\begin{split} \Delta_{\mathrm{MP}} &= \frac{d^{2}\,\rho}{dx^{2}} + \frac{d^{2}\,\rho}{dy^{2}} + \frac{d^{2}\,\rho}{dz^{2}} = \frac{d\lambda}{dx} \left(\frac{d\rho_{1}}{d\,z} \, \frac{d\rho_{2}}{d\,y} - \frac{d\rho_{1}}{d\,y} \, \frac{d\rho_{2}}{d\,z} \right) + \frac{d\lambda}{dy} \left(\frac{d\rho_{1}}{d\,x} \, \frac{d\rho_{2}}{d\,z} - \frac{d\rho_{1}}{d\,z} \, \frac{d\rho_{2}}{d\,y} \right) \,, \end{split}$$

et si l'on a égard à la relation générale

et de même:

$$\frac{d\lambda}{du} = \frac{d\lambda}{d\rho} \frac{d\rho}{du} + \frac{d\lambda}{d\rho_1} \frac{d\rho_1}{du} + \frac{d\lambda}{d\rho_2} \frac{d\rho_2}{du},$$

il ne reste dans le second membre de l'équation précédente que le terme de $\frac{d\lambda}{d\rho}$; il vient donc :

$$\Delta_{2}\rho = \frac{d\lambda}{d\rho} \left[\frac{d\rho}{dz} \left(\frac{d\rho_{1}}{dz} \frac{d\rho_{2}}{dy} - \frac{d\rho_{1}}{dy} \frac{d\rho_{2}}{dz} \right) + \cdots \right],$$

$$\Delta_{2}\rho = \frac{d\lambda}{d\rho} \frac{h^{2}}{\lambda} = h h_{1} h_{2} \frac{d\lambda}{d\rho}.$$

On a aussi les relations:

$$(12) \begin{cases} \Delta_{2}\rho = hh_{1}h_{2} & \frac{d}{h_{1}h_{2}} \\ \Delta_{2}\rho_{1} = hh_{2}h_{2} & \frac{d}{hh_{3}} \\ \Delta_{2}\rho_{2} = hh_{1}h_{3} & \frac{d}{d\rho_{1}} \\ \Delta_{2}\rho_{2} = hh_{1}h_{3} & \frac{d}{d\rho_{2}} \end{cases}$$

6. Si l'on différentie l'équation (10) par rapport à u que l'on ajoute membre à membre celles qui en dérivent, en remplaçant successivement u par x, y, z, on trouve :

$$\Delta_{2}\mathbf{F} = h^{2}\mathbf{F}\frac{d\mathbf{F}}{d\rho} + h_{1}^{2}\frac{d\mathbf{F}}{d\rho_{1}} + h_{2}^{2}\frac{d\mathbf{F}}{d\rho_{2}} + \frac{d\mathbf{F}}{d\rho}\Delta_{2}\phi + \frac{d\mathbf{F}}{d\rho_{1}}\Delta_{2}\rho_{1} + \frac{d\mathbf{F}}{d\rho_{2}}\Delta_{2}\rho_{2},$$

d'où, en ayant égard aux formules (12),

(15)
$$\Delta_2 \mathbf{F} = h h_1 h_2 \left(\frac{d \frac{h}{h_1 h_2} \frac{d \mathbf{F}}{d \rho}}{d \rho} + \frac{d \frac{h_1}{h h_2} \frac{d \mathbf{F}}{d \rho_1}}{d \rho_1} + \frac{d \frac{h_2}{h h_1} \frac{d \mathbf{F}}{d \rho_2}}{d \rho_2} \right).$$

NOTE

SUR QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX POUR LA PRISE DES GAZ
ET LE CHARGEMENT DES HAUTS FOURNEAUX
ET NOTAMMENT SUR L'APPAREIL LAUGEN,

Par M. JORDAN, ingénieur de la société des hauts fourneaux de Marseille, répétiteur de métallurgie à l'École centrale.

L'emploi des gaz combustibles, qui s'échappent des gueulards des hauts fourneaux, est maintenant un fait général dans toutes les contrées métallurgiques. On rencontre partout, soit des fours de grillage (des minerais ou de la castine), soit des chaudières à vapeur, soit des appareils à air chaud, chausses par ce moyen économique, aussi bien dans les usines d'Allemagne, d'Angleterre, de Suède que dans celles de France et de Belgique. Cependant tous les maîtres de forge ne sont point partisans de cette application. On en trouve encore, en Angleterre et en Belgique notamment, qui sont ses adversaires déclarés et qui prétendent que l'augmentation de la consommation de combustible par tonne de fonte et les irrégularités d'allure, qui sont amenées par l'utilisation des gaz du gueulard, font plus que compenser l'économie de combustible qu'on réalise pour la génération de la vapeur et le chaussage du vent. Quelques faits isolés viennent à l'appui de cette opinion. Nous en citerons un qui a servi longtemps d'argument contre les prises de gaz à beaucoup de praticiens belges et allemands.

A l'usine de Berge-Borbeck, en Westphalie, appartenant à la société du *Phénix métallurgique*, on a fait marcher pendant une année entière deux hauts fourneaux au coke, dont l'un sans prise de gaz et l'autre avec prise de gaz

dans des conditions parfaitement comparables. Les deux fourneaux avaient un profil intérieur tout à fait identique jusqu'au-dessous de la trémie; ils étaient soufflés par le même nombre de buses, de même diamètre, avec du vent ayant la même température et la même pression.

Les mélanges de minerais et les cokes employés étaient les mêmes pour les deux fourneaux. Ils étaient desservis chacun par une soufflerie particulière; pour l'un les chaudières à vapeur et les appareils à air chaud étaient chauffés par les gaz du gueulard; pour l'autre ils étaient chauffés à la houille. Le fourneau sans prise de gaz a donné une production plus forte et une consommation de coke bien moindre que l'autre, en même temps que des qualités de fonte supérieures. Le prix de revient de fabrication de la tonne de fonte a été légèrement inférieur dans le fourneau sans prise de gaz; mais l'avantage n'a pas été considéré comme assez sensible pour compenser la différence de production et de qualité des produits.

D'autres faits analogues pourraient encore être cités, et, dans plusieurs usines, qui emploient les gaz de leurs hauts fourneaux, les résultats seraient probablement trouvés trèsanalogues à ceux de Borbeck, si l'on cherchaità effectuer une expérience de même nature. En Angleterre, dans le Staffordshire, le Cleveland, le Yorkshire, les prises de gaz employées ont généralement donné d'assez médiocres résultats; aussi sont-elles peu en faveur dans ces régions métallurgiques; tandis que dans l'Écosse et le pays de Galles, on a été plus heureux dans cette application.

Cette diversité d'opinions et de résultats tient uniquement, selon nous, aux différences existant dans les systèmes adoptés pour les prises de gaz et pour le chargement, différences dont souvent on n'a pas bien su apprécier l'importance et comprendre les effets. Ce n'est qu'à une époque assez récente que l'on a songé à soumettre à la discussion les faits reconnus par la pratique, à effectuer des expér

riences aussi directes que possible et à déduire de ces faits et de ces expériences les principes qui doivent servir de base à l'établissement d'un bon système de prise de gaz et d'un bon mode de chargement des matières. Nous croyons utile et intéressant pour nos lecteurs d'examiner quelquesuns de ces principes, en passant ensuite rapidement en revue les divers systèmes récents de prises de gaz, avant de décrire l'appareil Langen, que nous considérons comme satisfaisant très-heureusement aux principes, et dont les résultats pratiques justifient du reste notre opinion à son égard.

Cet ensemble formera un essai de théorie des actions mécaniques qui ont lieu dans les parties supérieures du hant fourneau.

Principes. — Une condition essentielle qui tombe sous le sens, sans exiger, croyons-nous, de démonstration, pour que, d'une part, la marche d'un haut fourneau soit aussi règulière que possible, pour que, d'autre part, les gaz combustibles produisent le maximum d'effet utile dans la cuve de l'appareil, est que la colonne ascendante de ces gaz, chauds et réducteurs, exerce une action égale sur toutes les parties de chaque charge introduite par le gueulard, afin qu'elles arrivent aux étalages avec un degré uniforme de préparation, c'est-à-dire de température, de calcination et de réduction. On arriverait évidemment à cette condition, si les matières restaient disposées par conches parfaitement horizontales et parallèles dans leur descente sur toute la hauteur de la cuve, et si ces couches étaient aussi traversées sur toute cette hauteur par un courant de gaz possédant une égale vitesse et une égale presssion en tous les points de la section de la cuve.

Étudions d'abord les circonstances de l'ascension des gazs dans l'appareil, et, pour cela, supposons un moment une cuve de forme ordinaire ouverte au gueulard et remplie de couches alteunées horizontales de minerais et de combustible, descendant de haut en bas sans perdre leur horizontalité et leur parallèlisme. Si, grâce à une bonne distribution de vent dans l'ouvrage, le courant des gaz arrive uniformément par la section du ventre, ces gaz se dégageront aussi uniformément par toute la surface du gueulard. On remarquera toutesois une abondance de gaz un peu plus grande à la circonférence, à cause de la fissure circulaire qui existe toujours contre les parois, tandis que les fissures des charges changent à chaque instant de position et de forme. Ce fait sera moins caractérisé, si l'on a gêné l'écoulement contre les parois en y accumulant surtout les fragments menus de minerais et en reportant les gros fragments vers le centre.

PRISE DES GAZ ET CHARGEMENT

Si l'on ferme le gueulard, les gaz prendront une certaine pression et s'échapperont par l'orifice ou les orifices qu'ils rencontreront. Si ces orifices de sortie sont une sente circulaire, plus ou moins large, régnant tout autour des parois de la cuve, soit continue (comme dans les prises de gaz à trémie), soit discontinue et formant une série d'ouvertures régulièrement pratiquées au même niveau dans les parois (comme dans les prises de gaz dites Faber du Faur) c'està-dire en résumé, si la sortie des gaz se fait par la circonférence de la cuve, leur changement de direction ne pouvant s'effectuer brusquement, quelle que soit la pression existant dans le haut de la cuve, il se formera dans les charges une sorte de noyau en cône parabolique renversé qui ne sera pas traversé par les gaz en mouvement. La partie de la cuve située au-dessus du niveau des orifices de sortie et celle comprise dans ce noyau conique comprendront des matières qui ne seront pas en contact avec le courant ascendant des gaz et par suite pas soumises à la même action calorifique et réductive que celles qui occupent le reste de la cuve. Le volume de cette région sera d'autant plus grand que le niveau des orifices de sortie et la pointe du cône seront plus enfoncés au-dessous du gueulard. La profondeur du niveau des orifices de sortie dépend seulement de la construction du fourneau : celle de la pointe du cône dépend du diamètre de la cuve au niveau de ces orifices et de la pression des gaz dans cette région supérieure de l'appareil. Elle sera maximum dans le cas d'un diamètre très-grand du gueulard et d'une aspiration des gaz du dedans au dehors.

Si l'orifice de sortie est au centre de la cuve, il se produira des effets inverses. La colonne ascendante des gaz se terminera par une espèce de dôme dont le sommet sera l'orifice; les parties de la cuve situées au-dessus de ce dôme resteront remplies du même gaz à un état de pression statique et sans écoulement, comme tout à l'heure les parties de la cuve situées au-dessus des orifices à la circonférence.

Comme aussi tout à l'heure, la hauteur de ce dôme dépendra du diamètre du gueulard et de la pression qui y régnera : elle sera maximum avec une aspiration des gaz et un très-large gueulard; mais elle sera toujours moindre que la hauteur du cône dans le cas précédent, à cause de la disposition, déjà signalée, que les gaz ont à affluer un peu contre les parois.

Nous ne dirons rien du cas où les gaz sortiraient par une on deux ouvertures latérales seulement. Ces dispositions, qui ont été employées pour de petits fourneaux à l'origine de l'emploi des gaz, sont évidemment de nature à causer une irrégularité notable dans le courant ascensionnel des gaz et dans son action sur la colonne des charges.

Nous ne nous occuperons pas davantage du cas où, le gueulard restant ouvert, les gaz sortent en partie par là et en partie par des ouvertures centrales ou latérales. La discussion qui précède s'applique aisément à ce cas.

Enfin si, le gueulard étant fermé, la colonne des gaz arrive jusqu'à son niveau dans une capacité vide, suffisamment spacieuse, où se trouve l'orifice de sortie et où est maintenue une certaine pression, le dégagement se fera

uniformément par tous les points de la section, à l'exception de la petite irrégularité due à l'action des parois, si l'on n'y a pas remédié par la disposition des menus et des gros fragments du minerai.

Après avoir examiné la façon dont se comporte le courant ascensionnel des gaz dans la cuve, nous allons examiner le mode de descente de la colonne des charges.

Admettons d'abord que la charge au gueulard est disposée suivant des couches horizontales et parallèles, et examinons ce que deviennent les couches au fur et à mesure qu'elles s'enfoncent dans la cuve.

Si celle-ci est cylindrique, les couches descendront verticalement en conservant à peu près leur horizontalité et leur parallélisme.

Si la cuve est tronconique, c'est-à-dire si le gueulard est plus étroit que le ventre, la charge de minerai, à cause de sa plus grande densité, tendra à descendre verticalement en s'étalant peu et en conservant la même forme qu'au gueulard, c'est-à-dire que bientôt elle se trouvera concentrée dans la partie centrale de la cuve et séparée des parois par un anneau de combustible. Il se formera donc ainsi une colonne centrale de minerai et une colonne annulaire de combustible, d'autant plus vite que le minerai est plus dense et en morceaux plus gros, que le combustible est plus léger et que l'inclinaison des parois de la cuve est plus grande. L'anneau de combustible acquerra d'autant plus de largeur que le diamètre du gueulard sera plus petit par rapport à celui du ventre. Cette disposition est évidemment très-défavorable à une action uniforme du courant gazeux. Si la charge de minerai au gueulard n'est pas faite en couche uniforme, mais si elle est faite surtout vers le centre, la régulière alternance des couches sera bien plus vite dérangée encore. Si au contraire la charge est faite de facon qu'il y ait plus de minerai à la circonférence qu'au centre, et par suite plus de combustible au centre qu'à la circonférence, l'effet ci-dessus se trouvera combattu; les couches de minerai, plus hautes vers les parois, s'étaleront plus facilement en descendant, le ventre se garnira peu à peu plus également de minerai, et par suite les charges en descendant tendront à former des couches uniformes; l'alternance régulière pourra subsister jusqu'au ventre au lieu d'être détruite rapidement comme dans les cas des couches d'égale épaisseur au gueulard.

Lorsque le minerai est en morceaux, on a remarqué qu'il y avait avantage à employer des charges plus volumineuses que lorsqu'il est en menus; les considérations qui précèdent en font comprendre la cause. Une couche de minerai en morceaux est moins meuble encore qu'une couche de minerai en grains ou en menus, et dans une cuve retrécie en gueulard, la séparation de la colonne de minerai des parois de la cuve se fait bien plus vite avec le minerai en morceaux.

Il reste, pour compléter la discussion, à examiner le cas où la cuve est en tronc de cône ou en pyramide renversée, c'est-à-dire où les dimensions du gueulard sont plus grandes que celles du ventre. Ce cas se rencontre peu dans la pratique: cependant, comme nous avons eu l'occasion de l'étudier sur un haut fourneau du système Raschette, nous en dirons quelques mots. Si les charges sont faites par couches uniformes et horizontales au gueulard, on remarque que, par suite toujours de la tendance du minerai à descendre le plus verticalement possible et de la forme trapézoïdale renversée qu'affecte la couche en coupe, le minerai tend à se concentrer de plus en plus vers les parois au fur et à mesure que la descente s'effectue, et à reponsser le combustible vers le centre, effet inverse de celui reconnu dans les cuves à gueulard rétréci. Cet effet est tout aussi défavorable que le précédent à une bonne action du courant gazeux, surtout lorsqu'on considère qu'ici la colonne des gaz ne va point toujours en s'évasant, mais tend, arrivée à une certaine hauteur, à se diriger vers le gueulard par la voie la plus courte, c'est-à-dire verticalement en suivant la région centrale de la cuve. On reconnaît la présence de cet inconvénient à la masse des minerais non réduits qui arrivent tomber au-dessus des tuyères le long des parois du fourneau, et l'on y remédie en chargeant le coke en couches sensiblement uniformes et le minerai en couches n'occupant que la portion centrale du gueulard, c'est-à-dire en prenant l'inverse de ce qui est rationnel pour les cuves rétrécies au gueulard.

Nous appliquerons maintenant la discussion qui précède à l'étude comparative de quelques systèmes de prises de gaz, et en ne nous occupant que de celles où les gaz sont recueillis éteints, sans mélange avec l'air athmosphérique.

Systèmes qui prennent les gaz par la circonférence. — Les plus anciennes dispositions de prises de gaz prenaient le gaz par des ouvertures plus ou moins régulièrement pratiquées et espacées dans les parois de la cuve à une certaine profondeur au dessous du gueulard. Tant qu'elles ont été appliquées à des fourneaux au bois de dimension et de production assez restreintes, dans lesquels le gueulard était étroit et la hauteur de la charge au gueulard assez notable, leurs inconvénients ne se sont pas fait sentir; mais lorsqu'on a voulu les appliquer à des fourneaux plus grands et à des gueulards un peu larges, on a eu à en souffir, surtout avec les modes de chargement employés, qui souvent jetaient le minerai plutôt au centre qu'à la circonférence de la cuve.

On employa ensuite les trémies cylindriques ayant ou le diamètre du gueulard, ou même un diamètre plus petit. Ces trémies présentaient l'avantage de permettre un nettoyage plus facile des carneaux abducteurs des gaz, et aussi celui de créer au gueulard un réservoir à gaz annulaire qui pouvait être disposé de façon à ne pas empiéter sur la cuve proprement dite; mais leurs inconvénients pour l'ascension

du courant de gaz étaient les mêmes que précédemment, et le chargement, par leur moyen, se faisait alors tout à fait dans la partie centrale.

Pour remédier à ces inconvénients, MM. Thomas et Laurens, les premiers inventeurs de la trémie (aux recherches et aux efforts desquels est due en bonne partie l'extension prise par l'emploi des gaz du gueulard, qu'ils arrivèrent, les premiers, à rendre réellement pratique et rationnel), imaginèrent de donner aux trémies la même forme qu'à la cuve du fourneau, de façon que la charge n'éprouvât pas une dilatation brusque en passant de la trémie dans la cuve, et ne se trouvât pas dès l'origine concentrée dans la région centrale. Ils reconnurent également l'influence de la pression au gueulard, et conseillèrent aux usines le maintien de cette pression à un degré assez notable, remédiant ainsi, autant que possible, au défaut des prises de gaz par la circonférence. Leurs dispositions amenèrent un progrès considérable, surtout lorsqu'elles se combinèrent avec l'emploi de wagons de chargement à clapets de fond partiels, renfermant toute la charge de minerai ou de coke et permettant, soit de la répandre uniformément sur toute la surface du gueulard, soit de concentrer le minerai vers les parois et le coke vers le centre. La plupart des usines françaises emploient maintenant ce système de prise de gaz et de chargement, mais avec des gueulards dont le diamètre dépasserarement 2m,50. Pour des gueulards de dimensions plus grandes, 5 à 4 mètres de diamètre, les inconvénients de la trémie reparaissent, quoi qu'on fasse, parce que le minerai au centre du fourneau se trouve sur une trop grande hauteur privé de l'action des gaz.

En Angleterre, où les avantages présentés par les larges gueulards furent d'abord appréciés, on a cherché à remédier à ces inconvénients des prises de gaz par les parois, au moyen de l'appareil dit cup and cone, qui se compose d'une trémie ou coupe en tronc de cône renversé, fermée

par un obturateur conique que l'on ouvre en l'abaissant, Get appareil opère le chargement des matières vers la circonférence, et comme il exige un certain espace vide audessous de lui pour le jeu du cône, les gros morceaux de minerais et de coke seulement roulent dans cet espace et forment au centre une colonne plus perméable aux gaz que les régions voisines des parois. Cet appareil a donné et donne encore de bons résultats dans beaucoup d'usines; il présente toutefois des inconvénients de construction qui y ont fait renoncer ailleurs, et ne fournit du reste qu'un palliatif de l'inconvénient des prises de gaz par la circonférence.

Dans d'autres usines on continue à employer la trémie en chargeant uniformément sur toute la surface du gueulard, mais en laissant ce gueulard ouvert, de sorte qu'il s'échappe toujours par là une certaine quantité de gaz qui parcourent la région centrale de la cuve.

On a récemment imaginé deux appareils qui ont pour but de remédier dans une certaine mesure à l'inconvénient des prises à la circonférence sans changer le système.

Le premier est l'appareil de chargement Chadeffaud (de Denain) qui peut être employé, soit avec une trémie, soit avec des prises ménagées dans les parois. Il se compose d'un cône central en fonte fixé à demeure dans l'intérieur du gueulard; un tronc de cône en fonte, qui, soulevé, laisse le cône isolé au milieu du gueulard, vient en s'abaissant, se placer de façon que sa génératrice continue celle du cône fixe. Le gueulard est recouvert d'une plaque qui laisse une ouverture ayant seulement le diamètre du cône fixe et située au-dessus de ce cône. On charge le coke en tenant le tronc de cône soulevé; il se répartit alors surtout vers le centre de la cuve. On charge le minerai après avoir abaissé le tronc de cône, de sorte qu'il se répartit surtout vers la circonférence. Cet appareil ingénieux est de nature à rendre des services si la pratique ne trouve pas quelques difficul-

tés provenant de la présence de pièces mobiles dans la cuve au-dessous de la fermeture du gueulard, et de l'encastrement dans la chemise réfractaire des pièces métalliques qui supportent le cône fixe.

Le second appareil est la trémie Chuwab (de Terrenoire). (et appareil se compose d'une trémie ordinaire soutenue dans le fourneau à l'aide de la couronne en fonte qui sert à la fermeture hydraulique du gueulard. Cette couronne porte, pour cette fermeture, la rainure ordinaire; mais le diamètre intérieur de cette dernière est plus grand que celui du gueulard, et elle ne se trouve pas placée, comme de coutume, sur le bord intérieur de la couronne. Entre la rainure et le bord se trouvent des ouvertures qui forment un anneau interrompu et qui mettent en communication avec le dessus du gueulard le vide qui existe entre la trémie et les parois en maçonnerie. Le couvercle en tôle, dont les rebords viennent s'immerger dans la rainure, a un fond beaucoup plus bombé que de coutume. On compte que, tandis que la trémie fonctionne à la manière ordinaire, une certaine portion des gaz s'élève alors à l'intérieur, et vient jusque sous le couvercle pour redescendre dans les carneaux abducteurs par les ouvertures qu'on peut régler et même fermer au moyen de registres (pour le chargement notamment). Mais, sans connaître les résultats donnés par la pratique de cet appareil, nous croyons qu'à moins d'une pression assez notable, il circulera toujours peu de gaz dans l'intérieur de la trémie; ils s'échapperont toujours plus facilement par le bas, d'où ils arrivent avec moins d'obstacle aux carneaux de sortie.

Systèmes qui prennent les gaz au centre de la cuve. — La plus simple des prises de gaz centrales, si elle n'est pas la plus ancienne, est celle employée par M. Lloyd aux hauts fourneaux d'Old Park Works en Angleterre. Elle se compose d'une cloche de fonte, plongeant dans les charges au centre du gueulard, et surmontée du tuyau de sortie des

gaz; le gueulard est du reste ouvert, et le chargement se fait forcément plus à la circonférence qu'au centre.

Une autre prise analogue est celle imaginée par M. Smith, et appliquée par les hauts fourneaux d'Ulverstone et d'une usine du Cleveland. Le tuyau central en tôle revêtu intérieurement et extérieurement de briques réfractaires plonge à une certaine profondeur dans la cuve pour aller s'appuyer sur une sorte de dôme en maçonnerie réfractaire, percé de six ouvertures correspondant aux portes de chargement qui entourent le gueulard. Grâce à l'existence du dôme, les gaz sont recueillis sur un espace central assez large; le chargement se fait à la brouette par la circonférence.

Dans ces deux systèmes, on facilite souvent la sortie des gaz par le tuyau central en produisant une légère aspiration au moyen d'un ventilateur ou exhausteur : les résultats obtenus paraissent assez bons, mais il est difficile de savoir s'il en serait de mème dans d'autres usines à cause de la qualité exceptionnelle des minerais qu'on traite au point de vue de la fusibilité et de la réductibilité.

En France, la plus ancienne prise de gaz centrale que nous connaissions est celle inventée en 1855 par M. Coingt, alors directeur des hauts fourneaux d'Aubin. Elle a été décrite dans les Annales des mines sous sa première forme, et dans la Revue universelle des mines sous une forme nouvelle préférable. Celle-ci comprend, comme l'ancienne, un tuyau de prise de gaz qui plonge dans la colonne des charges. Le mode de chargement seul diffère. La cuvette annulaire existe toujours; mais l'obturateur, au lieu d'être un anneau à section triangulaire, mobile de bas en haut pour l'ouverture, est maintenant un anneau à section triangulaire situé au-dessous de la cuvette, et mobile de haut en bas pour l'ouverture. Au lieu d'avoir à soulever une partie importante de la charge pour ouvrir et produire le chargement, on n'a plus qu'à décrocher un crochet. et le chargement, on n'a plus qu'à décrocher un crochet.

ment se fait tout seul; on a à soulever seulement l'anneau pour la fermeture. Dans le premier cas, le chargement maximum s'opérait suivant une circonférence moyenne entre le centre de la cuve et les parois; dans le second cas, il se produit deux nappes d'écoulement des matières, l'une vers le centre et l'autre vers la circonférence. Le chargement est plus uniforme; toutefois il se trouve encore un peu forcé vers le centre. La prise Coingt a rendu et rend encore de bons services : l'habile ingénieur qui en est l'inventeur a fait coïncider son emploi avec celui des larges gueulards, et a obtenu ainsi des résultats avantageux. Toutefois elle ne s'est pas encore beaucoup répandue, peut-être à cause d'inconvénients relatifs à sa construction: elle présente passablement de pièces fixes et mobiles situées dans l'intérieur même du fourneau au-dessous du niveau du gueulard, et d'autre part il existe entre la paroi tronconique extérieure de la cuvette et la maconnerie du fourneau un espace où il ne se produit point de tirage, et où il peut se former des mélanges gazeux détonants dont l'inflammation entraîne des accidents.

Un système de chargement analogue à la première disposition de M. Coingt, mais sans tuyau plongeant dans les charges, avait été breveté en 1851, en faveur de M. Lebrun Virloy, gérant des usines de Montluçon et Commentry. Nous ignorons s'il a été appliqué.

En 1863, M. Minary, ingénieur de la compagnie des forges de Franche-Comté, a imaginé une autre prise centrale qui se compose d'un cône creux soutenu dans l'intérieur de la cuve par trois bras également creux. Les gaz entrent par dessous dans ce cône, et passent par les trois bras dans un carneau circulaire qui entoure le gueulard et d'où ils vont ensuite aux foyers. Le chargement se fait au moyen d'un wagon circulaire contenant toute la charge et qui vient se placer au-dessus du gueulard pour se décharger par des vantelles mobiles au fond; les matières

sont distribuées à la circonférence par le cône central. Cet appareil fonctionne depuis trop peu de temps à Fraisans et à Rans pour que nous puissions indiquer ses résultats pra-

tiques.

M. Escalle, actuellement chef de fabrication des forges de Decazeville, a également fait breveter une prise de gaz absolument semblable à la précédente; toutefois il paraît, d'après ses publications, s'être préoccupé davantage du chargement à la circonférence. Le même ingénieur a imaginé encore une autre prise de gaz, à cône distributeur semblable au système cup and cone anglais, mais à tuyau central pour la sortie des gaz. Le cône obturateur n'est plus complet; c'est un tronc de cône enfilé sur le tuyau central et qui monte et descend pour fermer et ouvrir le gueulard. Cet appareil présente des inconvénients analogues à ceux que l'on reproche à l'appareil Coingt; nous ne savons s'il a été déjà introduit dans la pratique.

Systèmes qui prennent les gaz sur toute la surface du gueulard. — On avait reconnu depuis longtemps, en Angleterre, l'avantage de placer au-dessus du niveau du gueulard tout 'appareil de prise de gaz et de chargement. M. Parry, l'habile ingénieur des usines d'Ebbw-Vale a fait ressortir ces avantages dans un mémoire intéressant dont la Revue universelle des mines a donné une traduction. Il a placé à ses fourneaux l'appareil cup and cone dans une hausse qui surmonte le gueulard, de sorte qu'il y a au-dessus de la surface des charges une capacité pleine de gaz, où se fait la

prise.

En France, on a depuis longtemps fait des essais analogues. Un système anciennement employé, notamment dans les hauts fourneaux du bassin de la Loire, se composait d'une cheminée surmontant le gueulard et ayant le mème diamètre; cette cheminée était fermée en haut par un clar pet, et un tuyau latéral amenait le gaz aux appareils. On chargeait à la brouette par une ouverture ménagée à la base

de la cheminée et fermée par une porte battante en tôle. Mais la prise du gaz avec ce système était seulement partielle, s'il y avait de la pression au gueulard (les flammes sortaient par la porte battante), ou bien il se faisait un appel d'air par cette porte et les gaz brûlaient en pure perte dans la cheminée et dans le tuyau descendant.

Plus récemment, un maître de forges de la Meuse M. Bradfer, a pris, en 1863, un brevet relatif à l'emploi d'un récipient de gaz placé au gueulard et remplaçant la trémie. Son système se compose simplement d'un couvercle à joint hydraulique posé sur une plaque de fonte qui est placée à une certaine distance au-dessus de la plate-forme même du fourneau : c'est l'espace compris entre cette plateforme et la plaque qui forme récipient. Ce système, plus ou moins semblable à d'anciennes dispositions, est peut-être applicable à des hauts fourneaux au bois à gueulards étroits; mais il ne serait point pratique pour des fourneaux au coke à gueulards larges; il n'empêcherait pas l'appel des gaz vers la circonférence du gueulard.

Au haut fourneau de Frouard, M. Neuville a imaginé un appareil qu'il appelle trémie frouardienne, et qui se compose d'une trémie ordinaire au centre de laquelle se trouve un cylindre creux en tôle, fermé en dessus et soutenu par deux bras en tôle creux qui viennent se river à la trémie. Avec cet appareil les gaz sortent à la sois par la circonsérence et par le centre. Il serait plus rationnel encore si le cylindre était remplacé par un cône servant de distributeur comme dans l'appareil Escalle. Les gaz sortiraient alors par la circonférence et par une région assez étendue au centre : les matières seraient distribuées à la circonférence.

Mais ces divers appareils sont bien inférieurs, selon 110us, comme disposition et comme résultats à l'appareil inventé par M. Em. Langen, directeur de l'usine de Friedrich Wilhelm Hütte, près Siegburg, dans la Prusse rhé-

Appareil Langen. - Cet appareil est surtout caractérisé par une cloche métallique, ayant le diamètre du gueulard et lui formant couvercle. C'est au milieu de cette cloche ou dôme que s'élève le tuyau d'abduction des gaz, qui ne se prolonge pas en dessous dans l'intérieur de la chambre à gaz existant entre la cloche et la surface des charges. Pour ouvrir le gueulard, la cloche s'élève verticalement en engaînant toujours le tuyau central qui lui sert d'axe et de guide ; le gueulard devient alors tout à fait libre jusqu'à une hauteur de 1 mètre environ au-dessus de la plate-forme. Le chargement peut s'effectuer comme s'il n'y avait pas de prise de gaz, au moyen de bacs, de brouettes ou de petits wagons verseurs à bascule. Le chargement une fois effectué, la cloche redescend et ferme le gueulard : un retour d'équerre de cette cloche en plongeant dans une gouttière ménagée autour de l'extrémité inférieure du tuyau de prise de gaz forme joint hydraulique; le bord inférieur de la cloche plonge dans une rigole en fonte que l'on remplit de menus minerais et qui forme encore un joint imperméable au gaz.

Cette disposition est celle qui a été appliquée à Friedrich Wilhelm Hütte, lors des premiers essais. Mais depuis, une addition a été faite pour rendre le chargement automatique, de façon qu'il s'effectue en quelques secondes. Le gueulard se trouve surmonté d'un entonnoir évasé, ou trom de cône renversé, dont le petit diamètre est le diamètre intérieur du gueulard et de la cloche. Cet entonnoir a 50 ou 60 centimètres de hauteur, et, lorsque la cloche abaissée vient fermer son ouverture inférieure, il reste entre ses parois et la cloche une rigole à section triangulaire d'une capacité assez considérable. La capacité de cette rigole est calculée de façon qu'elle puisse contenir toute la charge de coke, et à plus forte raison toute celle de minerai. Pour faire le chargement, on dispose d'abord la charge de coke dans la rigole, au moyen de bacs, de brouettes ou de wagons à bascule; on soulève la cloche, la charge tombe dans le fourneau. On l'abaisse de nouveau, et on place dans la rigole à son tour la charge de minerais et castine que l'on
introduit dans le fourneau en relevant encore une fois la
cloche qui est de nouveau abaissée ensuite pour fermer
le gueulard. On a l'habitude, une fois la charge faite, de
placer toujours dans la rigole la moitié de la charge de
castine, qui y reste jusqu'à ce que le moment de faire le
chargement soit arrivé, et que l'on recouvre alors avec le
coke.

Lorsque la cloche est soulevée, les matières placées dans la rigole glissent sur la surface conique inclinée de l'entonnoir et tombent dans le fourneau. Les matières lourdes, comme les minerais, tombent surtout près des parois; les morceaux d'une certaine dimension seulement, qui peuvent rouler, vont jusqu'au centre de la cuve, tandis que les menues tombent contre les parois mêmes. Pour les cokes un effet analogue se produit; seulement, comme les morceaux sont plus gros et plus arrondis que ceux du minerai, la proportion de ceux qui roulent jusqu'au centre est plus considérable.

Un habile métallurgiste, M. J. Schiemelbusch, directeur général des hauts fourneaux et mines de Hochdahl, près Dusseldorf, a effectué des expériences très-intéressantes sur ce mode de chargement. Il a monté dans la cour de son usine, sur un échafaud, une cuve de haut fourneau en briques à sec; il a installé au sommet un appareil Langen en bois et a opéré des charges successives de cokes et de minerais. En extrayant les matières par le bas, tantôt régulièrement sur toute la section de la cuve, tantôt sur certains points seulement, il produisait des descentes régulières et des descentes obliques. Il a relevé, dans tous les cas imaginables, les profils des surfaces suivant lesquelles les matières se disposent au gueulard, et il a reconnu que ces profils étaient ceux que nous donnons fig. 1 pour le coke et pour les minerais. Dans les cas de descentes les plus irré-

gulières, il suffisait de trois ou quatre charges pour rétablir la bonne disposition des matières.

On voit que les cokes se disposent suivant une couché légèrement contournée et plus épaisse au centre qu'à la circonférence. Les minerais, au contraire, se disposent avec une épaisseur plus grande à la circonférence qu'au centre, et ce sont les morceaux seulement qui forment la région centrale de la cuve.

Il est évident que l'inclinaison de l'entonnoir, et la hauteur à laquelle on charge, doivent varier avec le diamètre du gueulard et avec l'état physique des minerais auxquels on a affaire. La pratique a fourni à M. Langen les données nécessaires pour cette appréciation. Nous croyons cependant que son système de chargement automatique n'a pas été appliqué à des gueulards ayant plus de 3^m, 15 de diamètre; et un essai préalable serait peut-être nécessaire pour déterminer s'il s'applique bien à des gueulards de 3^m, 50 ou 4 mètres de diamètre par exemple.

- Les considérations générales, que nous avons exposées en commençant, font ressortir maintenant les avantages que possède le système de M. Langen. Il peut cependant être utile de les résumer ici:

1° L'appareil se trouve dans toutes ses parties en dehors du fourneau, et est complétement indépendant de sa maçonnerie réfractaire, dans laquelle on évite ainsi des solutions de continuité.

- 2° Les gaz ne sont recueillis qu'après avoir traversé toute la colonne des charges, et lorsqu'ils ne peuvent plus être utilisés pour la marche du fourneau. Les dérangements d'allure et les tendances des gaz à se porter, du milieu de la colonne des charges, vers les parois de la cuve, ou vice versa, qui sont occasionnés à un degré plus ou moins fort par tous les autres appareils de prise de gaz, disparaissent complétement par l'emploi de l'appareil en question.

3º Tous les gaz s'échappant du fourneau sont recueillis,

éteints, et leur prise n'est interrompue que pendant le temps que dure le chargement, c'est-à-dire quelques secondes seulement.

4° Les diverses parties de l'appareil n'ont pas à souffrir du frottement des matières et de leur haute température.

5° Le chargement des matières s'opère rapidement dans les conditions les plus favorables pour remédier aux inconvénients des cuves rétrécies au gueulard. Il peut être effectué plus ou moins haut, avantage qui est à considérer dans les usines qui traitent diverses natures de minerais en grains ou en morceaux.

6° L'appareil peut être placé sur un fourneau en roulement sans exiger un arrêtage plus long que 36 heures.

Nous allons maintenant décrire un appareil Langen, installé sur un fourneau à gueulard de 2^m,40 de diamètre. (Voir fig. 1, 2. Pl. III.)

La maçonnerie réfractaire de la cuve s'élève sans interruption jusqu'au niveau du gueulard. Elle s'arrête à quelques millimètres d'une plaque en fonte A qui fait le tour du gueulard, afin de laisser du jeu pour les dilatations. Sur cette plaque en fonte, est posé l'entonnoir B; cet entonnoir se compose d'une couronne en fonte fondue d'un seul morceau, sur laquelle on fixe, au moyen d'une cornière et de boulons, le tronc de cône renversé, en tôle, qu'indique la figure. La maçonnerie du massif du fourneau est arrasée au niveau (ou à peu près) du bord de l'entonnoir.

En dehors de cet entonnoir et concentriquement s'élève une paroi dodécagonale formée de plaques de fonte verticales assemblées par des rebords et des boulons. C'est sur la tour formée par ces douze plaques que repose la prise de gaz. Elle se compose : d'un tuyau central C, légèrement évasé vers le bas et surmonté en haut d'une soupape hémisphérique de sûreté D; d'un tuyau d'abduction des gaz E, qui repose sur la paroi et se recourbe vers le bas, au delà du bord de la plate-forme; d'un tuyau F qui sert en même

temps à supporter la prise et à donner une issue aux gaz en cas d'explosion au moyen d'un clapet battant. Le tuyau central C est muni en bas d'une gouttière rectangulaire en tôle. Une cloche en fonte G, fondue d'un seul morceau, repose par son bord inférieur, qui est ajusté, sur la couronne de l'entonnoir, également ajustée. Elle porte à sa partie supérieure une couronne en fer rivée en retour et plonge dans la gouttière qui forme joint hydraulique. Cette partie est en fer, afin que, lorsque, par suite de circonstances accidentelles qui ont forcé à la tenir soulevée, la cloche a eu le temps de s'échausser et même de rougir, elle ne se sende point lorsqu'on l'abaisse et qu'elle vient plonger dans le joint rempli d'eau.

Autour de la cloche et assemblée sur elle, se trouve une garniture en tôle H, qui forme la paroi intérieure de la rigole annulaire; cette garniture en tôle est nécessaire, afin que, lorsque la rigole est pleine de matières, la cloche puisse ètre soulevée sans avoir à les déplacer; car la garniture a un léger fruit qui rend le diamètre inférieur de la cloche moins grand que le diamètre supérieur. Cette disposition est essentielle; c'est pour l'avoir négligée qu'on a été obligé au fourneau de Neu Schottland, à Steele, de démonter la prise de gaz Langen à cause de la difficulté de soulever les matières que la cloche devait déplacer pour sortir de l'entonnoir.

La cloche est suspendue en 4 points, au moyen de boulons aa qui la traversent et de chaînes qui traversent la garniture en tôle. Ces chaînes s'attachent à l'extrémité d'un levier, formé par deux flasques II, et dont l'axe LL est supporté par 2 consoles fixées à deux des plaques qui entourent le gueulard. L'autre extrémité du levier porte un contrepoids M et peut être abaissée pour soulever la cloche au moyen du treuil N.

Sur le tuyau de prise de gaz, à une certaine distance du fourneau se trouve une valve à joint de sable ou d'eau qui

permet de fermer le tuyau et d'isoler le fourneau en cas de réparation. Un clapet situé sur le tuyau permet, du reste, de régler la pression des gaz au gueulard.

Le système de M. Langen n'est plus à l'état d'essai. Il a fonctionné d'abord, dès le commencement de 1861, dans l'usine de Friedrich Wilhelm Hütte, dirigée par l'inventeur. C'est là qu'ont été essayées les diverses dispositions qui ont en dernier lieu conduit à celle adoptée et que nous avons figurée. Elle fonctionne maintenant depuis trois ans sur les deux fourneaux de l'usine, où nous l'avons étudiée.

L'appareil Langen a été adopté dans un grand nombre d'usines allemandes, nous citerons celles de :

	Fourneaux.	Hauteur.		Diamètre au gueulard.
Neu-Kirchen (Prusse rhenahe), sur	6	14",00	1 m,90	gi, broskisi.
Friedrich Wilhelm, (id.)	2	15 ,00	2 ,82	
Hochdahl(id.)	3	15 ,00	2 ,82	
Sainte-Marie-Prudence, près Stol-			1114	
berg (Prusse rhénane),	1	15 ,00	2 ,90	
Hermannshütte (id.)	1	15 ,00	2 ,20	
Heinrichshütte (id.)	2	15 ,00	2,40	
Donnersmark (Silésie.)	3	15 ,70	2 ,74	
Eintrachthütte (id.)	1	15 ,70	2 ,80	
Antonienhutte (id.)	3	15 ,70	2 ,80	
M. Borsig (id.)		15 ,70	2 ,70	
Oberhausen (Westphalie.)		15 ,00	2 ,90	
Steele		15 ,70	3 ,15	

Nous avons indiqué la cause des difficultés survenues dans cette dernière usine pour le fonctionnement de l'appareil.

A Eschweiler, l'appareil fonctionne avec succès sur des fourneaux ayant 3^m,00 de diamètre au gueulard.

En Angleterre, à Clarence Iron Works près Newcastle, on l'a installé sur un fourneau ayant 15¹¹¹,00 de hauteur et 2¹¹¹,60 de diamètre au gueulard.

Enfin, en France, il est installé sur trois ou quatre hauts fourneaux des départements du Nord et de la Moselle.

On voit que plus de quarante hauts fourneaux fonctionnent avec cet appareil; nous l'avons étudié nous-mêmes sur sept ou huit hauts fourneaux dans plusieurs usines, et nous avons reçu partout les meilleurs renseignements sur son compte.

PRISE DES GAZ ET CHARGEMENT

A l'usine de Hochdahl, près Dusseldorf, notamment, où M. Schiemelbursh emploie trois appareils Langen depuis plus de trois années, nous avons pu nous former une opinion arrêtée sur la valeur du système.

Le chargement s'opère facilement et rapidement, en 20 secondes pour la charge complète. A chaque ouverture du gueulard on constate que les gaz sortent uniformément par tous les points de la surface. L'appareil est tout à fait pratique, nullement compliqué en réalité, quoique sa description puisse paraître telle. Les réparations sont nulles. La durée de la chemise de la cuve paraît notablement prolongée, parce qu'elle est moins échauffée par les gaz qui ne suivent plus seulement les parois et parce qu'elle ne présente pas à sa partie supérieure de solution de continuité, comme avec les autres prises de gaz.

Dans ces fourneaux, de dimensions ordinaires, on fabrique quotidiennement 30 tonnes au moins de fonte aciéreuse blanche très-carburée, avec une consommation de coke de 1,050 kilogrammes par tonne de fonte. La charge se fait en deux fois : dans le travail ordinaire on place d'abord dans l'entonnoir 400 kil. de castine et 800 kil. de coke, que l'on introduit dans le fourneau; puis ensuite, encore 400 kil. de castine et 1,600 kil. de minerais rendant 48 p. 100 de fonte en moyenne.

Le chargement se trouve tout à fait indépendant de l'ouvrier, et par conséquent exempt des nombreux inconvénients pratiques résultant des circonstances atmosphériques, inconvénients dont tout directeur de fourneau a appris à reconnaître l'importance.

L'appareil Langen pour un gueulard de 2^m,40 à 2^m,70 de diamètre coûte, d'après les renseignements que nous avons recueillis en Westphalie, environ 2,500 à 3,000 francs, y compris la conduite de gaz-jusqu'au tuyau général.

Pour conclure, nous croyons que le système, que nous venons de décrire, répond à toutes les objections faites encore par certains métallurgistes à l'emploi des gaz des hauts fourneaux, et qu'il est de nature à étendre encore cet emploi, en le rendant plus avantageux. Nous connaissons, par exemple, en France, telle usine qui a renoncé aux prises de gaz parce qu'elle emploie des minerais zincifères, et qui se trouverait certainement très-bien d'imiter l'exemple du haut fourneau de Stolberg qui, dans une situation analogue, a adopté l'appareil Langen.

NOTE

SUR L'APPAREIL DE CHARGEMENT DE M. CHADEFFAUD.

Par M. L. GRUNER.

M. Jordan ayant mentionné, dans le mémoire qui précède, le système de chargement inventé par M. Chadeffaud, ingénieur-directeur des hauts fourneaux de Denain et Anzin, je crois utile de faire connaître ici cet ingénieux appareil, d'après les plans et renseignements que je dois à l'obligeance de l'inventeur lui-même.

On ne saurait plus douter aujourd'hui que le mode de chargement n'ait la plus grande influence sur la marche des hauts fournaux. Puisque les gaz suivent spécialement les parois de la cuve et que la colonne centrale s'affaisse plus vite que l'anneau extérieur (*), on doit autant que possible rejeter le minerai, et surtout le menu, vers les bords, et plutôt concentrer le combustible dans l'axe de la cuve. La descente rapide du charbon n'offre aucun inconvénient, tandis que, pour arriver à une production élevée, il faut que, malgré la descente accélérée des charges, le minerai soit longtemps exposé au courant gazeux et, pour cela, forcé de suivre les parois du four. C'est ce que réalise l'appareil de M. Chadeffaud.

Les fig. 1 à 4, Pl. III, montrent qu'il se compose d'un cône fixe en fonte et d'un tronc de cône mobile, ce dernier suspendu, à l'aide de deux tringles guidées, à un fort levier à contrepoids. Pour charger le minerai, on abaisse le tronc de cône

^(*) État présent de la métallurgie du fer en Angleterre, p. 132 et 146.

de façon que ses génératrices soient sur le prolongement de celles du cône supérieur. Le minerai, versé à l'aide de wagons à trappes, est ainsi rejeté vers la circonférence, d'où les plus gros fragments roulent au fond de l'entonnoir qui se produit dans l'axe des charges. On relève ensuite le tronc de cône, et le coke, chargé à son tour, tombe au centre du four, ou plutôt, le long d'un anneau mitoyen, d'où les plus gros fragments glissent également au fond de l'entonuoir central. La prise de gaz se fait d'ailleurs au-dessus de la charge par des carnaux latéraux.

Voici maintenant les effets de l'appareil:

Les hauts fourneaux de Denain ont 13 mètres de hauteur. 2 mètres au gueulard, 4^m, 10 au ventre et mesurent 78 mètres cubes (*). Avec des minerais de 32 à 34 pour 100 de rendement on ne pouvait dépasser, en se servant du mode de chargement habituel et marchant en fonte de forge, 24 à 25 tonnes par 24 heures. Dès que l'on voulait aller au delà, en donnant plus de vent, on produisait du laitier ferrugineux et la consonmation montait de 1.150 ou 1.200 kilogrammes à 1.500 kilogrammes; preuve que la réduction était incomplète au-dessus du ventre et s'achevait, dans les parties inférieures du fourneau, avec conbustion de charbon solide par l'acide carbonique de la colonne gazeuse, On avait d'abord cherché à remédier à l'inconvénient, résultant de l'inégale distribution des gaz, par l'installation d'un appareil à prise centrale, sans modifier le mode de chargement. On ne ressentit aucune amélioration et l'on dut en conclure que la prise centrale ne réagit que sur l'extrémité supérieure de la colonne gazeuse, en déterminant simplement une inflexion brusque du courant gazeux dans la partie haute du four. Le nouveau mode de chargement a produit par contre les plus heureux effets. On

(**) Voici au surplus un nouveau fait à l'appui de la thèse en

question:

Eh bien, cette simple modification a permis de porter, pour un même poids de combustible, la charge en minerai de 1.600 à 1.800 kilogrammes, sans altérer la qualité de la fonte, et de remplacer en outre 17 pour 100 de minerai par un poids égal de scories

de forge.

atteint couramment 50 tonnes par vingt-quatre heures et même 35 à 40 tonnes avec des minerais d'une teneur de 4º pour 100. La consommation en charbon paraît aussi légèrement diminuée, et M. Chadeffaud pense qu'avec des machines soufflantes plus fortes on pourrait même dépasser, en fondant du minerai ordinaire, le chissre de 30 tonnes. Dans tous les cas cet exemple, aussi bien que le haut fourneau Prenat de Givors (*) et l'appareil Langen décrit par M. Jordan, prouve surabondamment que la bonne marche des hauts fourneaux dépend beaucoup plus du mode de chargement que du système de prise des gaz (**).

^(*) Note de M. Escalle sur le traitement des scories dans les hauts fourneaux (Bulletin de l'industrie minérale, tome 9, p. 87).

M. Escalle, ingénieur des hauts fourneaux de Decazeville, vient de m'écrire (mars 1865) qu'il a substitué, tout récemment, au chargement uniforme à la conge, le chargement inégal le long de la circonférence. Les hauts fourneaux de Decazeville sont à gueulard ouvert et sans prise de gaz. Ne pouvant modifier cet état de choses pendant leur marche, M. Escalle a du moins voulu changer le mode de chargement. Les anciennes grandes portes, percées dans la cheminée qui enveloppe le gueulard, ont été remplacées par douze pctites ouvertures armées de couloirs inclinés. Les chargeurs, au lieu de lancer les matières dans le four, les déposent seulement sur le bord de ces couloirs, d'où les gros fragments roulent au fond de l'entonnoir central, tandis que le menu reste à la circonférence. C'est l'effet produit, par le chargement à la brouette, dans les fours à grands gueulards du pays de Galles.

^(*) Le plan ci-joint correspond à un gueulard de 2 50 qui doit être substitué au gueulard actuel de 2 mètres.

DESCRIPTION

D'UN NOUVEAU PARACHUTE DE L'INVENTION DE M. FRÉDUREAU.

Par M. POTIER, ingénieur des mines.

Parachute.

Le premier parachute employé dans l'exploitation des mines, remonte à 1845; inventé par M. Machicourt, il fut essayé dans les mines de Deuze; depuis cette époque un grand nombre de systèmes ont été proposés, quelques-uns ont été essayés, mais parmi tous le parachute Fontaine et celui de Blancy sont les seuls en France qui ont reçu une application sérieuse.

Le grand reproche que l'on peut faire à cet engin, est le prix considérable de son établissement, exigeant un capital trop élevé pour en permettre l'emploi dans les petites exploitations; aussi malgré les accidents, le gouvernement n'a-t-il pu l'exiger. Celui dont je viens aujourd'hui présenter la théorie et la description, est dû à M. Frédureau, ingénieur civil.

Il repose sur le principe suivant:

Soient A et B, Pl. I, fig. 13, deux leviers mobiles autour d'une charnière C, leur permettant de former entre eux des angles variables.

Soit D un ressort tendant à ramener les deux leviers suivant un axe commun.

Soient a et b deux appendices en forme de mâchoires et fixés aux deux leviers A et B.

Supposons que ces appendices ou mâchoires, viennent embrasser une corde, ou une tringle lisse; la pression exercée sur la corde ou la tringle, sera d'autant plus forte

TOME VII, 1865.

que la charge appliquée à l'extrémité des deux leviers sera plus considérable et que le rapport $\frac{DC}{CD}$ sera plus grand.

Le calcul suivant va nous permettre de déterminer les conditions dans lesquelles il faudra se placer pour que cette pression soit suffisante pour s'opposer au glissement.

En esset:

Soient P le poids dont chaque plateau est chargé.

Q la pression exercée par chaque mâchoire.

F le coefficient de frottement des mâchoires contre la corde.

2P sera la charge totale du système,

20 la pression totale exercée contre la corde.

(Je néglige la pression exercée par le ressort d, qui disparaît devant celles exercées sur les mâchoires.)

Les deux équations d'équilibre du système seront :

 $P \times PC - Q \times CD = 0$ équilibre autour de la channière C $_2P - _2Qf = 0$ équilibre le long de la corde.

De la première équation je tire $\frac{P}{a} = \frac{CD}{PC}$;

De la deuxième équation

$$\frac{P}{a} = f.$$

Donc pour l'équilibre, il faut que

$$f = \frac{\mathrm{CP}}{\mathrm{PC}}$$

c'est-à-dire que le rapport du bras de levier des poids P à la longueur des mâchoires, soit précisément égal au coefficient de frottement; condition toujours facile à réaliser même avec des mâchoires en fer, car alors F=0,19, et même en prenant 2 comme coefficient de sécurité on 2 encore

$$\frac{e\mathrm{D}}{\mathrm{P}c}$$
 = 0,093, c'est-à-dire près de 0,1.

Si maintenant nous prenons un câble en chanvre ou en fil de fer, et des mâchoires garnies de sabots en bois, ce rapport pourra être considérablement augmenté, puisque F peut dans ce cas s'élever jusqu'à 0,50.

Ainsi nous voyons qu'en général, pour appliquer comme parachute le principe précédent, il suffit de guider la benne au moyen d'un câble, ou d'un système de tringles en fer ; de placer sur chaque guide l'appareil indiqué théoriquement et dont la forme pratique doit varier suivant les différents cas particuliers.

Alors on suspendra la cage d'extraction ou la bemme au moyen de 4 chaînes, venant s'attacher au-dessous des extrémités des leviers, tandis que 4 autres chaînes, attachées au dessus des leviers et au delà des premiers points d'attaches, seront reliées au câble d'extraction par un croisillon formant chapeau, fig. 1 et 2.

Dans ces conditions, tant que le câble sera tendu, les mâchoires seront tenues ouvertes, mais dès que le câble se rompra le petit ressort d et le poids de la benne ramèneront les mâchoires en contact avec le guide et la pression exercée rétablissant l'équilibre du système en empêchera la chute.

Le principal avantage de cette disposition consiste donc en ce qu'elle permet d'appliquer un parachute quel que soit le système de guidage employé, en facilitant l'emploi de petits fers à T et des vieux rails comme je l'ai vu disposé dans les environs de Liége, tandis que avec les autres parachutes il faut que le guidage soit en bois.

Et comme résultat important, lorsqu'un accident viendra à se produire, le guidage ne recevant plus de secousses produites par l'arrêt de la cage, économisera les frais toujours considérables que ce matériel nécessite après la rupture d'un câble.

Dans le plan ci-joint nous avons calculé un parachute pouvant résister à la rupture d'un câble enlevant un poids de 1000 ^k. Dans cette disposition de l'appareil, se trouve au-dessus des deux bras de leviers un anneau séparé en deux et dont chaque portion est attachée à la partie supérieure des deux bras de levier; cet anneau est appelé à limiter l'ouverture des mâchoires, les deux parties venant s'emboîter entre elles, sous la traction du câble d'extraction, tout en permettant un libre passage au guide.

Jusqu'à ce jour les dispositions des différents parachutes employés n'ont pu permettre de les utiliser dans les travaux de constructions architecturales, ou trop souvent cependant les chaînes, destinées à élever des poids assez lourds, viennent se rompre et laissent alors tomber les matériaux sur les machines placées près des monte-charges tout en blessant quelquesois mortellement les ouvriers.

Le parachute de M. Frédureau, agissant verticalement et sur les guides assujettis à la partie supérieure et inférieure des monte-charges, permet de combler cette lacune dans le matériel des grandes constructions; sa simplicité en facilitera l'emploi en toutes circonstances, et en forçant l'installation des guides il permettra d'activer la vitesse dans le montage des matériaux, tout en joignant la célérité à la sécurité.

Je terminerai en notant l'application que l'on peut en faire pour monter et descendre le long d'une corde on d'une tringle lisse; je ne veux point ici entrer dans les détails de construction qui permettent d'approprier le parachute à cet usage; le principe lui-même répondant complétement à cette question. Dans cet ordre d'idées, l'appareil que M. Frédureau a appelé le *Grimpeur* (fig. 13), pourrait être utilisé dans les mines, et principalement dans les carrières.



D'UN VOYAGE D'EXPLORATION DANS LES BASSINS DU HODNA ET DU SAHARA.

Par M. VILLE, ingénieur en chef des mines.

PREMIÈRE PARTIE.

ITINÉRAIRE DE BÔNE A QUARGLA.

La topographie des environs de Bône a une grande ressemblance avec celle des environs d'Alger : un massif de roches cristallines, l'Edough, dont le point culminant s'élève à 1.004 mètres au-dessus de la mer, abrite Bône contre les vents d'ouest, de même que le massif de roches cristallines de la Bouzaréali abrite Alger, contre les mêmes vents; la plaine de la Métidja, comprise entre la Bouzaréah et le versant nord de l'Atlas, est remplacée auprès de Bône par une vaste plaine dont le grand axe est dirigé du S. S. O. an N. N. E., et qui est limitée au nord par le massif de l'Edough, au sud par un massif montagneux, véritable atlas dont le point culminant s'élève à 972 mètres au-dessus de la mer; à partir de Bône un rideau de collines basses qui s'étendent à l'est jusqu'au cap Rosa, séparent la mer de la plaine et présentent la même constitution que les dunes sahariennes comprises entre l'oued Knis et le cap Matifou, aux environs d'Alger; la plaine de Bône est divisée, comme celle de la Métidja, en plusieurs bassins hydrographiques particuliers, par des cours d'eau qui vont se jeter directement dans la mer en coulant à peu près du nord au sud; enfin à la partie occidentale de la plaine, on remarque un grand lac, le lac Fetzara, qui s'élève à 15 mètres de hauteur

Tome VII, 1865.

au-dessus de la mer, et qui est l'analogue de l'ancien lac Halloula, aujourd'hui desséché, dans la partie occidentale de la plaine de la Métidja. Ces traits généraux de ressemblance m'ont paru assez remarquables pour appeler sur eux l'attention du lecteur; le géologue en est frappé immédiatement.

Le massif de l'Edough est remarquable par les gîtes de fer oxydulé qu'il renferme. Deux mines étaient en exploitation lors de mon passage : celle des Kharézas et celle d'Ain Mokra. Une partie des produits des Kharézas est expédiée dans les usines du continent ; une autre partie est vendue à l'usine de l'Alelik, près de Bône, qui fabrique des fontes au bois très-estimées ; un chemin de fer de 10.300 mètres sert au transport du minerai à l'aide de locomotives, jusqu'au bord de la Seybouse, où l'on vend ce minerai 12 à 51 francs la tonne.

Le gîte de fer magnétique d'Aïn Mokra est très-remarquable par son étendue et sa puissance. C'est une couche très-épaisse qui recouvre le flanc sud d'un mamelon, et qui est intercalée entre des couches de micaschiste. La compagnie concessionnaire se propose de faire un embranchement de chemin de fer entre le pied du gîte d'Aïn Mokra et la tête du chemin de fer des Kharézas; il y aura un parcours total de 32 kilomètres en chemin de fer pour amener le minerai jusqu'à la Seybouse, près de la mer; on espère donner ainsi à l'exploitation une extension très, considérable. Il serait à désirer toutefois que plusieurs sondages convenablement espacés dans toute l'étendue du gîte fissent connaître d'une manière certaine la continuité et la bonne qualité du minerai en profondeur.

Il y a au cap de Garde, à l'extrémité N. E. du massif de roches cristallines de l'Edough, une carrière de marbre blanc exploitée autrefois par les Romains, et reprise, il y a quelque temps, par des capitalistes français. Les travaux étaient suspendus lors de mon passage.

Le marbre est très-répandu au milieu des roches feldspathiques des environs de Bône, il est employé comme pierre de taille dans les constructions. Il fournit également les gros blocs qui servent à la construction de la jetée du port de Bône; un chemin de fer américain amène ces gros blocs jusqu'à la tête de la jetée.

On remarque, du reste, avec un vif intérêt le mouvement industriel du port de Bône, chemins de fer, locomotives, locomobiles, machines à vapeur fixes, exploitations de mines de fer, de carrières, de marbre, de forêts, hauts fourneaux, commerce de transit important; tout anime ce centre qui paraît appelé à un bel avenir industriel, si une intelligente économie préside à toutes ses entreprises.

En me rendant de Bône à Jemmapes, j'ai pu constater par moi-même les résultats de la pêche qu'on fait dans le lac Fetzara. On retire en abondance de grands barbeaux dont la tête et les issues servent à fabriquer de l'huile de poisson qui est employée avec succès pour graisser les divers organes des machines; le corps du poisson est salé et expédié ensuite en Europe. Je n'ai pu m'empêcher de comparer le lac Fetzara au lac Halloula, et de regretter qu'on n'ait su tirer aucun parti industriel de la pêche abondante que pouvait fournir ce dernier avant d'entreprendre son desséchement.

l'ai admiré l'heureux emplacement du village de Jemmapes, la beauté de ses terres de cultures et les ressources forestières que présentent les montagnes qui entourent ce centre de population. Il y a de plus dans les environs la mine de mercure du Djebel Maghzem qui a donné lieu à des travaux considérables et à la création d'une usine de distillation qui fonctionne en ce moment.

Entre Jemmapes et Constantine la route coupe le bassin à lignite du Smendou, bassin dont j'ai déterminé la position géologique. Ce combustible ne se trouve pas dans le terrain nummulitique, ainsi que le pensent divers géologues, mais

bien dans le terrain tertiaire supérieur d'eau douce. J'espère pouvoir le démontrer d'une manière positive par les diverses coupes que j'ai prises sur les lieux.

A mon arrivée à Constantine, je me suis empressé de me rendre auprès de M. le général Desvaux, de qui j'ai reçu un accueil des plus bienveillants et qui a facilité de tout son pouvoir la mission dont j'avais été chargé par S. Exc. le ministre de l'Algérie et des colonies. Grâce aux recommandations pressantes de M. le général Desvaux, j'ai trouvé partout aide et protection dans la province de Constantine, et je suis heureux de lui en témoigner ma vive reconnaissance.

J'ai étudié Constantine et ses environs, au double point de vue de la géologie proprement dite et de la recherche des eaux potables, recherche qui, du reste, a été l'objet de ma constante préoccupation depuis mon départ de Bône.

Il y a aux environs de Constantine plusieurs terrains d'âges différents, qui sont : le terrain crétacé (craie chloritée, craie blanche); des marnes grises qui constituent probablement l'assise supérieure du terrain nummulitique post-pyrénéen; des grès quartzeux qui représentent l'étage supérieur du terrain nummulitique post-pyrénéen; le terrain tertiaire supérieur (pliocène d'eau douce); des travertins anciens de la période quaternaire; des travertins modernes.

Le rocher de Constantine, si remarquable par les grands escarpements verticaux qui le limitent sur presque tout son pourtour, est exclusivement formé de couches épaisses, régulières, peu inclinées, de calcaire gris ou noir très-compacte, donnant de très-belles pierres de construction.

On y trouve des empreintes d'inoceramus cuneiformis.

La configuration de ce rocher est le résultat de phénomènes géologiques violents qui ont produit, à l'est, une grande fracture dans laquelle roule le Rummel à l'ouest, deux grandes fractures avec dénivellation considérable des parois, fractures qui sont de véritables failles formant pour Constautine de formidables remparts naturels.

La profonde coupure du Rummel sépare le rocher de Constantine du rocher du Djebel Msid, et l'on retrouve au pied du versant nord du Djebel Msid des failles semblables à celles qui existent sur la partie ouest du rocher de Constantine.

Au sommet du Djebel Msid, par-dessus les couches de la craie chloritée, on trouve en stratification concordante des calcaires marneux contenant : Micraster brevis, Jauira quadricostata, fossiles caractéristiques de la craie blanche. Ces calcaires marneux sont recouverts eux-mêmes en stratification discordante par des marnes grises, sans fossiles, s'enfoncent sous les grès nummulitiques du Djebel Ouach, et que je considère comme la base de l'étage nummulitique post-pyrénéen des environs de Constantine.

Le terrain tertiaire de cette région est la continuation du bassin tertiaire du Smendou; il se compose, comme lui, de trois étages principaux en stratification concordante entre eux: à la base un grand étage de poudingues; au milieu, un étage de marnes grises d'eau douce; au sommet, soit un étage de calcaire d'eau douce, qui s'étend principalement au sud et à l'ouest de Constantine, soit un étage de grès quartzeux tendres jaunâtres, qui s'étend principalement au nord de Constantine.

Le poudingue du Koudiat Ati est formé par le poudingue qui constitue la base du terrain pliocène des environs de Constantine. Sa détermination est importante, parce qu'elle se lie à l'existence et à la continuité des nappes aquifères souterraines.

Les dépôts de travertin ancien de Sidi Mabrouk, de Boa Keira, du Djebel Bergli et de Salah Bey sont tous isolés les uns des autres et à des altitudes différentes. Je les considère comme contemporains et formés par de grandes sources qui devaient exister pendant la période quaternaire. Plusieurs de ces sources sont éteintes aujourd'hui. D'autres ont persisté jusqu'à l'époque actuelle, en baissant de niveau et de

débit et déposent encore du travertin; mais ce dernier diffère essentiellement par sa texture du travertin ancien de l'époque quaternaire; il est spongieux et ne forme pas de couches bien régulières.

Les ponts naturels du Rummel sont dus à des dépôts de travertin plus ou moins anciens. Il en est encore qui sont en voie de formation : des sources thermales se montrent à diverses hauteurs dans la coupure du Rummel; elles déposent le long de la paroi d'où elles jaillissent un enduit de travertin qui s'avance graduellement vers la paroi opposée et constitue ainsi à la longue un de ces ponts naturels qui causent l'admiration du voyageur.

C'est à Constantine que j'ai été frappé de la grande abondance des sources d'eau potable qui émergent du sein du terrain crétacé avec des températures plus ou moins élevées; ce sont de véritables sources jaillissantes thermales simples, qui doivent leur thermalité à la profondeur d'où elles proviennent. Aussi j'ai toujours marché le thermomètre et le baromètre à la main; mais c'est le thermomètre surtout qui m'a donné les indications les plus précieuses.

Voici quelques déterminations de température et de débit faites en février 1861 pour les sources thermales des environs de Constantine:

	sean of the substitute of the second	TEMPÉRATURE.	DEBIT par seconde
Source	de Sidi Mimoun.	degrés, 35,00	litres. 2 à 3
Id.	de Sala Bey	28,00	45
Id.	de Sidi Rached		4
Id.	de la rive gauche du Rummel, à 8 mè-	To the build	
	tres au-dessous du lit	28,00	.18
Id.	d'Aïn Rabah	38,50	50
Id.	du Hamma	33,10	'700

Les eaux du Hamma constituent une véritable rivière qui fait mouvoir plusieurs moulins.

Entre Constantine et Satna on trouve aussi d'autres sources très-remarquables.

J'ai visité d'abord l'Am Bou Mezzoug, dont la température est de 23°,75 et le débit d'environ 900 litres par seconde; c'est une véritable rivière sortant du terrain crétacé et que les Romains amenaient à Constantine au moyen d'une conduite dont on voit encore quelques restes, notamment une portion d'aqueduc porté sur des arceaux auprès de la ville. M. Lebiez, îngénieur des ponts et chaussées à Constantine, a étudié un projet pour amener de nouveau les eaux de cette rivière jusqu'à Constantine; il a fait à la source des expériences intéressantes et bien motivées, du reste, qui ont prouvé que le point d'émergence s'était élevé par les déblais apportés par les hommes et par les éléments atmosphériques, ce qui avait diminué notablement le débit.

Plus au sud, l'Aïn Fesguia, dont le débit est d'environ 200 litres par seconde et la température de 18°,66 à 19°,50, sort du pied du massif secondaire du djebel Guerioun.

Plus loin la route de Constantine à Batna passe entre le Chott Tinsilt et le Chott Mzouri qui sont séparés par un manelon de gypse métamorphique associé à une roche éruptive, et qui sont affermés à M. Rouennet, pour l'exploitation des sels qu'ils renferment. D'abord cet industriel s'est livré à l'extraction du sel marin qui forme en été une couche de om, 10 à om, 12 d'épaisseur dans le lac Tinsilt, le plus riche des deux en sels. Mais il a découvert qu'il pouvait se former naturellement du sulfate de soude par double décomposition du sulfate de magnésie et du chlorure de sodium, pendant les froids de l'hiver. L'hiver de 1860 à 1861 n'ayant pas été pluvieux, a favorisé trèsnotablement cette réaction chimique, et M. Rouennet a pu extraire du lac Tinsilt plus de 1.000 quintaux métriques de sulfate de soude qui seront utilisés à la salpêtrière de Biskra.

L'extraction du sulfate de soude est une industrie tout

nouvelle en Algérie, due à M. Rouennet. Elle a rendu un service réel à la salpêtrerie que le gouvernement a fondée à Biskra, car on était dans l'obligation de faire venir ce sel de France à grands frais, tandis qu'aujourd'hui on le paye un prix très-minime.

Au delà de ces lacs, la source chaude de Moul-es-Snam émerge du terrain secondaire par plusieurs bouillons dont la température varie de 22°,23 à 50°; son débit est de 15 à 20 litres par seconde.

On trouve auprès de Batna les terrains crétacés et jurassiques caractérisés, surtout le premier, par une abondance prodigieuse de fossiles. Ceux-ci y sont répandus à foison; et l'on peut, en certains points, les ramasser pour ainsi dire à la pelle.

Dans le Hodna, j'ai visité les puits artésiens creusés par ordre de M. le général Desvaux, et je me suis livré à des études géologiques pour me rendre compte de la marche des nappes artésiennes. Grâce à une sortie faite avec quelques spahis mis à ma disposition par M. le lieutenant Schrol, commandant le poste de Barika, j'ai pu faire des explorations assez détaillées. J'ai recommu que c'est un terrain tertiaire marin supérieur qui donne les eaux jaillissantes. Il y a plusieurs cuvettes souterraines nettement accusées par la stratification des couches, et dans chacune desquelles le thalweg représente un maximum d'eaux jaillissantes; ce thalweg souterrain renferme lui-même un point de débit maximum. Les principaux cours d'eau superficiels correspondent en général aux thalwegs souterrains.

Dans chaque cuvette il y a un régime spécial de nappes souterraines et par suite d'eaux jaillissantes. Il y a plusieurs nappes superposées à cause de l'alternance fréquente des couches de grès sableux et de marnes.

Les eaux de pluies qui tombent directement sur les affleurements des couches absorbantes et les cours d'eau abondants qui descendent des montagnes secondaires ou miocènes limitant au sud et au nord le bassin du Hodna, et qui passent sur les affleurements des couches tertiaires, servent à l'alimentation des nappes souterraines. Ici l'observateur peut se rendre compte avec facilité du mécanisme des nappes jaillissantes. Une étude complète du bassin de Hodna, étude que je n'ai pu faire moi-même, offiriait un grand intérêt au géologue, en même temps qu'elle jetterait un jour nouveau sur l'existence et l'étendue des différentes cuvettes tertiaires dans lesquelles on peut rechercher des eaux jaillissantes avec des chances de succès.

Les sources jaillissantes du Hodna obtenues jusqu'à ce jour sont en général assez faibles: leur débit varie entre litre et 5¹,67 par seconde; leur température varie de 25 à 25°, et leur profondeur de 150 à 160 mètres.

Ces sources diffèrent sous tous les rapports des sources artésiennes de l'oued Rhir. Elles proviennent de terrains essentiellement différents au point de vue géologique; aussi leur composition chimique est très-différente. Les eaux artésiennes du Hodna sont généralement de bonne qualité comme eaux potables et bien supérieures à cet égard aux eaux de l'oued Rhir.

En quittant Tobna (dans le Hodna) pour me rendre à Biskra, j'ai visité en passant le rocher de sel du djebel Gharribou. Je tenais à comparer ce massif avec le massif semblable du rocher de sel des environs de Djelfa que j'ai déjà décrit dans les Annales des mines. Le rocher de sel des environs de Djelfa m'a paru être le résultat d'une éruption volcanique de boue, de sel et de gypse qui s'était produite à la séparation du terrain crétacé et du terrain tertiaire moyen; mes études sur le Djebel Gharribou m'ont amené au même résulat. J'ai fait l'ascension du point culminant de cette montagne et j'ai trouvé au sommet une sorte de cratère au milieu d'un massif de calcaire crétacé. La montagne tout entière offre l'image d'un véritable chaos: elle est ravinée et déchirée en tous sens; le sol résonne partout

sous les pas du géologue; de grands puits verticaux d'une profondeur inconnue ouvrent aux eaux de pluies un passage souterrain à travers la masse de sel gemme sur laquelle l'action dissolvante des eaux a laissé de nombreuses et fortes empreintes. La nature est presque morte sur cette montagne, dont l'aspect inspire la terreur quand on se voit environné de tous côtés d'abîmes insondables et que, parfois, une croûte mince de gypse à structure poreuse vous supporte et menace de s'écrouler à chaque instant sous vos pas.

Il serait très-imprudent de s'aventurer sur le Gharribou pendant la saison des pluies; on risquerait fort de perdre la vie en tombant au fond d'une crevasse dont on ne soupconnait pas l'existence. Quelques rares hélix, des plantes grasses desséchées faute d'eau et des traces de mouflom à manchettes et de gazelles rappellent au géologue que la vie n'a pas perdu tous ses droits au milieu de ces solitudes désolées. La descente du Gharribou est très-difficile, car nulle part on ne trouve de sentier, et l'on arrive presque à chaque pas sur le bord d'escarpements verticaux dont l'œil mesure avec effroi la profondeur. J'avoue que j'ai béni le ciel de m'avoir permis de regagner sain et sauf le guide que j'avais laissé au pied de la montagne pour garder les chevaux. Du reste, la grande sécheresse de l'hiver de 1860 à 1861 m'avait facilité cette périlleuse exploration.

Le sel gemme est très-abondant sur la montagne et y forme des escarpements verticaux de 10 à 40 mètres de hauteur, séparés par des masses ébouleuses de gypse cristallisées en gros fer de lance, et mélangé à une matière argleuse violette. Les Arabes se contentent d'exploiter les bloss de sel qui se détachent naturellement et roulent jusqu'at 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.

Le Diebel Bourzel est la dernière chaîne crétacée séparant le Tell du Sahara proprement dit. Du col de Sfa, situé sur cette chaîne, le Sahara présente un spectacle émouvant: l'œil se perd dans un horizon infini, au milieu duquel les oasis éloignés de Sidi Okhba, d'Ourmach et de Melilli forment des taches noires semblables à des îles entourées par un océan immobile; l'on aperçoit à ses pieds la magnifique oasis de Biskra qui, pour le touriste venu d'Europe, constitue un tableau des plus ravissants. Plusieurs civilisations se sont succédé dans cette oasis. Les Romains dont la domination s'était étendue jusque dans le Sahara, n'ont laissé à Biskra que très-peu de traces de leur passage: quelques mamelons peu élevés au-dessus de la plaine et formés de matières terreuses meubles sont les seuls vestiges qu'on attribue au peuple-roi; on les exploite anjourd'hui comme matériaux salpétrés.

C'est dans l'usine de Toudha que l'on prépare les eaux de lessivage chargées de salpêtre; ces eaux, suffisamment concentrées, sont transportées à Biskra, et l'on en extrait le salpêtre dans une usine dirigée par M. le capitaine d'artillerie Chabrier.

L'étude géologique de la lisière nord du Sahara, de part et d'autre de Biskra, offre un très-grand intérêt. J'ai pu la faire avec facilité entre l'oasis de Lichana, à l'ouest, et celle de Khanga Sidi Nadji, à l'est, sur une longueur de 136 kilomètres, grâce au cordial accueil que j'ai trouvé auprès de M. Forgemol, commandant supérieur de Biskra. J'ai constaté que le terrain crétacé inférieur et le terrain nummulitique antépyrénéen viennent former les dernières chaînes de montagnes qui limitent au nord le vaste bassin du Sahara.

Au pied de ces montagnes, il y a une ligne continue de collines plus basses formées, en allant de bas en haut, de couches de marnes brunes gypseuses, de calcaire blanc à cassure terreuse, de grès jaune à grain fin et de poudingues à gros galets. Ces couches appartiennent au terrain tertiaire supérieur (pliocène) d'eau douce identique au terrain du même âge qu'on observe aux environs de Constantine; elles sont fortement redressées contre le massil secondaire et nummulitique qui termine le Tell, et plongen vers le S. ou le S.-E. sous le bassin du Sahara; elles occipent tout le petit bassin compris entre l'oasis de Biskra, au Sud, et la chaîne du Djebel Sfa, au nord, et s'étendent i l'est bien au delà de Khanga Sidi Nedji, point jusqu'où je les ai suivies d'une manière continue. De ce côté, ces couches pliocènes sont recouvertes par les alluvions ancienna et modernes de l'oued Khanga Sidi Nedji (plus bas Oued el Arab); mais elles affleurent dans le lit de la rivière auprès de l'oasis de Zerib el Oued, et jusqu'à 10 kilomètre environ en aval de ce point. C'est dans ce terrain tertiaire que le sondage d'el Faïd a pénétré.

On ne doit pas trouver étrange que ce sondage n'ait pas encore donné d'eau jaillissante à la profondeur de 157 mètres qu'il a atteinte, parce qu'il n'est pas dans les mêmes terrains que les sondages de l'Oued Rhir. Ce sondage peut réussir en le poussant plus bas, parce qu'à la base du terrain tertiaire supérieur il y a une couche épaisse de sables quartzeux blancs qui s'enfonce sous la plaine d'el Faïd et pent y donner des eaux jaillissantes à une profondeur qui atteindra peut-être 5 ou 400 mètres. Di reste, il y a au-dessus de cette couche remarquable d'autres couches absorbantes sur lesquelles passent les rivières descendant du massif de l'Aurès pour se perdre dans le Chott Melrhir, et qui peuvent aussi donner des eaux jaillissantes

Le terrain tertiaire supérieur dont il est ici question renferme également des nappes jaillissantes considérables auprès de Biskra; c'est ce qui est démontré par l'étude géologique des lieux et par la température des sources.

A 1.000 mètres environ au sud du pied de la chaîne crétacée du Djebel Sfa, il y a un goussire d'une grande prosondeur, de 50 mètres de diamètre et dont l'eau légèrement saumâtre est à la température de 19°. Il en sort un petit filet d'eau courante au moyen d'une profonde tranchée faite de mains d'homme. Un deuxième gouffre de 40 mètres de diamètre et à la température de 18°, se trouve auprès de la source thermale sulfureuse située à 3 kilomètres environ N.-O. de Biskra. Cette source thermale a une température de 45° et débite 50 litres environ à la seconde; elle donne lieu à une forte émission de gaz; elle jaillit au fond d'une grande piscine qui sert de baignoire commune aux Arabes: elle est enfermée dans une construction arabe comprenant quelques pièces où l'on dépose les vêtements. Entre les deux gouffres, il y a de nombreux petits mamelons situés à peu près à la même hauteur, et au sommet desquels sont des joncs, indices de la présence d'une nappe d'eau souterraine.

Les eaux qui alimentent Biskra sont des sources thermales émergeant à la température de 29°,35 de gouffres situés dans le lit même de la rivière, en plein terrain tertiaire supérieur. On supposait que ces sources, dont le débit minimum est de 500 litres à la seconde, provenaient des infiltrations supérieures de la rivière 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.

Dans l'oasis de Chetma, située à proximité de Biskra, vers l'est, il y a dans le terrain tertiaire supérieure des mamelons isolés au sommet desquels on remarque de petites sources jaillissantes thermales. Les sources principales de l'oasis émergent au fond d'entonnoirs où l'eau fait bouillonner les sables.

ing disagram to perform to a construction of the contract of t	TEMPÉRATURE	DÉBIT par seconde
Première source	degrés. 34,00	litres.
Deuxième source	34,50	15
Troisième source		7 à 8
Quatrième source	33,00	50

L'oasis de Droueu, à l'est de Chatma, renferme deux sources : l'une à la température de 24°,75 débite 20 litres par seconde; l'autre est à la température de 24°,50 et débite 50 litres par seconde. Chacune d'elles jaillit au fond d'un entonnoir situé dans le calcaire d'eau douce du terrain tertiaire supérieur.

Toutes ces sources sont de véritables sources jaillissantes, naturelles, qui doivent leur thermalité à la profondeur d'où elles proviennent et dont le point d'émergence est en rapport avec les allures des couches tertiaires. Celles-ci sont pliées, en effet, de manière à former une cuvette dont le thalweg se relève à partir de Biskra, vers le N.-E. Par conséquent, il est permis de supposer, ainsi que l'a fait M. l'ingénieur en chef des mines Fournel, qu'un sondage réussirait auprès de Biskra; la température des principales sources artésiennes naturelles indique seulement que ce sondage devrait atteindre une profondeur assez considérable, environ 200 à 250 mètres. Le sondage de Biskra n'ayant atteint que 85 mètres, il n'est pas étonnant qu'il n'ait pas donné d'eau jaillissante.

Il est très-probable, du reste, que les belles sources qui surgissent dans le terrain pliocène sont alimentées, au moins en partie, par des nappes venant du terrain crétacé. Les révolutions géologiques, dont l'empreinte est si fortement écrite sur le massif accidenté de l'Aurès, ont donné lieu à

de grandes failles par lesquelles les eaux souterraines paraissent jusqu'au jour.

A l'ouest de Biskra, le terrain tertiaire supérieur disparaît, il se cache sous un terrain plus récent que je désiguerai provisoirement sous le nom de terrain saharien. Je pense que c'est du terrain quaternaire; mais j'ai des déterminations de fossiles à faire, mes notes à reviser et à comparer avant d'arriver à une conclusion définitive à cet égard. A part cela, j'admets que dans tous les cas le terrain saharien est postérieur au terrain tertiaire supérieur dont je viens de parler et qu'il recouvre le plus souvent en stratification discordante. C'est lui qui constitue le sol du Zab occidental et tout le Sahara depuis Biskra jusqu'à Ouargla du N.N.E. au S.S.O. et d'Ouargla à Guerrara du S.S.E. au N.N.O. Ce terrain se compose essentiellement de sables quartzeux, de gypses (pierre à plâtre), de calcaire et de marnes. Dans la province de Constantine les sables, les gypses et parfois la marne brune sont les principales roches. Dans le Sahara de la province d'Alger, entre Ouargla et Guerrara, c'est le sable et le calcaire qui dominent; le sable est parfois agglutiné et constitue un grès tantôt rouge. tantôt jaunâtre, tantôt blanc.

Dans le Zab occidental, on voit de magnifiques sources jaillissantes émerger soit du terrain saharien, soit du terrain crétacé inférieur ou supérieur (nummulitique) à la limite de contact du terrain saharien. Ainsi l'Aïn Oumach surgit par plusieurs bouillons; les uns sortent du terrain crétacé à la température de 27°,33 et débitent ensemble 124 litres par seconde.

Tout près de là, à quelques mètres de distance, il y a plusieurs goussires dans le terrain saharien, d'où émergent des sources jaillissantes; la profondeur a été trouvée de plus de 40 mètres pour l'un d'entre eux. L'un de ces goussires débite 10 litres par seconde d'une eau à la température de 26°,35. Un deuxième goussire débite 50 litres

DU HODNA ET DU SAHARA.

par seconde d'une eau à la température de 26°,33. D'autres sources émergent sur les deux rives du ravin d'Oumach qui produit en somme un cours d'eau dont le débit est de 217 litres à la seconde.

A l'ouest d'Oumach, les sources de Bou Chagroun émergent du terrain crétacé à la température de 25° à 25°,55, avec un débit total d'environ 100 litres par seconde, et pénètrent immédiatemens dans le terrain saharien.

Auprès de Zaatcha, les sources d'el Meïda sortent d'entre les strates du calcaire nummulitique à la température de 25°,80 et débitent 100 litres environ par seconde. Elles sont utilisées immédiatement pour l'irrigation des jardins de palmiers situés dans le terrain saharien. Dans l'oasis de Tolga, au milieu du terrain saharien, deux sources jaillissantes voisines débitent ensemble 50 litres environ par seconde à la température de 19°,50.

A l'extrémité sud de l'oasis de Lichana, les sources d'el Méïda se sont grossies de nouveaux affluents et produisent un magnifique cours d'eau débitant 800 litres environ par seconde à 21 degrés.

Les sources qui alimentent l'oasis de Melilli sortent du terrain saharien et produisent un cours d'eau dont le débit est de 200 litres par seconde.

Les sources considérables qui émergent dans le terrain saharien du Zab occidental ne peuvent être fournies par les eaux de pluies qui tombent dans l'espace très-restreint compris entre les bouillons de ces sources et le pied des montagnes crétacées qui limitent au nord le bassin saharien; la quantité d'eau qui tombe annuellement est en effet très-faible, et le bassin hydrographique qui la reçoit est tout à fait insignifiant. La température élevée de certaines sources sortant du terrain saharien montre qu'elles viennent d'une assez grande profondeur. Leur alimentation est assurée par les belles sources sortant des divers étages du terrain crétacé, sources dont les unes arrivent directement

jusqu'au jour, et dont les autres passent souterrainement du terrain crétacé dans le terrain saharien.

L'existence de nappes souterraines considérables dans le terrain crétacé de la province de Constantine est un fait remarquable et qui se comprend, du reste, quand on songe à la grande quantité d'eau de pluies ou de neige qui tombe d'ordinaire chaque année dans cette province. On sait qu'année moyenne il tombe environ 1m,60 d'eau de pluie, soit deux fois plus d'eau à Constantine qu'à Alger. Ces nappes souterraines pourront probablement être ramenées au jour par des sondages en divers points de la province de Constantine. Je citerai la plaine du Dayat, au sud de Hodna, et la grande plaine qui s'étend à l'ouest d'el Outaïa. Les nappes souterraines qui passent par-dessous la plaine d'el Outaïa se redressent au sud de cette plaine et viennent asseurer en certains points de la lisière sud du Tell. Ce sont elles qui alimentent les belles sources du Zab occidental et qui contribuent en très-grande partie à l'alimentation des nappes souterraines de l'oued Rhir.

D'el Faïd, je me suis dirigé à l'ouest vers Tahir Rashou, première étape de la route de Biskra à Tuggurt. On a exécuté à Tahir Rashou un sondage de 102 mètres qui n'a pas donné d'eau jaillissante; mais il est probable qu'on en eût obtenu à une profondeur plus considérable. En effet, les terres de culture de Tahir Rashou sont arrosées par des sources qui émergent à deux lieues en aval de Biskra, dans le lit même de l'oued Biskra; plusieurs de ces sources dont le débit total est considérable et s'élève à 500 litres environ, auprès de Tahir Rashou, sont de véritables sources thermales dont la température varie de 25°,50 à 27°,33. Il est donc probable qu'en allant assez bas à Tahir Rashou, on tomberait sur la nappe qui alimente une partie des sources de Ras el Aïoun; un puits de 200 à 250 mètres serait sans doute suflisant.

De Tahir Rashou à Tougourt, où je suis arrivé le 14 avril, Tome VII, 1865.

j'ai examiné toutes les oasis et la plus grande partie des sources artésiennes situées de part et d'autre de la route directe; j'ai fait le jaugeage d'un grand nombre de puits jaillissants arabes et de sources jaillissantes naturelles, et de tous les puits artésiens creusés par ordre de M. le général Desvaux, au moyen du système Degousée. Voici les débits des principales sources jaillissantes naturelles ou artificielles:

	DÉBIT		PROFON-	TEMPE-
	par minute.	par seconde.	DEUR.	RATURI
1º SONDAGES FR	ANÇAIS.			
all and the second and	litres.	litres.	mètres.	degrés.
Troisième puits de Chegga				
Dum el Thiour, Deux puils,	270 132	4,50	50,00	23,80
Sidi Kheiii	360	6,00	79.80	25,00
Uuriana	1.375	22,92	27,50 65,17	24,33
Diama	3.131	52,18	69,00	25,00 26,00
Sidi Amran.	4.020	67,00	77,60	24.80
Tamerna Diedida.	2.880	48.00	60,00	24,00
Sidi Rached.	1 056	17,60	57,00	24,00
Bram.	2.298	38,37	48,60	25,33
Rhamra. Premier puits	720	12,00	57,60	21,50
Id. Deuxième puits	1.818	30,80	10	24,25
Sidi Sliman	1.416	23,60	n	24,50
El Ksour.	1.843	30,72	74,97	25,80
	2.190	36,60	49,64	26,33
2º PUITS JAILLISSANTS ARA				Louis Louis
Tamerna Khedima, premier puits	מ	29,48	38,00	24,00
1d. denvième puits	31	20,00	"	24,66
Mamra))	15,00))	24,50
Harichira, ain Djedida.	2)	34,00	52,00	26,20
Maggar, aïn el Hadjar))	75,00	75,00	26,80
El Ksour, ain Kesserabou.	n	23,00)9	1
Meggarin, aïn Sidi Moussa. Tougourt. Puits nº 2 du Koudiat.	,11	25 à 30	58,50	25.50
Id. Poits nº 4 du Koudiat.	n	11,00	43,00	24,50
ia. Ain Nadiadi	D D	12,83	41,00	24,50
Id. Ain Blad	"	2,70 2,62	54,50	21,75 24,50
		2,02 [02,00	21,50
3° SOURCES JAILLISSANTE	S NATURI	ELLES.		
dehar de Necira.	n I	10.00		
	n D	faible.	b p-	24,66
ld de Tiredla		Id.	P .	23,00
Id. Tassegant d'Ourlana.	u	6.38		24,33
	n	faible.	100	19,50
Id Pilloussa a Mazer.	n	10,00	9	22,00
Id. El Haouch à Mazer. briat er Remel à Mazer. elar Malah à Zaourat Ribab. briat Sidi Hamadon		28,00		21,00
ehar Malah A Zaonyai Dibah	u	faible.	n	17,50
)n	8 à 10	1	23,50
briat Sidi Hamadon				
Itial Ouled hon Amous	10	faible.		20,66
hriat Sidi Hamadou. hriat Ouled ben Ameur. char Baba Afferdi à Sidi Sliman.	n	Id. 5,00	1	20,66 22,00 18,00

Les débits obtenus par la sonde française sont, comme on le voit, très-importants, et généralement supérieurs à ceux obtenus par le procédé arabe. On sait que les Arabes creusent, au moyen d'une simple pioche, des puits à section quarrée d'un mètre de côté; les détails de cette opération ont été donnés par M. Dubocq, dans son mémoire sur l'Oued Rhir. Le débit augmente en marchant du nord au sud, depuis Aum-el-Thiour jusqu'à Sidi Amran et Tamerna Djedida; il diminue ensuite à partir de Tamerna jusqu'à Tougourt, où il est au maximum de 12 litres par seconde, ce qui est un assez beau débit; mais ce débit est rare, et, le plus souvent, il n'est que de 2 à 3 litres par seconde.

Les puits français ont été exécutés avec une très-grande rapidité à l'aide d'appareils de sondage fournis par M. Degousée.

M. le général Desvaux a obtenu des résultats vraiment merveilleux, tant au point de vue pratique qu'au point de vue politique. Grâce à lui, le nom français est béni dans tout l'oued Rhir, dont les habitants, de sang mêlé, et chez qui la race noire domine, ont un caractère beaucoup plus maniable que les Arabes nomades qui les entourent.

—Les sources artésiennes naturelles de l'Oued Rhir se divisent en deux groupes: les Behour (mers, au singulier Behar) et les Chriats.

Les Behour sont de grandes nappes d'eau d'un diamètre variable, ordinairement de 10 à 40 mètres, qui sont en communication avec des nappes artésiennes situées à diverses profondeurs. Ces Behour ont une profondeur considérable si l'on en juge par la couleur vert foncé de leurs eaux. Ils renferment les mêmes petits poissons qu'on trouve dans les puits jaillissants arabes, des Paludines, des Mélanies et des Mélanopsides. Le Behar de Tougourt est le plus considérable de tous; sa surface est irrégulière, elle a 2.000 nètres environ de longueur sur une largeur variable de 200 à 500 mètres; sa profondeur au centre, mesurée par

M. Haouer, officier de tirailleurs indigènes, commandant à Tougourt, est de plus de 40 mètres. Ordinairement les Behour sont dans des terrains tout à fait plats, cependant quelques-uns se trouvent au milieu de terrains légèrement bombés; leurs bords sont coupés nettement et à pans abrupts. Il est impossible d'admettre, comme on l'a supposé, qu'ils résultent de l'éboulement d'anciens puits creusés par les indigènes; les puits taris ou puits morts, comme les appellent les Rouara (habitants de l'oued Rhir), ne produisent que des mares infectes, le plus souvent sans aucun écoulement au dehors.

Les Chriats sont des sources existant au sommet de petits mamelons coniques de 3 à 4 mètres de hauteur audessus de la plaine saharienne. Au sommet de ces mamelons il y a une petite dépression dans laquelle la source forme une nappe d'eau vive; une tranchée pratiquée sur le bord de cette cuvette donne écoulement à l'eau qui sert toujours à l'irrigation de quelques palmiers. Ces sources, dont la température est généralement peu élevée et le débit assez faible, se lient à un phénomène de nature éruptive qui a produit, de distance en distance, des soulèvements dans le terrain saharien. Îl en est résulté de véritables cratères dont le centre est occupé aujourd'hui par la source.

La rupture et le soulèvement des couches sahariennes ont été déterminés probablement par une éruption de gaz à laquelle s'est réunie la pression exercée de bas en haut par les nappes souterraines jaillissantes. L'existence de ces gaz au milieu des nappes souterraines est démontrée par l'examen des puits arabes : il s'en échappe en effet, de temps en temps, de grosses bulles gazeuzes qui gênent parfois les puisatiers dans leurs travaux. La disposition cratériforme des couches est parfaitement visible autour du bouillon de l'Ain Berrania, auprès de Sidi Amran, et l'examen de cette source conduit forcément à l'explication toute nouvelle que je donne de la production des Chriats et des

Behour; car les Behour ne sont que des Chriats sur une grande échelle. La partie des couches qui a été redressée lors du soulèvement du Behar s'est écroulée dans une nappe souterraine profonde, de manière à produire les grands cirques circulaires dont il s'agit. Il y a du reste une transition des Chriats aux Behour, et la tradition arabe est d'accord avec l'explication que je donne ici. Les Behour et les Chriats existaient antérieurement à la création des oasis, création qu'ils ont motivée; et, comme plusieurs de ces sources naturelles tarissaient avec le temps, les Rouara ont été amenés à creuser des puits pour suppléer à l'insuffisance de leur débit.

L'examen des Behour et des Chriats m'a préoccupé d'une manière toute particulière, à cause de la nouveauté du sujet, et parce qu'il m'a démontré une fois de plus la possibilité de creuser avec succès des puits artésiens dans les environs de Biskra et dans les oasis du Zab. En effet, ona vu plus haut qu'il existe dans ces régions des Behour semblables à ceux de l'oued Rhir; dès lors, comme ces derniers, ils doivent être en rapport avec des nappes souterraines jaillissantes; cette conséquence me paraît incontestable. l'ai trouvé une autre application de ce principe dans la plaine de la Métidia; car j'ai signalé depuis longtemps l'existence de goussires artésiens dans cette plaine: 1° dans la propriété de M. Jimbert, près de la maison carrée; 2º à 8 ou 10 kilomètres environ au N.E. de Bouffarik. Je me suis basé sur la présence des belles sources sortant de ces gouffres pour dire qu'il existait des nappes artésiennes importantes dans la plaine de la Métidja. Cette assertion trouve un appui tout à fait inattendu dans les Behour de l'oued Rhir. A mes yeux la plaine de la Métidja n'est autre chose qu'un Sahara au petit pied.

En quittant Tougourt pour me rendre à Ouargla, j'ai examiné en passant les puits jaillissants de Temacin, de Blidet-Amar, celui de Bardad, exécuté par M. le lieutenant

d'artillerie Zickel, près de la limite extrême de la province de Constantine vers le S.O., et ceux de Negoussa et d'Ouargla.

Les puits de Temacin ont un débit variable de 0¹,25 par seconde (Aïn Lalla Fatima), à 12 litres par seconde (Aïn Feradji); leur température varie de 24°,33 à 25°; leur profondeur est de 33 à 58 mètres.

A Blidet-Amar, les puits artésiens sont peu profonds et ne dépassent pas 25 mètres; leur température varie de 22° à 24°,53; leur débit de 1 litre à 6¹,40 par seconde.

A Bardad, le sondage exécuté par M. le lieutenant Zickel est parvenu à la profondeur de 91m,58 après avoir traversé une épaisse couche de sables rouges, mouvants, qui remontent sans cesse dans la colonne de retenue. C'est le soudage qui a offert jusqu'à ce jour le plus de difficultés, à cause de la présence de ces sables qui, parfois, retiennent les outils prisonniers pendant plus ou moins longtemps; il témoigne de l'habileté pratique que M. Zickel a su acquérir en peu de mois. Une source ascendante a été trouvée à 14",74 du sol, dans des gypses mêlés de sables quartzeux; le niveau s'est relevé petit à petit avec l'approfondissement du trou de sonde au milieu des sables rouges. A 56 mètres de profondeur la source a pu couler au dehors avec un débit de 6 litres par minute; ce débit s'est élevé jusqu'à 50 litres par minute à 74m, 12 de fond; mais depuis il a diminué parce que la colonne de retenue a dépassé le niveau de la nappe. L'eau de cette source est légèrement saumâtre, ce qui arrive du reste à plusieurs des sources artésiennes de l'Oued Rhir. Il y a lieu de continuer le sondage de Bardad jusqu'au-dessous des sables rouges, après lesquels on peut espérer de trouver d'autres nappes jaillissantes.

De Bardad à Ouargla, il existe dans le terrain saharien une grande dépression, sorte de vallée sèche, marchant du N.N.E. au S.S.O., et longée à l'ouest par la corniche d'un haut plateau qui domine d'environ 80 mètres le fond de cette dépression. Cette corniche est découpée par les vallées de l'oued Metlili, de l'oued Mzab, de l'oued en Neça et de l'oued Zegrir qui viennent du Mzab, en coulant du N.O. au S.E.

A partir de Temacin et de Bardad jusqu'au delà d'Ouargla, les couches sahariennes plongent faiblement au S.E., comme le relief du sol, et se redressent, par conséquent, sous un angle très-faible, contre le plateau central des Beni Mzah, plateau qui est fort loin de Guerrara. Pour constater les allures des couches, on n'a d'autre point de comparaison dans ces immenses régions plates que le relief extérieur du sol, relief auquel les couches sont généralement parallèles. Cela démontre qu'entre Temacin et Ouargla les nappes aquifères souterraines plongent du N.N.O. au S.S.E., comme le relief extérieur du sol et comme les grandes artères qui le découpent. Dès lors il en résulte deux directions principales dans lesquelles la recherche des nappes jaillissantes présente des chances de succès: 1° les vallées principales qui descendent du massif central des Beni Mzab, parallèlement au sens général dans lequel coulent les nappes souterraines; 2º les dépressions naturelles transversales à cette direction et résultant d'une profonde érosion du sol. La dépression la plus remarquable est celle qui existe entre Bardad et Ouargla, et qui se prolonge bien loin au S.S.O. d'Ouargla en formant ce que les Arabes appellent l'oued Mia (la rivière aux cent bras). On sait que des puits jaillissants existent dans le nord de cette dépression à Temacin, Blidet-Amar, Goug, Bardad. Dans la partie centrale il y en a de nombreux dans les belles oasis de Negoussa, d'Ouargla et de ses annexes. Voici les principales observations faites sur ces derniers puits:

		PROFON- DEUR.	par seconde.	TEMPÉRA-	Observations.
		mètres.	litres.	degrés.	
	Ain Zerga	43,00	1,20	24,20	
	Ain Tarmount	32,00	2,68	24,00	13.77
general live	Aïn Tasedda	39,20	1,70	24,00	
Negoussa	Ain Djama	28,00	0,75	23,80	- 11
	Aïn Todro	33,55	1,80	24,00	
	(Aïn Gallousen	24,00	très-faible	23,50	(a)
	/ Ain mta Hahouchet	38,80	0,20	23,80	1
	Aïn Matri	19	n	21,80	(b)
	Aïn Adjerrad	29,10	0,20	22,80	
Ouerala	Aïn el Hamiz	D	2,00	24,00	
Ouargla	Ain Kerkendi	49,00	1,24	24,66	
	Aïn Baioub	31,20	1,25	23,80	
	Ain Akhibouka	32,80	1,75	25,00	
	\ Aïn Manseur	42,40	6.50	24,00	
AUTO-ALL TOTAL	Ain Hadjeja Kebira	31,10	10,40	21,50	
Oasis d'Hadjeja	Ain Hadjeja Serira	34,90	7,94	24,66	
Onsis u manjeja	Aïn ben Azoun	27,80	2,00	24,66	
Indiana i	Aïn el Beida	25,20	2,00	23,80	199
Oasis de Chott.	Ain Ameur	26,70	3,14	25,33	
Ousid at Chieff	Aïn Jacoub.	32,00	6,00	25,40	

On voit par le tableau qui précède qu'il y a à Ouargla des puits jaillissants assez beaux dont le débit peut s'élever à 6¹,50 et même 10¹,40 par seconde.

Je ne doute pas qu'on ne puisse obtenir à Ouargla et à Negoussa, au moyen de la sonde, sous les points de vue pratique et politique, des résultats presque aussi remarquables que ceux obtenus par M. le général Desvaux dans l'oued Rhir.

La dépression longitudinale comprise entre Bardad et Ouargla peut être jalonnée de puits artésiens dans presque toute son étendue, et l'on trouverait partout d'excellentes terres de culture pour utiliser ces eaux; je citerai notamment le point nommé Rfif, à l'extrême frontière de la province de Constantine. Cela résulte de l'allure des couches sahariennes artésiennes le long de cette dépression, et, surtout du côté N. O., en remontant vers le massif du

Mzab. Cette ligne artésienne se prolonge très-loin au S. S. O. d'Ouargla; la nappe artésienne plongeant vers le S. E., il est probable qu'en marchant dans cette direction à partir d'Ouargla, on obtiendrait aussi des eaux jaillissantes, ce qui permettrait de jalonner par des sources la longue route d'Ouargla à Rdhamès qui traverse un pays complétement dénué d'eau pendant vingt jours environ de marche. Si l'on installait jamais un atelier de forage à Ouargla, il serait facile d'éclairer cette question en s'écartant progressivement d'Ouargla vers le S. S. E., et se plaçant autant que possible dans des dépressions naturelles du sol.

De Bardad à Ouargla, j'avais été accompagné par M. le lieutenant d'artillerie Zickel, qui a été pour moi un camarade dévoué et plein d'entrain. Sa connaissance parfaite des lieux a été très-utile à notre petite caravane pendant une violente tourmente de siroco qui nous avait assaillis entre Bardad et el Hadjira. A Ouargla, j'ai trouvé M. le lieutenant Cajard, que M. le général Jusuf avait envoyé à ma rencontre avec une escorte de spahis, pour me protéger dans le sud de la province d'Alger.

Je suis arrivé à Guerrara le 30 avril, après avoir traversé constamment, pendant quatre jours de marche, du terrain saharien formé de sables plus ou moins agglutinés avec concrétions siliceuses ou calcaires. Ces dernières, parfois, prennent un assez grand développement et donnent lieu à des couches étendues à la surface du sol. Le premier jour on campe à Negoussa, où l'on trouve de Beau; le deuxième jour, on campe sur les bords de l'oued Mzab sans eau; le troisième jour, on campe sur les bords de l'Oued en Neça, sans eau; le quatrième jour, on arrive dans la soirée à Guerrara.

Le terrain s'élève constamment de Negoussa vers Guerrara, et l'on ne traverse qu'un plateau aride, presque sans végétation, profondément découpé par les cours de l'oued Mzab, de l'oued æn Neça et de l'oued Zegrir. Je l'ai dit

plus haut, ces trois vallées sont des lignes suivant lesquelles des puits artésiens présentent des chances de succès, en se plaçant dans les plaines alluviennes qu'elles encaissent. Ces puits, si l'on en juge par les puits artésiens de Temacin, Bardad, Ouargla et Negoussa, ne sauraient avoir une très-grande profondeur, à cause des allures du terrain saharien; on peut admettre que les puits nouveaux dont je parle ne dépasseront pas 160 à 180 mètres de profondeur.

Pour agir avec plus de chances de succès, il est incontestable qu'il vaudrait mieux partir d'un point pour lequel le résultat n'est pas douteux, c'est-à-dire d'Ouargla et de Negoussa; de là, on remonterait les vallées de l'oued Mzab, de l'oued en Neça et de l'oued Zegrir, en marchant vers le plateau central des Beni Mzab. On jalonnerait d'abord de puits artésiens la route de Negoussa à Guerrara, route qui est très-fréquentée par les commerçants, et qui est san eau, ainsi que je l'ai dejà dit. Le premier puits de cette route se ferait dans la vallée de l'oued Mzab, sur le plateau alluvien longeant la rive gauche de la rivière, au point où la route quitte définitivement la vallée pour monter sur le plateau compris entre l'Oued Mzab et l'Oued en Neça. Le deuxième puits pourrait se faire sur la rive gauche de l'Oued en Neça, à la troisième étape; on profiterait d'un puits assez profond, creusé par les Mozabites, sur l'ordre de M. le colonel Marguerite, alors qu'il était commandant supérieur du cercle de Laghouat, et qui a été abandonné, avant d'être arrivé à l'eau, à cause de la rencontre de bancs de sables ébouleux. Les autres puits artésiens se feraient dans la dépression de Guerrara, dans la partie couverte par les grandes inondations de l'Oued Zegrir, et serviraient à l'irrigation des cultures de cette oasis; on pourrait commencer par le point désigné sous le nom de Foussa Berrania.

Le plateau saharien qui s'étend au N. N. O. de Guerrara, en se relevant toujours doucement, est profondément découpé par la vaste dépression dans laquelle coulent l'oued Zegrir et son affluent oriental l'oued Seder. Les cultures de Guerrara sont arrosées au moyen de puits ordinaires creusés par les Mozabites, au milieu des grès et sables sahariens du fond de cette dépression, à des profondeurs qui varient de 15 à 38 mètres. Ces puits sont alimentés par les eaux d'infiltration qui viennent soit des alluvions de l'oued Zegrir, soit du terrain saharien luimême. Le niveau de l'eau au-dessous du sol et la température disserent souvent d'une manière très-notable d'un puits à un autre puits voisin et portant de la même altitude; ce ne sont donc pas des nappes ascendantes qui alimentent les puits de Guerrara. Ce sont des puits ordinaires, semblables aux puits ordinaires non ascendants que j'ai en l'occasion d'observer sur plusieurs points, dans mon voyage à travers l'oued Rhir et jusqu'à Ouargla; seulement la température des puits de Guerrara est généralement plus élevée parce que l'eau vient d'une plus grande profondeur. L'eau s'y tient au-dessous du sol à un niveau variable de 8 à 25 mètres.

VOYAGE DANS LES BASSINS

En raison de l'allure des couches sahariennes tout autour de Guerrara, et à une très-grande distance de ce point, il me paraît probable que les puits artésiens réussiront dans cette oasis. Je suis monté à 10 kilomètres N. de Guerrara, sur un kef élevé de la haute corniche qui longe la dépression de l'oued Zegrir. Partout je n'ai aperçu autour de moi que de longues terrasses planes, attestant d'une manière irrécusable la prolongation du terrain saharien avec ses caractères constants, aussi loin que la vue peut s'étendre dans un terrain qui n'offre à l'œil aucune aspérité, aucun objet capable de gêner le rayon visuel.

Je ferai remarquer que le calcaire d'eau douce saharien avec hélix, planorbes et autres petits gastéropodes, qui vivent actuellement dans les sources jaillissantes de l'oued Rhir est très-développé autour de Guerrara. Ce calcaire présente parfois un aspect physique tout particulier : il est blanc cristallin, à grains très-fins, ou très-compacte. Il constitue parfois des couches régulières peu épaisses, exploitées par les Mozabites pour faire de grandes dalles avec lesquelles ils construisent des bassins où ils recoivent l'eau tirée des puits. Ordinairement le calcaire d'eau douce du Sahara, caractérisé souvent par la présence de nombreuses petites paludines, présente un autre aspect: il est gris cendré, ou noirâtre et bitumineux, à tissu très-compacte, à surface extérieure rugueuse et revêtue d'une espèce de vernis. La manière d'être toute dissérente, qu'il montre à Guerrara, peut induire en erreur au premier abord sur l'âge de ce calcaire, et le faire supposer plus ancien qu'il ne l'est réellement; mais les fossiles d'eau douce que j'y ai recueillis m'ont permis de le rattacher d'une manière incontestable au terrain saliarien.

Les calcaires tabulaires de Guerrara forment, tout près de l'oasis, une grande lentille enclavée dans les sables rouges, et sont supérieurs aux grès et sables sahariens qu'on a traversés dans les puits de Guerrara.

DEUXIÈME PARTIE.

ITINÉRAIRE DE GUERRARA A ALGER.

l'ai quitté Guerrara le 5 mai, pour me rendre à Gardaïa, ville principale des Beni Mzab. Le terrain saharien de Guerrara se poursuit avec les mêmes caractères jusque sur les bords de l'oued en Neca, auprès du kef Rakma.

Mais là le terrain change de nature. La berge gauche de la vallée est coupée à pic sur 6 à 7 mètres de hauteur, à partir de la crète, et se raccorde avec la petite plaine alluvienne de l'oued en Neça, qui se trouve à 50 mètres environ en contre-bas, par un talus incliné à 30°. Elle se compose à la partie supérieure des couches de calcaire

blanc, tantôt cristallin à grains fins, tantôt compacte avec petites parties vitreuses; il a alors l'aspect du calcaire d'eau douce; on y trouve des concrétions siliceuses opalines et des nids de grès quartzeux rougeâtre. A la partie inférieure de la berge, le caldaire est écailleux et se mélange de sables jaunes quartzeux qui sont très-abondants sur le talus; certains bancs présentent une pâte blanche terreuse au milien de laquelle il y a de nombreuses concrétions un peu rougeâtres, avec quelques grains de quartz vitreux. Il me paraît incontestable que ce calcaire blanc est bien un élément du terrain saharien, et qu'il remplace sur la rive gauche de l'oued en Neça le gypse que nous avons vu former des couches épaisses et régulières dans la province de Constantine. Mais sur la rive droite de la rivière, il est remplacé lui-même par du calcaire dolomitique blanc grisâtre, saccharoïde, plus ancien d'âge et appartenant probablement au terrain nummulitique antepyrénéen de M. Élie de Beaumont. Ce calcaire dolomitique constitue d'une manière générale le terrain auquel on a donné le nom de Chebkha (réseau, filet).

Le pays des Beni Mzab n'est pas une protubérance montagneuse, c'est un plateau régulier qui s'élève d'une manière uniforme depuis la rive droite de l'oued en Neça, jusqu'auprès de la Dayat de Tilremt, à une journée de marche au sud de Laghouat. Ce plateau est formé, comme le terrain saharien, de couches régulières, parallèles en général au relief extérieur du sol, et plongeant comme lui du N.O. au S.E. Il est découpé par de grandes vallées fortement encaissées, dirigées à peu près suivant la ligne de plus grande pente des couches, c'est-à-dire du N.O. au S.E., et allant se jeter a peu près parallèlement les unes aux autres dans la grande dépression qui va d'Ouargla à Tougourt. Les principales vallées sont: l'oued Zegrir, l'oued en Neça, l'oued Mzab et l'oued Metlili. C'est dans le fond de ces vallées que se cachent les oasis de Guerrara, Berè

rian, Gardeïa et ses annexes Melika, Bou, Noura, Beni Isguen, el Ateuf et l'oasis de Metlili dans la province d'Orao.

A l'exception de Guerrara qui est dans le terrain saharien, toutes les autres oasis sont enclavées dans la
Chebkha qui s'étend au S.O., à l'O. et au N, bien au delà
du pays occupé par les Beni Mzab. Ce terrain de Chebkha
est très-fatigant pour les chevaux, parce qu'il se compose,
à la surface, presque uniquement, de calcaire cristallin trèsdur, blanc grisâtre à l'intérieur, jaunâtre à l'extérieur,
ordinairement dolomitique. On y trouve enclavées des
couches d'argile de diverses nuances et des lentilles de
gypse. Ce dernier est mélangé au calcaire et constitue une
roche appelée par les Mozabites: Kaddan, à l'état cru, et
Tinchemet, à l'état cuit; c'est le Tinchemet qui sert à faire
le mortier soit pour la construction des maisons, soit pour
les magnifiques barrages sur lesquels repose en grande
partie l'existence des oasis.

En outre de ces barrages il y a de nombreux puits dont la profondeur, très-variable d'un point à un autre, s'élève jusqu'à 71 mètres. Ces puits ne sont alimentés que par des infiltrations qui suintent le long des parois. Lorsque les pluies sont abondantes dans les Beni Mzab, le niveau de l'eau s'élève dans les puits à mesure que les infiltrations venues de la surface pénètrent plus profondément dans le sein de la terre à travers les interstices des couches, et l'alimentation se trouve ainsi assurée pour longtemps. Mais ce ne sont point des sources ascendantes ni jaillissantes qui déterminent l'élévation du niveau de l'eau; celle-ci, au lieu de memonter à partir du fond du puits, tombe au contraire de haut en bas, le long des parois. Ordinairement l'eau suinte à la séparation des couches d'argile bleue ou jaune qui sont intercalées entre des couches de calcaire tantôt blanc et cristallin, tantôt jaunâtre, un peu argileux et à tissu compacte. Ce calcaire renferme des coquilles marines

dont on ne retrouve que l'empreinte; nous y avons recueilli une nérinée.

Il se peut qu'en dessous des couches les plus profondes traversées par les puits ordinaires, on trouve des nappes souterraines ascendantes, sinon jaillissantes; cela résulte de ce que le plateau des Beni Mzab se relève d'une manière continue et régulière depuis l'oued en Neça jusqu'à Tilremt, et de ce que les couches sont inclinées comme ce plateau. Ainsi la tête des eaux souterraines se trouvant auprès de Tilremt, rien n'empêche qu'elles remontent dans un trou de sonde que l'on creuserait en un point quelconque des Beni Mzab; seulement plus l'altitude du point choisi sera considérable, moins on aura de chances de voir l'eau arriver jusqu'au niveau du sol. Les points les plus bas sont donc ceux qui offrent, à priori, le plus de chances de succès, et l'on voit dès lors qu'il faut se placer dans les dépressions formées par les vallées. C'est du reste œ qu'il convient de faire dans l'intérêt des oasis, puisque celles-ci sont toutes dans le fond des vallées.

D'après ces considérations générales, il est facile de voir quels sont les points du pays des Beni Mzab où les puits artésiens offrent le plus de chances de succès. En premier lieu je placerai l'oasis de Guerrara, parce que c'est le point le plus bas; en deuxième lieu, celles de Gardeïa et ses annexes; en troisième lieu, celle de Berrian.

Pour Guerrara, le premier sondage devrait être exécuté au confluent de l'oued Zegrir et de l'oued Seguiet el Ain, où se trouvent d'excellentes terres pour la culture des céréales. L'oued Seguiet el Ain doit son nom à une ancienne source qui émergeait dans le lit du ravin, à 1.000 mètres environ au S.O. du village de Guerrara. Cette source a été bouchée à dessein par les Mozabites, pour l'empêcher de servir aux Arabes qui, quelquefois, venaient attaquer l'Oasis. Je n'ai pu savoir si le mot Ain s'appliquait à un puits artésien artificiel, creusé autrefois par les indigènes, ou bien à

une source naturelle; toutesois la configuration du sol me donne lieu de penser que c'était une source naturelle. Quoi qu'il en soit, l'existence de cette ancienne source m'a été révélée par plusieurs personnes, et en dernier lieu, par le Card de Guerrara, qui n'en a parlé que lorsque le secret a été divulgué.

La distance de Guerrara à Gardeïa ne peut être franchie qu'en deux journées de marche sans eau. Un sondage pourrait être exécuté avec quelques chances de succès sur la rive gauche de l'Oued-En-Neça, au point où cette rivière est coupée par la route : ce point correspond, en effet, à l'affleurement le plus bas du terrain de la Chebkha. La distance de Guerrara à Berrian ne peut être franchie en un jour, et la route est sans eau; un puits artésien pourrait être entrepris également avec quelques chances de succès au point où la route coupe l'Oued-En-Neça. Si ces deux puits ne donnaient pas de l'eau jaillissante, ils donneraient très-probablement de l'eau ascendante de bonne qualité, ce qui serait toujours très-heureux, soit pour les caravanes, soit pour les colonnes françaises allant de Laghouat à Ouargla.

De Gardeïa je me suis rendu directement à Metlili, pour examiner dans cette direction les allures du terrain de la Chebkha, et je suis rentré à Gardeïa en passant par Ras-Retem, point situé à 18 kilomètres Ouest de Gardeïa. J'ai vu dans ces courses que le calcaire cristallin constituant le terrain de la Chebkha se prolonge au S. et à l'O. de Metlili, et à l'O. de Gardeïa, aussi loin que la vue peut s'étendre dans un pays tout à fait plat, et où l'horizon se prolonge pour ainsi dire indéfiniment. J'ai reconnu en même temps que le plateau de la Chebkha se relève à l'O. de Gardeïa.

J'ai eu l'occasion de constater en plusieurs points des Beni Mzab, à Berrian, à Bou Noura et à Metlili, suivant une ligne dirigée N.S., l'existence d'un bruit souterrain Tome VII, 1865. qui est tout à fait comparable au bruit d'un torrent roulant sur des rochers. Les Mozabites l'attribuent à la présence d'un cours d'eau qui coulerait à travers les cavernes du calcaire dolomitique. Cette opinion me paraît très-rationnelle, car il existe dans ces calcaires de grandes fentes dans lesquelles les eaux de pluies peuvent s'engouffrer.

Il pleut ordinairement tous les ans dans les Beni Mzab; seulement la quantité d'eau qui tombe varie beaucoup d'une année à l'autre et n'est pas concentrée dans une saison très-courte et constante, comme dans le Tell. Les grandes inondations, qui sont un bienfait inappréciable pour les Oasis, n'arrivent parfois qu'après un intervalle de trois ans. De solides barrages en maçonnerie, construits avec beaucoup d'art, retiennent la plus grande partie de ces eaux et la font séjourner dans les plantations au moyen de nombreuses conduites habilement distribuées. Quand les pluies ne sont pas suffisantes pour produire des crues, elles contribuent cependant à l'alimentation des puits dont elles élèvent le niveau d'eau. Beaucoup de puits creusés à grands frais, sont aujourd'hui abandonnés avec les terres qu'ils arrosaient, parce que les récoltes n'étaient pas suffisantes pour rémunérer les travaux. Il est incontestable qu'on rendrait de grands services dans toutes les Oasis si les puits artésiens pouvaient réussir à peu de frais. Les Mozabites sont très-laborieux; un grand nombre émigre dans nos villes européennes pour amasser un petit pécule. Rentrés chez eux, les Mozabites consacrent leur avoir à acheter des terres et à faire de la culture pour laquelle ils ont un goût tout particulier. Leurs travaux d'irrigations sont trèsremarquables, et il a fallu à cette race une grande force de caractère et une intelligence agricole des plus prononcées, pour créer de belles Oasis au milieu de l'assreux pays qu'elle a choisi pour se mettre à l'abri des déprédations des Nomades.

Dans la première partie de ce travail, j'ai évalué à 160

mètres environ la profondeur des puits artésiens à creuser dans l'Oasis de Guerrara. On doit compter sur une profondeur au moins égale pour les puits artésiens des autres Oasis; et, pour ne pas se trouver pris au dépourvu, il conviendrait de commencer les travaux avec un appareil de forage qui permît d'aller à 200 mètres du premier coup. Dans la plupart de ces Oasis, on pourrait installer l'appareil de forage sur un puits ordinaire abandonné, afin de profiter de la profondeur de ce puits pour diminuer le travail du forage.

De Berrian je suis rentré à Laghouat, en suivant la route parcourue par les colonnes qui vont de Laghouat dans le Beni Mzab. Dans ce trajet, que j'ai fait en trois jours, j'ai reconnu deux points où la recherche des eaux potables, par des puits ordinaires, présente des chances de succès: 1° sur les bords de l'Oued Seltafa; 2° dans la Dayat de Tilremt.

Dans l'Oued Seltafa on n'a fait encore aucun travail de ce genre. Des puits de 50 mètres environ de profondeur pourraient donner de l'eau potable de bonne qualité, comme celle des puits des Beni Mzab; ils seraient comparables à tous ceux qui alimentent les Oasis des Beni Mzab, puits dont la profondeur varie de 20 à 71 mètres, et qui sont exécutés par les Mozabites eux-mêmes.

A Tilrent, M. le colonel Marguerite a fait commencer un puits qui a atteint 48 mètres de profondeur sans donner de l'eau. Ce puits a pénétré dans le calcaire dolomitique cristallin, blanc, un peu grisâtre, qui constitue généralement le plateau rocheux des Beni Mzab; mais il n'est pas encore parvenu dans les couches d'argile qui fournissent l'eau dans les puits alimentant les Oasis. Cela vient de ce que la Dayat de Tilremt est beaucoup moins encaissée que l'Oued Seltafa, au milieu du plateau rocheux. Je pense qu'en approfondissant le puits de Tilremt de 50 mètres environ, on arriverait à l'argile aquifère et qu'on aurait alors de l'eau. Quelque hardi que paraisse ce travail, il

n'est pas au-dessus des moyens des Mozabites qui, à Melika, ont creusé un puits de 71 mètres de profondeur; au dire du Card, les puisatiers de Melika auraient poussé jusqu'à 100 mètres de profondeur, dans l'espoir d'avoir de l'eau jaillissante, s'ils n'avaient été arrêtés par les eaux d'infiltration.

Le puits de Tilremt n'ayant pas donné de l'eau, M. le colonel Marguerite a fait creuser dans le centre de la Dayat une magnifique citerne, dont le réservoir, en bonne maçonnerie, a 6 mètres environ de large, 30 mètres de long, et contenait 5 mètres de hauteur d'eau au moment de mon passage, le 17 mai 1861, à la suite des pluies abondantes tombées depuis peu. Cette citerne ne conserve pas de l'eau toute l'année quand les pluies ont été peu abondantes; aussi serait-il utile d'achever le puits pour remédier à cet inconvénient.

De Tilremt à Laghouat le terrain saharien se présente avec les mêmes caractères que dans l'Oued Rhir.

Entre Laghouat et Beughezoul la route carrossable traverse un terrain qui forme la transition entre le Sahara, proprement dit, et le massif montagneux du Tell, et qui a été désigné par diverses personnes sous le nom de région des steppes. Cette région se compose d'une série de plaines sa hariennes séparées les unes des autres par des chaînes de montagnes appartenant généralement au terrain crétacé. Le massif montagneux le plus élevé de cette région mixte est celui du Djebel Sahari, d'où les eaux s'écoulent, au Nord vers le bassin fermé des Zahrez, et au Sud vers l'Oued Djeddi, affluent du Chott Melrhir, autre bassin fermé du Sahara oriental.

L'Oued Malah, qui descend de Djelfa, est l'affluent le plus considérable du Zahrez Rharbi; je l'ai suivi jusqu'à sa perte au delà des dunes d'El Mesran, dans la plaine qui entoure le Chott. J'ai visité en passant le barrage construit sur l'Oued Malah, par les soins de M. le colone Marguerite, à 2 kilomètres environ en aval du rocher de sel. Ce barrage, qui a 16 mètres de large au faîte sur 30 mètres de long, a été établi au commencement de l'étranglement présenté par le lit ancien de la rivière; il est construit en terre et maintenu par des fascines et des piquets; il a résisté jusqu'ici aux crues de l'Oued Malah, et pas une goutte d'eau ne s'échappe à l'aval du barrage. Toute l'eau est déviée sur la rive gauche, parce que la pente naturelle du sol l'amenait de ce côté. Une jetée de plusieurs centaines de mètres de longueur conduit les eaux dans les cultures de céréales faites par les Arabes.

Un très-beau bois de Tamarix couvre les terrains dans lesquels l'Oued Malah finit par s'évanouir complétement. Au delà vient une magnifique plaine alluvienne, couverte en ce moment de pâturages, sans eau et dans laquelle un puits artésien me paraît offrir de grandes chances de succès.

Les bassins' des deux Zahrez sont, en effet, la continuation géologique du bassin du Hodna, dans la province de Constantine, et l'on sait que M. le général Desvaux fait creuser avec succès des puits artésiens dans le Hodna. Du reste, dans un rapport antérieur j'ai signalé l'existence d'une source d'eau douce au milieu de la nappe de sel du Zahrez Rharbi, et je me suis basé sur ce fait pour démontrer la possibilité d'obtenir des sources jaillissantes d'eau douce autour du bassin des Zahrez. J'ai voulu pendant ce voyage déterminer rigoureusement l'emplacement d'un sondagé sur les bords du Zahrez Rharbi. Il conviendrait de se placer dans la plaine alluvienne située au Nord du bois de

^(*) Les sables qui forment ces dunes sont en place et ont été exondés lors du retrait de la mer Saharienne. Le vent ne fait que modifier légèrement le relief extérieur de la surface, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, sans que la masse générale change d'assiette. La plupart des dones du Sahara, entre Biskra et Ouargla, résentent le même caractère.

tamarix de l'Oued Malah, à proximité de la rive gauche de l'Oued Ferekh (*).

Entre le caravansérail de Guelt-es-Settel et celui d'Ain Ousserah se trouve le poste-café de Bou Cedraïa, situé sur la rive droite d'une dépression dirigée du S.O. au N.E., et encaissée d'une dizaine de mètres dans le plateau saharien qui la renferme. En raison de l'étendue du bassin hydrographique de l'Oued Bou Cedraïa, en amont du poste-café et de la pente des couches sahariennes du Sud au Nord, un sondage de 100 mètres de profondeur donnerait trèsprobablement, auprès du poste, de l'eau ascendante, sinon jaillissante, de bonne qualité.

L'Oued Bou Cedraïa est un des affluents de l'Oued Ousserah, qui va se perdre dans le bassin saharien du haut Chelif et de ses affluents, en passant au pied du caravansérail d'Aïn Ousserah à travers une large coupure faite dans le terrain secondaire. Le terrain saharien, qui a comblé en partie cette coupure et qui se prolonge au N. jusqu'à Chabouniah, en passant par El Krechem, présente les mêmes caractères que dans l'Oued Rhir: ce sont des sables quartzeux jaunes plus ou moins endurcis, passant parfois à l'état de grès concrétionnés rougeâtres ou jaunâtres; parfois les sables sont un peu argileux et mélangés d'un grand nombre de cristaux épars de gypse coloré en jaune de miel. Le terrain a subi, comme dans l'Oued Rhir, des dénudations paral·lèles au plan général des couches, et, comme la pente des couches est ici presque nulle, il en résulte des dépressions sol plat le plus souvent fermées, et qui ont donné lieu

sol plat le plus souvent fermées, et qui ont donné lieu aux diverses Dayats comprises entre le poste d'El Krechem et Bou Ghezoul. Le poste-café d'El Krechem est situé sur ta route d'Alger, à mi-chemin entre le caravansérail de Bou Ghezoul et celui d'Aïn Ousserah, au pied d'une haute colline qui se relie au plateau supérieur d'Aïn Ousserah, dont elle est un témoin allongé.

En examinant l'escarpement formé par la colline d'El Krechem on reconnaît qu'il ressemble beaucoup à ceux des corniches de Guerrara et de Ouargla. Le grès jaunâtre y est très-abondant, seulement il est généralement plus agglutiné ici que dans le Sahara; quelquefois il est friable et se mélange de concrétions de calcaire jaune-rougeâtre ou blanchâtre, avec grains de quartz; le gypse se retrouve également par place, mais toujours à l'état farineux. Parfois le grès saharien renferme des galets de calcaire secondaire. La partie supérieure de la colline se compose d'une carapace calcaire d'un blanc-brunâtre. A la base de l'escarpement il y a un banc épais de 5 à 6 mètres de marnes vertes ou grises, avec veinules et cristaux de gypse; elles forment une lentille qui, sur le flanc S.O. de la colline, se perd au milieu des marnes jaunes avec cailloux roulés. Il me paraît très-probable qu'un puits artésien que l'on creuserait au pied de la colline d'El Krechem, sur le bord de la route carrossable, tout à côté des Redirs, serait dans de bonnes conditions pour donner de l'eau ascendante de bonne qualité, sinon jaillissante.

Je me suis rendu directement d'El Krechem à Chabouniah. J'ai traversé un terrain plat ayant subi des érosions peu prononcées, parallèles au plan général des couches, et qui donnent lieu à des dayats et à des corniches où l'on remarque souvent la physionomie des terrains de l'Oued Rhir. On arrive à Chabouniah en montant toujours, mais faiblement, et en restant dans les couches qui affleurent au pied de la colline d'El Krechem. Comme le plateau supérieur d'El Krechem s'élève à 44 mètres au dessus du niveau des redirs, et que la couche qui renferme ces redirs se prolonge jusqu'à Chabouniah, où elle est supérieure d'en-

^(*) Depuis la rédaction de ce travail, j'ai été autorisé à faire un sondage près du débouché de l'Oued-Malah dans le Zahrez Rharbi, et j'ai obtenu, conformément à mes prévisions, à une profondeur de 78 mètres, une source jaillissante débitant 13 litres 58 par seconde, à 21°; c'est cette source qui a reçu le nom d'Aîn Malakofi.

viron 73 mètres à la grande couche de marne grise traversée dans le sondage, on voit que l'épaisseur totale du terrain saharien du bassin du haut Chelif est d'environ 117 mètres. En dessous vient la grande couche de marne pure, grise ou bleu-verdâtre des sondages de Chabouniah et de Sbiteïa. A Chabounia, cette couche, qui a commencé à 73^m,18 de profondeur, renferme: Leda subnicobarica; Pinna cristellaria, cassis, tornatella; il y a en outre des nummulines, fossiles marins caractéristiques du terrain pliocène, d'après M. Deshayes.

Ainsi le bassin du haut Chelif présente une grande analogie de composition avec celui du Hodna, où plusieurs puits artésiens ont déjà réussi. A la surface se trouve un manteau général de terrain saharien qui cache aux yeux le terrain pliocène marin dans lequel tous les sondages ont pénétré. Comme à Chabouniah et à Sbiteïa les terrains sahariens et pliocènes avaient fourni des nappes ascendantes de bonne qualité pour la boisson, la possibilité du succès était indiquée pour Chabouniah, si on allait assez profondément. Ce sondage avait été suspendu le 10 mai 1861 à 304^{m} ,24, faute de tubes de retenue. Il y avait donc lieu de continuer le sondage aussi loin que le permettraient les ressources budgétaires (*).

De Chabouniah à Alger j'ai rapidement traversé les montagnes secondaires du Tell et la plaine de la Metidja qui, je le répète en finissant, présente les mêmes phénomènes hydrologiques que l'Oued Rhir.

NOTICE

SUR LES SOURCES MINERALES DE LA PROVINCE D'ALGER.

[Par M. VILLE, ingénieur en chef des mines.

La Province d'Alger est riche en eaux minérales de diverses natures, ainsi que le démontre la nomenclature jointe à ce rapport. Nous allons les passer en revue, en donnant sur chacune d'elles tous les détails que le service des mines a pu réunir.

Conformément à la classification suivie par le Docteur Anglada, dans son traité des eaux minérales des Pyrénées orientales, nous établirons, parmi les eaux minérales de la province d'Alger, les groupes suivants:

1° Eaux thermales simples, comprenant les eaux dont la composition générale est celle des eaux potables ordinaires, et qui ne se distinguent de ces dernières que par leur température élevée;

- 2º Eaux minérales sulfureuses;
- 3º Eaux minérales ferrugineuses;
- 4º Eaux minérales salines.

§ I. — EAUX THERMALES SIMPLES.

1º Sources thermales des environs de Djelfa.

À 1.000 mètres environ en aval du moulin de Djelfa, vient se jeter, sur la rive droite de l'Oued Malah, un ravin sur les bords duquel émergent plusieurs sources thermales concentrées dans un espace de 5 à 6 mètres de longueur. Ces sources sortent à travers les fissures des grès crétacés;

^(*) Le sondage de Chabouniah a été arrêté à 380^m.18 dans les marnes grises pliocènes, après avoir rencontré, à 325^m.88, une couche de sables gris jaunâtres de 2 mètres d'épaisseur, qui n'ont donné lieu à aucun mouvement d'eau dans la colonne ascensionnelle. En raison de l'incertitude du résultat et des dépenses considérables qu'il était nécessaire de faire pour approfondir le sondage au delà de 380 mètres, j'ai proposé l'abandon du sondage de Chabouniah, et j'ai obtenu, en même temps, l'autorisation de faire le sondage de l'Oued-Malah, sur les bords du Zahrez Bharbi, sondage qui a parfaitement réussi et a donné l'Ain Malakoff.

elles n'ont ni saveur ni odeur particulière; elles débitent 1 à 2 litres environ par seconde, et servent à l'irrigation des terres. Leur température est de 29°.

2° Source thermale d'Ain-Djerob, située à 5 kilomètres N.E. du Ksar-Zerguin.

Cette source dont la température est de 27°, débite de 7 à 8 litres environ par seconde d'une eau limpide, un peu fade, surtout en raison de sa température élevée. Elle nourrit de nombreuses mélanopsides et des néritines; elle a donné lieu à un dépôt de gypse blanc, farineux, mêlé de calcaire terreux et au milieu duquel on voit beaucoup de tiges végétales spathisées, et dont le tissu organique a complétement disparu. Cette source thermale sort du milieu d'un amas de gypse métamorphique qui occupe une longueur de 500 mètres environ.

La composition de l'eau d'Aïn Djerob est indiquée dans le tableau A, analyse n° 1. Cette eau renferme par kilogramme o⁵,6977 de sels divers, parmi lesquels il y a o⁵,3814 de chlorure de sodium. Nul doute que, si elle était convenablement refroidie, elle ne pût constituer une eau potable de bonne qualité.

5° Source thermale d'Ain-Kaddera.

L'Aïn Kaddera est située à 2 kilomètres SO de l'Aïn Zerguin, et à 96 kilomètres de Boghar. L'eau sort à gros bouillons par plusieurs larges fentes que présentent les couches crétacées. L'un des bouillons est à la température de 22°; tous les autres sont à la température de 26°, et comme ils sont beaucoup plus importants que le premier, le cours d'eau conserve la température moyenne de 26°; aussi peut-on considérer l'Aïn Kaddera comme une véritable source thermale. L'eau en est très-bonne à boire et

n'a aucun goût particulier; elle nourrit des mélanopsides et des néritines. Son débit est considérable et s'elève à 60 litres par seconde. La source surgit au fond d'un vaste entonnoir, de 50 mètres environ de diamètre sur 10 mètres de profondeur maximum, entaillé dans des couches dolomitiques dirigées N. 50.º E. magnétique et plongeant au S. 40°. E. m. de 27°. En amont de l'entonnoir, il n'y a pas de ravin; à l'aval, l'Oued Kaddera coupe une petite chaîne dolomitique à travers laquelle il pénètre dans la pleine saharienne de l'Oued Bettin. Des bouquets de palmier ombragent ses deux bouillons principaux. Un dépôt de poudingue saharien de 0°70 d'épaisseur s'observe autour des bouillons de la source.

L'Aïn Kaddera sert à l'irrigation des céréales.

4° Source thermale d'Aïn el Hammam, située à 28 kilomètres N. E. du caravansérail de Guett essettel, au N. du Zahrez-Chergui.

Cette source débite environ 4 litres à la seconde d'une eau limpide, dont le goût est agréable et ne présente rien de particulier. Sa température est peu élevée; elle était de 22° le 30 avril 1858, à 11 heures du matin. La température de l'air extérieur en plein soleil était de 31°. La source sort par deux points d'émergence, à travers les fissures d'un calcaire cristallin, gris-noirâtre, coupé par des veines spathiques blanches, au pied d'un escarpement vertical de 3 mètres de haut. Si l'on monte sur cet escarpement, on voit que c'est une cascade formée par un ravin descendant du N.N.O au S.S.E vers le Zahrez Chergui, et qui traverse, en amont de la source, une succession de grès quartzeux, de marnes grises et de calcaires marneux grisâtres. Un banc de calcaire marneux d'un mètre environ d'épaisseur est criblé de foraminifères de la forme et de la dimension d'une lentille; c'est l'Orbitolina-Lenticulata du terrain néocomien.

eau renferme par kilogramme os, 7780 de sels divers, parmi lesquels dominent les sulfates de chaux et de magnésie.

§ II. - EAUX MINÉRALES SULFUREUSES.

1° Source sulfureuse froide d'Ain Baroud, auprès de Mouzaïa-les-Mines.

En descendant le cours du Bou Rouini, on trouve sur la rive droite de cette rivière, à 4 kilomètres 0. environ du village de Mouzaïa-les-Mines, une petite source sulfureuse froide dont l'odeur se maniseste dans un rayon de 5 à 6 mètres. Cette source est connue des Arabes sous le nom d'Aïn Baroud (source de la poudre), nom qu'elle doit à son odeur. Elle fournit environ 11,50 par minute, soit 01,025 par seconde. Une pièce d'argent qu'on y plonge brunit fortement au hout de quelques minutes d'immersion. Cette source est froide et à la température d'environ 18°; elle laisse sur son lit un dépôt blanc de glairine. Elle sort à travers les fissures d'une couche de calcaire crétacé, gris, compacte, de o^m,50 de puissance, surmonté par des assises successives de marnes grises fissiles et de calcaire qui sont dirigées É. 82° N.m. et plongent au N. 44° O. m. sous un angle de 23°.

A 40 ou 50 mètres au-dessus de la source sulfureuse, il y a un amas de gypse auquel la source d'Aïn Baroud, doit peut-être son caractère sulfureux.

2° Sources thermales de Hammam el Hamé.

Ces sources sont situées à 8 kilomètres environ E.S.E. de la maison de commandement du Caïd des Caïds de l'Ouarenceris, sur les bords de l'Oued el Hammam. Il y a 4 sources sur la rive droite de la rivière et une cinquième sur la rive gauche; elles émergent à travers les argiles

Sur la rive gauche du ravin se trouve un plateau sableux de 400 mètres de long sur 200 mètres de large, couvert de végétation et susceptible d'absorber les eaux de pluies. Ce plateau peut contribuer en partie à l'alimentation de la source, mais il n'est pas assez étendu pour l'alimenter en entier. En esset, en admettant une hauteur annuelle d'eau de pluie de om,50, ce qui est sans doute un maximum, le plateau recevra annuellement 4.0000.000 de litres correspondant à un débit moyen de 11,26 par seconde. On ne peut donc attribuer à cette cause qu'une très-minime partie du débit de la source. L'Aïn el Hammam est due à une cause plus générale; car l'escarpement au pied duquel elle émerge, se prolonge de l'E. m. à l'O. m., sur une longueur de 200 mètres environ; et, sur toute cette ligne, des bouquets de joncs indiquent des sources à peu de profondeur qui sont produites par la même cause que l'Aïn el Hammam, On peut attribuer toutes ces sources aux eaux de pluies qui tombent sur les couches crétacées du revers Sud de la chaîne et sont amenées vers le Sud par suite de la pente générale des couches. L'ondulation qui existe auprès de la maison de commandement, arrête sans doute le cours descendant de la nappe aquifère, et celle-ci se fait jour à travers les fissures que cette ondulation brusque a déterminées dans les roches. On pourrait, par suite du relief du terrain, amener au jour toutes les infiltrations indiquées par les bouquets de joncs; il suffirait de quelques tranchées peu profondes dans un terrain de transport. A l'aval, les terres de culture ne manqueraient pas pour l'établissement d'un petit centre de population : aujourd'hui il n'y a qu'un gardien arabe dans la maison de commandement.

On pourrait établir un centre de population européenne auprès d'Aïn el Hammam. La composition de l'eau d'Aïn el Hammam est indiquée dans le tableau A, analyse n° 2. Cette schisteuses du terrain jurassique. La plus forte d'entre elles débite 4¹,50 environ par seconde; sa température prise au bouillon, est de 42°. Le bureau arabe d'Orléansville a fait construire auprès de cette source une piscine recouverte par une baraque en maçonnerie. 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 quelque 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 maladies cutanées; aussi les Arabes l'appellent bain des lépreux.

Les sources thermales de Hammam el Hamé déposent sur leur lit une matière verdâtre, filamenteuse, très-douce au toucher, qui est sans doute de la glairine.

L'eau de la source de la rive droite a été analysée à Alger au laboratoire du service des Mines. Il est probable qu'elle doit son odeur sulfureuse à une certaine quantité de sulfures terreux, résultant de l'action de matières organiques sur des sulfates terreux; au moment de l'analyse, on n'a pas trouvé de sulfure alcalin ni de sulfate de soude.

La composition de cette eau n'a rien de particulier; elle renferme par kilogramme 2^{sr},4003 de sels divers, parmi lesquels domine le chlorure de sodium. Son analyse est donnée tableau A, colonne n° 3.

5º Sources thermales sulfureuses de Berbuaguia.

A 4 kilomètres S.E. de Berouaguia, sur les bords de l'Oued el Hammam, surgissent des sources thermales sulfureuses, limpides, brunissant une pièce d'argent qu'on y plonge, et déposant de la glairine tantôt blanche, tantôt vert-noirâtre. La blanche est en masse couenneuse, ou en longs filaments blancs; quelques bulles de gaz se dégagent du houillon des sources à de rares intervalles. L'acide carbonique existe dans ces bulles; car l'eau a un goût légèrement acide. Trois sources thermales sortent à peu près au niveau de la rivière et sur sa rive gauche, à travers les fissures et les strates de bancs de grès, dirigés N. 112°E. magnétique et plongeant presque verticalement au N.E.m; leur débit total est d'environ 1 litre par seconde. La plus abondante penètre au sortir du bouillon, dans un bassin naturel, enclavé dans le roc et servant de piscine pour les Arabes; c'est celle dont l'analyse est indiquée dans le tableau A, colonne n° 4. Le bassin a 3 mètres de long sur 2 mètres de large et o^m,50 de profondeur d'eau. La température de l'eau est de 41° sur le bord du bassin. La source la plus voisine, située à 3 mètres en amont, a 35°. On n'a pas pris la température de la troisième source qui est moins importante.

Le ravin dans lequel coulent ces eaux, est très-encaissé et se prêterait difficilement à la construction d'un grand établissement de bains pour les Européens, à moins de faire de grands déblais et de dépenser beaucoup d'argent. Il serait peut-être plus convenable de construire l'habitation des baigneurs sur le plateau qui domine la source, et de ne construire sur place que l'établissement essentiellement médical.

Comme les eaux thermales de Berouaguia sortent du terrain secondaire, elles sont beaucoup plus chargées de matières salines que les eaux sulfureuses des terrains granitiques; elles renferment par kilogramme d'eau, 1⁶⁷,2450 de matières salines, parmi lesquelles il y a 0⁶⁷,4540 de carbonate de soude sans aucune trace de sulfates de chaux et de magnésie. Quoique les eaux soient réellement sulfureuses, l'analyse nº 4 n'indique pas la présence de sulfures alcalins, parce qu'elle a été faite au laboratoire d'Alger, plusieurs mois après que l'eau minérale avait été puisée; le sulfure de Sodium s'était transformé en sulfate de Soude.

4° Source thermale sulfureuse située à 8 kilomètres N. du Ksar Zerguin.

Cette source n'a pas d'écoulement visible au dehors. Son bouillon est situé à 17 mètres environ au-dessous de la surface du sol et l'eau s'écoule souterrainement à travers les fissures de la roche crétacée. On y pénètre par une première excavation à ciel ouvert qui a 10 mètres de diamètre. Le fond de cet entonnoir est ombragé par un bêtoum dont le tronc a om, 40 de diamètre et 8 mètres de haut. C'esi un arbre sacré pour les Arabes, qui suspendent à ses branches de vieux haillons de laine de toutes les couleurs. L'entonnoir (a) (fig. 7. Pl. II), communique avec une première grotte souterraine (b) en forme de couloir incliné, de 10 mètres de long, 5 mètres de hauteur verticale et 3 mètres de large. A la suite vient une seconde grotte (c) de 7 mètres de long, 2 mètres de haut et 1m,50 de large. Au fond se trouve un petit bassin de om, 30 de profondeur, 1m, 50 de long et 1 mètre de large rempli par l'eau thermale. C'est là que se baignent les femmes. Ce bassin communique par une ouverture (d), qui a 1 mètre de haut sur om, 80 de large, avec une troisième grotte souterraine dans la quelle se prolonge le réservoir d'eau thermale. C'est dans cette grotte que se baignent les hommes.

L'air de la grotte (d) a une température de 30°. L'eau thermale a une température de 42°; elle est limpide et manifeste une odeur sulfureuse très-sensible; elle brunit fortement l'argent; son goût est hépathique, il ne s'en dégage pas de gaz. Cette source est très-fréquentée par les Arabes; ils prétendent qu'elle se déverse dans l'Aïn Djerob, et que lorsqu'on jette des brins de paille dans le Hammam, ceux-ci se remontrent au jour au bouillon de l'Aïn Djerob. Nous n'avons pas vérifié ce fait qui, du reste, nous paraît vraisemblable, car l'on monte beaucoup lorsqu'on se rend

de l'Aïn Djerob à l'Aïn el Hammam. La roche dans laquelle sont contenues les diverses grottes de l'Aïn el Hammam est tantôt un calcaire gris, compacte, se divisant en petits fragments irréguliers reliés par une gangue argileuse grise; tantôt c'est une dolomie grise; d'autres fois elle est blanchâtre et mélangée régulièrement de vert et de jaune. Sa structure est très-géodique; on dirait qu'elle a été fouillée à plaisir par un sculpteur. En examinant le plongenent des couches crétacées autour du goussire de la source, on reconnaît qu'il rayonne autour de l'axe de ce dernier, comme si ce goussire était une sorte de cratère de soulèvement. Ce gouffre se trouve dans le thalweg d'un ravin qui remonte à 10 mètres vers le Nord, de telle sorte que les eaux pluviales peuvent s'écouler librement dans le réservoir de la source. Le lit de ce ravin est recouvert par une croûte peu épaisse de carapace calcaire saharienne, qui est découpée, comme par un emporte-pièce autour de l'ouverture qui conduit au Hammam. Ce fait est remarquable, car il indique que l'apparition du goussre de la source thermale est postérieure au dépôt de la carapace saharienne. L'Ain el Hammam est d'un abord assez pénible pour les malades; il serait facile d'arranger les rampes, de manière à rendre cette source plus aisément abordable.

La composition de l'eau thermale sulfureuse d'Aïn Zerguin est indiquée dans le tableau A, analyse n° 5. Cette eau renferme par kilogramme 5^{gr},0378 de sels divers, parmi lesquels dominent les chlorures dont la proportion s'élève à 3^{gr},0575. L'analyse ayant été faite à Alger plusieurs mois après que l'eau avait été puisée à sa source, le sulfure alcalin primitif avait été transformé par l'action de l'air en sulfate de Soude.

5° Source sulfureuse froide de l'Oued Tamizer.

Cette source est située sur le versant N.E. du Djebel Mzraha, à 26 kilomètres S.E. de Blidah; elle émerge à Tome VII, 1865.

1 mètre environ au-dessus du lit de la rivière, sur la rive gauche; son débit est très-faible, sa température est d'environ 18°; son odeur est très-notablement sulfureuse.

6° Source sulfureuse froide, dite Ain Kebrita.

Cette source est située sur la rive gauche d'un affluent de l'Oued Djira, chez les ben Chaïb, au S.E. de l'Ouarencenis, à 2 kilomètres environ à l'Est de la maison du Caïd Bouzar. Elle émerge à un mètre environ au-dessus du lit de l'affluent en question et au pied d'un très-gros amas de gypse d'origine métamorphique. Son débit est d'environ 4 litres par seconde et sa température de 21°. Cette 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.

7º Source sulfureuse froide de la rive gauche de l'Oued Kef Saa.

Elle est située au pied d'un mamelon formé entièrement de marnes argileuses grises du terrain tertiaire moyen, aux environs duquel se trouvent de nombreux blocs de diorite. Le débit de cette source est un peu plus fort que celui de la précédente. Sa température est de 20°; elle est plus sulfureuse que la première; une pièce d'argent qu'on y plonge noircit complétement dans l'espace de 2 minutes. En outre le fond du conduit, servant à son écoulement, présente un dépôt noirâtre, et sur ses bords on observe un dépôt blanchâtre et glaireux. Elle sert à l'irrigation des jardins. Un gîte considérable de gypse se trouve sur la rive gauche de l'Oued el Kef Saa, à environ 500 mètres à l'Est de la source sulfureuse.

8° Sources thermales sutfurcuses de l'Oued Okris, à 44 kilomètres d'Aumale.

Les renseignements qui suivent sur les sources thermales de l'Oued Okris, sont dus à M. Nicaise, agent explorateur du service des Mines. Ces sources, au nombre de sept, sont toutes sulfureuses et salines; elles sont situées sur la rive gauche de l'Oued Okris, à 44 kilomètres d'Aumale, en suivant la route passant par le caravansérail de l'Oued Okris. Elles surgissent à travers des marnes grises plus ou moins dures de l'étage du Gault, en couches dirigées N.45°E.m. et plongeant d'environ 12° au N.45°O.m.

La première de ces sources avait, le 25 septembre 1861, à 11 heures du matin, une température de 66°,66, celle de l'air étant de 29°,50. Elle émerge à 1 mètre environ audessus du lit de la rivière; elle a un débit de 50 litres par minute, soit o¹,83 par seconde et est employée par les Kabyles au rouissage de l'Alpha.

La deuxième source sort d'un rocher escarpé inabordable; elle a une température très-élevée et un débit de 4 litres par minute, soit o',0067 par seconde; elle laisse sur son passage un dépôt considérable de glairine blanchâtre.

La troisième source, le même jour et à la même heure, avait une température de 57° et un débit de 15 litres par minute, soit 25 centilitres par seconde.

La cinquième, le même jour et à la même heure, avait une température de 54° 2/3 et un débit de 15 litres par minute, soit 25 centilitres par seconde.

La sixième source, le même jour et à la même heure, avait une température de 55° 2/3 et un débit de 15 litres par minute, soit 25 centilitres par seconde.

Ensin la septième sort d'un espace recouvert de joncs et de chanvre où il est impossible de pénétrer.

Les sources nº, 3, 4, 5 et 6, presque contigues, sont

utilisées par les Arabes pour bains et douches: elles sont recueillies dans des bassins ou trous entourés de branchages, creusés dans la terre à quelque distance du bouillon autour duquel se déposent des croûtes minces de chlorure de sodium; j'ajouterai qu'elles attirent tous les vendredis un grand nombre de malades, principalement ceux atteints d'affections cutanées, et une grande quantité de chiffons, suspendus aux arbres environnants en guise d'exvoto, indiquent assez les vertus thérapeutiques des sources sulfureuses de l'Oued-Okris.

§ III. - EAUX MINÉRALES ALCALINES ET FÉRRUGINEUSES.

1° Source acidule et ferrugineuse d'Aïn Hammama, à 5 kil. N. E. de Milianah.

A l'embranchement de la route militaire de Cherchell et de la route carrossable d'Alger à Milianah, se trouve la source minérale d'Ain Hammama dans le ravin même de l'Oued-el-Hammam qui est un affluent du Chélif. Elle jaillit à travers les fissures de marnes schisteuses grises crétacées. Au bouillon, elle dépose un peu d'ocre jaune et dégage des bulles d'acide carbonique qui lui communiquent un léger goût acide. Sa température est de 29°. Son débit de 3 à 4 litres par minute. Les Arabes des jardins environnants l'utilisent comme boisson.

Le terrain tertiaire moyen se montre à peu de distance en aval.

Le débit de cette source était de 2 litres environ par minute et sa température de 18°,50 le 18 juillet 1857, à dix heures du matin, la température de l'air au soleil étant de

27°. Cette source dont le goût est légèrement alcalin sert pour la boisson et on l'emploie aussi à l'irrigation d'un jardin de quelques mètres carrés de superficie.

3º Source ferrugineuse d'El Achour dans le Sahel d'Alger.

Cette source dont le débit est de 12 litres par minute, renserme par kilogramme 210 centigrammes de peroxyde de ser à l'état de sulfate et de carbonate ou de sel organique.

L'analyse n° 6 du tableau A montre qu'elle contient par kilogramme 2⁵,5427 de sels parmi lesquels dominent les chlorures dont le poid total s'élève à 1⁵,8458. Sa température nous est inconnue. Cette source est sans emploi.

4° Source ferrugineuse de l'Haouch Roumily aux environs de Bouffarick.

Cette source laisse sur son trajet un dépôt ocracé et présente un goût ferrugineux très-prononcé. Elle a une température de 21° et un débit de 16 litres par minute. Elle est utilisée comme boisson par les propriétaires du Haouch.

5° Source acidule froide de Mouzaia-les-Mines.

Cette source est située à 2 kilomètres N.E. du village de Mouzaïa-les-Mines, sur la rive droite de l'Oued-Mouzaïa, et non loin de la prise d'eau qui amène au village la force motrice nécessaire à la marche des usines servant à la préparation mécanique et à la fusion des minerais. Elle émerge au pied d'un escarpement de roc marneux de la période miocène, par deux orifices distants de 50 centimètres l'un de l'autre. Elle remplit ainsi deux petits bassins d'une capacité d'environ 20 litres chacun creusés dans le roc par un ingénieur de la mine, pour permettre de puiser plus facilement l'eau minérale. Le trop-plein de cette dernière se

a° Source alcaline et ferrugineuse, à 1000 mètres au nord de lu maison du caïd de Taourgha, sur la route de Dellys à Tiziouzou, auprès d'un café maure.

déverse par-dessus les bords des bassins et se jette un mètre plus loin dans le lit même de l'Oued Mouzaïa dont le niveau n'est qu'à 20 centimètres en dessous du niveau supérieur des bassins. Aussi pendant les fortes pluies de l'hiver, les griffons de l'eau minérale étaient souvent submergés par l'eau de la rivière. On a obvié à cet inconvénient par la construction d'une petite muraille qui longe la rivière sur 2 mètres environ de longueur.

Le 20 juin 1864, M. le garde-mines Simon a trouvé que le débit de l'eau minérale était de 3960 litres par 24 heures ou 2¹,75 par minute; sa température mesurée à divers instants du jour a varié de 17 à 18°, tandis que celle de l'air ambiant s'est élevée de 24 à 50°.

D'après les renseignements pris par M. Simon auprès des habitants de Mouzaïa faisant le plus fréquemment usage de l'eau minérale, le débit de la source était alors à peu près invariable dans toutes les saisons; mais cette appréciation, très-vague du reste, n'a pu être contrôlée d'une manière positive. Dans un rapport en date du 20 juin 1864 d'où nous avons extrait les détails qui précèdent, M. Simon avance avec raison que rien à l'extérieur n'indique la possibilité d'augmenter le débit de la source par des travaux d'aménagement; cependant il conseille de déblayer le rocher au pic, jusqu'à un mètre en arrière des deux bassins : on pourrait ainsi rencontrer soit une veine minérale d'où s'échappent les deux grissons actuels, soit de nouvelles infiltrations qui vont se perdre plus loin dans le lit de la rivière. Un industriel d'Alger qui avait demandé en 1854 la concession des eaux minérales a fait donner auprès de la source quelques coups de mine dans le but d'en augmenter le débit, mais on serait tenté de croire que ces travaux ont produit un effet diamétralement opposé. Car une commission médicale chargée de se prononcer sur l'opportunité de la concession demandée, a constaté le 18 novembre 1855 que la source ne débitait que 367 litres par 24 heures et le 20 juillet 1856, 456 litres par 24 heures, ce qui donne une moyenne de 411 litres par 24 heures. Cette diminution considérable sur le débit primitif observé par M. Simon a été accompagnée d'une grande variation dans la température de l'eau minérale suivant l'heure de l'observation : ainsi le 18 novembre 1855 à trois heures de l'après-midi, MM. Simounet et Bertherand constataient dans l'eau minérale une tempéde 15°.75, l'atmosphère donnant 14°. Le 20 juillet 1856 le thermomètre plongé dans le bassin a marqué 210 à dix heures du matin, 20° à onze heures et seulement 18° à midi et demi, lorsque les rayons du soleil eurent abandonné le ravin. Pendant cette période d'observation, la température extérieure était restée invariable à 27°. On comprend que le débit de la source ayant été réduit au neuvième environ de ce qu'il était d'abord, l'action solaire exerce une très-grande insluence sur la température de l'eau minérale. Un nouveau jaugeage fait le 13 mars 1861 par M. Mira-Poujol, ingénieur de la mine de Mouzaïa, lui a donné 11,07 par minute à la température de 16°, soit 1540 litres par 24 heures. En 1860, la même source a cessé de couler depuis la sin du mois d'août jusqu'aux premières pluies d'hiver. On peut conclure de ces divers jaugeages que le débit de la source minérale est des plus variables,

Nous pensons cependant que ces coups de mine auxquels on attribue la diminution de l'eau, sont en réalité étrangers à cet effet. La source est influencée, sans nul doute, par les pluies annuelles, et c'est probablement ce qui explique, les grandes variations observées dans les débits des années 1854, 1855, 1860 et 1861. Ces variations sont tellement grandes et le débit en été est en général si faible, que l'eau minérale de Mouzaïa-les-Mines ne nous paraît pas susceptible d'être employée avec succès en dehors de l'établissement de Mouzaïa. Les mineurs en font un grand usage pendant l'été. L'eau est en effet d'un

goût piquant, fort agréable; elle est assez fortement acidulée par l'acide carbonique pour faire sauter au bout d'un certain temps le bouchon d'un flacon rempli dans le réservoir.

Une première analyse de cette eau a été faite par M. Marigny qui a trouvé par kilogramme d'eau 18,81081 de sels divers, parmi lesquels il y a 43736 centimilligrammes de carbonate de soude dosé à l'état de neutre. (Voir le tableau A, analyse n° 7).

Une deuxième analyse faite par M. Millon. pharmacien en chef de l'hôpital du Dey, a donné 3⁵, 1573 de sels divers, parmi lesquels il y a 4678 dimilligrammes de carbonate de soude dosé à l'état de sel neutre. (Voir le tableau A, analyse n° 8.). Les principales dissèrences portent notamment sur le chlore et la soude.

Pour la population de Mouzaïa-les-Mines, cette eau constitue une boisson agréable au goût, apéritive, relevant les forces digestives déprimées pendant les ardeurs estivales. A Médéah, l'eau jouit de la même réputation; mais dans les hôpitaux d'Alger l'emploi de cette eau n'a pas produit les mêmes résultats, parce que les bouteilles étaient mal bouchées: l'acide carbonique libre s'était dégagé en très-grande partie, le fer s'était précipité et la température plus élevée de l'eau prise en boisson hors de la source contribuait à rendre cette eau bien moins agréable au goût.

6º Equx minérales du Frais-Vallon aux environs d'Alger.

Le Frais-Vallon est un des ravins qui déchirent le flanc septentrional du massif de roches cristallines de la Bouza-réah et qui communiquent avec la mer après un parcours très-rapide et accidenté. Il renferme quatre sources minérales dont le débit, très-variable du reste, s'élève à 6 litres par minute pour la plus importante. Ces sources ont été, il y a quelques années, l'objet de l'attention publique et paraissent aujourd'hui complétement tombées dans l'oubli.

Elles sont situées à 3 kilomètres S.E. d'Alger, dans la partie inférieure de la vallée. Il y en a deux dans la propriété de M. Bertorat, une troisième dans la propriété de M. Caldumbide et la quatrième dans la propriété de M. Firmin Dufourc, à 150 mètres au delà du café maure du Frais-Vallon. Elles se trouvent dans une région connue sous le nom d'Oioum Skehakna (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 taries depuis longues années. La température de ces diverses eaux minérales est peu élevée; elle varie de 17° à 19°,50. La fraîcheur et le goût de ces eaux sont très-appréciées 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; mais pour se prononcer d'une manière certaine sur la valeur thérapeutique de ces eaux, il serait nécessaire qu'on en fit un emploi médical immédiat, plus varié et plus étendu que celui qu'on a fait jusqu'à ce jour.

Plusieurs analyses de ces eaux ont été faites à diverses époques par M. Millon et divers agents du service des mines. Elles sont indiquées dans le tableau A, analyses nos 9 à 16.

Dans un rapport du 2 août 1858, M. l'ingénieur ordinaire Vatonne a décrit la marche suivie dans les analyses. Nous allons en reproduire les principaux passages:

« Un litre de chaque eau a été évaporé àsec. On a pris le poids des sels desséchés à une température peu supérieure à la température de 100°. Les sels desséchés ont été repris par l'eau distillée. On a eu soin de laisser les sels digérer pendant vingt-quatre heures pour que toutes les doubles décompositions puissent s'effectuer. Les sels solubles ont été sépa-

rés des sels insolubles par filtration. Ces derniers sont desséchés et pesés. Par différence, on a donc le poids des sels solubles; ceux-ci sont évaporés à sec; on constate s'ils contiennent des carbonates alcalins ou des sels terrent solubles, s'ils rougissent le curcuma et brunissent la teinture rouge du tournesol, enfin s'ils font effervescence aux acides. Les sels insolubles sont dissous dans l'eau régale. évaporés à sec, repris par un acide pour séparer la siline rendue insoluble. On dose ensuite l'oxyde de fer, puis la chaux et la magnésie : le chlore, l'acide sulfurique, l'acide carbonique total, l'acide carbonique des sels solubles, la soude, sont l'objet de dosages spéciaux; la chaux et la magnésie des sels solubles sont recherchées après qu'on à précipité par l'ammoniaque les phosphates terreux que ce réactif donne dans les sels solubles de l'eau Bernard Caldumbide. Dans le précipité de phosphates on a dosé l'acide phosphorique en formant des aluns ammoniacaux avec les bases terreuses, aluns insolubles dans l'alcool concentré qui contient tout l'acide phosphorique.

« Il est inutile de nous étendre ici sur les procédés de l'analyse elle-même; nous voulons surtout insister sur le soin que nous avons pris pour éviter la présence dans les sels solubles de l'eau, de l'acide carbonique avec les sels de chaux et de magnésie, présence possible si la dessiccation des sels n'est pas poussée assez loin, ou si l'ébullition n'est pas suffisamment prolongée.

« Nous avons pensé qu'il ne fallait considérer comme alcalines que les eaux contenant une quantité de carbonate alcalin supérieure à celle nécessaire pour transformer par double décomposition, suivant les lois de Berthollet, tous les sels terreux de l'eau en carbonates insolubles, de telle sorte qu'en reprenant par l'eau distillée les sels desséchés, la partie soluble contînt encore un excès de carbonate alcalin, et fût exempte de toute base terreuse.

« Lorsque l'eau examinée (celle de M. Bernard Caldum-

hide est dans ce cas), contenait de la chaux et de la magnésie dans les sels solubles, nous avons cherché dans le tableau des sels à faire sigurer ceux que le terrain lavé par les eaux doit inévitablement fournir; nous avons donc combiné la chaux et la magnésie à l'acide sulfurique, et rexcès de cet acide à la soude; le sulfate de chaux et de magnésie sont en effet des produits de l'altération des pyrites contenues dans les micaschistes. L'acide sulfurique on le sulfate de fer provenant de leur décomposition agissant sur les calcaires magnésiens intercalés dans les micaschistes, donnent naissance à des sulfates de chaux et de magnésie, à du carbonate de fer et à du peroxyde de fer; le talcschiste lui-même contenant beaucoup de magnésie, par sa décomposition sous l'action des agents atmosphériques, se prête à la formation du sulfate de magnésie, par décomposition du sulfate de fer venant de l'altération des pyrites de fer. Les eaux des terrains tertiaires et crétacés contiennent aussi de grandes quantités de sulfate de chaux et quelquesois de magnésie; la présence du sulfate de chaux s'explique naturellement par les quantités d'amas de gypse d'origine métamorphique ou de cristaux intercalés dans les terrains; pour les eaux des terrains de transition de la Bouzaréali, l'origine du sulfate de chaux, pour être autre, n'en est pas moins certaine. »

« Les quatre eaux du Frais-Vallon contiennent par litre 1/10 de litre d'acide carbonique libre ou formant des bicarbonates; elles ne peuvent donc être regardées comme des eaux gazeuses; elles ne peuvent encore moins être regardées comme ferrugineuses. On ne constate dans les eaux que des traces souvent indosables de peroxyde de fer; il semble que le fer est introduit dans les eaux à l'état de sulfate venant de l'altération des pyrites de fer. Ce sulfate de fer, si facilement décomposable par les carbonates dissous, par les matières organiques et par l'oxygène de l'air, se décompose aussitôt, déposant du peroxyde de fer le long du

cours des eaux et de tous les points de suintement de la roche.

« D'après la définition chimique de l'alcalinité, l'eau de M. Bernard Caldumbide n'est pas alcaline, elle est magnésienne: les eaux seules de la propriété de M. Bertorat som alcalines; toutefois, pour les quatre eaux, la soude parali introduite à l'état de chlorure de sodium et de carbonate de soude et les terres principalement à l'état de sulfate et de carbonates.

« Nous avons quelquefois supposé le fer à l'état de carbonate de protoxyde de fer. Cette combinaison est purement hypothétique; sur des eaux aussi peu ferrugineuses, il est de toute impossibilité de s'assurer du composé salin qui a pour base l'oxyde de fer. »

Les trois analyses faites à diverses époques pour les eaux Bertorat (rive droite) et Caldumbide montrent que la composition de ces eaux varie légèrement avec les saisons. Pour l'eau Caldumbide les principales variations portent sur la chaux et la magnésie qui se substituent l'une à l'autre.

Le poids total des sels varie de 1^{gr}, 1722 à 1^{gr}, 2505. L'eau Bertorat (rive gauche), analyse n° 15, est la plus pure et l'eau Caldumbide recueillie le 11 juillet 1858 est la plus chargée de sels.

Les eaux renferment de faibles quantités d'oxyde de ser combiné, soit à l'état de carbonate ou de sulfate, soit à l'état de sel organique. On ne peut rien dire de positif sur l'état de combinaison de cette base dont la proportion toujours minime peut se réduire à zéro.

La proportion de carbonate de soude est variable selon les saisons dans l'eau Bertorat (rive droite); le 11 septembre 1857, cette eau ne renfermait pas de carbonate alcalintandis qu'à d'autres époques elle en contenait de 05,0540 à 05,0610. Le tableau des bases montre que le 11 septembre 1857, l'eau Bertorat (rive droite) était moins riche en soude qu'aux deux autres époques. L'eau Caldumbide n'a présenté

de carbonate alcalin dans aucune des trois analyses. L'eau Bertorat (rive gauche) est la plus riche en carbonate alcalin, dont la proportion s'élève à 0^s, 14206.

Le chlorure de sodium est l'élément dominant des sels solubles, après évaporation à sec des eaux Bertorat (rive droite) et Caldumbide; il s'y élève de 0⁵,3140 à 0⁵,3651. Dans l'eau Bertorat (rive gauche) et l'eau Dufourc, il varie de 0⁵,1303 à 0⁵,1676 seulement.

On n'a constaté l'existence de la potasse en petite quantité que dans l'eau Dufourc; il est probable que cette base existe également dans les autres eaux; on n'en a pas fait une recherche spéciale, parce que cette base ne se présente qu'en quantité très-minime.

Le sulfate de soude se trouve dans toutes les eaux : sa proportion varie de 0°,03658 à 0°,10150.

Les sulfates de chaux et de magnésie manquent dans les eaux Bertorat. Dans les eaux Caldumbide et Dufourc, leur poids varie de o⁵,1528 à o⁵,4131. C'est surtout par la présence de ces sulfates alcalins-terreux que ces dernières eaux diffèrent des autres, et cette présence exclut celle du carbonate de soude. Ainsi que le fait observer M. Vatonne, ces phénomènes s'expliquent par la réaction des pyrites de fer sur les calcaires dolomitiques et les schistes magnésiens du Frais-Vallon, sous l'influence des agents atmosphériques.

Le poids total de carbonates de chaux et de magnésie varie de 0°,1662 à 0°,3807.

L'eau Caldumbide renferme une certaine quantité de phosphates que l'on retrouve dans la solution aqueuse obtenue en traitant par l'eau distillée le résidu salin laissé par l'eau minérale évaporée à sec.

Toutes ces caux renferment de la silice gélatineuse dont la proportion varie de 0º,002 à 0º,0545. On a dosé l'acide carbonique en excès sur celui qui est combiné à l'état neutre: la proportion de cet acide en excès varie de 0º,16054 à 0º,26130.

La proportion d'acide carbonique combiné à l'état neutre varie de 0°.0775 à 0°.1886. Il est toujours plus faible que l'acide carbonique en excès correspondant. Aussi peut-on supposer que les carbonates se trouvent dans l'eau à l'état de bicarbonates. L'acide carbonique en excès correspondà peu près à $\frac{1}{10}$ de litre par litre d'eau; on voit que la proportion de cet acide est peu considérable et que les eaux mi-

portion de cet acide est peu considérable et que les eaux minérales du Frais-Vallon ne peuvent être comparées à ce point de vue à l'eau minérale de Mouzaïa-les-Mines dont le goût est très-notablement acide, ce qui n'arrive pas pour les eaux du Frais-Vallon.

En résumé, les eaux Bertorat sont les plus pures de toutes les eaux du Frais-Vallon et ce sont elles qui ont excité le plus vivement l'attention publique au point de vue de leurs propriétés hygiéniques. Cela pourrait tenir à l'absence dans ces eaux des sulfates alcalino-terreux et à leur plus grande teneur en carbonate de soude.

7° Eau minérale de la vallée des Consuls dans la propriété de M. Mouton.

On donne le nom de vallée des Consuls à un haut plateau incliné vers la mer, qui se trouve sur le versant nord de la Bouzaréah, et sur lequel s'élèvent plusieurs maisons de campagne occupées autrefois par les consuls accrédités auprès du dey d'Alger. Dans un pli de terrain situé à 100 mètres environ au-dessus du bord méridional de ce plateau, il y a une petite source minérale alcaline dont le débit est trèsfaible et dont la température est de 19°. Sa composition est indiquée dans le tableau, analyse n° 17. Elle tient le milieu entre les eaux minérales Bertorat et l'eau minérale Caldumbide dans le Frais-Vallon. Elle renferme par kilogramme d'eau 15,1255 de sels divers parmi lesquels il n'y a que os.0080 de carbonate alcalin. Elle ne contient pas de sulfates alcalino-terreux.

8° Source ferrugineuse de la fontaine des Cèdres, près Teniet et Haad.

L'eau de cette source a été analysée au laboratoire du service des Mines; sa composition est indiquée dans le tableau, A analyse n° 18. Quant à la source elle-même, elle n'a pu être encore visitée par les agents de ce service.

Les détails qu'on va lire ont été extraits de la brochure publiée en 1858 par M. le docteur Bertherand, sous le titre : Études sur les eaux minérales de l'Algérie.

« La belle forêt de cèdres des environs de Téniet renferme « plusieurs sources d'eaux minérales. La plus volumineuse, « la plus essentiellement fréquentée se trouve à 3 kilomètres « du camp et presque sur le bord de la grande route. Examinée à la source même, l'eau en est très-limpide, claire, « fraîche, inodore, d'une température de 12°, non gazeuse, « incolore, d'une saveur vive, mais aussitôt suivie d'un goût « prononcé d'astriction qui rappelle celui de l'encre. Elle « laisse déposer à l'air une couche ocreuse, ainsi qu'on le « constate aisément sur les bords mêmes du bassin et sur les « divers objets (plantes, cailloux) que le liquide à touchés « aux points d'émergence de la source. »

Le débit de celle-ci est constant en toute saison, il est de 1.800 litres par vingt-quatre heures, soit 1 lit. 26 par minute.

L'eau de la source ne renferme que o⁵,0950 de sels divers par kilogramme d'eau. C'est une des eaux les plus pures de l'Algérie. On y trouve o⁵,0150 de peroxyde de fer correspondant à o⁵,0207 de carbonate de protoxyde et pas de carbonates de chaux et de magnésie.

Les sources minérales de la forêt des Gèdres doivent leur basse température à l'élévation de leur point d'émergence an-dessus du niveau de la mer (16 à 1.700 mètres). Elles sont enclavées dans une épaisse assise de grès du terrain tertiaire moyen.

9º Source acidule et ferrugineuse de Hammam - Rira.

Cette source, dont la température est de 20°,50, est situé à 13.000 mètres E. de l'établissement thermal; elle a un débit variable très-faible qui, le 9 septembre 1863, était de 27^{lit},30 par seconde. Elle sert à la boisson des malades qui fréquentent l'établissement. Sa composition est indiquée dans le tableau A, analyse n° 19.

Cette eau renferme, par kilogrammes, 2⁵,0464 de sels divers, parmi lesquels il y a 0⁵,9725 de sulfates de soude, chaux et magnésie, et 0⁵,060 de peroxyde de fer.

16° Sources alcalines et ferrugineuses de l'Oued Edjelata, chez les Herchaoua, à 11 kil. S.O. de Dra et Mizan.

On observe sur la rive gauche de l'oued Edjelata des couches de grès et de calcaire probablement nummulitiques qui renferment, sur la zone de contact des grès tertiaires jaunâtres, plusieurs sources alcalines ferrugineuses, désignées par les Arabes sous le nom de gazouses (eaux gazeuses). Les trois sources principales ont leur bouillon entouré par une petite maconnerie en pierres sèches, couverte par une voûte de terre battue que soutiennent des bois; elles sont alignées au pied d'un talus formé d'argiles ébouleuses. Celle qui est en amont, a une température de 17°,75; la deuxième, située à 10 mètres de la première, a une température de 17°,50; la troisième, située à 100 mètres de la première, a une température de 18 degrés. Cette troisième source ne donne que des dégagements gazeux intermittents. L'eau en est limpide, d'un goût acidulé, et se recouvre à la surface d'une légère pellicule blanche qui se brise par la plus faible agitation. Son débit est faible, il est de deux litres environ par minute. Il serait possible de l'augmenter, car tout à côté il y a des suintements ayant le même goût que l'eau de la source n° 3, et qui se couvrent d'un dépôt tantôt blanc, tantôt ocracé.

L'eau de la source n° 2 est très-limpide et d'un goût acidulé très-agréable. De petites bulles gazeuses s'en échappent d'une manière continue et viennent crever la pellicule blanche de carbonate de chaux qui recouvre la surface du liquide.

Le débit de cette source est semblable à celui de la source n° 3. Il serait également possible de l'augmenter, car une conduite d'eau ordinaire passe au-dessus et en arrière de la voûte qui protége la source n° 2, et un très-fort bouillonnement de gaz se manifeste dans le lit même de la conduite auprès de la voûte.

La source n° 1 est celle pour laquelle le dégagement bulleux est le plus considérable. Le gaz s'échappe à gros bouillons d'une manière continue et soulève l'argile qui forme le fond du réservoir; aussi l'eau de la source est fortement louchée, son débit est d'environ deux litres par minute, comme pour les autres sources. Le goût en est acidulé et agréable.

L'eau recueillie le 16 juillet 1857 au bouillon de la source n° 2, a présenté la composition indiquée dans le tableau A, analyse n° 20. Cette eau est très-riche en sels alcalins à base de soude; elle renferme comme on voit une quantité très-considérable de matières salines, 45,7704 par kilogramme, et une quantité d'acide carbonique supérieure à celle qui est nécessaire pour faire des bicarbonates. Il y a donc de l'acide carbonique réellement libre, et c'est ce qui est indiqué par le dégagement souvent tumultueux des gaz qui s'échappent au bouillon des sources. L'eau, prise à la source, brunit très-faiblement l'argent sans qu'on perçoive aucune odeur sensible d'hydrogène sulfuré. La vase qui est au fond des réservoirs est noire, et doit sans doute cette couleur à des sulfures venant de la décomposition des

TOME VII. 1865.

13

sulfates terreux par les matières organiques. L'oxygène et l'acide carbonique agissant sur les sulfures, déplacent une faible proportion d'hydrogène sulfuré.

L'eau gazeuse de l'oued Edjelata a été employée avec succès à l'hôpital militaire de Dra el Mizan pour le traitement de certaines affections; elle est, du reste, très-agréable à boire.

11° Source ferrugineuse de Souk el Arba (fort Napoléon en Kabylie).

Elle surgit à la température de 19 degrés à travers les fissures d'un gneiss très-dur, à gros cristaux de feldspath blanc et à très-petites paillettes de mica noir, dans le lit même d'un ravin sur lequel elle laisse un dépôt ocracé trèssensible. Elle renferme par kilogramme o⁶, 1811 de sels divers, parmi lesquels domine le carbonate de soude. Sa composition est indiquée dans le tableau A, analyse n° 21. Elle a le goût ferrugineux très-prononcé; elle peut être utilisée par les habitants de Fort-Napoléon.

12° Source ferrugineuse de Mazer.

Auprès du village de Mazer, qui est situé en Kabylie, à 100 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, il y a une petite source ferrugineuse froide dont le goût est légèrement acidulé et qui dépose sur son lit un enduit ocracé. Son débit est, au reste, très-faible. La fontaine remplit un petit bassin de o^m,80 de côté et de o^m,50 de profondeur, et n'a pas d'écoulement apparent en dehors; elle émerge à travers les fissures de couches de grès nummulitiques par des fentes verticales qui divisent la roche en gros blocs s'éboulant facilement.

15° Source ferrugineuse d'Ain ben Bakhti, à 18 kilomètres S.O. de Dellys.

Entre l'oued Haouedja et l'Isser, deux îlots de roche trappéenne, d'un noir grisâtre, apparaissent au milieu des marnes et des grès tertiaires, et constituent le djebel Cheffar et le djebel Zerzour. Une source dite Aïn ben Bakhti jaillit du pied d'un escarpement de poudingue tertiaire, à proximité de la roche trappéenne. Elle est connue des Européens sous le nom de source du goudron, parce que le fond du bassin dans lequel tombe la source au sortir du rocher est formé par une boue noire, fétide, que l'on a cru être du goudron, et qui doit sa couleur et son odeur à l'action réciproque des sulfates terreux et des matières organiques. La source est froide et ferrugineuse; elle dépose un enduit ocracé sur les cailloux qui jonchent le sol du bassin de réception. Son débit est de o^{lit}, 10 par seconde. Elle sert de boisson aux habitants du voisinage.

Une deuxième source, débitant o'it, o5 par seconde, se trouve à côté de la première; elle répand une odeur plus fétide et noircit une pièce d'argent qu'on y plonge, ce qui dénote la présence de l'hydrogène sulfuré. L'eau vaseuse a été recueillie dans cette deuxième source le 8 juin 1857 et a été analysée plusieurs mois après. La bouteille dans laquelle l'eau était conservée, était imparfaitement bouchée, ce qui a permis à l'air d'agir sur les sulfures terreux et de les précipiter complétement à l'état de carbonates. Aussi ne restait-il plus de sulfates dans l'eau filtrée, ainsi que l'indique l'analyse n° 22 du tableau A. Cette eau est remarquable, en ce qu'elle renferme une grande quantité de magnésie; cela tient à ce que dans le voisinage de la source il y a une brèche dolomitique qui est en rapport sans doute avec les éruptions de roche trappéenne.

14° Source alcaline et ferrugineuse de l'Oued el Hammam, à 8 kilomètres S du Fondouk.

Au confluent de l'oued el Hamman et de l'oued Arbatach, sur la rive droite des deux oueds, il y a une petite source acidule et ferrugineuse qui sort du calcaire nummulitique. Son débit est de 1/5 de litre par seconde; sa température était de 25°,66 à trois heures du soir, le 13 mai 1863, la température de l'air à l'ombre étant de 21°,50 et celle de l'eau de l'oued Arbatache étant de 23°,53. Cette source est sans emploi.

15° Source minérale d'Hadjar el Hammam chez les beni Ataf.

On trouve chez les Beni Ataf, en Kabylie, au pied du versant nord du Djurjura, une source minérale qui n'a pas encore été reconnue par le service des mines. Cette source dépose du travertin blanc qui de loin brille au soleil comme du sel. Un kilogramme de cette eau recueillie en juin 1858, a présenté la composition indiquée dans le tableau A, analyse n° 23. Cette eau n'est pas alcaline; elle ne contient qu'une faible quantité de soude à l'état de chlorure; elle renferme un excès notable d'acide carbonique; elle diffère essentiellement par sa composition des eaux potables des terrains cristallins de la Kabylie.

En raison de sa richesse en acide carbonique libre et en peroxyde de fer, nous la rangeons dans la catégorie des eaux acidules et ferrugineuses.

? IV. - EAUX SALINES.

1° Source minérale du Vieux-Ténès, située dans le lit de l'Oued Allelah.

Cette source émerge à travers les fissures d'une couche de grès marneux du terrain tertiaire moyen, à la température de 30 degrés. Elle a un débit très-faible de 3 litres environ par minute. Elle dépose de la glairine sur son parcours. Son bouillon est enfermé dans un marabout de construction mauresque où les Arabes vont se baigner.

Cette eau n'est pas sulfureuse; son goût n'a rien de particulier. Elle renferme par kilogramme 15,6552 de sels divers, parmi lesquels il y a 05,1804 de carbonate de soude. Sa composition est indiquée dans le tableau A, analyse n° 24.

2º Sources thermales de l'Oued Hadjia.

Entre l'Oued Hadjia et le Djebel Lelif, il y a une lacune de 5 kilomètres environ de largeur par laquelle le bassin saharien du Zahrez Rharbi pénètre entre les grandes chaînes crétacées du Djebel Sahari et du Djebel Senelba, pour y former un vaste golfe. Celui-ci est coupé transversalement par l'Oued Hadjia, qui prend sa source sur le revers nord du Djebel Senelba et va se jeter dans le Zahrez Chergui, en coulant du S. E. au N. O. A son débouché dans la plaine du Zahrez, l'Oued Hadjia roule un volume d'eau assez considérable, qui étaît de 60 litres environ par seconde le 7 novembre 1855. L'administration de la guerre a fait exécuter depuis cette époque un barrage destiné à l'irrigation des terres sahariennes. Ce barrage est situé à l'aval de sources thermales fort nombreuses qui émergent sur les deux rives de l'Oued et dans le lit même de ce dernier, sur une longueur d'environ 200 mètres. Ces sources sont novées dans les forêts crues de l'Oued Hadjia. Leur température varie de 32',50 à 56°; en amont des sources, l'eau de la rivière marquait 5° le 7 novembre 1855, tandis qu'en aval elle marquait 13°,50. L'accroissement de température de 8°,50 donne une idée du débat considérable des sources thermales. L'eau de ces dernières est très-limpide et sans odeur. Son goût est légèrement acidulé; il se dégage du bouillon à de rares intervalles des bulles gazeuses dont nous n'avons pu reconnaître la nature faute d'instruments. Un cristal de nitrate d'argent donne sur place un précipité caséeux blanc, sans mélange de noir, ce qui indique l'absence d'un sulfure dans l'eau thermale. Cette eau renferme par kilogramme 15,5572 de sels divers, chlorures, sulfates et carbonates. Sa composition ne diffère de celle des eaux potables des terrains secondaires du sud que par une proportion un peu plus considérable de chlorures; elle est indiquée dans le tableau Λ , analyse n° 25.

Les sources thermales abandonnent sur leur parcours un dépôt abondant de glairine verte et quelques dépôts ferrugineux peu considérables ; elles émergent par des fissures de grès crétacés qui encaissent ici la rivière. Les couches sont dirigées N. 55° E.m. et plongent au S. 35° E.m. de 20°. Cette inclinaison au S. E. paraît au reste générale dans la chaîne crétacée qui limite au sud la plaine du Zahrez Rharbi.

3º Sources thermales de Hammam-Rhira.

Les sources thermales de Hammam-Rhira 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 300 mètres au-dessus du niveau de cette rivière, au milieur des marnes grises du terrain tertiaire moyen qui s'étend assez loin à l'O. et au N. Elles déposent du travertin sur tout leur parcours, et le plateau d'où elles s'échappent est couvert également d'une épaisse couche de travertin dont l'origine est antérieure à l'occupation romaine et contemporaine probablement des dépôts de travertin de Milianah. L'importance des dépôts de travertin de Hammam-Rhira prouve qu'autrefois les eaux thermales avaient un débit beaucoup plus considérable que de nos jours; car le travertin qui se forme actuellement ne constitue que des incrustations irrégulières sur le parcours des diverses sources

thermales, et à l'aval du grand plateau du travertin sur lequel sont disséminées les ruines romaines d'Aquæ Calidæ; il ne reste aujourd'hui qu'un témoin insignifiant des sources anciennes qui ont produit le grand plateau du travertin. C'est la source n° 5 qui est située à la partie supérieure de ce plateau, et qui a été trouvée en 1856 en faisant quelques fouilles au milieu des ruines romaines. Elle débitait à cette époque environ 15 litres par minute à la température de 65°. Aujourd'hui elle ne débite que 7^{lit},50 par minute à la température de 67°,50. Ce débit est très-minime comparé à celui des autres sources thermales, ainsi que le montre le tableau suivant dressé d'après les renseignements recueillis sur place par M. Vatonne.

DÉSIGNATION DES SOURCES.	DÉBIT des sources en litres par minute.	TEMPÉRA – TURE des sources.	HAUTEURS des sources au-dessous de la source n° 5.	Observations.
	litres.	degrės.	mètres.	
Source nº 5	7,50	67,50	0,00	
Source no 2	37,00	42,50	50,00	1
Source nº 7	80,00	40,50	37,55	
Source nº 7 bis	,.	40,50	1	
Source no 8	21,80	44,00	46,58	The
Source nº 8 bis	30,00	43,00	10,00	10
Source no 9	33,33	50,00	15,48	(a)
Source nº 10	\$2,00	39,00	69,04	91
Source nº 19	43,00	39,00	45,48	
Source A	82,14	45,00	71,60	
Source A'	80,84	44,33	69,60	(b)
Source A"		45,25	70,60	
Source nº 1	130,00.	45,00	47,10	1
Source no 1 bis	п	44,00	?	(c)
Source no 13	'n	36,50	82,34	
Débit total	627,61))	n	,

⁽a) Source des Douches de l'établissement militaire.

⁽b) Sources des Piscines de l'établissement militaire.

⁽c) Sources de l'établissement indigène.

On n'a pu mesurer les débits des sources n° 1 bis et n° 15. Le débit des autres sources est ensemble de 627\,61 par minute, soit 10\,46 par seconde. Toutes ces eaux se réunissent à l'aval des établissements thermaux, reçoivent encore d'autres affluents et constituent un petit cours d'eau thermal qui pourrait être utilisé plus bas comme force motrice, en raison de la grande hauteur de chute dont on pourrait disposer. Les eaux des sources A, n° 1, 5 et 10 ont été analysées à diverses époques par plusieurs chimistes; nous avons réuni tous les résultats dans le même tableau Å, analyses n° 26 à 33. En combinant les bases aux acides, d'après les affinités probables, on reconnaît que le poids total des sels par kilogramme d'eau varie de 2\, 1248\, a 2\, 1820. Il se compose de chlornres, sulfates et carbonates.

Le poids des chlorures varie de 0,4011 à 0,9000 Le poids des sulfates varie de 1,3380 à 1,7800 Le poids des carbonates varie de 0,0650 à 0,3366

Ces eaux ne renferment pas de sulfures ni de nitrates. Elles contiennent de minimes proportions d'oxyde de fer et de silice gélatineuse libre.

La composition d'une même source n'est pas constante. Elle varie légèrement avec les saisons. Ainsi, pour la source A, le poids total des sels varie de 2⁵,1248 à 2⁵,590.

Les sources A, n° 1 et 10, recueillies le 26 septembre 1859, ont une composition presque identique; de telle sorte qu'une même source prise à des époques différentes présente des différences de composition plus fortes que des sources différentes considérées à la même époque. Les températures d'une même source présentent également, suivant les époques, des différences de 2 à 3 degrés.

La source n° 5 diffère des autres en ce qu'elle est la plus riche en carbonates de chaux et de magnésie; elle en contient de 0°,5520 à 0°,3366 par kilogramme d'eau, d'où l'on

pomrait conclure que les sources anciennes, qui ont déposé le travertin du plateau d'Aquæ Calidæ, étaient plus chargées de carbonates terreux que les sources actuelles. Quoi m'il en soit, il est incontestable qu'autrefois les sources thermales jaillissaient à un niveau beaucoup plus élevé m'aujourd'hui et qu'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-Rira. Ils y acquièrent une intensité qu'ils n'ont pas à Milianah, bien que cette ville soit située, par rapport au massif des deux zaccars, à peu près dans la même situation que les eaux chaudes. Depuis qu'un établissement thermal a été construit à Hammam-Rhira par l'autorité militaire pour les besoins de nos soldats, on a eu l'occasion de constater plusieurs fois les perturbations causées par des tremblements de terre sur le régime des sources.

Dans une notice fort intéressante, rédigée le 9 septembre 1863, sur les eaux thermales de Hammam-Rhira, par M. Tellier, médecin en chef de l'hôpital militaire de Milianah, on trouve les renseignements suivants sur l'action que les tremblements de terre produisent sur ces eaux thermales:

« J'ai dit que ces sources s'étaient fait jour à des époques « diverses, et en esset, l'une d'elles, sulfureuse et peut-être « ferrugineuse aussi, abandonnée au milieu des ruines « romaines, a de la tendance à se tarir, ce qui serait fâ- « cheux, car sa température à l'air libre approche 70 de- « grés, si elle ne les dépasse (c'est la source n° 5 indiquée « plus haut). Une autre source (source n° 5 bis) a jailli tout « à coup, non loin de celle-ci, en novembre 1862, après « un tremblement de terre, lançant jusqu'à 3 mètres au- « dessus du sol un jet d'eau sulfureuse d'une température « élevée, perdant ensuite peu à peu de sa force de projec- « tion au point qu'elle n'a plus été trouvée par moi, qua-

« rante jours après, qu'à l'état de flaque chaude encore, « donnant naissance à un petit ruisseau bientôt absorbé et « perdu à travers les ruines et dont les bords conservent « des traces évidentes de carbonate de fer. Enfin, parmi « les sources qui alimentent les piscines de l'hôpital mili- « taire, l'une d'elles a été tarie pendant l'été de l'année 1861 « et a reparu plus abondante que jamais en 1862. »

D'après ce qui nous a été raconté en 1855 par le gardien de l'établissement militaire, la première source servant aux douches avait complétement disparu à la suite d'un tremblement de terre, et l'on avait été obligé de la remplacer par la source n° 9 située à 200 mètres N. O. des piscines.

On doit donc tenir compte de ces causes de dérangement et même de disparition des sources thermales dans les nouveaux projets de construction d'établissements thermaux à Hammam-Rhira. Outre l'établissement militaire déjà ancien qui utilise les sources A, A', A" et 9, il y a un établissement indigène récemment créé sur le budget des centimes additionnels de l'impôt arabe et qui utilise les sources n° 1 et 1 bis.

A 1.300 mètres E. de l'établissement militaire se trouve la source ferrugineuse déjà signalée page 180, et qui constitue une boisson très-agréable et très-estimée pour la plupart des malades.

Aucune des analyses publiées jusqu'à ce jour n'indique la présence d'un sulfure alcalin ou de l'hydrogène sulfuré dans les eaux thermales de Hammam-Rhira. Cependant le nom caractéristique de sources des Galeux donné par les Arabes aux sources thermales dont la température varie de 40 à 46 degrés, fait penser que plusieurs de ces sources sont réellement sulfureuses, soit par suite de la présence d'un sulfure alcalin, soit par suite de la décomposition des sulfates alcalino-terreux par la barégine. Le silence gardé à cet égard par les analyses vient de ce que les eaux ont été recneillies dans des bouteilles mal fermées et qu'elles ont

été analysées plus ou moins longtemps après au laboratoire d'Alger. Pour avoir des indications vraiment exactes sur le caractère sulfureux indiqué par M. Tellier et par le nom caractéristique donné par les Arabes, on devrait examiner les eaux sur place au moyen du sulfhydromètre de Dupasquier.

4º Sources thermales de Hammam - Melouan.

Il existe dans la vallée de l'Harrach, à 7 kilomètres sud de Rovigo, des sources thermales connues sous le nom de Hammam-Melouan, qui ont une très-grande réputation d'efficacité chez les indigènes de la province pour la guérison des maladies rhumatismales, et qui sont très-fréquentées par eux à certaines époques de l'année. Plusieurs Européens y ont aussi trouvé la guérison de leurs maux.

L'administration algérienne se préoccupant à juste titre de la santé publique et de tout ce qui peut contribuer à la prospérité de la colonie, a chargé divérses commissions d'étudier les propriétés thérapeutiques de ces eaux thermales et de rechercher la nature et la consistance de l'établissement thermal à créer pour tirer le meilleur partipossible de ces eaux.

Les avis de ces commissions se réduisent aux suivants :

Premier avis. — Il est impossible de construire à Hammam-Melouan un établissement thermal qui se trouve dans de bonnes conditions de salubrité et de prospérité. De là est née la pensée de conduire les eaux thermales de Hammam-Melouan, hors des gorges de l'Harrach, jusqu'auprès de Rovigo. Ce projet est désapprouvé en principe par l'Académie impériale de médecine, puisqu'elle déclare qu'il vaut mieux assainir, si c'est possible, la vallée de Hammam-Melouan plutôt que de transporter les eaux thermales au

loin. En outre, M. le docteur Feuillet déclare que les environs de Rovigo sont décimés par les sièvres.

Deuxième avis. — Il est possible de construire à Hammam-Melouan un établissement thermal qui se trouve dans de bonnes conditions de salubrité et de prospérité.

La commission de 1854 propose de construire un établis sement définitif, mais cependant qui n'entraîne pas à des dépenses considérables.

M. le docteur Feuillet, au contraire, convaincu de l'efficacité des eaux de Hammam-Melouan et du brillant avenir qui leur est réservé, demande à construire un établissement grandiose auquel il consacrera 2 millions de francs, si c'est nécessaire.

Troisième avis. — Dans l'incertitude où l'on est sur la salubrité de la vallée de Hammam-Melouan, sur l'efficacité de ses eaux et l'avenir qui leur est réservé, il convient de construire sur place un établissement thermal essentiellement provisoire. C'est l'avis de M. Hardy, ingénieur des ponts et chaussées, qui a présenté un projet à l'appui, et c'est celui de la commission supérieure des routes et ponts.

En présence des divergences de tous ces avis, nous avois dû rechercher sur place si, malgré les travaux de nos devanciers, la question du meilleur parti à tirer des eaux thermales de Hammam-Melouan avait été étudiée d'une manière complète. A cet effet, nous avons fait une étude des lieux aussi détaillée que possible. Nous avons recueilli des échantillons des diverses sources minérales, des eaux de l'Harrach et de ses affluents, à différentes époques de l'année, et toutes ces eaux ont été analysées au laboratoire de service des mines. Nous allons faire connaître les résultats auxquels nous sommes parvenu.

On observe trois sources thermales principales, dont be points d'émergence sont au pied du coteau crétacé de (fig. 8, Pl. II) de Hammam-Melouan, au milieu des débris schisteux bc tombés des flancs de ce coteau. En aval de

sources, il y a un plateau insubmersible cd élevé de no mètres environ au-dessus du niveau de l'Harrach ah. Il est formé d'alluvions schisteuses anciennes, déposées par Illarrach et recouvertes par une couche de om, 30 environ d'épaisseur d'une sorte de travertin, terreux, jaunâtre, dénosé par les eaux des sources. La partie inférieure de cette source est un peu argileuse, grisâtre, et contient des têts écrasés de petites planorbes, avec de nombreux débris de végétaux carbonisés. Ce premier plateau a une largeur movenne d'environ 45 mètres. Au-dessous se trouve un deuxième plateau ef qui est élevé de 5 à 6 mètres au-dessus du niveau des basses eaux de la rivière et qui peut être reconvert par cette dernière dans les grandes crues. Sur la rive droite se montrent des couches de poudingue tertiaire moven à ciment rougeâtre, de telle sorte que le plateau alluvien de Hammam-Melouan cache la ligne de contact du terrain tertiaire et du terrain crétacé. Toutefois la hauteur des points d'émergence des sources situées au-dessus de ce plateau, hauteur qui varie de 1 à 5 mètres, indique que ces sources surgissent à travers le terrain crétacé, en place, sous des débris tombés des parties hautes de la montagne. Les sources thermales de Hammam-Melouan vont se jeter chacune séparément sur le plateau alluvien inférieur ef où elles produisent des flaques plus ou moins étendues et des parties marécageuses; elles se réunissent ensuite en un seul cours d'eau et vont se jeter dans la rive droite de l'Harrach, après un trajet d'environ 800 mètres.

Le 8 juin 1859, ce cours d'eau avait une température de 18 degrés à 5 heures 45 minutes du matin. Son débit était d'environ 2 litres à la seconde. L'eau avait un goût franchement salé, et l'on observait sur les bords de son lit quelques efflorescences salines blanches, mais aucune trace de dépôt ocracé.

La source principale de Hammam-Melouan est celle qui alimente la piscine du marabout de Sidi-Soliman.

Cette piscine, dont les parois latérales sont maçonnées, a

2m, 10 de longueur;

1m, 15 de largeur;

om,58 de profondeur d'eau.

L'eau tombe dans la piscine par un conduit maconné al (fig. q, Pl. III) de 5 centimètres de diamètre, situé à la tête de la piscine et à om, 25 au-dessus du niveau de l'eau de la piscine. Elle sort à l'extrémité opposée par un conduit situé au niveau du fond. Ce fond se compose de dalles jointives, non cimentées, dont plusieurs font défaut et sont remplacées par des graviers sableux. La maçonnerie des parois latérales est en très-mauvais état. Au niveau du fond, il y a de profondes crevasses par lesquelles l'eau thermale arrive dans la piscine. Lorsqu'on bouche le canal d'écoulement ordinaire, l'eau retombe dans la piscine par un trou situé dans la maçonnerie à o^m,40 au-dessus. Si l'on bouche également ce dernier trou, le niveau de l'eau ne baisse pas sensiblement dans la piscine, ce qui indique que cette dernière est alimentée par les crevasses inférieurs des parois.

Les divers observateurs qui ont pris la température de la source de Sidi-Soliman ont trouvé des nombres différents, selon la manière dont la température a été prise et l'heut de l'observation.

NOMS des observateurs.	DATE DE L'OBSERVATION.	de l'eau dans le conduit soutorrain.	de l'eau dans la piscine.	Observations.
MM. Tripier	Août	degrés. 41,50	degrés.	-
		40 la nuit. 39 le jour.	n si	
Fayard	Janvier 1854		40	
	7 juin 1859, à 11 h. du soir	44	41	(a)
Ville		n	-41	(b)
	8 juin 1859, à 10 h. 1/2 du matin	42	41	(c)
Ville	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	20*	41	(d)

(a) A l'entrée dans la piscine.

(b) A la sortie de la piscine.

(c) A l'entrée dans la piscine.

(d) A la sontie de la piscine.

M. Tripier a observé le premier que la température de l'eau dans le conduit d'entrée est plus élevée que celle de l'eau de la piscine. Il a trouvé une différence en plus de 1°,50.

Nous avons observé une différence en plus de 3 degrés, et en outre nous avons trouvé une température maximum de 44 degrés, tandis que M. Tripier n'a trouvé que 41°,50. Cela tient peut-être à ce que nous avons fait pénétrer notre thermomètre plus profondément dans le canal en maçonnerie et à ce que nous l'y avons laissé plus longtemps : cela nous était facile, parce que nous sommes resté plongé dans la piscine de 10 heures et demie à 11 heures et demie du soir. La température de l'eau de la piscine varie, selon les observateurs, entre 40 et 41 degrés. Il est remarquable que l'eau conserve la même température à l'entrée et à la sortie du bain; cela vient sans nul doute des infiltrations d'eau chaude qui se font par les parois latérales du bassin, et cela confirme l'observation relatée plus haut, en ce qui con-

cerne le maintien du niveau d'eau, lorsqu'on bouche les deux canaux d'entrée situés à la tête de la piscine.

M. Payn a constaté la premier que la température du bouillon était plus élevée la nuit que le jour, et a signalé une différence de 1 degré. Nous avons confirmé l'exactitude de cette observation et trouvé une différence de température de 2 degrés. Nous attribuons cette différence à l'action de la chaleur solaire. Les déblais à travers lesquels surgissent les sources s'échauffent pendant le jour et transmettent ainsi aux sources un excédant de chaleur qui n'arrive à ces dernières que pendant la nuit.

Il ne se dégage pas sensiblement de gaz ni de la piscine ni du canal qui amène les eaux. Une bougie placée à l'ouverture de ce canal a continué à brûler sans que la flamme ait présenté d'oscillations sensibles. Les parois du canal d'amenée sont couvertes d'un dépôt jaunâtre, composé essentiellement de carbonate de chaux et d'hydroxyde de fer. Il n'y a pas de dépôt de ce genre dans la piscine, parce qu'elle est nettoyée deux fois par jour par le gardien des eaux. Au sortir de la piscine, les eaux sont dirigées dans un petit canal creusé par le gardien des eaux, au milieu du plateau insubmersible supérieur, et elles se déversent sur le plateau inférieur après un parcours de 37 mètres.

Nous les avons jaugées le 8 mai 1859, à la chute du plateau supérieur, en recevant les eaux dans un baquet d'une capacité de 29¹,270. Nous avons mesuré avec une montre à secondes le temps nécessaire pour remplir ce baquet.

Dans une série de 10 expériences, nous avons trouvé les temps qui suivent :

14", 15", 14",50, 15", 14", 15", 14", 14",50, 14",75, 15" Moyenne, 14",575.

Ce qui donne pour la source un débit de 2¹,082 par seconde.

La température de l'eau au point du jaugeage était de 4° 1/5 à 10 heures et demie du matin, tandis que dans la piscine elle était de 41°. Il est vrai qu'on avait réuni à l'eau de Sidi-Soliman de faibles infiltrations d'eau salée froide, qui ont contribué à abaisser légèrement la température de la source thermale et à augmenter un peu le débit de cette dernière; mais cette augmentation était tout à fait négligeable et, du reste, vient compenser la perte due à l'infiltration de l'eau chaude à travers le fond sur lequel elle coule; ce fond était recouvert par un enduit ocracé qui diminuait ainsi ces infiltrations.

La commission de 1854 (rapport de M. l'ingénieur Fayard) dit que le débit de la source de Sidi-Soliman varie entre 1,90 et 2 litres par seconde en janvier 1854.

Notre évaluation 2¹,08 par seconde vient confirmer les résultats obtenus par cette commission, et indique de plus la constance du débit de la source de Sidi-Soliman.

La piscine de Sidi-Soliman ne reçoit pas toute l'eau de la source thermale. Une portion notable se perd dans un marais couvert de joncs et de roseaux; ce marais, dont la piscine occupe l'extrémité sud, est séparé par une petite levée en terre du canal de fuite de la piscine, de telle sorte que le jaugeage que nous avons donné plus haut ne s'applique qu'à l'eau sortant de la piscine.

Les marais de Sidi-Soliman s'étend sur une longueur de 68 mètres et une largeur de 40 mètres le long du plateau insubmersible; au pied du coteau de Hamman-Melouan, l'eau y est stagnante, en raison de la multiplicité de joncs, et il ne s'en échappe, pour tomber sur le plateau submersible inférieur, que deux filets d'eau minérale. L'un d'eux débite o¹,05 par seconde à la température de 51°,50; l'autre o¹,025 par seconde, à la température de 51°,66.

Au milieu du marais, l'eau a une température de 52°,50; en la remuant, on trouve au fond une vase noire qui dégage une odeur fétide d'hydrogène sulfuré. Dans le voi-

TOME VII, 1865.

14

sinage de la piscine de Sidi-Soliman et à une hauteur supérieure de o^m,50 au niveau de l'eau dans cette dernière, on remarque dans le marais de nombreuses infiltrations salines, à la température de 36°, 30, abandonnant sur leur parcours un abondant dépôt ocracé et gélatineux. A vue d'œil, on peut estimer à 1 litre par seconde le volume de toutes ces infiltrations qui vont se perdre dans le marais de Sidi-Soliman. Il est incontestable que l'on dessécherait ce marais au moyen d'une tranchée à ciel ouvert, faite au pied du coteau, et de quelques rigoles qui découperaient le marais suivant sa largeur. Ce travail, qui serait peu coûteux, augmenterait considérablement le volume des eaux thermales de Sidi-Soliman; et le débit utilisable qui n'est aujourd'hui que de 21,08 pourrait très-probablement être porté à 4 litres. Il y aurait à enlever au plus un prisme de terres de 68 mètres de haut, ayant pour base un triangle-rectangle de 5 mètres de haut sur 17 mètres environ de base. Le volume total à enlever serait de $68 \times 5 \times 17 \times \frac{1}{2} = 2.890$ metres cubes, ce qui, à raison de 1 franc le mètre cube, y compris le transport des déblais à une distance moyenne de 50 mètres, coûterait 2.800 francs.

Source de la piscine européenne. — La source de la piscine européenne est située à 131 mètres sud du Marabout de Sidi-Soliman; elle surgit par plusieurs bouillons du fond d'une piscine qui a 1^m,80 de longueur, 1^m,30 de largeur et 0^m,77 de profondeur d'eau. Ses points d'émergence sont indiqués par des traînées de bulles gazeuses qui se dégagent d'une manière constante et que M. Tripier a trouvées composées de

Azote. 94
Acide carbonique 6

La surface de la piscine se recouvre de gros flocons ocracés et de pellicules irisées blanc jaunâtre. Le canal de

fuite est également couvert d'un dépôt ocracé très-abondant. Ces dépôts, qui étaient tenus en dissolution à la faveur d'un excès d'acide carbonique, sont beaucoup plus abondants pour la source des Européens que pour la source de Sidi-Soliman. Le gardien des eaux en fait l'observation lui-même; il nous a déclaré qu'il lui suffisait de nettoyer tous les deux mois le canal de fuite de la piscine de Sidi-· Soliman, tandis que le canal de fuite de la piscine des Européens devait être nettoyé tous les 15 jours. Du reste, si l'on enlève avant la nuit les flocons qui surnagent dans la piscine européenne, on en trouve de nouveaux le lendemain matin, tandis que le même fait ne se reproduit pas dans la piscine de Sidi-Soliman. La plus grande abondance de ces dépôts ocracés dans la piscine des Européens, et le dégagement de gaz acide carbonique et d'azote, prouvent dès à présent que toutes les eaux thermales de Hammam-Melouan n'ont pas la même composition chimique, ainsi qu'on l'a admis à tort jusqu'à ce jour. La température de l'eau de la piscine des Européens présente quelques légères différences selon les observateurs.

M.	Tripier a trouvé au mois d'août	39°,50
M.	Fayard a trouvé en janvier 1854	58°,00
M.	Ville a trouvé le 7 juin 1859, à 6 h. du matin.	39°,25
		39°,00

D'après M. Fayard, le débit de cette source est au maximum de 0¹,66 par seconde.

Nous avons jaugé les eaux de cette source au point où le canal de fuite tombe sur le plateau submersible inférieur, après un trajet de 43 mètres. Nous avons reçu les eaux dans un bidon d'une capacité de 14¹,62, et nous avons obtenu ainsi o¹,73 par seconde, chiffre un peu plus élevé que celui donné par M. Fayard. La température des eaux à l'endroit d'un jaugeage était de 38°.

La piscine des Européens n'étant pas enfermée est peu

fréquentée; cependant elle paraît plus efficace pour certaines affections que la piscine de Sidi-Soliman, à cause de la nature gazeuse de ses eaux et de leur plus grande richesse en dépôts ocracés gélatineux.

La piscine des Européens est située au pied du coteau de Hammam-Melouan, au milieu d'une enceinte de 6^m,50 de diamètre, rendue marécageuse par suite de l'émergence de diverses infiltrations salines qui ne sont pas captées. Il suffirait de faire une tranchée à ciel ouvert au pied du coteau et d'enlever toutes ces terres marécageuses pour augmenter très-notablement le volume de la source des Européens.

La masse des terres à enlever ainsi serait d'environ 300 mètres cubes, ce qui, à raison de 1 franc le mètre cube, entraînerait une dépense de 300 francs.

Source du milieu. — Il y a, entre les deux sources précédentes et à 75 mètres sud du marabout de Sidi-Soliman, une troisième source qui n'est pas utilisée; elle surgit, par plusieurs points d'émergence, du milieu d'une enceinte marécageuse couverte de joncs, ayant 12^m.50 de diamètre; sa température est variable, selon le point d'émergence où on l'observe. Nous avons trouvé, à 8 heures du matin, 36° et 57°, le 7 juin 1859, à l'aval, et 39°,50 le 8 juin 1859, à 11 heures et demie du matin, au point d'émergence le plus élevé. Il y a aussi dans ces marais des infiltrations froides. L'une d'elles marquait 24°,35 le 7 juin 1859, à 8 heures du matin. Cette infiltration saline a, du reste, un débit très-minime et ne dépose pas de matière ocracée sur son parcours. Les infiltrations chaudes, au contraire, en déposent beaucoup.

Le gardien des eaux nous a dit qu'en marchant pieds nus dans les marais, on éprouve à de très-petits intervalles une sensation de brûlure et une sensation de froid.

Ces diverses infiltrations salines se réunissent dans un canal de fuite creusé par le gardien, au milieu des alluvions du plateau insubmersible. Nous en avons jaugé le débit total, à la chute sur le plateau inférieur, au moyen du bidon ayant 14¹,62 de capacité et de la montre à secondes. Nous avons trouvé ainsi o¹,40 par seconde, à la température de 30° 1/5 après un parcours de 40 mètres, à partir du point de convergence de toutes les infiltrations salines.

M. Fayard attribue à cette source une température de 35° et un débit d'environ o', 25 par seconde. Le jaugeage rigoureux que nous avons fait montre que le débit est presque double du chiffre indiqué par M. Fayard. Du reste, comme pour les deux autres, il sera très-facile d'augmenter le débit de la source du milieu, en faisant une tranchée à ciel ouvert au pied du coteau et en levant toutes les terres marécageuses et les joncs qui arrêtent aujourd'hui l'écoulement des eaux. Il suffirait d'enlever au plus 500 mètres cubes de terre, ce qui, à raison de 1 franc le mêtre cube, coûterait 500 francs. Entre les trois marais formés par les trois sources principales, il y a au pied du coteau crétacé de Hamman-Melouan quelques infiltrations salines froides. Le gardien en a mis plusieurs à découvert, au moyen d'une petite tranchée qui isole sa baraque du coteau de Hammam-Melouan.

Ainsi l'on peut considérer comme à peu près certain qu'on trouvera des infiltrations salines, à différentes températures, au pied du coteau de Hamman Melouan, sur une longueur de 200 mètres qui comprend toute la zone marécageuse que nous avons décrite.

M. Fayard a proposé de creuser une galerie de 60 mètres de long, parallèlement au pied du coteau de Hamman-Melouan, afin d'augmenter le débit des sources thermales; mais, ne pouvant dire à priori l'emplacement exact de cette galerie, il suppose qu'on y arrivera par tâtonnements, au moyen de trois embranchements normaux, partant du voisinage des trois sources pour pénétrer dans le cœur de la montagne. On placerait la grande galerie de captage suivant la position des filtrations les plus abondantes qu'on

rencontrerait dans les embranchements. Rien ne prouve qu'en s'enfonçant horizontalement au milieu du massif crétacé de Hammam-Melouan on augmentera notablement le volume des eaux thermales proprement dites. Nous avons observé, au contraire, que les infiltrations les plus élevées, correspondant au terrain crétacé en place, étaient généralement froides quoique salines. Les canaux d'émergence des sources chaudes peuvent venir verticalement de bas en haut, à travers les couches d'alluvions anciennes du plateau qui longe la rive droite de l'Harrach, ainsi qu'à travers les amas de débris crétacés, d'où sortent les trois sources thermales principales. Nous pensons que l'enlèvement de ces terrains éboulés et d'une certaine masse d'alluvions augmentera d'une manière très-notable le volume des eaux thermales. Il est incontestable que ces matières incohérentes retiennent les eaux, grâce surtout à la végétation de joncs et de roseaux qui les recouvrent. Nous avons trouvé, pour les trois sources réunies, un débit total de 31,21 par seconde. M. Favard a trouvé un débit qu'il évalue approximativement à 21,91 au maximum. On a vu plus haut qu'une grande quantité d'eau se perd dans les trois marais. Il suffira donc de joindre aux tranchées à ciel ouvert faites au pied de la montagne quelques coupures à travers les parties marécageuses situées à l'aval, pour donner aux eaux un libre écoulement et en augmenter très-notablement le volume. Nous pensons que les travaux que nous proposons permettraient de porter le volume disponible des eaux thermales à 6 litres environ par seconde, c'est-à-dire au double du débit que nous avons mesuré. Le déblai mettra à découvert des bouillons qu'on pourra capter dans des puits verticaux que l'on approfondira, si c'est nécessaire, jusque dans le terrain crétacé, sur lequel reposent les alluvions anciennes du plateau de Hammam-Melouan, et duquel surgissent les sources thermales. La dépense totale s'élèvera à 3.690 francs, et, en y comprenant les frais imprévus, elle

montera à 4.000 francs au plus. Il est probable qu'elle pourrait être diminuée, parce qu'il ne sera pas nécessaire, sans doute, de faire la tranchée de Sidi-Soliman dans toute la longueur du marais de ce nom, longueur qui est de 68 mètres. Les principales infiltrations chaudes de ce marais surgissent au voisinage du marabout; il suffira probablement de dépenser un millier de francs sur ce marais pour atteindre le but que l'on se propose, de telle sorte qu'avec les frais imprévus, la dépense totale ne serait que de 2.000 francs pour les trois sources. Le résultat des fouilles montrera quelles sont les sources qui pourront être réunies et celles qui devront être séparées pour l'administration des bains.

Composition des eaux thermales de Hammam-Melouan. — MM. Tripier, pharmacien en chef de l'armée, et de Marigny, manipulateur de chimie du service des mines, ont analysé les eaux des sources thermales de Hammam-Melouan. Les résultats obtenus par ces messieurs sont indiqués dans le tableau A, analyses n° 35 à 45.

Les eaux thermales de Hammani-Melouan sont des eaux salines proprement dites et se rapprochent beaucoup, par leur composition, de l'eau de mer, ainsi qu'on peut s'en assurer par l'analyse de l'eau de mer (colonne n° 34), que nous avons placée en regard. Ainsi, les eaux de Hammam-Melouan renferment par kilogramme de 25°,5500 à 50°,1190 de sels divers.

L'eau de mer en renferme 345,573.

Les eaux de Hammam-Melouan renferment 225,1692 à 265,6653 de chlorure de sodium.

L'eau de mer en renferme 27 grammes.

L'eau de mer renserme du bromure alcalin.

Les eaux de Hammam-Melouan renferment des tracés d'iode.

L'eau de mer n'en renferme que des traces (05,003), tandis

que les eaux de Hammam-Melouan en renferment une quantité variable de 05,1350 à 05,3043.

Les eaux de Hammam-Melouan doivent être rangées par le principe minéralisateur qui domine dans les eaux salines chlorurées. On ne saurait affirmer cependant qu'elles doivent toutes leurs propriétés médicales exclusivement au chlorure de sodium. On a vu que la source de la piscine européenne produit un dégagement gazeux abondant, formé d'acide carbonique et d'azote. Ce dégagement est en rapport avec une plus grande richesse en carbonates terreux qui se déposent dans la piscine et dans le canal de fuite de la source. D'après M. Tripier, ces dépôts sont formés de carbonate de chaux, de carbonate de fer avec des traces de magnésie, d'un peu de matière organique légèrement azotée, de silice gélatineuse et de traces d'arsenic.

M. le garde-mines Simon a trouvé pour ces dépôts la composition suivante :

Partie soluble dans l'acide chlorhydrique étendu:

Carbonate de chaux	0,0760
Carbonate de magnésie	0,0062
Carbonate de fer	0,0448
Peroxyde de fer	0,1540
Alumine	0,0040
Silice	0,0080
construction and an extraordinates the state of	0,2960

Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique étendu:

Silice libre	0,0970
Silice combinée	0,2750
Alumine	0,0950
Protoxyde de fer	0,0495
Chaux	8,0078
Magnésie	0,0058
and extra analysis and an arranged as a settle truling a see	0,5261
Eau combinée et matières organiques	0,1237
Eau hygrométrique	0,0500
Total	0,9958

Les 05,5261 d'argile viennent très-probablement du sol sur lequel on a recueilli les dépôts gélatineux. Geux-ci ont été mis en suspension dans l'eau pour enlever les corps les plus lourds. Il est resté de l'argile en particules très-fines, englobée dans la matière gélatineuse séparée de l'eau minérale. M. Simon a recherché l'arsenic au moyen de l'appareil de Marsh et n'a pu en constater aucune trace; il n'y a pas trouvé de traces d'iode. Il eût été sans doute plus convenable de prendre des flocons gélatineux à la surface de l'eau minérale; mais le dépôt était trop faible lors de notre séjour à Hammam-Melouan.

Plusieurs personnes frictionnent leurs membres malades avec ce dépôt ocracé, gélatineux, et l'on assure qu'elles en éprouvent un soulagement plus grand que par l'action directe des eaux. On comprend à priori qu'il en soit ainsi, puisque l'arsenic se concentre dans ces dépôts et qu'il jouit de propriétés curatives efficaces dans le traitement de certaines maladies, lorsqu'il n'est pas en trop grande quantité.

Ge dépôt gélatineux ocracé se forme auprès du bouillon des sources, et à une centaine de mètres de ce bouillon, on n'en observe plus une seule trace sur le petit cours d'eau salée formé par la réunion de toutes les sources après leur chute sur le plateau insubmersible inférieur. Il est incontestable que si l'on transporte les sources jusqu'auprès de Rovigo, toutes les matières gélatineuses ocracées et arsenicales se seront déposées à la tête de la conduite et qu'il n'en restera plus à l'extrémité de cette dernière; de même les gaz auront complétement disparu. On aura l'inconvénient de mêler ensemble des eaux qui auraient probablement des propriétés curatives spéciales à leurs points d'émergence, puisque les unes sont gazeuses et que les autres ne le sont pas, et, en outre, on se prive de la ressource d'administrer des frictions avec les matières ocracées et arsenicales qui se seront déposées à la tête de la conduite. Il yaurait encore une perte de calorique très-considérable dans

le transport des eaux à une distance d'environ 7.000 mètres. Cette perte serait d'au moins 1°,60 par kilomètre, dans une conduite en bois, et de 11º,20 pour 7 kilomètres. La température des eaux de Sidi-Soliman étant au maximum de //2º pendant le jour, s'abaisserait à 50°,80 auprès de Rovigo, et ne pourrait servir à administrer des bains sans un échauffement préalable. Ce serait donc là une source de dépense continuelle pour l'établissement thermal; et, du reste, qui peut affirmer, sans des expériences qui n'ont pas été faites. que l'eau réchaussée artificiellement jouira des mêmes propriétés médicales que l'eau suréchaussée naturellement? Aussi l'Académie impériale de médecine condamne en principe le transport des eaux chaudes hors de la gorge de l'Harrach, puisqu'elle demande que l'on recherche en premier lieu si l'on ne pourrait pas, en dépensant les sommes qu'exigerait la conduite des eaux, assainir la localité et la rendre convenable pour un établissement thermal.

Nous avons montré, dans ce qui précède, qu'on avait supposé à tort que le transport des eaux n'altérait pas leur nature et, par suite, leurs propriétés médicales. Ce transport fait perdre les gaz et les matières gélatineuses ocracées et arsenicales, et il oblige à mélanger des eaux qui jouissent des propriétés spéciales, puisque toutes les sources ne sont pas gazeuses. On pourrait obvier à l'inconvénient du mélange en faisant une conduite pour chaque source; mais alors la dépense, qui est déjà fort grande, serait encore augmentée.

D'après les expériences de M. Tripier, la salure des eaux de Hammam-Melouan varie, suivant les saisons, de 28 à 32 grammes de sels divers par kilogramme d'eau; elle s'affaiblit par l'action des pluies.

Les diverses analyses de M. de Marigny prouvent également que la composition des diverses eaux minérales de Hammam-Melouan varie avec les saisons. Si l'on considère les eaux recueillies dans l'année 1859, le 7 juin et le

20 septembre, on reconnaît que, pour la source du marabont de Sidi-Soliman et pour la source de la piscine euronéenne, la quantité totale des sels va en diminuant à mesure qu'on approche de la fin de la saison sèche. Ce résultat paraitra extraordinaire au premier abord; cependant il est facile de s'en rendre compte. Les sources thermales viennent sans doute d'une grande profondeur; comme toutes les autres sources, elles sont alimentées par les eaux superficielles qui pénètrent à travers les fissures des roches. On comprend dès lors que l'abondance des pluies puisse influencer la composition chimique des sources et diminuer le poids total de la masse saline en dissolution par kilogramme d'eau; mais, en raison du temps nécessaire aux eaux superficielles pour arriver dans les profondeurs où elles acquièrent la température et la composition des sources thermales, et en raison du temps nécessaire pour remonter jusqu'à la surface du sol, à une distance plus ou moins considérable des points d'infiltration, plusieurs mois peuvent s'écouler, de telle sorte que l'eau que l'on recueille à la fin de la saison sèche peut résulter de l'eau qui a pénétré dans le sol au moment de la saison des pluies qui a précédé. Dès lors le poids total des matières salines sera plus faible dans l'eau thermale à la fin de la saison sèche qu'au commencement de cette saison. Au mois de janvier 1854, l'eau du marabout de Sidi-Soliman contenait 506,0519 de matières salines par kilogramme. Ce nombre est à peu près le même que celui trouvé par M. Tripier au mois d'août 18... et celui trouvé par M. de Marigny le 7 juin 1859; cela indique dans la composition de cette eau thermale de légères variations dont la loi n'est pas bien connue.

Les variations de compositions de l'eau de la piscine des Européens sont un peu moins grandes que celles de l'eau du marabout de Sidi-Soliman.

Les variations de composition de l'eau de la source du milieu à Hammam-Melouan, indiquées par les analyses

nº 42 et 43, sont presque insignifiantes. Cette source est moins chargée de matières salines que les autres.

L'analyse n° 46 de l'eau de l'extrémité nord du petit marais de Sidi-Soliman, montre que toutes les infiltrations salines qui constituent ce marais sont loin de présenter la même composition.

La composition de l'eau du ruisseau salée, formé par la réunion de toutes les sources salés de Hammam-Melouan, est donnée par les analyses n° 44 et 45; elle diffère trèspeu de celle de la source thermale de Sidi-Soliman. On remarquera que la masse totale des sels y est moindre à la fin de la saison sèche qu'au commencement, ainsi qu'on l'a fait observer pour la source de Sidi-Soliman. On comprend, du reste, qu'il en soit ainsi, à cause du débit des diverses sources de Hammam-Melouan.

Nous allons faire connaître les différentes sources salées qui existent dans le territoire de Hammani-Melouan, en aval et en amont des 3 sources thermales décrites cidessus.

A 45 mètres en aval du point où le ruisseau des eaux thermales va se jeter dans la rive droite de l'Harrach, on voit surgir une source saumâtre, dont la température était de 29° à 51 45' du matin, le 8 juin 1859, tandis que celle de l'Harrach était de 19°,50. C'est donc une véritable source thermale; elle offre de nombreux points d'émergence sur une longueur d'environ 20 mètres, et son débit s'élève approximativement à 3 où 4 litres par seconde. Les points principaux d'émergence se montrent à 2 mètres au-dessus des eaux actuelles de l'Harrach au milieu d'un plateau submersible, au pied d'un mamelon de marnes séniteuses crétacées d'où s'échappent les eaux, et à quelques mètres de la ligne de contact du terrain crétacé et du poudingue rouge tertiaire moyen. On n'observe pas de dépôt minéral sur le trajet des eaux; il y a seulement une mousse verte gélatinofilamenteuse qui nous a paru être organisée.

La composition de l'eau de cette source est donnée par les analyses n° 47 et 48. On remarquera qu'elle renfermait beaucoup plus de matières salines le 20 septembre que le 8 juin 1859; ce qui est en harmonie avec la température plus basse de cette source et sa moindre teneur en matières salines. Elle se rapproche bien davantage des eaux potables que les sources thermales de Hammam-Melouan.

Nous n'avons pu reconnaître de stratification régulière sur les marnes crétacées d'où émerge la source dont on s'occupe, tandis que les poudingues tertiaires, situés sur la rive droite à l'aval de la source, sont dirigés N. 40° O.-m. et plonge au N. 50° E. m. presque verticalement.

En amont de la piscine des Européens, il y a sur la rive droite de l'Harrach une série d'infiltrations salines ou saumatres qui surgissent la plupart à travers les cailloux roulés d'un plateau insubmersible longeant la rivière. Parmi les sources, les unes déposent des incrustations blanches formées principalement de carbonate de chaux, les autres des matières ocracées gélatineuses.

Une source de ce genre surgit à 5 mètres au-dessus du niveau de la rivière, entre les interstices d'une nappe de galets; elle se trouve à 20 mètres en aval de l'escalier en pierre qui conduit du plateau insubmersible au bord de l'Harrach; elle débitait o¹,10 environ par seconde d'une eau très-limpide, à la température de 25°,66, le 8 juin 1859 à 9 heures et demie du matin.

La composition de l'eau de cette source est donnée par les analyses n° 49 et 50. Cette eau est très-riche en chlorure de sodium, et ressemble beaucoup à celle de la source du milieu. Le poids total des matières salines augmente avec la sécheresse, à l'inverse de ce qui arrive pour l'eau thermale de Sidi-Soliman, ce qui semble indiquer une plus grande rapidité dans le trajet souterrain de l'eau dont on s'occupe,

Au-dessus de cette source, il y en a une autre qui dépose des incrustations calcaires blanches.

Si, à partir de Sidi-Soliman, on remonte le sentier qui longe la rive droite de l'Harrach, en se tenant sur le plateau alluvien insubmersible, on trouve une autre source saumâtre assez importante, au point où le sentier coupe la rivière pour passer sur l'autre rive. Elle surgit du milieu des marnes schisteuses, crétacées, grises, sans stratification apparente, à 10 mètres environ au-dessus du niveau de l'Harrach. Les eaux se perdent au milieu des débris crétacés et des alluvions de la rivière, de sorte qu'il n'est pas possible d'apprécier exactement le débit. Les points d'émergence sont nombreux sur une longueur de 20 niètres environ. La température des eaux salées était de 20°,66 le 8 juin 1859, à neuf heures du matin; celle des eaux de l'Harrach était de 22 degrés à la même heure. Les dépôts abandonnés par les eaux sont en général calcaires et d'un blanc sale; quelquefois ils sont faiblement ocracés, par suite de la présence d'une petite quantité de fer.

Sur la rive gauche de l'Harrach, à 500 mètres environ en amont de la source précédente, on observe, sur une centaine de mètres de longueur, de nombreuses infiltrations d'eau salée, déposant beaucoup de matières ocracées gélatineuses; les unes sortent à travers les fissures de la marie schisteuse crétacée, qui contient des veines irrégulières de fer oligiste micacé; les autres sortent à travers des éboulis de marnes crétacées; cachant le terrain crétacé en place d'où viennent certainement les eaux salées. Les points d'émergence se montrent à une hauteur variable de 1 à 4 mêtres au-dessus du niveau actuel de l'Harrach; leur température est variable. Nous avons trouvé le 8 juin 1859, à huit heures et demie du matin 24°,33, 29 degrés, 29 degrés, 29°,50, 29°,50, 30°,33. Cette dernière température appartient au filet principal qui débite out, 20 environ par seconde.

La température de l'eau de l'Harrach était de 22 degrés à la même heure, et celle de l'air en plein soleil était de 26 degrés sur le bord de la rivière.

Nous n'avons pas observé d'émanations gazeuses dans les divers points d'émergence de l'eau salée.

La composition de l'eau fournie par le filet principal est donnée par les analyses n° 51 et 52. Elle varie très-peu avec la sécheresse. Cette source est de toutes celles que nous avons examinées sur les bords de l'Harrach la plus riche en chlorure de sodium; elle en renferme 30°,4189 à 50°,6629 par kilogramme d'eau.

Il se peut qu'un établissement qu'on construirait à Hammam-Melouan soit amené à utiliser les diverses sources dont nous venons de parler.

Alimentation en eau potable de Hammam-Melouan. — Jusqu'à ce jour, on a dit que pendant l'été il n'y avait pas d'eau potable à Hammam-Melouan, et qu'il était impossible de boire l'eau de l'Harrach. En hiver, l'eau de l'Harrach est grossie par les pluies et est très-bonne à boire. En été, elle est plus chargée de matières salines qu'en hiver, conformément à la loi générale qui existe pour les eaux potables de l'Algérie, à cause de la concentration des pluies en hiver. Gependant il ne faut pas s'exagérer outre mesure la mauvaise qualité des eaux de l'Harrach.

Le sieur Prosper Gamarre, gardien des eaux thermales de Hammam-Melouan, qui séjourne sur les lieux avec sa femme depuis plus d'un an, n'a jamais employé d'autre eau que celle de l'Harrach pour ses divers usages domestiques. Ni lui ni sa femme n'ont jamais été incommodés par cette eau; seulement quelques précautions doivent être prises: l'eau de l'Harrach est puisée de très-grand matin et conservée dans une cave à l'abri de la chaleur, ou bien dans des sceaux à incendie qu'on expose à l'ombre dans un courant d'air. Gette eau se conserve fraîche pendant toute la journée; elle a bon goût, elle donne de bonne soupe et de bon café, ce

qui n'arrive pas avec des eaux de qualité médiocre. Le sieur Gamarre attribue la mauvaise réputation des eaux de l'Harrach pendant l'été à leur échaussement par l'action des rayons solaires, et nous nous rangeons volontiers de cet avis. Voici, en effet, une série de températures des eaux de l'Harrach que nous avons observées à dissérentes heures du jour :

LIKU	DATE de		ure ervation,	TEMPÉ- RATURE do l'eau	TEMPÉRATURE de l'air			
de l'observation.	l'observa- tion.	matin.	soir.	do l'Harrach.	à l'ombre.	au soleil.		
Hammam-Melouan	8 juin 1859	h. m. 5 45	h. m.	degrés, 19,50	degrés. 18,66	degrés o		
Id	Id	8 30	29	22,00	, a	26,00		
Id	7 juin 1859	11 00	n	24,75	>>	26,00		
Id	8 juin 1859	» å	1 00	28,00	29,66	28,00		
Ilammam-Melouan.	THE PARTY))))	6 45	25,66	20,30	20,00		

Ce tableau montre que la température de l'eau de l'Harrach varie avec les différentes heures de la journée de 19°,50 à 29°,50, c'est-à-dire de 10 degrés, et encore ne pouvons-nous affirmer que ce soit la différence maximum qui puisse se produire.

C'est le matin, de très-bonne heure, que l'eau de la rivière a le plus de fraîcheur; et le procédé suivi par le gardien Gamarre pour conserver cette fraîcheur est excellent, ainsi que nous avons pu nous en convaincre nous-même. Il est certain que les baigneurs qui arrivent dans la journée à Hammam-Melouan, et qui n'ont pour se désaltérer qu'une eau à la température de 28 ou 50 degrés, doivent trouver cette eau détestable; mais ils changeraient sans doute d'avis s'ils buvaient la même eau à la témpérature de 20 ou

22 degrés. Pour les gens qui campent sous la tente et qui n'ont que peu de temps à passer à Hammam-Melouan, le procédé suivi par le gardien des eaux est sans doute inapplicable.

Nous pensons qu'on parviendrait probablement au même résultat, en creusant un puits à l'usage du public sur le bord de la rivière, dans la région comprise entre la rivière et le ruisseau formé par la réunion de trois sources thermales de Hammam-Melouan. Il faudrait s'écarter autant que possible de ce ruisseau, afin d'avoir moins à craindre ses infiltrations salines. Ce puits donnerait de l'eau à une profondeur de 5 à 6 mètres. Si une première tentative fournissait de l'eau saumâtre, on devrait en faire de nouvelles toujours à proximité de la rivière. La dépense, on le comprend, sera très-minime, et son utilité sera très-grande pour la population indigène, et même pour les gens campés à proximité des sources thermales. Du reste, les analyses qui ont été faites de l'eau de l'Harrach, viennent confirmer nos appréciations sur la qualité de cette eau.

Les analyses not 53 et 54 montrent que l'eau de l'Harrach, recueillie à 100 mètres en amont du confluent du ruisseau salé de Hammam-Melouan, contenait par kilogramme of,5187 de matières salines le 7 juin 1859, et of,6648 de matières salines le 20 septembre 1859. Cette eau, par sa composition, peut être rangée parmi les bonnes eaux potables de l'Algérie, ce qui n'est pas étonnant, parce qu'en amont de Hammam-Melouan le bassin géographique de l'Harrach est encaissé dans le terrain crétacé inférieur.

Recueillie à 100 mètres en aval du confluent du ruisseau salé de Hammam-Melouan, l'eau de l'Harrach est un peu plus chargée de matières salines, à cause du mélange des eaux thermales. D'après les analyses n° 55 et 56 elle renfermait par kilogramme, 05,6607 de matières salines le 8 juin 1859, et 05,9780 le 20 septembre 1859. Malgré cette angmentation, on voit que, même alors, l'eau de l'Harrach

est propre aux divers usages de l'économie domestique. Aussi pensons-nous être autorisé à conclure que c'est la température seule de l'eau de l'Harrach qui a valu à celle-ci la mauvaise réputation dont elle jouit.

Sur la rive gauche de l'Harrach, en-face de Hammam-Melouan, il y a, dans le poudingue tertiaire moyen, deux ravins qui roulent en juin un volume assez notable. M. l'ingénieur des ponts et chaussées, Hardy, admettant que l'eau de l'Harrach n'est pas potable, a proposé d'alimenter avec l'eau du ravin d'amont une borne fontaine, qui serait placée sur la rive gauche de l'Harrach. Une passerelle jetée sur la rivière permettrait d'accéder à la fontaine pendant l'été. Ce ravin roulait à son débouché dans l'Harrach, le 8 juin 1850, environ olit, 75 par seconde d'une eau limpide, de bon goût, à la température de 19°,66, à 8h,30' du matin. A la fin de l'été, il roule une quantité d'eau insignifiante, et il faut alors, d'après le gardien, un quart d'heure environ pour recueillir un litre d'eau. Le lit du ravin est encombré de gros blocs détachés de poudingue tertiaire et d'une végétation de grosses broussailles, parmi lesquelles il y a beaucoup de lauriers roses. Il a un cours total d'environ 500 mètres de longueur. Le volume de l'eau diminue à mesure qu'on se rapproche de l'origine du ravin, et l'on ne trouve auprès de cette origine que quelques pleurs qui s'échappent entre les interstices de blocs de poudingue. Cependant sur la rive droite du ravin et près de cette origine, nous avons observé une petite source qui se fait jour à travers des tousses de joncs et de lauriers roses, et qui débite olit, 20 environ par seconde d'une eau limpide, de bon goût, à la température de 20°,50 (le 8 juin 1859 à 7h,30' du matin). Il nous paraît très-probable que cette source ne tarit pas; c'est au moins ce qu'indique la présence des joncs qu'on y observe. Il serait facile d'en augmenter le débit en faisant quelques tranchées à ciel ouvert, au milieu des éboulis d'où elle s'échappe. Cependant il serait bon, pour apprécier l'importance de cette source, de l'observer de nouveau à la fin de la saison chaude.

La composition de l'eau de cette source est indiquée par les analyses n° 57 et 58. Cette eau contient par kilogramme, o⁵,3605 à o⁵,6151 de matières salines suivant les saisons. Elle est un peu plus pure que l'eau de l'Harrach prise en amont du ruisseau salé de Hammam-Melouan.

Le ravin, situé à 100 mètres en aval du précédent, débite environ olit,75 par seconde d'une eau limpide, d'un goût qui nous a paru un peu fade, à la température de 21°,25 (8 juin 1859 à 7⁶,45′ du matin). Ce ravin est à peu près à sec sinon complétement, vers la fin de la saison chaude. Cependant il se pourrait qu'on y trouvât une source permanente dans son cours supérieur, parce qu'il a une étendue plus considérable que le ravin d'amont.

Nature des eaux des affluents de la rive droite de l'Harrach. — Les affluents de la rive droite de l'Harrach donnent de l'eau saumâtre impotable auprès de leur confluent.

Nous citerons l'Oued Tiouriri qui se jette dans l'Harrach, à 840 mètres à l'aval de la piscine de Sidi-Soliman.

L'Oued Melah, dont le confluent est situé à 1.100 mètres à l'aval de cette piscine.

La composition de l'eau de l'Oued-Tiouriri, près de son embouchure dans l'Harrach, est donnée par les analyses n° 59 et 60. Cette eau renferme par kilogramme 5°,5071 à 3°,1569 de matières salines. Nous ne saurions affirmer que les deux échantillons soumis à l'analyse aient été recueillis sur le même point. Quoi qu'il en soit, l'eau de la partie inférieure de l'Oued-Tiouriri est trop chargée de matières salines pour être utilisée comme boisson, surtout par des convalescents ou des malades; mais si l'on remonte vers les têtes de ces ravins, on trouve de l'eau très-fraîche et d'un goût excellent.

Aïn-Tiouriri. — L'Aïn-Tiouriri est située au pied d'un mur en pierres sèches de 2 mètres de haut; elle remplit un

bassin qui a om, 75 de large, 1 m, 30 de long et om, 29 de hauteur d'eau; elle émerge dans le lit même du ravin qui est à sec en amont, mais couvert d'une végétation d'herbes touffues indiquant la présence de l'eau à une faible profondeur. La source a une température de 16° 20' (7 juin 1859, à 3 heures et demie du soir), celle de l'air à l'ombre étant de 25°. Elle donne dans la bouche une très-grande sensation de fraîcheur, surtout quand on a fait le trajet à pied. Du reste, il serait impossible aujourd'hui de faire ce trajet autrement, et il dure 55 minutes, ce qui ne correspond pas à plus de 5.000 mètres de parcours, parce qu'on doit s'élever par des rampes des plus abruptes et très-fatigantes; il y a une différence de niveau d'environ 550 mètres entre cette source et le niveau moyen du plateau des eaux chaudes de Hammam-Melouan. L'Ain-Tiouriri débite par seconde environ o',33 d'eau limpide, d'un goût excellent, et qui est utilisée pour l'arrosage d'une petite orangerie; cela seul indique qu'elle est permanente. Il serait facile d'en augmenter le débit par une galerie qu'on pratiquerait à travers les marnes schisteuses crétacées? sous le thalweg du ravin, et sur laquelle on embrancherait des rameaux latéraux; on donnerait à ces travaux un développement proportionnel à l'accroissement du volume d'eau qu'ils pourraient fournir. Les nombres que nous avons donnés plus haut montrent qu'on pourrait facilement amener les eaux de l'Aïn-Tiouriri, soit sur le plateau de Hammam-Melouan, soit en un point un peu plus élevé que ce dernier plateau, si cela était nécessaire.

La composition de l'eau de l'Aïn-Tiouriri est donnée par les analyses nº 61 et 62. Cette eau contient par kilogramme o⁵,9961 à o⁵,5060 de matières salines, suivant la saison. C'est la meilleure de toutes les eaux potables des environs de Hammam Melouan; elle est excellente pour tous les usages domestiques. On remarquera qu'elle ne renferme pas de sulfates.

Eaux de l'Oued-Melah. — L'Oued-Melah va se jeter dans l'Harrach, immédiatement à l'amont des remarquables escarpements de calcaires tertiaires de Magrouna. Toute la partie supérieure de son cours est enclavée dans le terrain crétacé?, tandis que la partie inférieure est enclavée dans le terrain tertiaire moyen. De magnifiques orangeries sont disséminées sur les flancs de ce ravin, et plusieurs d'entre elles sont arrosées par des dérivations faites dans l'Oued; il y en a d'autres, au contraire, qui sont arrosées par des sources particulières. Nous en avons visité une qui surgit sur la rive gauche du ravin à 1.000 mètres environ de l'embouchure de ce dernier dans l'Harrach, et à 370 mètres environ au-dessus du plateau des eaux thermales de Hammam-Melouan. Elle débitait, le 7 juin 1859, environ o',50 d'une eau limpide d'excellent goût, à la température de 16°,50 à 4h 45' du soir.

Il serait facile d'augmenter le volume de cette eau par une tranchée à ciel ouvert, et puis par une galerie dans la montagne, qu'on prolongerait en raison de l'accroissement du volume d'eau qu'elle donnerait.

En définitive, quelle que soit l'importance de l'établissement qu'on voudrait créer, soit à Hammam-Melouan, soit dans les environs, on trouvera dans les parties supérieures de l'Oued-Tiouriri et de l'Oued-Melah l'eau potable nécessaire aux besoins de l'établissement, si l'on ne juge pas convenable de se servir de l'eau de l'Harrach. Cette eau sera d'excellente qualité comme boisson, et sera plus fraîche que celle de l'Harrach, si on a soin d'enterrer dans le sol la conduite d'eau faite en tuyaux de poterie. Le trajet minimum à parcourir étant d'environ 2.000 mètres, cette conduite pourrait coûter de 10.000 à 12.000 francs.

De l'insalubrité d'Hammam-Melouan. — 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, ainsi que l'annonce le rapport de la commission de 1851. Aussi ces eaux ne sont que très-peu fréquentées dans la saison des chaleurs, même par les indigènes; c'est ce qu'indique du reste le relevé des bains qui ont été pris dans le courant d'une année. La présence d'un gardien des eaux, établi par ordre de M. le maréchal Randon, a permis de faire à cet égard une statistique assez rigoureuse, parce que ce gardien perçoit 5 centimes par bain pour entretenir la propreté de la piscine de Sidi-Soliman et maintenir l'ordre parmi les indigènes juifs et arabes.

Voici, en effet, comment les bains se répartissent dans le cours d'une année:

Janvier				,			135	bains.
Février.								
Mars					,		345	
Avril							112	
Mai							785	
Juin								
Juillet							100	
Août		•.					60	
Septembre							1.800	
Octobre								
Novembre.								
Décembre.						م	50	
Tot	al.	9	,				5.415	bains.

Sur ce nombre, 400 au maximum ont été pris par des Européens; le reste a été pris par des indigènes.

Les nombres donnés pour janvier, février, mars, avril, mai, sont tirés du livre de comptes du Gardien, pour l'année 1859.

Les nombres donnés pour les mois de juillet à décembre ne sont qu'approximatifs, parce qu'en 1858 le gardien confondait sur son livre de comptes les recettes des bains avec les recettes de diverses natures qu'il faisait en donnant

des chambres ou en donnant à manger aux baigneurs. Cependant, tels qu'ils sont, ils présentent une approximation suffisante pour qu'on puisse en conclure, que la grande fréquentation des bains a lieu pendant les mois de mai et juin, et pendants les mois de septembre et octobre. La pratique des indigènes montre que les bains de Hammam-Melouan ne sont pas fréquentés pendant les grandes chaleurs de l'été, c'est-à-dire pendant les mois de juillet et août. Acette époque, ce sont les Arabes des environs même de Hammam-Melouan qui viennent prendre quelques bains. Ainsi la pratique séculaire des indigènes est d'accord avec la théorie, pour établir que le séjour d'Hammam-Mélouan est insupportable pour les malades pendant les fortes chaleurs de l'été. Une circonstance indépendante de la situation topographique de Hamman-Melouan vient encore augmenter l'incommodité du séjour de cette localité, c'est l'habitude de sacrifices de poules, de brebis et de chèvres que les indigènes font à chaque heure du jour au génie des eaux thermales. Les entrailles de tous ces animaux sont jetés au milieu du marais de Hammam-Melouan; il doit donc se dégager de là pendant les chaleurs estivales, des miasmes infects qui rendent la localité insalubre.

Les israélites, après avoir sacrifié leurs poules, jettent le corps entier de l'animal au milieu du marais. Nul doute que si l'on pouvait empêcher les indigènes de jeter ainsi des débris d'animaux au milieu du marais thermal, on ne détruisit complétement pendant l'été une des principales causes de l'insalubrité d'Hammam-Melouan. Il serait probablement impossible de proscrire d'une manière absolue ces habitudes séculaires; mais on pourrait les régulariser et en atténuer les inconvénients en obligeant à faire les sacrifices en un point déterminé de la vallée, et à jeter les issues d'animaux soit dans le lit même de l'Harrach, soit dans un point déterminé du plateau submersible. Dans ce dernier cas, le gardien serait tenu d'enlever ces débris à la fin de

chaque journée. Il conviendrait aussi de faire disparaître les larges flaques d'eau stagnante que les eaux thermales produisent sur le plateau submersible que nous avons décrit plus haut, et c'est ce qu'il serait très-facile de faire au moyen de quelques rigoles. Il y aurait cependant encore à redouter pour les malades valétudinaires, l'influence énervante de l'atmosphère estivale et la tristesse d'un séjour au fond de la gorge d'Hammam-Melouan. Nous pensons que l'on pourrait éviter ce double inconvénient en ne construisant sur le plateau d'Hammam-Melouan que l'établissement thermal proprement dit la maison d'habitation et toutes ses dépendances seraient établies sur deux mamelons voisins, situés sur la rive droite de l'Harrach, en aval de la piscine de Sidi-Soliman.

Le sommet du 1er mamelon est situé à 350 mètres au nord de la piscine, à 75 mètres au-dessus du niveau de l'Harrach et à 45 mètres au-dessus du marabout de Sidi-Soliman.

Le sommet du 2° mamelon est situé à 550 mètres au nord de la piscine, à 100 mètres au-dessus du niveau de l'Harrach, et à 70 mètres (*) au-dessus du marabout de Sidi-Soliman. Ces deux mamelons qui sont éloignés l'un de l'autre de 200 mètres, présentent une surface assez étendue pour la construction d'un hôtel grandiose et de toutes ses dépendances. Une route carrossable, facile à tracer sur le flanc du Coudiat el Hammam, les relierait à l'établissement thermal que l'on construirait auprès des bouillons des sources chaudes. Les malades ingambes n'auraient qu'une très-courte promenade à faire pour se rendre de l'hôtel à l'établissement thermal, et le maître d'hôtel organiserait un service soit d'omnibus, soit de chaises à porteurs pour les malades qui ne pourraient pas faire le trajet à pied. Il ne nous a fallu que 6 minutes pour faire au petit pas le

trajet compris entre le premier mamelon R et la source de Sidi-Soliman.

Les deux mamelons se trouvent sur le prolongement de la coupe de Magrouna; ils reçoivent d'une manière directe les courants d'air qui s'engouffrent dans la vallée de l'Harrach, après avoir passé sur la mer, le salsel et la plaine de la Métidja. En raison de la grande hauteur de ces mamelons, au-dessus du fond de la vallée de l'Harrach, la moindre bise d'air qui remonte cette vallée passe sur les mamelons, tandis que le fond de la vallée reste immobile sous les rayons d'un soleil ardent. Une circonstance topographique arrête en quelque sorte le renouvellement de l'air au fond de la gorge. En effet, en amont de la coupure de Magrouna, la vallée de l'Harrach, qui est dirigée S. 9° 1/2 O. parallèlement au système de montagnes du Vercos, se détourne brusquement vers le S. O. et se dirige vers le S. 67° O.

Par suite de ce coude brusque de 59° 1/2, les courants d'air sont arrêtés à l'extrémité sud de la coupure de Magrouna, ce qui doit laisser l'air du fond de la vallée de l'Harrach, et par suite de la localité de Hammam-Melouan dans un état de tranquillité plus grande que l'air des localités plus élevées et se trouvant sur le prolongement de la coupure de Magrouna; c'est ce qui arrive pour les mamelons S R et surtout pour le mamelon S qui est de 25 mètres plus élevé que R. En s'avançant à une centaine de mètres au delà de S, on aperçoit la plaine de la Métidja à travers la coupure de Magrouna.

Le 7 juin 1859, à 10 heures et demie du matin, il soufflait sur le mamelon d'aval S une brise assez forte. Le thermomètre marquait 24° à l'ombre d'un caroubier, et en descendant immédiatement sur le plateau des eaux chaudes, la température à l'ombre, était de 25°,66, c'est-à-dire de 1°,66 plus élevée que sur le mamelon S.

Les construction situées sur les mamelons R et S, auraient de plus l'avantage de ne pas être sous l'influence

^(*) Toutes les différences de niveau indiquées dans ce rapport ont été mesurées au moyen du baromètre métallique de Richard.

des émanations putrides se dégageant des débris d'animaux provenant de sacrifices des indigènes. On les alimenterait facilement en eau potable excellente, au moyen de la source d'Aïn Tiouriri; et, si cette source ne suffisait pas, on pourrait ameuer à l'hôtel une des sources d'excellente eau de la partie supérieure de l'Oued Melah. Dans ce cas. une portion de ces eaux servirait à l'arrosage des jardins que l'on créerait auprès de l'hôtel. Quant aux gros lavages de linge, on les ferait sur les bords de l'Harrach, où l'on irait également abreuver les bestiaux. Il serait facile de relier l'hôtel à la vallée de l'Oued Melah et à celle de l'Oued Tiamemin, par des routes muletières peu coûteuses; le promeneur trouverait dans ces vallées de très-jolis points de vues et de magnifiques orangeries qui lui fourniraient et des fruits savoureux et une délicieuse fraîcheur. En multipliant les chemins muletiers autour de Hammam-Melouan. on procurerait aux malades des promenades ravissantes, et l'on n'aurait pas à craindre qu'ils fussent frappés de nostalgie au milieu de ces campagnes pittoresques. Les indigènes conserveraient leur lieu de campement habituel et fourniraient ainsi aux malades une distraction nouvelle par le spectacle de leurs coutumes originales pendant la saison des bains. Nous accordons volontiers que le séjour sur le plateau de Hammam-Melouan offre des inconvénients de toute nature: espace trop restreint, chaleur débilitante, air vicié, monotonie du coup d'œil, et par suite, tristesse et ennui chez les malades. Tout cela disparaît en plaçant la maison d'habitation sur les mamelons R S. Une seule objection peut être faite contre la distance qui séparera la maison d'habitation de l'établissement thermal proprement dit; mais en définitive, cette objection est plus spécieuse que réelle. L'hôtel dont nous avons supposé la construction, devant avoir des proportions grandioses, la servitude imposée au maître d'hôtel de conduire les malades au bain, soit en omnibus, soit en chaise à porteur, disparaît

devant les dépenses beaucoup plus importantes que lui imposera l'entrétien de son établissement; mais un projet de cette nature ne peut réussir qu'à la condition que l'esticacité des eaux thermales de Hammam-Melouan, attirera un grand concours de malades. Une circonstance militera en faveur de la prospérité d'un établissement de ce genre, c'est que les baigneurs pourront y continuer leur traitement pendant l'hiver, et ne quitter les eaux qu'après une guérison complète.

La population Européenne de l'Algérie est trop faible pour qu'elle puisse alimenter à elle seule cet établissement. En Europe, les établissements thermaux sont alimentés par des populations très-nombreuses, tandis que nous n'avons, en Algérie, qu'une population Européenne d'environ 270,000 âmes, en y comprenant l'armée. On ne doit pas compter sur la population indigène comme élément de prospérité des thermes de Hammam-Melouan. De tout temps, les indigènes ont joui de la faculté de prendre des bains gratuitement. Les israélites s'installent sous la tente pendant 8 ou 10 jours et apportent avec eux tout ce qui est nécessaire à leurs besoins. Les Arabes ordinairement ne passent sur les lieux que 24 heures, et prennent coup sur coup 5 à 6 bains. De même que les israélites, ils se plongent dans l'eau après leur repas, et le bain ne porte aucun trouble dans leur digestion, en raison de la haute température de l'eau. La mesure prise par M. le Maréchal Randon d'établir sur les lieux un gardien qui perçoit 5 centimes par bain dont la durée est d'une heure, a été excellente au point de vue de la propreté du bain et de la tranquillité publique. Les israélites ne sont plus molestés par les Arabes, ainsi que cela arrivait fréquemment autrefois: aussi se sont-ils soumis sans murmurer à cet impôt de

5 centimes que l'on prélève sur tout le monde. Les Arabes

ont fait comme les Israélites, non toutefois sans trouver

cette mesure injuste; mais si la rétribution était plus

élevée, il est probable que les indigènes ne fréquenteraient plus les eaux de Hammam-Melouan. Du reste, ils n'iront jamais loger dans la maison d'habitation pendant leur séione aux eaux chaudes. C'est donc hors de l'Algérie qu'il faut chercher les éléments de la prospérité d'un grand établissement thermal. Evidemment, on ne saurait engager l'État à construire à ses frais un établissement de ce genre, ce serait une entreprise offrant beaucoup trop de chances aléatoires: un particulier seul pourrait la tenter à ses risques et périls; il est vrai que l'État serait intéressé de toutes manières à la prospérité de l'établissement thermal, puisqu'il se réserverait sans aucun doute un certain nombre de bains à distribuer gratuitement aux militaires de tous grades, aux fonctionnaires de l'ordre civil, et à la population indigente, et qu'en outre l'affluence des étrangers serait une source de richesse pour la Colonie; l'État pourrait donc contribuer en tout ou en partie à l'exécution de la route carrossable définitive qui relierait le village de Rovigo à l'établissement thermal. Cette route coûterait environ 250,000 francs, à cause des difficultés que l'on aurait à surmonter; elle serait un agrément de plus pour les baigneurs, en leur osfrant un nouveau lieu de promenade et en permettant à ceux qui auraient de la fortune d'aller faire de longues excursions soit à cheval, soit en voiture dans les différents points de la plaine de la Métidja.

L'importance de l'établissement proprement dit dépendrait de la quantité d'eau thermale dont on pourrait disposer. On a vu qu'avec des travaux peu coûteux le débit de ces eaux, qui est aujourd'hui de 3^{lit},21 par seconde, pourrait être porté très-probablement à 6 litres par seconde, ce qui permettrait de donner mille bains par jour. On pourrait donc construire un établissement thermal renfermant quatrevingts cabinets particuliers pour bains et douches, une piscine pour les indigènes et une piscine pour les malades des hopitaux civils et militaires.

Cet établissement pourrait coûter environ 200.000 francs. Enfin l'hôtel et ses dépendances, la conduite d'eau, les routes muletières qu'il y aurait lieu d'ouvrir dans les montagnes pour procurer aux baigneurs des promenades variées, l'achat du terrain sur lequel toutes ces dernières constructions seraient établies, pourront s'élever à 350.000 francs environ, de telle sorte qu'une somme de 800.000 francs serait nécessaire pour l'édification de l'établissement thermal et de ses dépendances de toute nature.

Notre but n'est pas d'engager un industriel à tenter dès aujourd'hui une entreprise aussi coûteuse et qui est de nature à présenter beaucoup de chances aléatoires. Nous avons cherché seulement à démontrer qu'il était possible de construire, auprès de Hammam-Melouan et dans des proportions aussi grandioses qu'on le voudra, un établissement thermal qui se trouvera placé dans de bonnes conditions de salubrité. Cette étude va nous fournir tous les éléments nécessaires pour discuter les différents projets qui ont été présentés.

Deux systèmes essentiellement différents sont en présence :

1º Transporter les eaux thermales auprès de Rovigo;

2º Les utiliser sur place.

Dans le premier système les eaux doivent être transportées au moyen d'une conduite en billes de sapin perforées, placées dans une galerie souterraine en maçonnerie. Cela résulte de l'avis de l'Académie impériale de médecine, et de l'avis de M. François, ingénieur en chef des mines.

La conduite en bois de sapin coûterait environ 9 francs par mètre courant.

DE LA PROVINCE D'ALGER.

On amènerait avec cette dépense les eaux au pied du versant sud de l'Atlas en un point D situé sur le prolongement de l'axe de Rovigo.

On pourrait diminuer la dépense en amenant les eaux en un autre point B, situé à 6.300 mètres de Hammam-Melouan, sur le parcours de la conduite projetée jusqu'en D,

La galerie coûterait La conduite en bois coûterait.			
Total.			270.705

Dans tous les cas la dépense est énorme.

Les eaux subiront une perte de chaleur considérable qui sera d'au moins 1°,60 par kilomètre parcouru.

Pour 7.300 mètres la perte de chaleur sera de 11°,68. Pour 6.300 mètres la perte de chaleur sera de 10°,08.

La température de la source de Sidi-Soliman varie de 42 à 44° avec l'heure de la journée; elle est en moyenne de 43°.

Pour 7.300 mètres l'eau arrivera au point D avec une température de 31°,52.

Pour 6.300 mètres de parcours, l'eau arrivera au point avec une température de 32°,92.

Il ne faut pas en conclure que l'on pourrait administrer des bains ayant immédiatement cette température. L'eau minérale sera reçue nécessairement dans des réservoirs asset considérables où elle éprouvera une nouvelle perte de chaleur surtout en hiver. Aussi devra-t-elle être réchaussée artificiellement pour être administrée à l'état de bains. Ce sera donc une cause permanente de dépense pour l'établissement. Si l'on reçoit dans la même conduite en bois les eaux chaudes des trois sources de Hammam-Melouan, la température finale de l'eau qui arrivera à Rovigo sera encore plus basse que celle qui a été indiquée ci-dessus, puisque la

source du milieu et la source de la piscine des Européens ont une température inférieure de 4 à 5°, à celle de la source de Sidi-Soliman.

Nous avons montré plus haut que l'une des sources de Hammam-Melouan est gazeuse; dès lors le transport lui fera perdre le gaz et par suite certaines propriétés thérapeutiques particulières à l'action de ce gaz.

Le transport fera perdre, en outre, à toutes les sources les matières gélatineuses ocracées et arsenicales qui se déposent par suite de l'action de l'air, de l'agitation de l'eau et du départ de l'acide carbonique. Ces dépôts gélatineux jouissent de certaines propriétés thérapeutiques et servent à faire des frictions que l'on prétend très-essicaces dans diverses maladies. On perd ces dépôts par le transport des eaux thermales. Dès lors, on altère la nature chimique de ces eaux et l'on diminue leurs propriétés curatives. Il y aura en outre perte notable par évaporation dans le parcours d'une conduite en bois de 6 à 7.000 mètres de longueur. Enfin, rien ne démontre que l'eau thermale, refroidie par le transport et réchaussée ensuite artificiellement, jouira des mêmes propriétés médicales que si on l'employait au sortir du roc, alors même qu'elle ne perdrait aucun élément pondérable par le refroidissement; le doute, à cet égard, suffirait pour jeter une grande défaveur sur l'établissement thermal.

D'après toutes ces considérations, nous nous rangeons à l'opinion de l'Académie impériale de médecine, qui condamne en principe le transport des eaux thermales de Hammam-Melouan et demande qu'on cherche à assainir la localité en y dépensant les sommes qu'exigerait le transport des eaux jusqu'à Rovigo. Ce transport présente 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

Nous ajouterons encore que l'analyse chimique montre que l'eau thermale de Hammam-Melouan, lorsqu'elle est refroidie, a la plus grande analogie de composition avec l'eau de mer. Il est assez rationnel d'admettre que l'eau de mer réchaussée jouira des mêmes propriétés thérapeutiques que l'eau de Hammam-Melouan réchaussée après un ressoidissement préalable. Dans ce dernier cas on peut se demander si au lieu d'aller construire à grands frais un établissement thermal artificiel auprès de Rovigo, il ne vaudrait pas mieux le construire à Alger, sur le bord de la mer, du côté de Saint-Eugène. Là, du moins, les malades trouveraient des promenades toutes faites, de jolis points de vue et des ressources de tout genre dans le voisinage d'une grande ville.

La proximité de la mer fait de Saint-Eugène un séjour des plus agréables pendant les chaleurs de l'été et présente toutes les conditions de salubrité désirables. Le propriétaire d'un établissement thermal artificiel aurait probablement à Saint-Eugène plus de chances de réussite qu'auprès de Rovigo, parce qu'il aurait à faire des avances de fonds beaucoup moins considérables. Aussi nous sommes d'avis qu'il y a lieu de renoncer au transport des eaux thermales de Hammam-Melouan, en dehors des gorges de l'Harrach jusqu'auprès de Rovigo, et que si l'on veut tirer parti de ces eaux, il faut les utiliser sur place.

Pour utiliser sur place les eaux de Hammam-Melouan, deux systèmes se présentent :

Ou bien construire un établissement provisoire, ainsi que le proposait M. Hardy et la commission supérieure des routes et ponts et de desséchement;

Ou bien construire un établissement définitif, ainsi que le propose la commission de 1854.

Nous avons démontré qu'il était possible de construire dans le voisinage innnédiat de Hammam-Melouan un éta-

blissement thermal définitif qui remplirait toutes les conditions de salubrité désirables. L'établissement thermal proprement dit serait situé sur le plateau de Hammam-Melouan, au bouillon même des sources. Le campement actuel des indigènes serait toujours réservé pour leur usage exclusif. La maison d'habitation des malades européens et ses dépendances seraient construites sur les mamelons R, S, situés sur la rive droite de l'Harrach; le premier à 350 mètres et le second à 550 mètres N de la piscine de Sidi-Soliman. On trouverait l'eau potable nécessaire à ces établissements dans l'oued Tiouriri et l'oued Melah. Sur ces mamelons R et S, on aurait de l'air, de la vue et l'on serait à l'abri de l'influence miasmatique du bas de la vallée.

Nous avons évalué à 550000 francs environ les dépenses nécessaires pour l'établissement thermal et ses dépendances, et à 250000 francs environ, les dépenses que réclamerait l'ouverture d'une route carrossable définitive entre Rovigo et Hammam-Melouan.

Le travail qui précède sur Hammam-Melouan a été extrait en très-grande partie d'un rapport adressé par nous à l'administration, le 19 juin 1859. Nous nous sommes contenté d'y ajouter les résultats des diverses analyses d'eaux minérales et d'eaux potables, analyses qui n'ont pu être terminées qu'en 1860. Depuis cette époque, un décret impérial du 2 mai 1863 a autorisé le gouverneur général de l'Algérie à concéder, directement au nom de l'état, à M. le docteur Feuillet, les eaux minérales de Hammam-Melouan. Un arrêté du gouverneur général, en date du 19 juin 1863, a institué cette concession en faveur de M. Feuillet. D'après l'article 7 du cahier des charges annexé à l'arrêté, la concession aura une durée de quatre-vingt-dix-neuf ans, à partir de la mise en possession qui sera contatée par un procès-verbal.

Le terrain de marnes schisteuses, d'où émergent les sources minérales de Hammam-Melouan, ne renferme pas

TOME VII, 1865.

:6

de fossiles, et c'est par induction qu'il a été classé dans le terrain crétacé de l'Atlas. Pendant les études géologiques nouvelles que nous avons faites en 1863, dans le bassin géographique de la plaine de la Métidja, nous avons constaté dans la partie supérieure des berges de Hammam-Mélouan des bancs de grès mummulitique, associés à des marnes schisteuses encaissant les sources minérales. Il ne serait pas impossible que ces dernières marnes fussent ellesmêmes mummulitiques. Jusqu'ici nous n'avons pu établir une démarcation bien nette entre le terrain mummulitique et le terrain crétacé de l'Atlas, lorsque ces deux terrains se composent de marnes schisteuses non fossilifères. C'est pour ce motif que nous avons placé un point de doute (?) à la suite du mot crétacé appliqué au terrain d'Hammam-Melouan.

5° Sources minérales des Béni Aquil (cercle de Cherchell), sur le bord de la mer.

Il existe sur le territoire des Beni-Aquil, entre Ténès et Cherchell, sur le bord de la mer, une source minérale remarquable par la grande quantité d'acide sulfurique libre qu'elle renferme. Un kilogramme d'eau recueillie le 7 novembre 1859 contient 17⁵,5864 de matières diverses, parmi lesquelles il y a 3⁵,9786 d'acide sulfurique et 10⁵7596 de sulfates terreux. Cette composition spéciale indiquée dans le tableau A, analyse n° 63, vient de ce que la source émerge à travers les fissures d'une roche trachytique, riche en pyrite de fer. L'altération de cette dernière par les agents atmosphériques donne lieu à de l'acide sulfurique libre qui, en agissant sur les silicates constituant la roche éruptive, produisent les divers sulfates terreux qu'on observe dans l'eau; aussi l'eau a-t-elle un goût styptique très-prononcé. Elle a un débit très-faible et se perd immédiatement au milieu des

sables du rivage. C'est une source froide dont la température nous est encore inconnue.

A 500 mètres de distance au sud de la source précédente, et à 100 mètres environ au-dessus de la mer, il y a une autre source minérale froide qui émerge à travers les fissures d'une couche de grès secondaire pyriteux sur la ligne de contact des terrains éruptifs. Son débit est d'environ 2 litres par seconde; elle a également un goût styptique, mais moins prononcé que pour la première source.

6º Sources salines de la rive droite de l'Oued Djemma, près de son débouché, dans la plaine de la Métidja.

Ces sources, dont la principale donne un débit d'environ 3 litres par seconde, émergent à l'aval de la carrière à plâtre du sieur Solal, à quelques mètres au-dessus du lit de la rivière, sur une longueur d'environ 200 mètres. Elles sortent à travers les fissures de marnes schisteuses bleuâtres, assez dures, dont la direction est N 60° O.m., et le plongement au N 30° E.m. Presque en face de ces sources, et sur la rive gauche de la rivière, on voit une masse considérable de dolomie jaunâtre et blanchâtre.

ANALYSES

r s Rione is started surranting section north

DE DIVERSES EAUX MINÉRALES DE LA PROVINCE D'ALGER.

Par M. L. VILLE, ingénieur en chef des mines.

Classification des analyses.

DESIGNATION DES CATÉGORIES.	SOURCES.	NOMBRE d'analyses.
1º Eaux thermales simples	Sources nos : et 2	2
	Sources nos 4 et 5	
30 Eaux minérales alcalines et fer- rugineuses	Sources nos 6 à 23	18
4° Eaux salines	Source nº 3, sources nº 24 à 33, sources nº 35 à 52, source nº 63.	. 29
5° Eau de mer	Source nº 34	1
6º Eaux potables de la vallée de l'Harrach	Sources nos 53 à 62	10
Total du	nombre d'analyses.	63

Alger, le 18 octobre 1864.

Numéros d'ordre	1	2	3	4	5	6	7	8
DÉSIGNATION des substances.	Eau de Aïn Djerob, recuelllie le 18 mai 1858.	Eau d'A'in el Hammam, à 28 kilomètres NE. de Gueltes Sattel (chaine du Seba Rous), recueillie le 30 avril 1858.	Eau thermale de Hammann et Hamé, dans le l'Ouarencenis, recueilliele 30 nov. 1855.	Eau de la source thernale de Berouaguia, recueille le 7 decembre 1865.	Eau thermale sulfurense stude à 8 kilomètres de Ksarzerguin, recueillie le 18 mai 1888.	Eau ferrugineuse d'el Achour, recucillie en mars 1858.	Fau a ferrug de Mouzaïa recuelllie en mai 1854.	ineuse 1 les-Min
Température de l'eau à la source	Indét.	Indét.	42° C.	»	n	»	17 à 18°	15°,15
Densité de l'eau à la tem- pérature du laboratoire.	1,000726 (26°)	1,0004 (27°)	3)	1,00103	1,00403 (25° 1/2)	1,0021	1,0023	Indét
Acide carbonique(non com- bine à l'état neutre)	Indét.	gr. 0,0123	»	Indét.	Indét.	0,1969	Indét.	Indét
Potasse. Soude. Chaux. Magnésie. Aluminc. Peroxyde de fer.	gr. 0,20220 0,11500 0,03370	gr. 0,00600 0,07000 0,20377 0,07550 3 0,01200	gr. 0,0673 0,7545 0,3225 0,0718	gr. 0,5785 0,0590 0,0330 0,0050	gr. 1,6275 0,6860 0,1311	gr. 0,1543 0,5331 0,4956 0,1133 0,0210	gr. 0,63144 0,17476 0,08280 0,00600 0,01000	gr. 0,810 0,133 0,057 traces 0,007
Bases totales	0,35090	0,36727	1,2241	0,6755	2,4146	1,3173	0,90500	1,038
Acide chlorhydrique. Acide bromhydrique. Acide sulfhydrique. Acide nitrique. Acide sulfurique. Acide sulfurique. Acide phosphorique. Acide carbonique (combine à l'état neutre). Acide silicique.	0,25790 "" 0,05087 Indét. 0,09860 Indét.	0,10170 " " 0,22700 " 0,10650 0,00120	0,9607 "" 0,2598 " 0,1748 0,0180	0,3234 " 0,0500 traces. 0,2695 0.0050	1,9400 3 1,0170 0,0030 0,0871 0,0120	1,1621 "" 0,1855 0,1583 0,0080	0,03920 "" 0,44330 "0,40776 0,02600	0,0611 0,677 0,360 0,023
Acides totaux:	0,38737	0,43640	1,4133	0,6479	3,0896	1,5139	0,91626	1,122
Matière organique Ammoniaque	Constatée.	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.	Indét.	Indet.	Indé "
Poids total des sels hydratés	0,75827	0,80367	2,6374	1,3234	5,5337	2,8312	1,82126	2,160
A déduire, eau correspondant à l'acido chorhydrique	0,05871	0,02510	0,2371	0,0798	0,4788	0,2868	0,00967	0,015
Poids total des sels anhydres.	0,69956	0,77857	2,4003	1,2436	5,0549	2,5444	1,81159	2,145 (a)

(a) L'analyse de M. Millon présente l'acide carbonique combiné à l'état de bicarbonate. Dans ce tableau, nous le représentons combiné à l'état de carbonates simples, afin de rendre comparables les résultats des deux analyses.

par kilogrammo d'eau.

9	10.	11	12	13	14	15	16	17
1970	EAUX	MINÉRALES	DU FRAIS	VALLON (en	virons d'Al	ger),		Eau alcaline de la propriéte
propriété C	aldumbide (ri recueillies les	ive droite),	AYoun	Skhakhna (precueil	roprié <i>t</i> é Bert lies les	orat),	Propriété Firmin Dufourc,	du sieur Mouton, vallée des Consuls
0 novembre 1857.	20 juin 1858.	11 juillet 1858.	17 août 1855 (rive droite).	11 sep- tembre 1857 (rivedroite).	24 juillet 1858 (rive droile)	5 mars 1859 (rive gauche).	recueillie le 16 août 1863 (rive droite).	recueillie le 14 octobr 1857.
h	. "	n	17° C.	15°	»	190	19° 1/2	ъ
4,00127	1,00128	Indét.	Indét.	1,00040	Indét.	Indét.	1,00079 (20°)	1,0011
0,2054	0,2100	0,1971	Indét.	0,2120	Indét.	0,16054	0,2613	0,2763
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr. 0,00880	gr. 0, 028	gr.
0,2081	0,2280	0,2253	0,22250	0,19640	0,2255	0,16960	0,1036	0,3580
0,1960	0,2295	0,2518	0,07494	0,08232	0,0904	0,04136	0,1008 0,0463	0,1327
0,1505	0,0923	0,0989	0,03630	0,04640	0,0344	0,03670	0,0080	0,0112
0,0040	traces.	0,0010	0,00400	traces.	0,0080	39	0,0090	0,0020
0,5586	0,5498	0,5670	0,33774	0,32512	0,3583	0,25646	0,2705	0,5701
0,2285	0,2133	0,2300	0,19540	0,19840	0,1982	0,08140	0,1068	0,3426
n	D	2)	, ,	n	-m-	39	>>	»
	n	33	n	traces.	»	0,01026	0,1117	0,0325
0,2690 traces.	0,2736	0,2804	0,02570	0,03260	0,0330	0,02062	"	0,0576 traces.
			1		0.420=	0.13046	0,0775	0,1917
0,1886	0,1425	0,1609	0,10770	0,11440	0,1307	0,13946	0,0110	0,0160
0,6981	0,6584	0,7099	0,33930	0,36040	0,3729	0,25374	0,3070	0,6404
Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.	Néant.	Indét.
11	n n	"	>>	ю				The state of
1,2567	1,2082	1,2869	0,67704	0,68552	0,7312	0,51020	0,5775	1,2105
0,0564	0,0526	0,05680	0,04822	0,04896	0,0489	0,02000	0,0264	0,0845
1,2003	1,1556	1,23010	0,62882 (a)	0,63656	0,6823 (b)	0,4902)	0,5511	1,1260

(a) Voir la brochure sur les Eaux d'Aïoun Skhakhna, par M. Millon.
(b) Les sels solubles rougissent le curcuma et raménent au bleu la teinture de tournesol rougispar les acides. Ils font effervescence par l'acide chlorhydrique.

Substances minérales diverse par kilogramme d'eau.

The state of the s	Service .		- water	No. of Contract of		-	4110	11.01363	pur	The second	1000		A STATE OF THE STA			Description of the last of the	
Numéros d'ordre	1	2	3	4	5	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
edites to profit	Djerob, mai 1858.	mmam NE. ottel Rous), ril1858.	mé. Is, 1855.	ırce baguin, 1855.	ulfureuse lométres rguia, mai 1858.	1858.	Eau a ferrug de Mouzaï	inenu		EAUX	MINÈRALE	S DU FRAIS	VALLON (er	virons d'A	lger),		Eau alcaline de la propriété
DÉSIGNATION to des	10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Tres 38 Si eba	thermale mam el Hamé. Onarencenis, y le 30 nov. 1855.	i de la source ile de Beronaguin, recueillie décembre 1855.	5000	rugineus Achour, en mars	recueillie		propriété C	aldumbide (r recueillies les	ive droite),	Aïoun	Skhakhna (precueil	propriété Berl lies les	orat),	Propriété Firmin Dufourc,	du sieur Mouton, vallée des Consuls,
substances.	Eau de recueillie	Eau d'Aïn o a 28 kilome de Guelt (chaine du S	Eau the Hamma dans l'On recueillie le	Eau de thermale c	Egu thermal située à 8 l du Ksarz recueillie le 1	Eau fer d'El recuelllie	en mal 1854.	18 no. Vembro 1855.	10 novembre	20 juln 1858.	11 juillet 1858.	17 août 1855 (rive droite)	11 sep- tembre 1857 (rive droite)	24 juillet 1858 (rive droite)	5 mars 1859 (rive gauche).	recueillie le 16 août 1863 (rive droite).	recueillie le 14 octobre 1857.
Température de l'eau à la source.	Indét.	Indét.	42° C.	э	31	· 30	17 à 18°	150,75	0	ъ	b	17° C.	180	ъ	190	19° 1/2	»
Densité de l'eau à la tem- pérature du laboratoire.		1,0001 (270)	h	1,00103	(1,00403 (25° 1/2)	1,0021	1,0023	IndéL	1,00127	1,00128	Indét.	Indét.	1,00040	Indét.	Indét.	1,00079 (20°)	1,0011
Acide carbonique (non com- bine à l'état neutre)	Indét.	gr. 0,0123	, v	Indét.	Indét.	0,1969	Indét.	Indét.	0,2054	0,2100	1,1971	Indét.	0,2120	Indét.	0,16054	0,2613.	0,2763
Chlorure de potassium Chlorure de sodium Chlorure de calcium	gr. 0,38140	gr. 0,00950 0,13200	gr. 0,1066 1,4234	gr. 0,5175	gr. " 2,8050	gr. 0,2443 1,0053 0,3470	gr. 0,06111	gr. D,0990	gr. 0,3651	gr. 0,3422	gr. 10,36910	gr. " 0,3140	gr. 0,3180	gr. 0,3180	gr. 0,13030	gr. 0,0045 0,1676	gr. v,5497
Chlorure de magnésium.	n	0,01940	0,0270	33	0,2525	0,3470	p p	a	1 0	'n	b	v	. в	u	11	n	n
Chlorures totaux	0,38140	0,16090	1,5570	0,5175	3,0575	1,8138	0,06111	0,0990	0,3651	0,3422	0,36910	0,3140	0,3180	0,3180	0,13030	0,1721	9,5497
Bromure de magnésium	21	'n	n	, n	, ») »	n ,	1	b	, D		h .	D	<u>u</u>	n	n	<u>"</u>
Sulfure de sodium	D C	×	n	constatée	constatée à la source.	} D	33	a		b	ъ	b	, a	-10	ħ	n	р
Nitrate de potasse Nitrate de soude))))))	n ,	n u	n	2)	n n	n n	n D	li D	n n	1) # p	traces.	D D	0,01406))))	0,0506
Nitrates totaux	,,,	a c	3)	3)	, n	3)	19	1	D	U	n	n	traces.	11	0,01406	»	0,0506
Sulfate de soude	0,08600	0,17769 0,18561	0,2828 0,1416	0,0885	0,2785	0,3128 " " 0,0150	0,78668	1,2010	0,0461 0,1626 0,2280	0,1013 0,1670 0,1797	0,03965 0,19790 0,21520	0,0460	0,0519	0,0585	0,03658 ""	0,0318 0,0979 0,0549	0,1022
Sulfates totaux	0,08600	0,36330	0,4244	0.0885	1,7455	0,3278	0,78668	1,2040	0,4367	0,4480	0.45275	0,0460	0,0519	0,0585	0,03658	0,1846	0,1022
Phosphates de soude Phosphate de chaux))))	3)))))	traces.	0,0030	" traces.	H u	p D	3	.0,0065	0,01640	n n	ม	n n	1)	3)	33
Phosphates totaux	, m	u u	n	traces.	0,9030	traces.	ы	,	,	0,0065	0,01640	n	1)	, D	b	33	31
Carbonate de soude	0,14300 0,06930	0,23320 0,00740	0,3680 0,0249	0,4540 0,1050 0,0680	0,1429 0,0469	0,3420 0,0151	0,43736 0,31200 0,17166	0,4618 0,2375 0,119i	0,2300 0,1507 0,0060	0,2865 0,0640	0,30360 0,05300	0,0610 0,0990 0,0750 0,0070	0,1470 0,0959	0,0540 0,1610 0,0710	0,14206 0,09400 0,07580	0,1080 0,0582	0,0080 0,2370 0,1600
Carbonates totaux	0,21230	0,25060	0,3929	0.6270	0,1898	0,3571	0,92102	0,8241	0,3867	0,3505	0,35660	0,2420	0,2429	0,2860	0,31186	0,1662	0,1050
Silicate terreux		0,00120 0,01200	0,0180 0,0080 Indét.	0,0050 0,0050 10dét	0,0420 " " Indét.	0,0080 0,0060 Indét.	" 0,02600 0,00600 0,01000 Indét.	0,0210 traces. 0,0010 Indél.	0,0120 Indet.	0,0250 traces.	0,03450 0,0010 Indet.	0,0300 "" Indét.	0,0150 0,0060 Indét.	0,0110 0,0080 Indét.	0,0020 " Indét.	0,0110 0,0080 0,0090 Néant.	0,0160 0,0020 Indet.
Poids total des sels anhydres.		0,77800	2,4003	1,2430	5,0378	2,5427	1,81081	2,1573	1,2005	1,1722	1,23035	0,6320	0,6398	0,6815	0,49480	0,5509	1,1255
Auleurs	Vatonne.	Simon.	De [Marigny.	De Marigny.	Vatonne.	ne Marigny.	De Morigny.	Nillor.	Vatonne.	Vatonne.	Vatonne.	Millon.	Vatonne.	Vatonne.	Simon.	Simon.	De Marigny.

Substances minérales diten ar kilogramme d'eau.

Numeros d'ordre	18	19	20	21	22	23	25	25	26	27	28	29	30	31	32	23	34
Skinger to the same	10.00	a 859.	D 01.	T 15	sus	0	-	Eau			SOURCES	THERMAI	LES DE HAM	MAM RHIRA.			
DÉSIGNATION des	errugineuse it des Gedros, eniet el Had, ie en 1856.	dule et ferrugi- lammon Rhira Hamza), 26 septemb, 1859.	alcaline ense de l'oued jelata, mètres SO, el Mizan, 24 juillet 1857.		e alcaline ineuso froide en Bakhi, forzour, environs Dellys,	Eau de la source minérale d'Hadjar el Hammam (Kabylle),	Tonds,	ie la source thermale de l'oued Hadjia,	des pisci	nes de l'éta	rvantäl'ali ablissement ä diverses	thermal	Eau de la source nº 1, alimentant l'établisse-	Source nº 10 située à 100 mètres O. de l'hôpital militaire :	des ruines	illeu romaines	Eau
substances.	Source ferride la forêt d prês de Teni recueillie	Source acidu neuso de Har (Afri H recuellliele 26	Source et ferughet Edje a 11 kilom de Dra e recueille le 3	Eau de la so neuse de S (fort Na recueillie le 1	Source a et ferugine d'Aibh en sur le Djeb Zerz de Del recueillie le	Eau de la sc d'Hadjar (Kai	Eau miner	recuelille le 7 novembre 1835.	D	1847	n	Recueillie le 26 sep- tembre 1859.	ment arabe, recueillie le 26 septem- bre 1859.	sert aux Arabes; recueillie le 26 septem- bre 1859.	du gé	du plan bnie), le 856.	de mer.
Température de l'eau à la source.	n	200	,,	n	n	'n	,	33°1/2 à 36°	Tempèra	ture à 45°	n	1)	47° 1/2	410	650	64° 3/4	b
Densité de l'eau à la tempéra- ture du laboratoire	1,00012 (23°)	1,0024	1,0035	1,00012	1,0025	1,00078 (25°)	1,0019	Indet.	Indét.	Indét.	1,0029	1,0022	1,00216	1,00195	1,00165	1,00205	, · •
Acide carbonique (non com- biné à l'état neutre)	Indet.	33	1,2593	0,0148	»	0,1850	Inde	ъ	Indét.	Indét.	Indét.	0,1454	Indét.	0,1564	Indét.	Indét.	
Potasse. Soude. Chaux	gr. 0,02310 0,01400	gr. 0,0510 0,1714 0,6585	gr. 3 1,5612 0,7402	gr. 0,054f 0,0207	gr. traces. 0,2222 0,1400	gr. " 0,0297 0,1677	0,6HT 0,6HT	gr. 0,44690 0,21280	gr.	gr.	gr. 0,12670 0,64150	gr. 0,2041 0,6675 0,0733	gr. " 0,2045 0,6787 0,0806	gr. 0,2295 0,6563 0,0703	gr. 0,4746 0,4986 0,1166	gr. 0,3824 0,6306 0,0762	gr. 0,0442 14,3127 0,5782 2,3448
Magnėsie. Alumine. Peroxyde de fer	0,01500	0,0953 " 0,0060	0;1544 " 0,0160	0,0175 " 0,004	0,2749	0,1090 0,0150	0,068 traces traces	0,09710	n .	n D	n n	0,0080	» »	0,0040	0,0266	0,0040	2,311 10
Bases totales	0,05210	0,9822	2,4718	0,0927	0,6471	0,3214	8,859	0,76180	»	31	0,85580	0,9529	0,9638	0,9601	1,1164	1,0932	17,279
Acide bromhydrique	0,02035	0,1932 " " 0,5877	0,7248	0,0101	0,1747 »	0,0762 " " " 0,3820	0,533	0,56340	n n n))))))	0,27510	0,3559 " " 0,8166	0,3204 n n 0,9908	0,3559 » 0,8276	0,3324	0,3496	19,6105 0,0101 " " 2,3415
Acide phosphorique Acide carbonique (combiné à l'état neutre). Acide silicique.	Indet.	0,3253 0,0020	1,0539 0,0360	0,0664 0,0080	0,4558 0,0400	0,0150 0,0200	0,013 0,224 0,003	0,10185 0,01000	D D	n a	0,08800	0,0834	0,0889	0,0836 0,0080	0,1520 0,0066	0,1483 0,0040	0,001
Acides totaux	0,04785	1,1082	2,4779	0,0885	0,6705	0,4932	0,51%	0,92525	•	»	1,15920	1,2599	1,3081	1,2751	1,3950	1,3845	21,963
Matière organique	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét	Indét.	D. 35	is	0,33942	Indet.	Indet.	Indét.	Indet.	Indét.	»
Poids total des sels hydrates.	0,09995	2,0904	4,9497	0,1812	1,3176	0,8146	1,788	1,68705	'n	»	2,35442	2,2188	2,2719	2,2352	2,5114	2,4777	39,248
A déduire, eau correspondant à l'acide chlorhydrique	0,00502	0,0468	0,1789	0,0021	0,0431	0,0188	0,1332	0,12984	31	1)	0,06789	0,0880	0,0760	0,0880	0,0820	0,0817	4,840
Poids total des sels anhydres.	0,09493	2,0436	4,7708	0,1788	1,2745	0,7958	1,6552	1,55721		53	2,28653	2,1248	2,1959	2,1472	2,4294	2,3960	34,403

ANALYSE DES EAUX MINÉRALES kilogramme d'eau.

				Substan	ces min	érales .	41-	ar kilog	ranme	4 644	40/14	Aug Const			,		
N. D. J.	_			to post r			11161	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Numeros d'ordre	18 -	19	20	21	22	23	21				SOURCES	THERMA	LES DE HAM	MAM RHIRA.			
DÉSIGNATION	gineuse s Cèdres, t el liad, 1 1858.	o et ferrugi- namm Rhira amza), septemb.1859.	caline se de l'oued ata, tres SO. Mizan, juillet 1857.	rce ferrugi- ik el Arba oléon), juillet 1857,	Source alcaline t ferrugineuse froide d'Ain ben Bakbil, e Djeb Zerzour, environs de Deliys,	e minérale ammam),	attentiane 	Eau de la source thermale de l'oued Hadjia,	Jan pleni	ource A ser nes de l'éta recueillie	hlissemen	thermai	Eau de la source nº 1, alimentant la piscine de	Source nº 10 située à 100 mètres O. de l'hôpital militaire;	Eau de l du m des ruines (nº 5 d	ilieu romaines	Eat
des substances.	Source ferrugia de la forêt des (pres de Teniet e recueillic en 1	Source acidulo neuse de Hama (A'n Ham recuellite 1026 se	Source alcallo et ferugineuse de Edjelata, à 11 kilomètres de Dra el Mizan recuellie le 24 juille	Sou Nap	Source ald et ferrugineu. d'Aïn ben H sur le Djeb Zerzo de Beil	Eau de la source d'Hadjar el Han (Kabylle), receullie lo	Eas mindrale	recuellilo le 1 novembre 1835.	b	1847	n .	Recueillie le 26 sap- tembre 1859.		sert aux Arabes; recevillie le 26 sep- tembre 1859.	du gé recueillie en 1	nie), le	de m
					ıs			33°1/2 à 36°	Tempéra	ture, 45°	»	n	470 1/2	41°	650	64° 3/4	D
fempérature de l'eau à la source	1	20°	»	n	ъ		-	Indét.	Indét.	Indét.	1,0029	1,0022	1,00216	1,00195	1,00165	1,00205	*/ */b
Densité de l'eau à la tempéra- ture du laboratoire cide carbonique (non com-		1,0024	1,0035	1,00012	1,0025	1,00078 (25°)	1,003; (6°	,	Indét.	Indét.	Indét.	0,1454	Indét.	0,1564	Indét.	Indét.	D
bine à l'état neutre)	Indét.	ъ	1,2593	0,0148	"	0,1850	lode	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	g 0,0
hlorure de potassium hlorure de sodium	gr. n 0,0326	gr. 0,0806 0,2465	gr. 1,1608	gr. " 0,0163	gr. " 0,2801	gr. 0,0600	7,85	0,84310	0,9000	0,8100	0,21600	0,3849	0,3858	0,4331 " 0,1131	0,5226	0,5703	3,6
hlorure de calcium	n n	n, n	n))) 1) 1)	0,0513	1	0,90860	0,9000	0,8100	0,40112	0,5376	0,4659	0,5462	0,5326	0,5703	30,6
Chlorures totaux	0,0326	0,3271	1,1608	0,0163	0,2801	0,1113	0,82	3	ט	- D	31	n	n n	n	n n))	0,0
romure de magnésium	n	1)	b	»	n .	n	1	1	D	n		,	D D	- n	, n	- "	
ulfure de sodium	>>	1)	h	»	, n	'n	1	1 3	b .	» »	n -31	33	b b	b	b n	n	
itrate de potasse	13	n n	n n))	3)	n	3 2	,	, n	"	33	35	n	D	1)	ъ	
Nitrates tolaux	"	В	»	'n	»	n	1	0,2651	1,4500	1,7800	0,02800 1,28600	1,3872	1,3925	1,3544	0,4280	0,1833	1,
ulfate de soude	0,0135 0,0339	0,0953 0,6256 0,2516	1,1766 "	0,0073	37 33 33	0,3679 0,2520	1	0,1380	b	D %	0,02400	» »	1,5011	0,0468	0,2726	0,1843	3,
ulfate de ler	n	n .	»	31	n		1	0,4031	4,4500	1,7800	1,33800	1,3872	1,5011	1,4012	1,0212	n	-
Sulfates totaux	0,0474	0,9725	1,1766	0,0073	n	0,6199	0,252	lraces.	D	»	39	D	b b	ρ,	n'	- 11	
hosphate de soudehosphate de chaux	n	n H	traces.	31 30))))	אר אר	0,05	traces.	D	n	>>	D	υ	ъ	traces.	1)	-
Phosphates totaux arbonate de soude	n	D D	traces.	0.0723	0,1260	n	0,0214	0,1850 0,0155	0,2400	0,0650	2,20000 traces		0,1880 0,0120	0,1760 0,0130	0,2866 0,0500	0,3040 0,0280	0,
arbonate de chaux. :	2) 31	0,7160 0,0228	1,3222	0,0370 0,0362	0,2500 0,5682	0.0250	0,15%		0,2400	0,6650	0,20000	D	0,2000	0,1880	0,3366	0,3320	0,
Carbonates totaux	Indét.	0,7388	2,3810	0.1455	0,9442		0,5011		D	37) II	n	n	n	n	n	
ilicate terreux	n n	0,0020	0,03600	0,0080	0,0400		0,005	0,0050	p	0,0400	0,00800	0,0040	0,0080	0,0080	0,0066	0,0040	jag.
lumine	0,0150 Indét.	0,0060 Indét.	0,01600 Indet.	o 0040 Indét.	» 0,0100 Indét.	0,0150 Indét.	trat6	Indét. 1,5572	Indét. 2,5900	2,7820	0,33942	Indet.	2,1950	Indét. 2,1474	Indét. 2,4296	2,3960	34,
oids total des sels anhydres.	0,0950	2,0464	4,7704	0,1811	1,2743	0,7982	1,613	De Marigny.	Tripier.	O. Henry	. Duplat.	De Marigny	De Marigny.	De Marigny.	De Marigny.	De Marigny.	de de Re
Auteurs	Vatonne.	De Marign y .	De Marigny.	De Marign y ,	De Marigny.	Vatonne.	Tenes	1]	ł	1					1	1

Substances minérales diverse, par kilogramme d'eau.

Numeros d'ordre	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
		AND DO			EAU	X THERM	ALES ET	AUTRES	DE HAMMAM	MELOUAN.						
DESIGNATION des substances.	du ma de Sidi	a source trabout Soliman, eillie	du m de Sidi	la source arabout Soliman, neillic	Eau de la piscine des Européens, dite du Bassin,	des Eu	lu piscine ropéens, u Bassia, reillie	du M en amout du d'eau froide	la source illou, pelit affluent qui la reçoit, eillie	formé par d toutes les so recueille à s	dissenu salé la réunion e urces salées, on confluent, darrach,	Eau de l'extré- mité N. du petit marais de Sidi Sliman,	qui surgitsur de l'H à 45 metr des eaux	source salée la rive droite arrach, es en aval chaudes, eillie	située auprè de pierre de la mais	ugineuse
	au mois d'août 184 .	au mois de janvier 1854.	le 7 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	recueillio en jauvier 1854.	le 7 juin 1859.	lo 20 sep- tembre 1859.	le 7 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 8 juin 1859,	le 20 ser tembre 18
Température de l'eau à la source.	. »	,,	4101/4	Indét.	ь	39° 1/4	340	360	Indét.	18°	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	23° 2/3	. 220
Densité de l'eau à la tempéra- ture du laboratoire.	39	'n	1,0222	1,0211	D	1,0198	1,0200	1,0242	1,0185	1,0213	1,0208	1,0113	1,0045	1,0067	1,0200	1,0215
Acide carbonique (non combiné à l'état neutre)	traces.	Indet.	Indét.	Indét.	Indét.	Irrdét.	Indét.	Indet.	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.	Indet.	Indét.	Indét.	Indet.
Potasse. Soude. Chaux. Magnésie. Alumine. Peroxyde de fer.	gr. 0,1535 13,8192 1,3628 0,1866 " 0,0010	gr. 14,0470 1,2208 0,2404 0,0200	gr. 14,1349 1,2433 0,1959 0,0150	gr. 13,2937 1,2141 0,1612 0,0080	gr. 32,7715 1,0920 0,2381 31	gr. 13,1221 1,1144 0,1868 0,0100	gr. 12,4448 1,1648 0,1422 5 0,0040	gr. 12,1527 0,8915 0,1553	gr. 11,9359 1,0483 0,1539	gr. 13,0998 2,4976 0,1993	gr. 12,7847 1,1872 0,1524 0,0160	gr. 6,4669 0,6608 0,1172	gr. 2,6264 0,2688 0,0630 0,0080	gr. 3,4630 0,6608 0,0806 "	gr. 12,3991 0,9162 0,1553 0,0280	gr. 14,6149 1,2650 0,1615
Bases totales	15,5231	15,5282	15,5890	14,6770	14,1216	14,4333	13,7558	13,2035	13,1461	15,8047	14,1403	7,2649	2,9662	4,2124	13,4986	16,045
Acide chlorhydrique Acide bromhydrique Acide sulfhydrique Acide nitrique Acide sulfurique Acide phosphorique Acide chronique (combiné à l'état neutre).	16,7175 "" 1,8388 " 0,0594 0,0015	16,7816 "" 1,7871 " 0,0830 0,0150	16,8324 " " 1,6892 " 0,1387 0,0250	15,7644 "	15,1282 " traces. 1,7184 " 0,1090 0,0100	15,5102 * 1,6913 0,4039 0,0100	14,7983 2 1,6386 0;6752 0,0200	14,0608 2 1,6655 0,0970 0,0200	13,8321 " " 1,9012 " 0,0731 0,0120	17,1883 "" 1,8530 " 0,0882 0,0120	15,1542 "" ", 1,7294 " 0,0790 0,0280	7,4988 "" ",1754 "" 0,0646 0,0040	2,8223 b 0,6131 3 6 0,1036 0,0120	4,1699 "" 0,8702 " 0,0699 0,0080	14,4981 "" 1,5644 0,0830 0,0520	17,4935 P 1,6400 0,0887 0,0200
Acides totaux	18,6172	18,6667	18,6853	17,5929	15,9656	17,3184	16,5321	15,8433	15,8184	19,1415	16,9906	8,7428	3,5510	5,1180	16,1975	17,2422
datière organique	traces.	Indét.	Indet.	Indét.	Indet.	Indét.	Indet.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.	Indét.
	34,1403	34,1949	34,2743	32,2699	31,0872	31,7517	30,2879	29,0468	28,9615	34,9462	31,1309	16,0077	6,5172	9,3304	29,6961	35,2879
déduire, eau correspondant à l'acide chlorhydrique	4,1259	4,1430	4,1550	3,8930	3,7339	3,8286	3,6530	3,4710	3,4140	4,2427	3,7220	1,8500	0,6967	1,0293	3,5790	4,3180
Poids total des sels anhydres	20,0144	30,0519	30,1193	28,3769	27,3533	27,9231	26,6349	25,5758	25,5505	30,7035	17,3889	14,1577	5,8205	8,3011	26,1171	30,9699

Numéros d'ordre	35	36	37	38	39	40	41		
					FAUN	THERMA	LES ET		
DÉSIGNATION des	du ma de Sidi	Eau de la source du marabout de Sidi Soliman, recueillie		Eau de la source du marabout de Sidi Sliman, recuellile		Eau de la pl des Europé dite du Bass recuellile			
substances.	au mois d'août 184	au mois dejanvier 1854.	le 7 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	recueillie en janvier 1854.	le 7 juin 1859.	le 20 : temb		
Température de l'eau à la source.		n	410 1/4	Indét.	b	340 1/4	34		
Densité de l'eau à la tempéra- ture du laboratoire	»	»	1,0222	1,0211	n	1,0198	1,02		
Acide carbonique (non combiné à l'état neutre).	traces.	Indet.	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.	Ind		
Chlorure de potássium	gr. 0,2430 26,0690 traces.	gr. 26,4987	gr. 26,6653	gr. 25,0782	gr. 24,0927	gr. 24,7747	23,41		
Chlorure de calcium	0,4350	0,3272	0,2571	0,4577	0,1265	0,0857	0,1		
Chlorures totaux	26,7470	26,8259	26,9224	25,2359	24,2172	21,3404	23,6		
Bromure de magnésium	31	u u	D	11			- 0		
Sulfure de sodium	n	n	- 11	11	, n	11	33		
Nitrate de potasse	33	traces.	n	D D	traces.	10	2		
Nitrates totaux	»	traces.	1)	D	traces.		-		
Sulfate de soude	3,1260	2,8287 0,1867	2,6927 0,1596	2,6728 0,2479	2,4479 0,4220	2,4819 0,3552	2.6		
Sulfates tolaux	3,1260	3,0164	2,8523	2,9207	2,8699	2,8371	2,6		
Phosphate de soude)1)3	n n	1) 1)	n n	n n	B .	3)		
Phosphates totaux	3)	n	n	b	D	3)	0		
Carbonate de soude	o,1350 traces.	0,1000 0,0756	0,2400 0,0643	0,1960 0,0120	0,1500 0,0833	0,1650 0,0606	0,0		
Carbonates totaux	0,1350	0,1756	0,3043	0,2080	0,2333	0,2256	0,1		
Silicate terreux	>>	0,0150	0,0250	0,0040	0,0100	0,0100	0,0		
Alumine	0,0025 traces.	0,0200 Indet.	0,0150 Indét.	0,0080 Indét.	0,0200 Indét.	0,0100 Indet.	0,0 1nd		
Poids total des sels anhydres	30,0105	30,0519	30,1190	28,3766	27,3524	27,9231	26,6		
Auteurs	Tripier.								

par kilogramme d'eau.

42	43	4-1	4.5	46	47	48	49	50	
AUTRES	DE HAMMAM	MELOUAN.							
Eau de la source du Milieu, en amont du petit affluent d'eau froide qui la reçoit, recueillie		formé par d toutes les so recueille à s	isseau saté la réunion le urees salées, on confluent, Harrach,	Eau de l'extré- mité N. du perit marais de Sidi Sliman.	de l'Ha à 45 mètre des eaux	ource salée la rive droite irrach, es en aval chaudes, eillie	Eau de la source sa ot ferrogineuse située auprès de l'eses de pierre qui condr de la maison du gar à l'Harrach, recneti		
lê 7 jula 1859.	le 20 sep- tembre 1859	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	recueille le 20 sep- tembre 1859	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tombre 1859.	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 185	
36°	Indét.	180	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	23° 2/3	22°	
1,0242	1.0185	1,0213	1,0208	1,0113	1,0015	1,0067	1,0200	1,0215	
Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
22,5359	22,1692	24,7136 2,1863 0,4373	24.1179 0,1402	12,0218 n	4,5234	6,5329 " 0,1238	23,2366	27,5708 0,0510 0,3398	
22,5359	22,1692	27,3372	24,2581	12,0218	4,5234	5,6507	23,2366	27,9616	
*	B	n	b	р	n	, n	»	n	
11	11	n	n	b	n	- n	n n	n	
u u	н ,	п	n	D	b	n	n	33	
n	<u>"</u>	D .	n	, n	n	. 33	b	b	
n	1)	1)	n	n	»	<u> </u>	D	- 23	
0,47.17 1,9039 0,4222	0,4223 2,3391 0,4351	3,1501 n	2,6708 0,2400	0,2156 1,4306 0,5219	0,5238 0,3808 0,1423	1,4525 0,0239	0,1870 0,0453 0,3878	2,7880 "	
2,7898	3,1968	3,1501	2.9:08	1,9681	1,0469	1.4761	2,6201	2,7880	
D D	n n	b D	b	1) 2)	"	n	•	n	
n			»	1)	»))	*	n	
n		- n	n			b b		, n	
0,1920 0,0212	0,1520	0,1720 0,0242	0,1560 0,0200	0.1280	0,2000 0,0302	0,1120 0,0100 "	0,1320	0,1640 0,0320	
0,2162	0,1610	0,2162	0,1960	0,1440	0,2302	0,1520	0,1801	0,1960	
0,0200 " 0,0040	0,0120	0,0120	0,0280	0,0010	0,0080	0,1280	0,0520	0,0200	
ludet.	Indét.	0.0080 Indét,	0,0160 Indét.	o,0200 Indét.	0,0120 Indét.	0,0080 Indét.	0,0280 Indét.	0,0040 Indét.	
21,5759	25,5500	30,7035	27,3889	14,1577	5.8201	8.3011	26,1171	30,9096	

Numéros d'ordre	51	52	53	54	55	56
				esperation of	EWUX DIV	ERSES DE
ФÉSTG NATION des substances.	située sur la de l'H à 500 metr du ma	source salée a rive gauche arrach, es en amont arabout an, recueillie	Eau de l'H à 100 mètres de Hammam recuel	Eau de l'Harrach à 100 mètres en av du confluent de Hannmam Melona recueillie		
	le 8 juin - 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 7 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859
Température de l'eau à la source.	30° 1/3	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.
Densité de l'eau à la tempéra- ture du laboratoire	1,0366	1,0283	1,00042 (26°)	1,00041	1,0007	1,0008
Acide carbonique (non combiné à l'état neutre)	Indét.	Indét.	0,0779	Indét.	Indét.	Indét-
Potasse. Soude. Chaux. Magnésic. Alumine. Peroxyde de fer. Protoxyde de fer.	gr. 16,2544 1,9174 0,1876 0,0160	gr. 16.1247 1,9421 0,2549 6,0160	gr. 0,0690 0,1082 0,0630 u	gr. 0,0858 0,1456 0,0703	gr. 0,1245 0,1120 0,0645	gr. 0,2435 0,1400 0,0777 0,0040
Bases totales	18,3754	18,3377	0,2402	0,3037	0,3110	0,4652
Acide chlorhydrique. Acide bromhydrique. Acide sulfhydrique. Acide nitrique. Acide sulfurique. Acide sulfurique. Acide phosphorique.	19,4513 n n 2,4401	20,0869 b n 2,6395	0,0800	0,1335 n 0,1972	0,1474 " 0,0186 0,1457	0,3178 b 0,2076
l'état neutre)	0,1718 0,0280	0,0604 0,0160	0,0717 0,0020	0,0614 0,0020	0,0686	0,0599
Acides totaux	22,0912	22,8028	0,3004	0,3941	0,3863	0,5913
Matière organique	Indet.	Indét.	Indet.	Indét.	Indet.	Indét.
Poids total des sels hydratés	40,4666	41,1405	0,5406	0.6978	0,6973	1,0565
A déduire, eau correspondant à l'acide chlorhydrique		4,9590	0,0197	0,0330	0,0366	0,0785
Poids total des sels anhydres	85,6647	36,1815	0,5209	0,6648	0,6607	0,9780

par kilogramme d'eau.

57	. 58	59	60	61	62	63
паммам м	ELOUAN.	· ·			a market and the state of the s	
située à la 1 e la rive gauc en face Hami	la source èle d'un ravin the de l'Harrach , mam Melouan, telllie	situé de Hamma sur la rive dro	ued Tiouriri en aval m Melovan, ite de l'Harrach, leillie	Eau potable de Ti sur la rive dro aupres d'Ham recu	Eau minérale de la source des Béni Aquil située sur le bord de la mer, recueillie	
le 8, juin 1859.	le 20 septembre 1859.	le 8 juin 1859.	le 20 septembre 1859.	le 7 juin 1859.	le 20 septembre 1859.	le 7 novembre 1859.
20° 1/2	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.	Indét.	Indet.
1,0003	1.0006	1,0015	1,0027	1,0003	1,0003	1,0196
Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
0,0078	0,0259	2,3952	0,7992	1)	D D	2,1945
0,1098	0,1938	0,2979	0,5376	0,1310	0.1310	0,8120
0,0571	0,0601	0,0762	0,1436	0,0217	0,0267	2,3814
0.0070	0 0010	1)	l)	В))	2,6000
0,0020	0,0010	0,0040	0,0030	b D	0,0020	0,1440
0,1767	0,2838	2,7733	1,4824	0,1557	0,1597	8,1319
0,0305	0,0559	2,7334	1,0882	0,0611	0,0741	4 4750
D	n	n	D	b	. 1)	- ъ
,		n	В	1)	1)	n -
0,0502	0,1876	0,6131	00.45	"	, ,	5,8919
D	D	. b	0,8145	й ,		5,0515
0,1066 0,0040	0,0977 0,0010	0,0300 0,0320	0,0384 0,0020	0,0925 0,0020	0.0866 0,0010	0,1920
0,1913	0,3452	3,4085	1,9431	0,1556	0,1647	10,5589
Indét.	Indét	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.
0,3680	0,6290	6,1818	3,4255	0,3114	0,3244	18,6908
0,0075	0,0139	0,6747	0,2686	0,0153	0,0184	1,1044
0,3605	0,6151	5,7071	3,1569	0,2961	0,3060	17,5864

Numeros d'ordre	51	52	53	51	5.5	56
				1	AUX DIVE	USES DE
DÉSIGNATION des substances.	située sur la de l'III à 500 mètre du ma	source salée a rive gauche arrach, es en amont arabout au, recueillie	Eau de l'I à 100 mètres de Hammam recuei	en amont Melouan,	Eau de l'Harrach à 100 mètres en ar du confluent de Hammam Melou recueillie	
substances.	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 7 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1859.	le 8 juin 1859.	le 20 sep- tembre 1855
Température de l'eau à la source.	30º 1/3	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.
Densité de l'eau à la tempéra- ture du laboratoire	1,0366	1,0283	1,00042 (26°)	1,00011	1,0007	1,0008
Acide carbonique (non combiné à l'état neutre)	Indét.	Indét.	0,0719	Indét.	Indet.	Indét.
Chlorure de potassium Chlorure de sodium Chiorure de calcium	gr. 30,6629 0,0596	gr. 30,4189 1,0±01	gr. 0,1285	gr. 0,1619 0.0127	gr. 0,2147 0,0178	gr. 0,4594 30
Chlorure de magnésiunt Chlorures totaux		32,0141	0,1285	0,2016	0,2325	0,5005
Bromure de magnésium	n n	1)	n	n	ъ	, b
Nitrate de potasse	Э	n n	» »	1)	0,0293	n n
Nitrates totaux	4,1482	3,9998	0,0710	0,1959	0.0762	0,1741 0,159
Sulfate d'alumine	4.1182	3,9998	0,2284	0,3202	0,2291	0,3335
Phosphate de soude Phosphate de chaux	. n))))	10),))))	н
Phosphates totaux Carbonate de soude Carbonate de chaux Carbonate de magnésie	. 0,3200 0,0600	0,1250 0,0080	0.1410 0,0188	0.1160 0,0200	0,1440 0,0100	0.122 0,012
Carbonate de fer	0.3800	0,1360	0,1598	0,1360	0,1540	1,134
Silicate terreux. Silice gélatineuse libre. Alumine. Oxyde de fer.	0,0280 0,0160 Indét.	0,0160 0.0160 Indot.	0,0020 braces. indet.	0,0020 0,0020 Indét.	0,0060 0.0150 Indét.	0,006 0 004 Indé
Matière organique Poids total des sels anhydres.			0,5187	0,6648	0,0607	0.978
Auteurs		Mariguy.	Simon.		De Marigi	y.

par kilogramme d'eau.

57	58	59	60	61	62	63
паммам м	ELOUAN.					
située à la t e la rive gau en face Hami	la source éte d'un ravin che de l'Harrach mam Melouon, neillie	situé de Hamma sur la rive dro	ued Tiouriri en avol m Melouan , ite de l'Harrach , seillie	de Ti sur la rive dro ouprès d'Ham	o de la source ouriri, ite de l'Harrach, mam Melouan, cellie	Eau minérale de la source des Bént Aqui située sur le bo de la mer, recueillie
le 8 juin 1859.	le 20 septembre 1859.	le 8 juin 1859.	le 20 septembre 1859.	le 7 juin 1859.	le 20 septembre 1859.	le 7 novembr 1859:
20° 1/2	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét.
1,0003	1,0006	1,0015	1,0027	1,0003	1,0003	1,0196
Indét.	Indét.	Indét.	Indét.	Indét	Indéi.	Indet.
gr. " 0,0147	gr. " 0,0489	gr. 4,3809	gr. n 1,5077	n n RL	gr.	gr. " 4,1400
0,0282	0.0335	n p	0,1946	0.0574	0,0618	2,4948
0,04:29	0.0824	4,3809	1,7023	0,0881	0,10 0	6,6348
n	n n	D D	b	11	ъ	»
n	n .	ь	n	"	10	»
D	»	b	2	0	υ))
»	33	b	n .	n	n)i
"	, n	»	n	D	, n	n
0,0108	0,1877	0,1674	1,1994	n v	n n	1,9720
0,0397	0,1170	0,1898	0,1652	D D	u u	3,8551
))))	ນ 19	n	υ	u u	b	0,3040
			D D	у .	n	4,6285
0,0801	0,3047	1,0262	1,36 i 6	b		10,7596
n	35	b D	1)	D D	n n))))
g.	»	· n	n	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	- n	
'n			'n		D D	
0,1660	0,2080	0,0100	0,0780	0,1820	1,1780	31 35
0,0651	0,0120	0,0240-	0,0080	0,0240	0,0160	n
h	n	υ	b	n		n
0,2311	0,2200	0,0640	0,0800	0,2060	0,1940	· n
0,0040	0.0040	0.0300	»	n	b	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
n	0,0010	0,0320	0,0020	0,0020	0,0010	0,1920
0,0020	0,0010	0,0010	0,0020	19	0,0020	>1
Indet.	Indet.	Indet.	Indét.	Indét.	Indet.	Indét.
0,3605	0,6151	5,5071	3,1569	0.4961	0,3060	17,5864

sources.

degrés.

29

27

26

22

18 ?

42

?

41

33,50

42

18 ?

NUMÉRO

d'ordre.

20

31

40

19

20

DÉSIGNATION DES SOURCES.

§ 1. Eaux thermales simples.

Source thermale des environs de Djelfa.

Source thermale d'Aïn Djerob, à 5 kil. du Ksar

Sources thermales sulfureuses de Hammam el Hame, dans l'Ouarencenis:

22 kil. de Medéah !

Source a, sulfureuse (bain des Lépreux). . .

Source b, non sulfurcuse.

Source bermale sulfureuse située à 5 kil. N. du

TEMPÉRATURE DÉBIT EN LITRES

par

seconde.

litres.

1,00

7,50

60,00

4,00

0,025

?

4,50

?

1,00

faible.

0,	
0	
_	
5	
ANALYSE	
5	
70	
DES	
C.	

OBSERVATIONS.

Utilisées pour l'irrigation des terres.

Peut servir à l'irrigation.

Sert à l'irrigation des céréales.

Utilisée pour les irrigations,

Inutilisée.

ANALYSE
DES
EAUX
MINERALES

G.	Source sulfurouse froide d'Aïn Kebrita, enez les Beni Chaïb, à 2 kil. E. de la maison du caïd Bourzard	21	4,00	
70	Source sulfureuse froide de la rive gauche de l'oued Kef Saa.	:0	5,00	Sert à l'irrigation.
So	Sources sulfes de la rive gauche de l'oued Okris :			The state of the s
	Source a ₁	66,66	0,83	Sert au rouissage de l'alpha.
	Source a ₂	très-chaude.	0,067	inutilisée.
	Source a ₃	57,66	0,50	Utilisée pour bains et douches.
	Source a4	57,00	0,25	Idem.
	Source as	54,66	0,25	Idem.
	Source a ₆	53,66	0,25	Idem.
	Source a7	très-eliaude.	'n	Inutilisée.
	\$ 3. Eaux minérales ferrugineuses.			
10	Source acidule et ferrugineuse d'A'in Hammama, à 3 kil. N. E. de Milianah.	29	0,058	Utilisée comme boisson ordinaire.
20	Source alcaline et ferrugineuse à 1.000 mètres N. de la maison du caïd de Taourgha, sur la route de Dellys à Tizi Ouzou.	18,50	0,033	ldem.
3° .	Source ferrugineuse d'El Achour, dans le Sahel d'Alger.	18-?	0,20	Idem.
40	Source ferrugineuse de l'Aouch Roumily, aux cu- virons de Bouffarik.	21	0,10	Idem.
50	Source acidule et ferrugineuse située à 2 kil. N. E. du village de Mouzaïa les Mines.	15,75*à 21	0 à 0,046	Utilisée eomme boisson hygiénique.
6°	Eaux minerales alcalines et ferrugineuses du Frais-Vallon, aux environs d'Alger :			Secretary and an analysis of the secretary and t
	Source Bertorat, rive droite	17 à 18	0,031	Idem.
	Idem, rive gauche	19	0,100	Idem.
	Source Caldumbide	18 à 19	trfaible	Idem.
	Source Dufoure	19 1/2	0,017	Idem.
70	Eau minérale ferrugineuse de la vallée des Con- suls (propriété Mouton).	19	trfaib)s	Idem.
8°	Source ferruginease de la fontaine des Cèdres, près Teniet el Haad.	12	0,021	Idem.

	numero d'ordre.	DESIGNATION DES SOURCES.	TEMPÉRATURE des sources.	DÉBIT EN LITRES par seconde.	OBSERVATIONS.	252
	90	Source acidule et ferrugineuse de Hamman Rhira (aîn Hamza).	degrés. 20,50	litres. 0,020	Sert de boisson hygiénique pour les malades	>
	100	Sources alcalines et ferrugineuses de l'Oued Ed- jelata, à 11 kil. S. O. de Dra el Mizan	17,50 à 18	0,100	de l'établissement thermal. Utilisée comme boisson hygiénique à l'hôpital	NA
3	11°	Source ferrugineuse de Souk el Arba, à Fort-			Utilisée comme boisson hygiénique à l'hôpital militaire de Dra el Mizan.	ANALYSE
	12°	Napoléon (Kabylie)	19	0,100	Sert comme boisson ordinaire.	E DES
2	130	de Taksebt. Source ferrugineuse du café Maure, sur la route de Deliys à Tizi Ouzou, à peu de distance de	18 ?	trfaib ^{le}	Idem.	S EAUX
		Taourgha	18,50	0,033	Idem.	
t	14°	Source alcaline et ferrugineuse froide d'Ain ben Bakhti, à 18 kil. S. O. de Dellys.	18 ?	0,100	Idem.	MINERALES
	13	Source alcaline et ferrugineuse de l'oued el Hamman, à 18 kil. S. du Fondouk.	25,66	0,200	Sans emploi.	RA
	16°	Source minérale d'Hadjar el Hammam (Kabylie).	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	?		LES
		§ 4. Eaux minerales salines.				
	1°	Source minérale du Vieux-Tenès située dans le lit de l'oued Allelah	30	0,050	Utilisée pour bains dans un petit marabout.	
	2°	Sources thermales de l'oued Hadjia, à 6 kil. N. E. du village de Cherf (cercle de Djelfa. Sources thermales de Hammam Rhira, à 26 kil. E. de Miljanah.	33,50 à 36	6,000	Utilisée pour l'irrigation des terres. Les numéros des sources de Hamman Rhira sont ceux qui figurent sur le plan d'ensemble de	
		Source nº 5	67,50	0,125	cette localité dressé par le génie militaire.	
		— n° 2	42,50	0,617		
		- n° 7 bis. - n° 8. - n° 8 bis. - n° 9.	40,50 40,50 44 43 50	0,363 0,500 0,567	Source des douches de l'établissement militaire.	
		- nº 10		1,367	Source des douches de l'établissement infiliaire.	
	1	nº 19	39	0,717		
		— A	45	1,369	Sources des piscines de l'établissem militaire.	
		- A"	44,33 45,25	1,347	Sources goo promote go rotanistani minimune.	
		— nº 1	45	2,167	Sources de l'établissement indigene.	ı) L
		- nº 1 bis	-14) Sources de l'établissement indigene.	
	40	— n° 13	36,50	n		LA
		Sources thermales de Hammam Melouan, dans la haute vallée de l'Harrach :			Concedees en vertu du décret impérial du 2 mai 1863, par arrête du gouvern du 19 juin 1863.	PROVIN
		Source du marabout de Sidi Soliman Source du Milieu	42 à 44	2,082	Utilisée pour bains dans un marabout musul-	140
		Source de la piscine Européenne.	36 à 39,50 39,3	0,400	! Inutilisée.] Utilisée pour bains dans une piscine euro-	NGE
		Source salée situéé à 45 mêtres en aval du point où le ruisseau des eaux thermales de Hammam Melonan va se jeter dans la rive droite de l'Harrach		0,730	péenne.	D ALGER.
		Source salée située à 45 mêtres en amont de		2 à 4,00	Inutilisée.	ER.
		la rive droite de l'Harrach. Sources salées de la rive gauche de l'Harrach, à 5 ou 60n mètres en amont du marabout	23,66	0,100	Idem.	
	Ç0	Source minerale des Beni Aquil, dans le cercle de	24,33 & 30,33	0,300	Idem.	
	64	Cherchell, sur le bord de la mer. Sources salines froides de la rive droite de l'oned Djemma, près de son débouché dans la plaine	7	»		10
		de la Metidja.	18?	3,00	Idem,	53

NOTE

SUR UN APPAREIL ALIMENTAIRE RÉGULATEUR A NIVEAU CONSTANT DE MM. VALANT ET TERNOIS.

> Par M. WORMS DE ROMILLY, Ingénieur des mines.

Dans les usines où sont installées de nombreuses chaudières, la régularité de leur alimentation présente une grande importance au point de vue de la durée des appareils et de la sécurité.

Une disposition souvent employée consiste à établir une pompe spéciale qui comprime l'eau sous une pression de quelques atmosphères dans une conduite centrale sur laquelle viennent s'embrancher des tuyaux allant aux dissérentes chaudières. Un manœuvre est chargé d'ouvrir successivement les robinets d'alimentation de chaque appareil.

L'alimentation se fait alors d'une manière intermittente. Il en résulte un refroidissement brusque et périodique des parois rapprochées du point d'arrivée de l'eau, et telle est probablement la cause des fuites qui existent souvent aux joints des chaudières, surtout des chaudières verticales.

Les ouvriers chargés de l'alimentation ne sont pas toujours très-attentifs, ils mettent souvent trop ou trop peu d'eau.

La nuit surtout, la surveillance étant moins facile, il est à craindre qu'ils ne négligent leur travail; tous ces faits se traduisent par la fatigue des chaudières, leur altération et quelquefois même par des accidents. Il y a donc un grand intérêt à pouvoir produire d'une manière régulière, sûre et continue l'alimentation des générateurs à vapeur. Un appareil dù à MM. Valant et Ternois paraît remplir ce but pour les chaudières verticales. Il a été essayé à l'usine d'Imphy (Nièvre) et, abandonné à lui-même pendant plusieurs mois, il n'a pas cessé de fonctionner régulièrement.

Cet appareil appelé par les inventeurs alimenteur-régulateur-automoteur à niveau constant pourrait probablement, avec quelques modifications, être adopté pour les chaudières horizontales.

Tel qu'il est, il nous semble convenir très-bien pour les chaudières verticales dont l'emploi tend à se généraliser depuis quelques années dans les usines métallurgiques.

Une soupape S est soulevée par l'action d'un contrepoids P suspendu à l'extréminé d'une longue tige terminée à sa partie supérieure par un flotteur (Pl. IV, fig. 1 et 2).

Le tuyau T est embranché sur une conduite alimentée par une pompe foulante et desservant tous les appareils à vapeur de l'usine. Ce tuyau amène l'eau d'alimentation sous une pression un peu supérieure à celle qui existe dans la chaudière.

Dès que le niveau de l'eau s'abaisse dans le générateur, le contre-poids soulève la soupape par l'intermédiaire de l'excentrique E, et l'eau qui se trouve dans le tuyau T, par suite de la pression à laquelle elle est soumise, pénètre dans la chaudière par l'ouverture O.

Le mécanisme de cet appareil est donc très-simple, et on avait déjà eu l'idée d'utiliser le mouvement du flotteur pour régler automatiquement l'alimentation des chaudières, mais il présentait dans son exécution quelques difficultés qui ont été heureusement surmontées.

La soupape d'admission S doit être construite avec le plus grand soin, s'adapter parfaitement sur son siège et ne pas donner pour un petit déplacement vertical un trop large passage au liquide.

Supposans, en effet, qu'à un certain déplacement très, petit corresponde pour l'eau un passage de section we

A NIVEAU CONSTANT.

Soient Kv la vitesse de l'eau qui traverse la soupape (K étant un coefficient qui dépend de la forme de cette pièce).

 Ω la section du tuyau T.

L sa longueur.

V la vitesse et p la pression de l'eau dans ce tuyau.

p' la pression à la base de la chaudière exprimée en atmosphère de même que p.

On a évidemment

$$\Omega V = \omega K v$$

$$v = \sqrt{2 g (p - p') 10,55},$$

d'où on tire

$$V = \frac{K \omega \sqrt{2 g \cdot 10,33 (p-p')}}{\Omega}$$

Si après que l'alimentation a duré un certain temps, la soupape se ferme, la force vive dont sera animée la masse d'eau qui viendra frapper sur elle sera

$$\frac{1}{2} \frac{\text{L}\Omega}{g} \frac{\omega^2 \text{ K}^2 \ 2 \ g. \ 10,33 \ (p-p')}{\Omega^2},$$

en admettant que la masse à considérer est seulement celle du liquide contenu dans le tuyau T jusqu'à son embranchement avec la conduite générale.

Pour que l'appareil ne soit pas exposé à des secousses capables de l'ébranler, il faut que cette force vive soit auss faible que possible, lorsque la soupape se ferme. On obtiendra ce résultat en disposant l'appareil de manière à ce que $K^2\omega^2$ soit très-faible, c'est-à-dire de manière à ce que la soupape ne s'ouvre que graduellement, et ne livre pas un large passage à l'eau lorsqu'elle n'est soulevée que d'une petite hauteur au-dessus de son siège.

Pour la même raison, il est indispensable que les secousses supportées par le flotteur placé au milieu du liquide en ébullition déplacent le moins possible la soupape. Aussi donne-t-on une grande masse au contre-poids et une grande inégalité aux deux bras du levier AB.

Si la soupape d'admission S communiquait directement avec la chaudière, celle-ci se viderait dès que la pompe cesserait de fonctionner.

La soupape de retenue S' empêche cet effet de se produire; la grille G placée en avant de la soupape d'admission est destinée à retenir les impuretés que l'eau pourrait entraîner et qui, en s'interposant entre la soupape d'admission et son siége, la maintiendraient ouverte, de sorte que la chaudière se remplirait complétement.

Cet effet peut encore être causé par la déformation de la tige qui relie le contre-poids au flotteur. Cette tige dont la longueur est de 10 à 11 mètres, doit avoir au moins 6 millimètres de diamètre et être maintenue solidement sur toute sa longueur au moyen de guides.

Il suffit d'installer sur la chaudière un sifflet d'alarme disposé de manière à avertir dès que le niveau de l'eau dépasse certaines limites supérieures et inférieures, pour être à même de remédier à cet accident qui ne présenterait du reste aucun danger dans les cas très-rares où il se produirait.

ll est facile de se rendre compte des oscillations que peut subir le niveau de l'eau dans la chaudière.

Si après avoir réparé la soupape d'admission ou après un chômage, on remet l'appareil en marche, la pression sera de p atmosphères sur la soupape d'admission et la contrepression d'une atmosphère seulement. Il faut donner au contre-poids une masse suffisante pour que même dans ces conditions exceptionnelles, il fasse fonctionner l'appareil. En supposant p égal à 7, le diamètre de la soupape de 7 centimètres, le rapport des bras du levier 1:55, l'effort appliqué à l'extrémité du grand bras de lévier et capable de faire équilibre à la pression de l'eau sur la soupape sera

$$\frac{7 \times 1,055 \times 5,14 \times 7 \times 7}{33 \times 4} = 8^{4},440.$$

La contre-pression ne s'exerce à cause de la forme de la soupape et de celle de son siège, que sur une section circulaire de 4°,5 de diamètre; l'effort capable de lui faire équilibre sera

$$\frac{1\times 1,035\times 5,14\times 4,5\times 4,5}{35\times 4}=0^k.500.$$

Enfin une expérience directe a montre que le frottement correspondait à un effort de 6^k,500 exercé à l'extrémité du grand bras de levier.

Prenons la soupape au moment où elle est en équilibre, l'eau étant à son niveau normal; pour que la soupape s'ouvre, il faudra que le niveau s'abaisse d'une hauteur telle que les flotteurs émergent de

$$8,440 - 0,500 + 6,500 = 14^{1}.440$$

litres. S'il y a deux slotteurs de 30 centimètres de diamètre, le niveau devra baisser de

$$\frac{14,440}{2 \times 5,14 \times 15 \times 15} = 10^{\text{cent}}$$

Ce cas ne se présentera du reste que d'une manière tout à fait exceptionnelle, car si la chaudière est en pression, un petit tube LL' au moyen duquel on peut faire communiquer les parties du tuyau situées de part et d'autre de la soupape deretenue, permettra de rendre la contre-pression plus forte que nous ne l'avons supposé.

Remarquons que le poids de 14^k,440 est la limite minimum que devra atteindre l'ensemble de la tige du flotteur et du contre-poids pour que l'appareil marche dans toutes les conditions.

Supposons maintenant la chaudière en marche, soit 5 atmosphères la pression de la vapeur, et 6 atmosphères

par conséquent la contre-pression dans le tuyau, puisque la hauteur de la colonne liquide dans la chaudière est d'environ 10 mètres.

La contre-pression sur la soupape fera équilibre à un effort de

$$\frac{6\times 1,035\times 5,14\times 4.5\times 4.5}{53\times 4}=5^k.000,$$

exercé sur l'extrémité du grand bras de levier.

Pour que la soupape supposée fermée s'ouvre, le niveau de l'eau devra descendre au-dessous du niveau normal de

$$\frac{8.440 - 3.000 + 6.500}{2 \times 3.14 \times 15 \times 15} = 8^{\text{cent}}.45.$$

Pour que la soupape supposée ouverte se ferme, le niveau de l'eau devra monter au-dessus du même niveau normal de

$$\frac{6,500}{2\times5.14\times15\times15}=4^{\text{cent}}.60.$$

Ce dernier chiffre ne peut être qu'approximatif, à cause de l'influence que doit exercer le passage du liquide sous pression entre la soupape et son siège.

L'amplitude des variations du niveau de l'eau peut donc être évaluée à

$$8.45 + 4.60 = 13^{\circ}.05$$

Mais ces mouvements de la soupape ne se produiraient que dans le cas où l'eau ne pourrait pénétrer dans la chaudière qu'en grande quantité, un très-petit déplacement de la soupape au-dessus de son siége offrant au liquide une large issue, et nous avons déjà vu qu'une disposition semblable était défectueuse et donnerait lieu à des secousses capables d'ébranler l'appareil.

La soupape ne laissant passer que peu de liquide lors-

qu'elle est peu élevée au-dessus de son siège, le niveau de l'eau ne montera assez pour fermer la soupape que dans le cas où la consommation de vapeur serait très-faible pendant un temps assez long. En dehors de ce cas, la soupape ainsi que l'a montré l'expérience faite à Imphy pourra être réglée de manière à ce que le niveau ne subisse que des changements à peine sensibles.

Pour arriver à ce résultat, après que l'appareil a été mis en place, il faut pouvoir modifier les positions relatives de la soupape et des flotteurs, de manière à se placer par tâtonnement dans les meilleures conditions.

Supposons par exemple le levier AB horizontal; on veut soulever ou abaisser la soupape sans déplacer le levier.

Il suffit de tourner la tige SF qui porte en F un pas de vis. Suivant le sens du mouvement la tige pénètre dans le manchon fixe ou en sort, et par suite monte ou descend en entraînant la soupape sans agir sur le levier.

L'appareil d'alimentation que nous venons de décrire présente au premier abord un peu de complication; mais il n'est composé que de pièces simples, d'une exécution facile, et qui n'ont pas besoin d'être ajustées avec une grande précision.

L'expérience qui a été faite à Imphy ayant complétement réussi, il serait à désirer que ce système fût mis à l'essai dans d'autres usines. Les avantages d'une alimentation constante et regulière des chaudières à vapeur sont trop nombreux pour qu'il n'y ait pas intérêt à faire connaître les appareils qui semblent susceptibles de remplir pratiquement ce but.

NOTE

SUR LES PROPRIÉTÉS DES COURBES QUI REPRÉSENTENT LES LIEUX GÉOMÉTRIQUES DES MOMENTS DE RUPTURE ET DES EFFORTS TRAN-CHANTS DANS UNE POUTRE A TRAVÉES CONTINUES.

APPLICATION AU TRACÉ DES ÉPURES DES PONTS MÉTALLIQUES
A PLUSIEURS TRAVÉES.

Par M. BARLUET, ancien élève des Écoles polytechnique et des mines, sous-ingénieur au chemin de fer de Paris à la Méditerranée.

1° Moments de rupture. — Considérons dans la poutre deux travées d'ouvertures l et l' chargées d'un même poids p par mètre courant :

Supposons connus les moments de rupture au droit des points d'appui. Soient M et M, leurs valeurs pour la première travée, M' et M', pour l'autre.

Les valeurs intermédiaires des moments de rupture seront données par les équations

$$m = \frac{1}{2}px^2 - \left(\frac{1}{2}pl' + \frac{M - M_1}{l}\right)x + m \quad (1)$$

$$m = \frac{1}{2}px^2 - \left(\frac{1}{2}pl' + \frac{M' - M'_1}{l'}\right)x + M'.$$
 (2)

Ce sont les équations de deux paraboles rapportées à des axes rectangulaires ayant leurs origines respectives aux points o et o' (Pl. IV, fig. 3 et 4). Nous allons démontrer que ces paraboles sont identiques.

Pour cela nous les rapporterons à un même système d'axes de coordonnées qui seront : l'axe de la parabole et la tangente au sommet. Nous écrirons, pour simplifier, les équations (1) et (2) sous la forme

$$y = \Lambda x^2 - Bx + C \qquad (3)$$

$$y = \Lambda x^2 - B'x + C'. \qquad (4)$$

il faudra remplacer dans l'équation (3)

$$x \text{ par } x + oR$$

 $y \text{ par } y + RK.$

OR est la valeur de x qui donne le maximum RK de y dans l'équation (3).

Pour obtenir cette valeur de x, nous égalerons à zéro la dérivée du second membre de l'équation (3).

$$2\Lambda \ddot{x} - B = 0$$

 $x = \frac{B}{2\Lambda} = oR$. C'est l'ordonnée de l'axe.

Pour avoir RK, nous remplacerons x pour $\frac{B}{2A}$ de l'équation (5), et nous aurons :

$$RK = C - \frac{B^2}{4\Lambda}.$$

Remplaçons donc dans l'équation (3)

$$x \operatorname{par} x \stackrel{!}{=} \frac{B}{2\Lambda}$$

$$y \operatorname{par} y \stackrel{!}{+} c - \frac{B^2}{4\Lambda}$$

il viendra:

$$y + c - \frac{B^2}{4A} = A\left(x + \frac{B}{2A}\right)^2 - B\left(x + \frac{B}{2A}\right) + c.$$

PONTS MÉTALLIQUES A TRAVÉES CONTINUES.

Effectuant les calculs et simplifiant, il reste :

$$y = Ax^2 = \frac{1}{2} px^2.$$

Il est facile de voir que la même transformation pour l'équation (4) conduit au même résultat

$$y = \Lambda x^2 = \frac{1}{2} p x^2.$$

Les deux courbes sont donc identiques, et leurs équations nous montrent:

1° Que la parabole ne dépend que du poids p, par mètre courant;

2º Elle est indépendante des valeurs de M, M,....;

3° Elle est indépendante de l'ouverture l, l_1, \ldots

Donc:

Dans une poutre chargée d'un même poids p par mètre courant, quelle que soit la portée, quel que soit le mode d'appui (pose simple, encastrement plus ou moins complet), le l'eu géométrique des moments de rupture sera toujours représenté par la même équation:

$$y=\frac{1}{2} px^2.$$

Connaissant les valeurs M et M₁, on aura deux points de la courbe; la position de l'axe sera donnée par la formation du terme

$$x = \frac{B}{2\Lambda}.$$

Il sera facile de tracer la courbe à l'aide d'un gabarit. La valeur du moment de rupture maximum sera donnée par

$$C - \frac{B^2}{4\Lambda}$$
.

Efforts tranchants. — Il est facile de voir également que dans les mêmes conditions de la poutre, c'est-à-dire une charge uniformément répartie invariable, quels que soient le mode d'appui et la portée, les efforts tranchants seront représentés par des droites parallèles.

Nous savons, en esset, que l'essort tranchant au droit du point d'appui étant

$$\mathbf{F}_{0} = \frac{pl}{2} + \frac{\mathbf{M} - \mathbf{M}_{1}}{l},$$

l'effort tranchant en un point quelconque de la travée sera :

 $F = F_0 - px$.

Équation d'une droite dont le coefficient angulaire p ne dépend nullement de M ni de la portée l de la poutre.

Application de ces propriétés au tracé des épures d'un pont à plusieurs travées.

Nous allons montrer l'avantage que l'on peut tirer de ces propriétés dans le tracé des épures que l'on construit pour la répartition des tôles dans les poutres d'un pont métallique à travées continues.

Rappelons en quelques mots la méthode suivie ordinairement par les constructeurs.

Les ouvertures des travées et le poids moyen par mètre courant étant déterminés, on fait un certain nombre d'hypothèses sur la répartition de la surcharge entre les travées.

Dans chacune de ces hypothèses, la théorie de M. Clapeyron fournit les équations générales dont la résolution donne les valeurs des moments de rupture M, M_1, M_2, \ldots sur les points d'appui.

· A l'aide de ces valeurs on établit facilement pour chaque travée les équations des paraboles qui donnent le moment de rupture en un point quelconque. On a ainsi à construire par points un nombre de paraboles variable suivant le nombre de travées, mais toujours égal au produit du nombre de ces dernières par le nombre des hypothèses.

Pour un pont à 3 travées, on a 9 courbes.

 Id.
 5
 id.
 40
 id.

 Id.
 6
 id.
 54
 id.

On voit que l'opération ne laisse pas que d'être longue et que dans la suite de ces calculs, qui n'ont rien de difficile d'ailleurs, on peut commettre quelques erreurs dont on ne s'aperçoit pas toujours à temps et qui peuvent avoir une influence grave.

Remarquons que dans toutes les combinaisons que l'on forme pour la répartition de la surcharge, il n'y a jamais sur les travées que deux charges uniformément réparties:

1° p la charge propre du pont;

 $_{2}^{\circ}$ $p+\pi$ la charge propre augmentée de la surcharge d'épreuve.

Si nous construisons les deux courbes,

$$y = \frac{1}{2} px^2$$
$$y = \frac{1}{2} (p + \pi) x^2.$$

D'après ce que nous avons démontré précédemment, toutes les courbes seront réduites à ces deux paraboles que l'on tracera facilement dans chaque cas à l'aide de deux points fournis par les valeurs de M et de la position de l'axe.

Quel que soit le nombre des travées et quels que soient les rapports existants entre leurs ouvertures, on n'aura jamais à construire par points que deux paraboles dont les équations sont fort simples.

Quant aux efforts tranchants que l'on détermine également dans chaque cas pour se rendre compte de la varia266

tion des efforts dans l'âme de la poutre, ils seront tous tracés facilement et formeront deux groupes de droites parallèles aux directions

$$y = px$$
$$y = (p + \pi) x.$$

Ici, du reste, la simplification apportée par notre méthode n'a pas une grande importance, car l'effort tranchant étant déterminé au droit du point d'appui, on sait qu'il s'annule au point où le moment de rupture est maximun: il est donc facile de tracer les droites dans les différents cas; et, comme vérification, elles devront être parallèles aux directions indiquées plus haut.

Nous terminerons cette note par un résumé indiquant la marche à suivre pour opérer le plus rapidement possible.

Marche des opérations.

1° On calculera pour chaque hypothèse les valeurs des moments de rupture.

$$M_0 M_1 M_2 \dots$$

2° On déterminera pour chaque travée et dans chaque hypothèse

 $x = \frac{B}{2\Lambda} = \frac{l}{2} + \frac{M_1 - M_2}{pl}$

l'abscisse du sommet de la parabole.

3° En multipliant cette valeur de x par p, on aura l'effort tranchant F_0 à droite du premier point d'appui de la travée considérée.

4° Faisant x = l dans l'équation $F = F_0 - px$, on aura F_l l'effort tranchant à gauche du second point d'appui.

5° On construira les deux gabarits des paraboles :

$$y = \frac{1}{2} px^2$$
 $y = \frac{1}{2} (p + \pi) x^2$,

en ayant soin de donner à la corde AB une longueur au moins égale au double de la plus grande valeur trouvée pour les abscisses x du sommet.

Ayant dressé un tableau de ces valeurs, l'épure sera vite construite, et si l'on ne veut pas se contenter de l'exactitude graphique, on verra de suite quels sont les points saillants des courbes que l'on devra calculer directement.

Carnet de calculs.

2000000	g solu a	अनुसर्वे रहा न	and set	anius,	18,160.	ar)
OBSERVATIONS				4		
REACTIONS.	Rp 33549	$R_1 = 67920$	$R_2 = 31359$	de	R ₃ == 11572	
EFFORTS TRANCHANTS.	Fo = 33549 Rg = 33549	$Fl_1 = 4705i$ $F_1 = 20869$	$FI_2 = 14331$ $F_2 = 17028$	302 302 302	Fl ₃ = 11572 R ₃ == 11572	10
VALETĄS ĘFFONŢS NEMANQUABLES TRANCHANTS.	seidjune englikeeri	182542	des abra Applicables	arion arion	eo (8 up es	
ABSCISSES de SOMMET.	⊞ Bèt.	x = 10,82	x = 18,97	x = 15,48		
MOMENT DE RUPTURE SOF LES APPUIS.	$M_0 = 0$	$M_1 = 175513$	$M_2 = 70924$		$M_3 = 0$	
CUARGE.		$l_1 = 26 p_1 = 1100$	$l_2 = 32$ $p_2 = 1100$	$l_3 = 26$ $p_3 = 1100$		
OUVERT.		$l_1 = 26$	$l_2 = 32$	$l_3 = 26$		1000
TRAVĒES.		ıra travée.	nº travée.	3e travée.		
FILES et	Culée.	1re pile.	2° pile.		Culée,	
		Première hypothèse.	Première travée	chargèe.		
				-		

- Les chisses ci-dessus se rapportent à un pont à 3 travées dont les ouvertures sont : 26, 32 et 3.100 kil. Ce pont est à une voie.

EXTRAITS DE CHIMIE.

(TRAVAUX DE 1862, 1863 ET 1864.)

Par M. L. MOISSENET, ingénieur des mines.

§ I. MÉMOIRES DIVERS.

 Recherches théoriques sur la préparation de la soude par le procédé de Le Blanc;

Par M. Scheurer-Kestner.

(Annales de chimie et de physique, 4° série, t. I, p. 412 à 453.)

Le procédé de Le Blanc pour la préparation de la soude, consacré par une longue pratique, est resté pendant longtemps sans explication théorique.

Berzélius, Thénard, M. Dumas, M. Gmelin ont présenté plusieurs hypothèses sur le rôle chimique, rempli par le sulfate de soude, le calcaire et le charbon, matières premières du procédé. En 1847 seulement, M. Unger a publié un premier travail appuyé d'expériences; il s'est trouvé conduit à modifier ses opinions dans un deuxième, puis dans un troisième mémoire. M. Kynaston en 1859 et M. Gossage en 1861 ont émis de nouvelles hypothèses, basées sur des données expérimentales.

Mais aucun de ces travaux n'explique nettement les réactions du four à soude, et la composition chimique de la soude brute n'est pas encore connue. Dans ces études, les chimistes se sont créé une difficulté spéciale en admettant généralement que, lors du traitement de la soude brute par l'eau, il y avait absence complète de réaction entre la lessive de carbonate de soude et le résidu solide, produit sulfuré de calcium. La constitution de ce résidu n'a pas été bien fixée.

Des opinions précitées et développées par l'auteur, je rappellerai seulement celle de M. Dumas et celle de M. Gossage.

Selon M. Dumas, il y aurait tout d'abord double décomposition

TOME VII, 1865.

10

271

que celle nécessaire à la réduction du sulfate de soude. Les formules suivantes expriment les deux phases de la transformation du sulfate en carbonate de soude.

(1)
$$5(NaOSO^3) + 10C = 5(NaS) + 10CO^2$$

(2) $5(NaS) + 7(CaOCO^2) = 5(NaOCO^2) + 5CaS + 2CaO + 2CO^2$

Dans la pratique, les proportions de sulfate de soude et de calcaire varient ordinairement entre les deux termes :

(a)
$$5(NaOSO^3) + 7(CaOCO^2)$$
 et (b) $2(NaOSO^3) + 3(CaOCO^2)$

qui correspondent aux rapports numériques :

L'élément carbone est difficile à évaluer (*); une partie se trouve brûlée en pure perte; les houilles employées sont plus ou moins anthraciteuses et contiennent plus ou moins de cendres. Les formules (1) et (2) ci-dessus adoptées répondent au dosage:

En opérant dans des vaisseaux fermés, on reconnaît qu'il suffit d'employer la quantité de carbone nécessaire à la réduction du sulfate de soude en sulfure.

Nature des marcs de soude. — Lors de la reprise par l'eau, les marcs de soude ne sont formés que d'un mélange de sulfure de calcium et de carbonate de chaux, ou de sulfure de calcium, de carbonate de chaux et de chaux.

L'hypothèse de l'oxysulfure de calcium est inutile et même inadmissible; elle n'est pas nécessaire parce que le sulfure CaS. est lui-même très-peu soluble; l'eau à 12°,6 ne dissout que 1/12.500 de son poids de sulfure CaS; elle n'est pas admissible

entre le sulfate de soude et le carbonate de chaux, puis réduction du sulfate de chaux par le charbon, enfin formation d'un composé double, oxysulfure de calcium, résultant de la combinaison du sulfure de calcium avec de la chaux libre, fournie par l'excès de calcaire, introduit à cet effet.

La réaction définitive serait :

 $2(NaOSO^3) + 3(CaOCO^2) + 9C = 2(NaOCO^2) + CaO, 2CaS + 10CO.$

L'hypothèse d'un oxysulfure de calcium *insoluble* dans l'eau, d'une part répondait aux proportions de sulfate de soude et de calcaire, que la pratique a sanctionnées, de l'autre se trouvait justifiée par la *solubilité présumée* du sulfure de calcium CaS; lors de la reprise par l'eau, il y aurait eu décomposition du carbonate de soude par ce monosulfure soluble.

M. Gossage est le premier qui se soit affranchi de cette hypothèse d'un oxysulfure de calcium insoluble dans l'eau.

Pour lui, le sulfure de calcium CaS est insoluble; la soude brute ne contient pas de soude caustique; la présence connue de la soude caustique dans les lessives résulte de l'action de la chaux libre sur le carbonate de soude, lors de la reprise par l'eau.

Les conclusions de M. Scheurer-Kestner, plus développées et bien motivées, concordent au fond avec l'opinion de M. Gossage.

L'auteur divise son travail en quatre parties :

1° Du composé insoluble appelé oxysulfure de calcium;

2° De l'origine de la soude caustique, qui se trouve dans les dissolutions de la soude brute;

5° De l'existence et de l'origine des sulfures solubles qui se trouvent dans ces mêmes dissolutions ;

4° Détermination de l'équation représentant les réactions qui se passent dans le four à soude.

Il traite chacun de ces points en s'appuyant d'expériences, les unes faites sur des produits d'usine, les autres conduites parallèlement sur des composés chimiques définis, et arrive progressivement à des conclusions nettement formulées.

Je dois adopter ici un ordre différent.

Réactions un four à soude. La réaction entre les trois matières premières est des plus simples. Il y a d'abord réduction du sulfate de soude par le charbon, avec émission d'acide carbonique et formation de sulfure de sodium NaS, puis au fur à mesure double décomposition entre ce sulfure et le carbonate de chaux. Cette dernière réaction n'exige pas une température aussi élevée

^{(&#}x27;) M. A. W. Hofmann (Rapport sur l'Exposition de 1862, Moniteur scient., livraison 156, p. 450, année 1863) renvoie à un travail de M. Scheurer-Kestner (Rép. de ch. appl., 1862, p. 231) et cite les proportions actuellement en usage dans diverses usines de France, d'Angleterre et d'Allemagne.

Pour 100 parties de sulfate, on voit que parmi les onze exemples mentionnés, le calcaire varie entre les límites de 90,2 à 121 et la houille de 37,7 à 73.

M. Kuhlmann emploie à Lille : calcaire 100 parties; houille, tenant 4 à 5 p. 100 de cendres, 37,7 parties.

parce que lors du lessivage on constate la formation progressive de soude caustique, en présence de l'eau, sous l'influence de la chaux *libre*, contenue dans la soude brute.

L'analyse d'un marc de soude récent et bien épuisé montre que le calcium est entièrement combiné, soit au soufre, soit à l'acide carbonique sous forme de carbonate de chaux; le résidu contient encore de la chaux non combinée, dans le cas où le contact des liquides n'a pas été longtemps prolongé.

La nécessité pratique d'une quantité de calcaire en excès sur la formule NaS + CaOCO², vient de ce qu'à la température élevée, exigée par la réaction (1), une partie du calcaire est déjà ramenée à l'état de chaux caustique, laquelle est sans action sur le sulfure de sodium NaS; on ajoute l'excès de calcaire pour que la réaction (2) puisse se produire et qu'il ne reste pas dans la soude brute une proportion sensible de sulfure NaS intact.

Soude brute bien faite et nature des dissolutions qui en dérivent.

— La soude brute bien faite ne contient pas d'oxyde de sodium; tout le sodium provenant du sulfate traité s'y trouve à l'état de carbonate (en négligeant le sulfate de soude non décomposé et le chlorure de sodium, impureté du sulfate).

Cependant la soude brute peut contenir des traces de sulfure NaS ayant échappé à l'action du carbonate de chaux (2); l'alcool dissout ce sulfure; sa proportion ne dépasse pas 0,005 à 0,006 pour 100 de soude brute.

La lessive d'une soude brute bien faite contient toujours plus ou moins de soude caustique NaO,HO et de sulfure NaS; le degré de causticité et de sulfuration des liquides est en relation avec la durée du lessivage; la proportion du sulfure dépend aussi de la température des eaux employées.

En présence de l'eau les deux réactions suivantes deviennent possibles et se prononcent :

(3)
$$CaO, HO + NaOCO^2 = CaOCO^2 + NaO, HO$$

(4) $CaS + NaOCO^2 = CaOCO^2 + NaS.$

De la soude brute bien faite a été réduite en poudre et introduite dans un flacon avec trois fois environ son poids d'eau; le flacon a été bouché et agité de temps à autre; on a procédé pendant cinq jours par prises d'essai successives et dosage de la soude caustique et du sulfure de sodium contenus dans les liquides. Dans le tableau suivant on a inscrit sous le titre oxyde de sodium le rapport du sodium Na contenu dans la soude caustique NaOHO, au

sodium total, et sous celui de sulfure de sodium le rapport du sulfure NaS a 100 parties du carbonate de soude contenu dans la soude brute.

Carrie Contraction	SOUDE BRUTE ET EAU									
Jours.	Oxyde de sodium.	Sulfure de sodium.								
Premier	7,0	1,6								
Deuxième	15,2	1,8								
Troisième	18,6	2,2								
Quatrième	20,4	2,3								
Cinquième	20,5	2,4								

Des résultats parallèles et très-voisins ont été obtenus sur un *mélange* préparé à dessein, avec carbonate de soude, chaux et sulfure de calcium, dans les proportions qui constituent la soude brute.

La présence de la soude caustique dans la dissolution provient de l'action de la chaux (3); celle du sulfure de sodium, d'une part, des traces de ce sulfure tout formé dans la soude brute, de l'autre et pour la majeure proportion de la réaction du carbonate de soude sur le sulfure CaS (4).

Soude brute brûlée et nature des dissolutions qui en dérivent. — La soude brute brûlée contient de la soude anhydre, et du bisulfure de sodium qui lui donne une coloration rouge.

Les deux formules suivantes en rendent compte:

(5)
$$NaOCO^2 + C = NaO + 2CO$$

(6) $2CaS + NaOCO^2 = NaS^2 + 2CaO + CO$

La réaction (5) a lieu en présence de l'excès de houille employé, et le carbonate de soude est décomposé lorsqu'il n'existe déjà plus de carbonate de chaux dans le mélange. On peut, en attaquant de la soude brûlée par un acide, constater la disparition complète du carbone, tandis qu'une attaque semblable sur la soude bien faite laisse un dépôt principalement composé de l'excès de charbon.

La réaction (6) se produit à haute température; il y a lieu d'observer qu'elle fournit, outre le bisulfure NaS², une nouvelle quantité de chaux caustique dans la soude brute.

La tessive d'une soude brute brûlée renferme par suite les sulfures NaS et NaS² et une forte proportion de soude caustique NaO,HO. Cette soude caustique y provient de la dissolution de l'oxyde anhydre NaO existant dans la soude brûlée, puis de l'action de la chaux qui s'y trouve formée par les réactions (2) et (6).

Quelques chiffres suffiront pour caractériser l'influence d'une

275

trop laute température au four à soude. Deux échantillons de soude brûlée ont donné :

Pour 100 parties de sodium total	Nº 1.	Nº 2.
Sodium à l'état de soude anhydre NaO	5,5	16,4

Cet oxyde NaO a été calculé par différence d'après la détermination de l'acide carbonique combiné à l'état de carbonate de soude et de carbonate de chaux.

L'échantillon n° 1 mis en présence de l'eau a donné successivement:

Soude brute brûlée et eau.

	OCCUPATION NAMED IN	
Après la dissolution	15,4	Sodium à l'état
Deuxième jour	29,2	de soude caustique
Troisième jour	35,2	NaO,HO
Quatrième jour	42,9	pour 100 p. de sodium
Cinquième jour	43,6	total.

Les dissolutions dans l'eau de la soude brute brûlée contiennent une quantité de soude caustique supérieure à celle qui peut provenir, soit de la réduction du carbonate de soude par le charbon employé (5), soit de la décomposition de ce carbonate par la chaux normalement produite (2); cet excès de soude n'est évidemment dû qu'à la réaction (6) et à la chaux libre qui en résulte. On rencontre parfois des soudes brûlées dont les lessives contiennent 50 p. 100 du sodium à l'état de soude caustique NaO,HO.

2. Sur l'acide perchlorique et ses hydrates;

Par M. H. ENFIELD ROSCOE.

(Proceedings of the R. Society, t. XI, p. 493, et Moniteun scientifique, 1862, p. 183.

Traduction par M. Radau.)

M. Roscoe a réussi à préparer :

Nº 1	L'acide perchlorique, liquide	C107, HO
Nº 2.	L'acide perchlorique cristallise	C107,3HO*
Nº 3:	an a	is dont
	la composition répond à 72,3 p. 100 d'acide r	nº i.

Je reproduirai d'abord quelques-unes des propriétés de ces divers hydrates, ensuite les procédés de préparation. Propriétés. — Acide n° 1. Glo⁷,HO. C'est un liquide incolore s'il est pur, volatil, non solidifié à — 55°. Sa densité à la température de 15°,5 est 1.782; il donne des vapeurs incolores et transparentes; à l'air. des fumées blanches et abondantes.

Au contact de l'eau il s'hydrate avec chaleur et, selon les proportions, peut donner naissance aux composés n° 2 et n° 3.

A la température ordinaire son action sur les métaux est moins vive que celle de l'acide azotique; mais lorsqu'on le chauffe avec du fer, du cuivre, du zinc, etc., très-divisés, l'attaque a lieu avec chaleur et lumière. Il transforme le soufre en acide sulfurique, le phosphore en acide phosphorique.

Une goutte de cet acide, projetée sur du charbon de bois, du papier ou du bois détone violemment; quelques gouttes jetées dans l'alcool ou l'éther font une explosion assez forte pour déterminer la rupture du vase.

Cet acide ne peut pas être distillé seul sous la pression atmosphérique; à 75° il manifeste un commencement de décomposition; à 95° le liquide se colore en brun noirâtre et dégage des fumées blanches mêlées d'acide ClO^b ; enfin l'expérience se termine par une explosion.

Lorsqu'on cherche à le conserver dans un ballon à l'abri de la lumière, il s'altère spontanément et se colore en brun; au bout de quinze jours le ballon est brisé.

L'acide ClO⁷, HO est très-caustique et mis au contact de la peau la brûle fortement.

Acide nº 2. ${\rm ClO^7}, 5{\rm HO}$. Cet hydrate est la substance cristalline découverte par Serullas, et que plusieurs chimistes ont prise pour de l'acide anhydre ${\rm ClO^7}$.

A la température ordinaire il se présente sous la forme d'aiguilles soyeuses, fumant fortement à l'air et très déliquescentes.

Il fond entre 50° et 51° et cristallise entre 49°,5 et 50°.

A l'état liquide et à 50°, il a pour densité 1.814; sa solidification est accompagnée d'une contraction considérable.

Lorsqu'on cherche à le distiller il se dédouble en acide n° 1 et acide n° 5; à 110° la décomposition se manifeste; dans la cornue le liquide se colore en brun jaunâtre, tandis que dans le récipient se condense de l'acide n° 1; puis la température s'élève à 205°, et alors seulement passe l'acide n° 3 incolore et inaltéré.

Les propriétés oxydantes de l'hydrate ClO⁷,3HO sont moins intenses que celles de l'acide n° 1; cependant, quand il est fondu, l'acide n° 2 détermine aussi la combustion du bois et du papier;

versé dans l'eau, il s'hydrate avec chaleur en produisant l'acide aqueux.

Acide nº 5, dit aqueux. C'est un liquide incolore, oléagineux, inodore, comparable, sous ces divers rapports, à l'acide sulfurique SO³,HO.

Il est défini par la constance de son point d'ébullition.

Lorsque l'on concentre un hydrate plus étendu en le chaussant jusqu'à l'apparition des vapeurs blanches, la température du liquide monte aux environs de 205° et s'y maintient pendant que l'acide n° 3 distille. D'autre part nous avons dit que cet acide n° 5 était le terme final, obtenu par l'application de la chaleur à l'acide n° 2, moins hydraté que lui.

La formule ClO⁷,5HO répondrait à un hydrate contenant 75,63 p. 100 d'acide n° 1; l'acide aqueux n° 3, bouillant à 203°, n'en contient que 72,5.

Préparations. — L'acide aqueux n° 3 se prépare par la méthode de Serullas, légèrement modifiée: au lieu de perchlorate de potasse KOClO⁷, l'auteur emploie le chlorate KOClO⁸. Il obtient d'abord de l'acide hydrofluosilicique par la réaction de l'acide sulfurique, de la silice et du spath fluor; dans cet acide il introduit le chlorate de potasse à la dose de 6 p. chlorate pour 10 p. de spath fluor traité.

On porte à l'ébullition; l'acide chlorique mis en liberté se décompose tranquillement, avec dégagement d'acide ClO' et probablement d'autres composés oxygénés du chlore. Dans le vase il reste l'hydrofluosilicate de potasse et la dissolution d'acide perchlorique aqueux que l'on décante après refroidissement.

La liqueur est ensuite concentrée jusqu'à l'apparition des vapeurs blanches, puis distillée. L'acide condensé contient, comme impuretés, un peu de chlore et d'acide sulfurique, que l'on enlève par addition de perchlorate d'argent et de perchlorate de baryte.

Par ce traitement le chlorate de potasse rend 1/8 de son poids d'acide aqueux pur et concentré.

L'acide n° 1 peut être préparé directement. On distille ensemble 1 p. perchlorate de potasse KOClO⁷, et 4 p. acide sulfurique SO³,HO; on continue à chauffer jusqu'à ce que les gouttes qui tombent dans le récipient ne se solidifient plus; le produit est de l'acide perchlorique cristallisé (100 p. KOClO⁷ donnent 14 p. d'acide), retenant un peu d'acide sulfurique. Les cristaux sont chauffés dans une petite cornue de verre; on condense les vapeurs qui passent à 110°, en ayant soin d'arrêter l'opération dès qu'il se forme des cristaux dans le col de la cornue. Le liquide ClO⁷,HO est rapide-

ment introduit dans un ballon à col effilé. Si la distillation a été conduite assez lentement, l'acide obtenu est pur et incolore; dans le cas contraire il est coloré en jaune par divers composés oxygénés du chlore.

Le meilleur mode de préparation de l'acide n° 2 consiste à ajouter avec précaution de l'eau à l'acide n° 1; l'hydratation développe beaucoup de chaleur; par refroidissement l'acide cristallise. Les cristaux sont jaunes, mais se décolorent à la lumière solaire; on les purifie par fusion et nouvelle cristallisation.

On peut enfin partir de l'acide aqueux pour préparer l'acide n°1; on chauffe le mélange d'une partie d'acide aqueux avec quatre parties d'acide sulfurique concentré. A 110° on voit passer l'acide n°1, puis vers 200 de l'acide n°3; dans le récipient les matières constituent une masse blanche, solide, retenant de l'acide sulfurique. Cette substance distillée seule donne par fractionnement de l'acide n°1 à 110°, puis de l'acide n°3.

L'auteur recommande, comme fort exact, le dosage de l'acide perchlorique par précipitation à l'état de perchlorate de potasse, en liqueur alcoolique.

Il a également réussi à préparer les perchlorates suivants :

Perchlorates.	Formules.
D'ammoniaque	AzH4O,C107
De cuivre et d'ammoniaque	CuO,2AzH4O,ClO7
De protoxyde de fer	FeO,C107 + 6HO
D'oxydule de mercure	$Hg^{2}()ClO^{7} + 6HO$
De plomb	2(PbOClO7) + 6HO

Les deux premiers sont anhydres et non déliquescents: le sel simple d'ammoniaque est isomorphe avec le perchlorate de potasse; le sel de cuivre et d'ammoniaque se présente sous forme de cristaux bleus, qui à l'air deviennent verts, sans se déliter. Les trois derniers sont très-déliquescents; ils retiennent leur eau, soit à 100°, soit dans le vide en présence de l'acide sulfurique. On les prépare en attaquant, respectivement par l'acide aqueux, le fer métallique, l'oxydule de mercure ou le carbonate de plomb.

3. Du magnésium;

Par MM. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE et H. CARON.

(Annales de chimie et de physique, 3° série, t. LXVII, p. 340.)

Les auteurs, ayant eu entre les mains des quantités considérables de magnésium, ont pu répéter souvent toutes les expériences de M. Bussy, qui a découvert ce métal. et de M. Bunsen, qui l'a extrait du chlorure par la pile, et se sont assurés de l'exactitude parfaite de tous les résutats acquis à la science par ces deux chimistes.

Ils se bornent à décrire les modifications qu'ils ont apportées au mode de préparation indiqué par M. Bussy, et à présenter quelques observations nouvelles que leur ont suggérées les expériences de M. Bunsen.

1° Préparation du magnésium. — Le métal s'obtient par la réaction au rouge du sodium sur le chlorure de magnésium, en présence de fondants appropriés.

Le chlorure de magnésium sec est obtenu par le procédé de M. Liebig. On mêle à l'état de dissolutions ce chlorure et du sel ammoniac; le mélange est évaporé à sec, puis projeté dans un creuset préalablement rougi. Après fusion on coule la matière sur une plaque de fer; en laissant au fond du creuset une carcasse de magnésie.

Le chlorure de magnésium est volatil comme le chlorure de zinc; on peut le distiller au rouge vif dans un courant d'hydrogène et le condenser en une matière butyreuse et incolore, qui se solidifie par le refroidissement sous la forme d'une masse opaque, feuilletée et composée de lames cristallines d'un grand éclat. Du reste il est difficile de débarrasser complétement le chlorure de magnésium des dernières traces de sel ammoniac; la présence de ce sel dans le chlorure explique celle de l'azote dans le métal qui en dérive.

Le spath fluor est employé comme fondant; la silice et l'acide phosphorique qu'il peut contenir lui sont enlevées par une attaque à l'acide sulfurique. Le spath fluor en poudre fine est mis à digérer dans l'acide concentré et froid; le contact est maintenu plusieurs jours; on lave, dessèche et calcine.

Le sodium, soigneusement essuyé, est coupé en fragments de la 2 centimètres cubes.

La fonte pour magnésium comprend:

Chlorure	de	m	agr	rée	iu	m	lii.		4				51	6
Fluorure	de	ca	lci	un	١.				. 1					4
Sodium:														. 2

Les matières, mêlées rapidement, sont versées dans un creuset de terre déjà porté au rouge; le couvercle est mis et assujetti par une brique; au bout de quelques minutes la réaction devient tumultueuse.

Le métal prend naissance sous la forme de globules microscopiques disséminés dans la scorie; le bain est remué avec une tige en fer; on retire le creuset du feu, et après un commencement de refroidissement on verse sur le liquide encore rouge du spath fluor en poudre sèche.

En même temps on brasse le mélange qui devient pâteux; les globules de magnésium apparaissent, se soudent par le brassage et se rassemblent en culot à la surface de la scorie plus dense que le métal. L'opération est terminée au moment où la scorie va se solidifier. Le creuset étant refroidi, on le casse et on recueille un culot principal et des grenailles d'un poids total de 92 grammes. On a retiré de la sorte les trois quarts du magnésium que le sodium employé aurait dû fournir.

On refond les scories et on les brasse comme précédemment, ce qui donne de nouvelles grenailles.

Le rendement total en magnésium atteint 45 p. pour 100 p. de sodium consommé.

2° Propriétés du magnésium. — Le métal obtenu par ce procédé contient du carbone, du silicium et de l'azoture de magnésium. Sa densité est 1,75; il est cassant.

Purifié par une distillation dans l'hydrogène, il est ductile et donne des lames d'un grand éclat et d'une couleur un peu bleuâtre ou plutôt violacée, quand elles ont été brunies.

La surface du magnésium se ternit à l'air comme celle du zinc. Chauffé, il fond à peu près à la même température que le zinc et constitue un liquide pâteux, difficile à mouler (*). Un peu au-dessus de son point de fusion, il prend feu à l'air et brûle avec une flamme éclatante et dépôt de pompholix magnésien. La distillation du magnésium exige à peu près la même température que celle du

^{(&#}x27;) Les auteurs disent: « Nous n'avons jamais pu faire des fils de magnésium par le procédé de la filière, à cause de la difficulté qu'on éprouve à couler le métal dans une lingotière cylindrique sans que l'intérieur du lingot reste vide. »

A partir de 1864, les fils de magnésium ont été fabriqués et vendus par MM. Johnson et Matthey, de Londres. L. M.

zinc; si le métal traité est impur il laisse dans les appareils une certaine quantité d'une matière noire, très-légère et très-complexe, dont la nature n'a pas été déterminée; le métal condensé est alors recouvert de petites aiguilles cristallines, incolores et transparentes, qui se détruisent rapidement à l'air et avec production d'ammoniaque et de magnésie. Ces aiguilles sont de l'azoture de magnésium.

4. De l'azoture de magnésium

(Extrait d'un mémoire sur la combinaison de l'azote avec les métaux);

Par MM. GEUTHER et BRIEGLEB.

(Archiv. der Pharm., t. CXIII, p. 163, et Journal de pharmacie et de chimie, 3° série, t. XLIII, p. 419.)

MM. Geuther et Briegleb affirment que tous les corps simples capables de former des azotures par l'action de l'ammoniaque peuvent en produire par celle de l'azote pur.

L'azoture de magnésium AzMg³, signalé par M. Deville en 1857, s'obtient en chauffant le inétal dans un courant d'azote. Il est amorphe, verdâtre, passant au brun sous l'influence de la chaleur.

Chauffé à l'air, il se transforme peu à peu en magnésie; dans l'oxygène pur, la réaction est instantanée et accompagnée de chaleur et de lumière. A l'air humide, l'azoture se décompose en donnant de la magnésie et de l'ammoniaque. Les mêmes corps prennent immédiatement naissance au contact de l'eau, qui se trouve portée à l'ébullition.

L'acide sulfurique concentré est sans action à froid; avec l'aide de la chaleur il y a production de magnésie, d'ammoniaque et d'acide sulfureux. Le chlore n'agit aussi qu'à chaud. L'hydrogène sulfuré donne au rouge sombre, le sulfure de magnésium et le sulfure d'ammonium, lequel se sublime.

Au rouge blanc, les gaz oxyde de carbone et acide carbonique font, avec l'azoture de magnésium, de la magnésie, du charbon et du cyanogène.

5. Du silicium et des siliciures métalliques; Par MM. H. Sainte-Claire Deville et H. Caron.

(Annales de chimie et de physique, 3° série, t. LXVII, p. 435.)

Le silicium et le bore peuvent cristalliser au sein de l'aluminium; c'est le principe de la méthode qui a permis de préparer ces deux métalloïdes à l'état adamantin.

Le silicium peut aussi se dissoudre par fusion dans le zinc et dans l'étain et s'en séparer par refroidissement, en presque totalité et sous forme de cristaux.

Les auteurs insistent particulièrement sur l'emploi du zinc comme dissolvant (*).

Dans un creuset de terre porté au rouge, on verse le mélange :

						Parties
Fluosilicate de potasse, bien	se	c.				15
Sodium en petits fragments.						4
Zinc distillé et grenaillé						20

Les matières sont maintenues au rouge au-dessous du point de volatilisation du zinc; la scorie étant devenue bien liquide, on laisse refroidir lentement et on casse le creuset.

On trouve un culot de zinc pénétré dans toute la masse, mais surtout à la partie supérieure, de longues aiguilles de silicium, disposées en chapelets d'octaèdres emboîtés. Dans quelques cristaux on a observé l'angle de 109°28′.

L'extraction du silicium peut se faire par deux procédés:

i° On calcine dans un creuset de charbon de cornue le culot de zinc silicié; le zinc est volatilisé et l'on trouve au fond du creuset une masse moulée sur les parois, ayant cristallisé au moment de la solidification et présentant sur toute sa surface des lignes qui se coupent sous des angles voisins de 60°.

2° On opère par dissolution du zinc, précédée ou non d'une liquation partielle de ce métal. La liquation partielle laisse le silicium non fondu, ce qui prouve que le métalloïde a dû cristalliser à une température supérieure à celle de la fusion du zinc.

^(*) M. H. Caron a donné en 1860 (V. Extraits de chimie, Annales des mines, 6° série, t. H, p. 393) un procédé du préparation de calcium fondé sur l'emploi du zinc. Par fusion d'un mélange de chlorure de calcium, de zinc et de sodium, on obtient un alliage de calcium avec le zinc; puis la calcination de l'alliage expublic le zinc et laisse le calcium isolé.

285

« Lorsqu'on attaque le zinc silicifère par l'acide chlorhydrique, « il se dégage un peu d'hydrogène silicié que l'on reconnaît à son « odeur; il se dépose, en même temps que le silicium, un peu de « protoxyde de silicium et peut-être de la silice. Pour purifier le « silicium brut, il faut donc le traiter par de l'acide fluorhydrique qui « dissout la silice et le protoxyde de silicium, et celui-ci développe « même un dégagement d'hydrogèno très-abondant. Il provient de « la portion du silicium resté dissous dans le zinc et qui ne s'est pas « séparé par refroidissement.... Il résulte des expériences que la « quantité de silicium combiné avec le zinc ou retenu par lui est « extrêmement faible. »

Lorsqu'on substitue l'étain au zinc, le silicium mis à nu par l'acide clorhydrique est obtenu sous la forme de petits octaèdres en chapelet, dans le cas seulement où le culot d'étain silicifère, a été très-fortement chauffé; faute de ce soin le silicium est moins régulièrement cristallisé et se présente en grandes lames, ressemblant au fer spéculaire, mais plus dures et plus éclatantes.

Le silicium a été fondu sous une couche de fluosilicate de potasse, à la température de fusion de la fonte et moulé en cylindres dont la surface brillante n'indiquait aucune altération à l'air. Siliciures métalliques. — Les auteurs rappellent l'existence:

1° Du siliciure de manganèse;

2° Du siliciure de magnésium, récemment étudié par M. Wöhler, et qui a permis à MM. Wöhler et Buff de préparer le gaz auquel ils ont donné le nom d'hydrogène silicié:

5° Des combinaisons de silicium et de fer dont ils annoncent une étude.

Ils donnent quelques indications sur les *siliciures de cuivre*. Lorsque l'on fond ensemble:

							Parties
Fluosilicate de potasse							3
Sodium en petits fragments.							1
Cuivre en tournure						,	1

on obtient un composé très-dur, cassant et blanc comme le bismuth, contenant 12 p. 100 de silicium, plus fusible que l'argent.

Les auteurs ne disent pas quel est le poids relatif du produit, mais indiquent que la scorie, lorsqu'elle est bien liquide, peut se séparer en deux parties, l'une légère et limpide qu'on rejette, l'autre pâteuse et noire. En refondant celle-ci avec 1 p. de cuivre, on obtient encore du siliciure de cuivre à 12 p. 100 environ de silicium.

En partant du composé à 12 p. 100, on a préparé divers alliages;

celui qui contient 4,8 de silicium et 95,2 de cuivre est d'un beau bronze clair. Il est aussi fusible que le bronze des canons, plus dur que lui dans le rapport de 45 à 59, moins dur que le fer; il se travaille comme le fer, à la lime, à la scie et au tour, et ne graisse pas les outils. Il est très-ductile.

En forçant la dose de silicium on obtient des siliciures de cuivre de plus en plus cassants et de moins en moins ductiles, mais toujours homogènes.

Le plomb ne semble pas s'unir au silicium; lorsqu'on évapore une solution de silicium dans le zinc du commerce, on trouve audessous du culot de silicium des globules de plomb fondu, que la chaleur n'a pas volatilisé (*).

6. Le siliciure de calcium

(Extrait d'un mémoire sur des combinaisons du silicium avec l'oxygène et l'hydrogène);

Par M. F. Wöhler.

(Annales de chimie et de physique, 3e série, t. LXIX, p. 224.)

Préparation. — On prépare le siliciure de calcium en fondant ensemble au fourneau à vent:

			gr
Silicium cristallisé (**), finement broyé			20
Chlorure de calcium fondu, pulvérisé.			200
Sodium en petits morceaux			46

Le silicium, le chlorure de calcium et environ moitié du sodium sont bien mêlés; d'autre part, dans un creuset de terre porté au

((") On tobtient le silicium cristallise en fondant :

			r at rie
Aluminium	3		1
Verre en poudre			5
Cryolite			10

Le culot noir obtenu est pulvérisé et épuisé par l'acide chlorhydrique. Le silicium reste inattaqué; on le purifie par l'acide fluorhydrique.

^(*) Les auteurs n'insistent pas aûtrement sur l'effet des impuretés du zinc du commerce, effet signalé d'ailleurs par M. Caron dans son travail sur le calcium. Il est évident que dans le cas actuel la présence du fer en proportion notable dans le zine, employé lui-inême à forte dose, donnerait un silicium impur, surfout lorsqu'on procède par évaporation du zine silicifére.

L. M.

rouge on introduit une certaine quantité de chlorure de sodium fondu, puis le reste du sodium métallique; enfin on y verse rapidement le mélange des trois réactifs et on le recouvre d'une couche de chlorure de sodium fondu et pulvérisé. On tasse le contenu, met le couvercle et active le feu; on charge comme combustible un mélange de coke et de charbon de bois, et l'on maintient le feu une demi-heure après la disparition des flammes jaunes du sodium; la température doit atteindre celle d'un essai de fer. Après refroidissement on trouve le siliciure de calcium en culot bien net; on le conserve dans un flacon sec et bien bouché.

Propriétés. — Le produit obtenu par la méthode précédente n'est pas du siliciure de calcium parfaitement pur; il contient, comme les réactifs employés, divers corps étrangers et renferme une certaine quantité de silicium libre. L'auteur donne l'analyse de cinq échantillons; je reproduis celles qui répondent aux proportions extrêmes de silicium libre et de silicium combiné.

						I.	IV.
Silicium libre						6,68	65,65
Silicium combinė		,				52,16	14,55
Calcium						34,51	9,53
Magnésium						2,48	2,19
Sodium						1,01	0,73
Aluminium						0,22	3,16
Fer						1,22	2,19
						98,28	98,00

Le composé de siliciure de calcium serait formé de :

Calcium								-				41,7
Silicium.												58,3
												100.00

Les propriétés suivantes se rapportent au siliciure de calcium légèrement impur. Il est gris de plomb, il a l'éclat métallique; sa texture est à grandes lamelles; à la surface on observe des faces cristallines brillantes; quelques grains plus petits présentent des indices de la forme hexagonale.

A l'air, il se désagrége peu à peu en lamelles graphitoïdes. Sous l'eau, la désagrégation s'accomplit en quelques heures, avec un dégagement faible, mais persistant, d'hydrogène. L'eau preud une réaction alcaline et renferme alors de la soude, de la chaux et un peu de chlorure de calcium; l'eau agit ici comme oxydant et hydratant.

L'acide azotique même fumant est sans aucune action; M. Bunsen a d'ailleurs observé que ce réactif n'attaque pas le métal calcium.

L'acide chlorhydrique attaque le siliciure de calcium avec dégagement d'hydrogène et formation d'un corps de couleur orangée (*). L'acide sulfurique étendu et l'acide acétique lui-même agissent comme l'acide chlorhydrique. L'acide fluorhydrique décompose énergiquement le siliciure avec production de la substance jaune; mais celle-ci ne tarde pas à blanchir, puis à disparaître dans l'acide employé.

Le siliciure de calcium ne s'altère pas lorsqu'on le chauffe dans un courant de vapeur d'eau.

7. De l'action de l'acide sulfurique sur le plomb;

Par MM. F. CRACE CALVERT et R. JOHNSON.

(Comptes rendus de l'Académie, 1er semestre, 1863.)

On considère généralement, disent les auteurs, les métaux comme des corps d'autant moins attaqués par les acides qu'ils sont plus purs.

Les fabricants d'acide sulfurique emploient aujourd'hui, pour la construction des chambres de plomb, un métal beaucoup plus pur que les plombs fournis il y a une dizaine d'années par le commerce.

Il était intéressant au point de vue scientifique, et très-utile pour la pratique industrielle, d'étudier l'action de l'acide sulfurique sur des plombs de pureté différente.

Les essais ont porté sur trois types, savoir :

N° 1. Plomb commun (common lead; sheet lead); qualité ordinaire.

D'après les expériences de l'auteur, il y aurait lieu d'attribuer à ces corps nouveaux la composition suivante :

	SHICOH.		Leucon.
Silicium 6	$\begin{cases} 8,29 \\ 2,44 \\ 9,27 \end{cases}$ ou bien	70,5	56,56
Hydrogène	2,44 \ bian	2,5	3,03
Oxygène 2),27 Dien (27,0	40,41

TOME VII, 1865.

20

^(*) Ce corps orangé est désigné par M. Wöhler sous le nom de silicon; à la lumière le silicon blanchit rapidement avec dégagement d'hydrogène et se transforme en un second composé, dit leucon.

 N° 2. Plomb vierge (virgin lead); qualité supérieure du commerce.

N° 3. Plomb chimiquement pur, préparé en vue des expériences. L'analyse à donné:

Pour 100 parties.	Nº 1.	Nº 2.
Plomb	98,8175	99,2060
Étain	0,3955	0,0120
Fer	0,3604	0,3246
Cuivre	0,4026	0,4374
Zinc	traces	traces
ato at an Aprest ISG artitlets	99,9760	99,9800

Le tableau suivant comprend les résultats de deux séries d'expériences; l'attaque était faite sur une surface de plomb d'un mètre quarré, par un volume constant de 16 litres d'acide sulfurique.

Dans la première série on a fait àgir de l'acide parfaitement pur et opéré avec quatre hydrates répondant à 66°, 60°, 56° et 50° Beaumé; la température ambiante a varié de 18° à 20° C., et le contact a duré dix jours.

Dans la seconde, comprenant deux essais identiques, on a employé de l'acide impur, de densité 1,746, et provenant des vases de plomb dans lesquels les fabricants commencent la concentration; la température a été maintenue entre 48° et 50° et le contact a duré 15 jours.

ACIDE SULFURIQUE.				POIDS DE PLOMB enlevé à l'état de sulfate par mêtre quarré de :					
Volume employé.	Concen	ration.							
16 litres.	Degré B.	Densitė.	Plomb commun.	Plomb vierge.	Plomb pur.				
Acide pur.	degrê. 66	1,842	gr. 67,70	gr. 134,20	gr. 201,70	1 ^{re}			
Température de 18 à 20°. 10 jours.	60 56 50	1,705 1,600 1,526	8.35 5,56 2,17	16,50 10,34 4,34	19,70 16,±0 6,84	série			
Aride imp ur. Température de 48 à 50°.	61 à 62	-1,746	49,67	50,84	55,60	2° série			

Outre ces expériences, les auteurs en ont fait d'autres, de manière à varier toutes les conditions: volume, concentration de l'acide, acide pur, acide contenant encore des vapeurs nitreuses; température, durée de l'attaque; ils sont arrivés à cette conclusion générale: Le plomb est d'autant plus attaquable qu'il est plus pur.

8. Purification de l'acide sulfurique ansénifère;

Par MM. Bussy et Buignet.

(Journal de pharmacie et de chimie, 3º série, t. XLIV, p. 177 à 186.)

Ayant à étudier, en vue du nouveau Codex, la préparation d'un certain nombre de produits c'himiques, les auteurs ont dû se pré-occuper de la présence de l'arsenic, si générale dans l'acide sulfurique obtenu par le grillage des pyrites.

Le but proposé était de transformer par un procédé, économique, pour la pharmacie, de l'acide sulfurique arsénifère concentré en acide sulfurique pur et concentré.

Les procédés de purification indiqués jusqu'ici sont fondés, soit sur la précipitation de l'arsenic à l'état de sulfure, soit sur sa volatilisation à l'état de chlorure.

Le gaz hydrogène sulfuré, ou le sulfure de harium conseillé par M. Dupasquier en 1845, peuvent être employés pour précipiter le sulfure d'arsenic; mais outre les difficultés et inconvénients de cette opération, ces réactifs n'agissent que sur l'acide préalablement dilué.

M. Buchner observe que le chlorure d'arsenic bout à 152°, c'està-dire bien avant l'acide sulfurique. Il applique cette propriété en chaufant graduellement l'acide impur, tandis qu'il y fait passer un courant de gaz chlorhydrique; enfin l'excès d'acide chlorhydrique est chassé par quelques minutes d'ébullition à l'air libre. Mais les auteurs ont constaté que si la majeure partie de l'arsenic se trouvait ainsi expulsée, il en restait toujours des quantités très-appréciables.

D'autre part, la distillation de l'acide arsénifère avait été regardée comme inefficace, à cause de la volatilité de l'acide arsénieux; c'est cependant à ce procédé que les auteurs sont revenus, sous le bénéfice des observations et des précautions suivantes.

État de l'arsenic dans les acides sulfuriques du commerce. Presque tous les échantillons contiennent l'arsenic à l'état d'acide arsénique, quelques-uns seulement à l'état d'acide arsénieux. L'acide arsénieux n'existe que dans l'acide sulfurique exempt de

289

composés nitreux. Ceux-ci sont facilement constatés en projetant dans l'acide un peu de sulfate de protoxyde de fer pulvérisé: un cent-millième de produits nitreux dans l'acide sulfurique donne encore par le sulfate de fer une coloration rosée très-manifeste.

Lorsque l'arsenic contenu est à l'état d'acide arsénique, la distillation de l'acide impur, conduite sans projections, donne de l'acide sulfurique pur; si l'arsenic est à l'état d'acide arsénieux, la distillation en laisse toujours passer des traces.

Procédé de purification. — L'acide arsénifère est essayé par le sulfate de fer en poudre ; deux cas se présentent.

1° Coloration; présence des composés nitreux; acide arsénique: on ajoute quelques millièmes de sulfate d'ammoniaque pour décomposer les produits nitreux; on distille et l'on recueille de l'acide pur.

2º Pas de coloration; il y a lieu de présumer que l'arsenic est à l'état d'acide arsénieux. On ajoute un peu d'acide nitrique, on fait bouillir et l'on retombe sur le premier cas.

9. Aluminate de baryte soluble et sels d'alumine purs pour l'industrie;

Par M. M. A. GAUDIN.

(Comptes rendus de l'Académie, 1er semestre, 1862, t. LIV, p. 687.)

M. Gaudin prépare d'abord une fritte en chauffant au rouge, et sous l'action d'un courant de vapeur d'eau en excès, un mélange de sulfate de baryte, d'alumine ferrugineuse de Provence et de charbon.

Aluminate de baryte. — La fritte reprise par l'eau bouillante donne une dissolution limpide et incolore d'aluminate de baryte. Cette dissolution est complétement exempte de fer et de sulfure de barium. L'eau de chaux y détermine, au bout de quelques secondes, un précipité chatoyant d'aluminate de chaux. L'insolubilité de cet aluminate peut être utilisée pour la préparation de

L'hydrate de baryte. — La fritte est mise en présence d'un lait de chaux, puis après digestion on lave à l'eau bouillante qui dissout l'hydrate de baryte. La dissolution ne contient pas d'alumine, mais seulement des traces de chaux.

Sels d'alumine purs. — La liqueur d'aluminate de baryte dans laquelle on sature exactement la baryte par l'acide sulfurique

laisse déposer du sulfate de baryte et en même temps de l'alumine. Celle-ci peut être dissoute par tel acide que de besoin: azotique, chlorhydrique, acétique. Le sel d'alumine est séparé par décantation ou filtration; le sulfate de baryte reste sur le filtre. Le caractère de ce procédé est de donner des sels d'alumine parfaitement exempts de fer ou d'alcalis.

10. Aluminate de baryte

(Extrait d'un mémoire sur la Reproduction de la lévyne);

Par M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

(Comptes rendus de l'Académie, 1er semestre de 1862, t. LIV, p. 324.)

L'aluminate de baryte se prépare facilement, soit en calcinant du nitrate ou du carbonate de baryte avec un excès d'alumine anhydre, soit en précipitant du sulfate d'alumine par de la baryte en excès.

Il est soluble dans dix fois environ son poids d'eau; cristallisable dans l'alcool. L'analyse a donné:

Baryte	 49,2
Alumine	 30,8
Eau	 20,0
	100.0

La purification des cristaux destinés à l'analyse est très-difficile à cause de la formation constante de carbonate de baryte pendant leur maniement.

La formule la plus simple, par laquelle on puisse interpréter les nombres précédents est :

Al203, BaO, 4HO.

11. Solubilité de l'azotate de soude;

Par M. Maumenė.

(Comptes rendus de l'Académie, 1er semestre, 1864.)

L'azotate de soude est aujourd'hui le véritable minerai d'acide azotique; on l'emploie non-seulement à la fabrication de l'acide

nitrique et pour le dégagement des vapeurs nitreuses dans les chambres de plomb, mais aussi dans plusieurs usines pour la transformation de divers sels de potasse en salpêtre.

M. Maumené, d'après cinq expériences faites à des températures différentes, a calculé le tableau suivant relatif à la solubilité de ce sel dans l'eau:

	The state of the s		
Température.	AzO5,NaO.	Température.	AzO5,NaO
degré.	parties.	degré.	parties.
9 .	70,94	70	142,31
10	78.57	80	153,72
20	87,97	90	165,55
30	98,26	100	178.18
40	109,01	110	194,26
50	120,00	119,4	213,43
60	131,11	11	

12. Mémoire sur les gaz que produisent les diverses qualités de houilles sous l'action de la chaleur;

Par M. DE COMMINES DE MARSHLY.

(Annales de chimie et de physique, 3° série, t. LXIX, p. 297 à 315.)

Lorsqu'on soumet une houille à l'action de la chaleur, elle dégage promptement du gaz dont le volume et la composition dépendent à la fois de la nature de la houille et des conditions de l'expérience.

Dans l'impossibilité de reproduire toutes les observations et tous les chiffres de M. de Marsilly, je me bornerai à faire ressortir dans l'ordre suivant l'influence des principales circonstances:

- 1º Nature de la houille.
- 2º La calcination est conduite au rouge, mais plus ou moins rapidement.
 - 5° La houille est chauffée seulement à 500°.
- 4° Les gaz dégagés au rouge sont recueillis par périodes successives.
 - 5° Influence du charbon vieux.
- 1° Nature de la houille. Les divers échantillons sont calcinés au laboratoire dans une cornue de grès maintenue dans un feu de

coke ardent; l'opération est prolongée jusqu'à cessation du dégagement gazeux. Les résultats obtenus dans ces conditions au laboratoire paraissent sensiblement les mêmes que ceux réalisés en grand dans les usines. Ce fait est énoncé dans l'ouvrage de M. Ét. Servier (Traduction du Traité pratique de la fabrication du gaz, par M. Samuel Clegg). Il ressort aussi de l'expérience suivante faite sur la houille de Newcastle consommée à l'usine à gaz d'Amiens.

Nº 1. Gaz de l'usine d'Amiens.

N° 2. Gaz obtenu au laboratoire par la calcination de 500 grammes. L'analyse a donné :

	Nº 1.	Nº 2.
Gaz polycarbonės	3,10	2,30
Gaz des marais	31,90	30,20
Oxyde de carbone	9,30	12,00
Hydrogène	55,70	55,50
	100,00	100.00

Le tableau suivant comprend un certain nombre d'exemples relatifs aux cinq variétés de houilles; il donne le rendement en litres de gaz par kilogramme de houille calcinée, et la composition en gaz polycarboné, protocarboné, oxyde de carbone et hydrogène. Sauf pour la houille maigre, on n'a pas mentionné les proportions d'acide carbonique, d'oxygène et d'azote; ces proportions sont très-faibles; celle de l'acide carbonique est généralement inférieure à 1 p. 100.

		VOLUME	COMPOSITI	COMPOSITION DE 100 P. DE GAZ COMBUSTIBLES.	DE GAZ COMB	USTIBLES.
	DESIGNATION DES CHARBONS.	de gaz par kilogramme.	Gaz polycarbonės.	Gaz des marais.	Oxyde de carbone.	Hydrogène
	Fresne (*) (Compagnic d'Anzin)	litres. 214	0,00	13,17	4,97	71,27
	Ardinoises (Bassin de Charleroi).	278	traces.	21,20	6,30	09,69
	La Cave (Anzin)	298	traces.	23,20	6,40	70,40
as.	Charbonnages reunis (Charleroi)	310	Ir. sens.	29,60	7,10	63,30
	Briquettes de MM. Dehaynin (Charleroi)	227	06,0	23,50	6,10	01,69
s	(Agrappe (Bassin de Mons, fosse du grand Trait)	263	1,00	33,00	8,80	57,20
	Anzin (fosse Reussite) moyen, veine du Levant.	272	06,0	28,80	10,20	00,10
	1. Fosse Renard (Ce d'Anzin, div. de Denain).	273	0,70	40,50	13,50	45,30
		296	0,50	89,40	7,10	3,00
	3. Nord du bois de Boussu (Mans)	292	6,30	35,10	8,60	49,80
ŝ	4.)	300	5,40	35,80	10,20	48,60
	5. Auchy (Pas-de-Calais)	300	2,50	42,20	09'9	48,70
	6. Name and Amelological Point and China	300	2,30	30,20	12,00	55,50
	7. Newcastle (Augleleire) Deux Valleles.	307	17,50	29,00	12,10	41,40
				000	6	92.14
	raul Flend	780	3,U4	29,08	06,11	00611

Charbons demi-gra

1. Houilles maigres

DES HOUITLES.

NATURE

III. Houilles grasses

maréchales.

IV. Houilles grasses

longue flamme

V. Houilles sèches à longue flamme.

(•)

parties de gaz produites par la houille de Fresne contiennent, en outre : acide carbonique, 2,00; oxygène, 0,50; azote, 8,09

Les houilles maigres rendent par kilogramme 200 à 300 litres d'un gaz très-léger, riche en hydrogène, pauvre en gaz protocarboné, sans traces de gaz polycarboné.

Les charbons demi-gras rendent 500 litres et au delà; le gaz contient moins d'hydrogène, plus d'hydrogène protocarboné, et des traces de gaz polycarboné.

Les houilles grasses maréchales à courte flamme donnent des gaz plus riches en carbures; mais le rendement par kilogramme est moindre que celui des charbons demi-gras.

Les houilles grasses à longue flamme sont les plus propres à la fabrication du gaz d'éclairage; leurs rendements sont égaux ou supérieurs à ceux des charbons demi-gras; les gaz sont très-riches en polycarbures; enfin le fabricant y trouve un avantage quant à la qualité et à la quantité de coke obtenu.

Les houilles sèches à longue flamme ne paraissent présenter d'infériorité sensible, comparativement aux précédentes, que sous le rapport du coke.

2° Calcination plus ou moins rapide. — Pour une même houille, la calcination lente produit beaucoup moins de gaz que la calcination rapide; la composition des gaz obtenus ne change pas notablement. Voici quelques exemples de rendements.

	Calcination.	Rendement par kilogr.
II. Charbonnages réunis (Charleroi)	rapide	310
		188
IV. Nord du bois de Boussu	rapide	296
IV. Nord du bois de Boussu.	lente	238
	plus lente.	122

5° La houille est chauffée jusqu'à 500°. — Les deux exemples suivants répondent aux houilles d'une mine sans grisou (Auchy) et d'une mine infestée de grisou (nord du bois de Boussu). L'analyse a donné:

	Acide carbon	nique	1er flacon. 3,40	2º flacon. 22,00
Auchy	Azote	ibles		76,30
(Gaz combust	ibles	nėa	nt.
		Hydrogene I	rotocarbone	ė. 94,60
Nord du boi	s de Boussu.	Oxyde de car	bone	. 3,40
		Hydrogène		. 2,20

Ainsi, tandis que les houilles des mines à grisou dégagent du gaz carboné, celles des mines où il n'y a pas de grisou donnent de l'azote et de l'acide carbonique; ce qui permet de croire que dans ces dernières mines il doit y avoir des dégagements spontanés d'azote et d'acide carbonique; fait intéressant pour le mineur.

4° Les gaz dégagés par calcination au rouge sont recueillis par périodes successives. — L'auteur a étudié sur la houille sèche à longue flamme du haut Flénu les variations de composition du gaz, à mesure que le dégagement avance. Au début les gaz polycarboné et protocarboné dominent; puis lorsque le dégagement est devenu régulier, la composition varie peu; vers la fin l'hydrogène constitue la grande masse du produit qui est pauvre en gaz des marais et ne contient plus traces de polycarbures.

5° Influence du charbon vieux. — A l'exception des houilles maigres et probablement aussi des houilles sèches, toutes les houilles s'altèrent profondément à l'air. Nous avons vu que le charbon frais des mines à grisou, chauffé à 300°, donne presque exclusivement du gaz des marais; le même charbon, lorsqu'il est vieux, abandonne à 300° seulement de l'azote et de l'acide carbonique.

Soumis à la calcination rapide, le charbon vieux rend peut-être égal volume de gaz; mais le gaz est plus léger et moins éclairant; il renferme plus d'hydrogène et moins d'hydrogène protocarboné. Voici le résultat obtenu avec la houille du Nord du bois de Boussu:

Nº 1, charbon frais;

 N° 2, charbon vieux; exposition de quarante jours à l'air du laboratoire.

	Nº 1.	No 2.
Gaz polycarbonės	0,50	0,50
Gaz des marais	89,40	49,10
Oxyde de carbone	7,10	7,16
Hydrogène	3,00	43,30

Les usines à gaz ont intérêt à consommer du charbon frais et sous ce rapport doivent préférer le transport par chemin de fer à la voie d'eau. Lorsqu'en vue d'améliorer la qualité du coke on procède au lavage de la houille, cette opération doit être conduîte rapidement et la houille lavée doit être desséchée, comme on le fait à Anzin, à l'aide d'une turbine.

La dessiccation faite lentement à l'air à la température ordinaire, ou plus rapidement par l'intervention de la chaleur et vers 100°, déprécie la houille destinée à la fabrication du gaz.

13. Recherches sur les gaz que la tourbe dégage par l'action de la chaleur;

Par M. DE COMMINES DE MARSILLY.

(Comptes rendus de l'Académie, 2º semestre, 1862, t. LV, p. 323.)

Les tourbes de bonne qualité donnent, par la calcination d'un kilogramme, de 198 à 392 litres de gaz.

La tourbe s'altère sensiblement en restant exposée à l'air et à la pluie; sa dessiccation doit être faite au-dessous de 100°. En effet, lorsqu'on la chauffe à cette température, elle perd souvent une quantité notable de gaz. Voici les résultats obtenus sur deux échantillons:

	DESSICCATI	ON A 100°.
Par kilogramme de tourbe calcinée :	Avant.	Après.
	lit.	lit.
Tourbe de Camon	392	470
Tourbe de Querrieux	346	278

L'analyse des gaz produits par la calcination rapide de la tourbe de Camon de première qualité, a donné :

Acide carbonique .											13,51
Oxygène											1,08
Azote											3,67
Gaz polycarbonés .								-			3,06
Gaz des marais										,	6,44
Oxyde de carbone.											34,28
Hydrogène											37,96

Un pareil gaz riche en oxyde de carbone et en hydrogène donne par combustion une flamme longue et bien fournie; mais l'infériorité de la tourbe vis-à-vis de la houille sèche à longue flamme gît dans la forte proportion d'acide carbonique et de vapeur d'eau émise par la tourbe.

Si l'on calcine *lentement* la tourbe on diminue le rendement en gaz de 20 à 35 p. 100; la composition n'est sensiblement modifiée que par la diminution des gaz polycarbonés.

Le gaz de la tourbe desséchée est à peu près de même nature que celui de la tourbe non desséchée.

Quant aux variations de composition pendant la calcination, on observe qu'au commencement se dégagent surtout de l'acide carbonique et des gaz carbonés, tandis qu'à la fin ce sont l'oxyde de carbone et l'hydrogène.

14. Notice sur les guanos du commerce;

Par M. J. GIRARDIN, doyen de la Faculté des sciences de Lille.

(Bulletin de la Société industrielle d'Angers et Bulletin de la Société d'encouragement, 1863, p. 299.)

De tous les engrais commerciaux, le guano est un des plus actifs; c'est aussi celui dont l'emploi est le plus commode. Malheureusement il s'est introduit dans le commerce de cet engrais des fraudes de toute nature.

On peut partager les guanos en deux groupes; les guanos ammoniacaux, tels que ceux du Pérou et de la Bolivie, dans lesquels il y a beaucoup de matières organiques azotées et de sels ammoniacaux tout formés, et les guanos terreux, tels que ceux du Chili, de l'Afrique, de la Patagonie, de l'Équateur, des îles Jarvis et Baker, etc., caractérisés par leur richesse en phosphate de chaux et leur pauvreté en matières organiques azotées et en sels ammoniacaux.

Le bon guano du Pérou est le type de la qualité supérieure; sous son nom on a vendu des guanos terreux; d'autre part on profite de son état pulvérulent pour y mêler de la terre à brique, des argles jaunes et brunes, de la craie, des platras, des sciures de bois durs, des poils, des débris de tannerie, du sel marin, des sables et du gravier.

L'auteur signale ces fraudes, donne la composition des principaux guanos du commerce et les caractères distinctifs du guano du Pérou, et fait ressortir les avantages économiques de cet engrais.

Les principes les plus actifs des guanos sont l'azote, les phosphates et la potasse. Le tableau suivant comprend les résultats de diverses analyses.

Phosphate. 18,50 28,00		
	184 44	1,05,570
	D	Way.
	1,00	J. Girardin.
24,10	23	Way.
26,28	D	Nesbit.
24,00	2,5 à 3,0	J. Girardin.
30,30	n	Way.
37,20	2,00	J. Girardin.
44,60	, »	Way.
27,80	0,61	J. Girardin.
	23	Way.
	21	Boussingault
82,27	>>	Barral. J. Girardin
	27,80 56,40 60,30 82,27 79,00	56,40 " 60,30 " 82,27 "

Caractères distinctifs du guano du Pérou. — Il est en poudre sèche, jaune pâle ou café au lait; il devient brun chocolat en vieil-lissant, ou par exposition à l'air; il absorbe l'humidité atmosphérique, augmente de poids, et alors colle aux doigts. Il exhale une forte odeur putride et ammoniacale; cette odeur se manifeste d'une façon intense par trituration avec de la chaux vive, en poudre. Sa saveur est piquante. Dans la masse du guano on distingue de nombreuses concrétions blanchâtres, demi-dures, que l'on peut écraser entre les doigts et qui, exposées à l'air, se dilatent en émettant l'odeur d'ammoniaque.

L'hectolitre pèse moyennement 93 kilos; le guano est plus dense que l'eau; lorsqu'on le projette dans l'eau, rien ne surnage. Brûlé sur une tôle, il se boursoufle, noircit, brûle avec une flamme légère en produisant des vapeurs ammoniacales; le résidu caverneux de l'incinération est d'un blanc faiblement azuré; la proportion de cendres ne varie guère qu'entre 27,5 et 35 p. 100.

Jeté dans une dissolution concentrée de chlorure de chaux, il donne lieu à un dégagement gazeux; par l'acide chlorhydrique on n'observe qu'une faible effervescence; enfin l'auteur rappelle la coloration rouge due à l'acide urique sous l'influence de l'acide azotique puis de l'ammoniaque.

Le sable contenu varie de 1 à 1,5 p. 100; le maximum est de

2,5 à 3. Un bon guano ne contient pas plus de 12 à 13 p. 100 d'eau,

Les guanos d'autres provenances présentent avec celui du Pérou des différences tranchées, sinon dans toutes, au moins dans plusieurs de leurs propriétés. Ainsi les guanos phosphatés de la Patagonie, du Labrador, de l'Équateur, des îles Jarvis et Baker, etc., ont une couleur brun foncé, une saveur terreuse, une odeur peu ammoniacale, parce qu'ils ne renferment que des traces d'ammoniaque toute formée.

Avantages économiques du guano du Pérou de bonne qualité. — Le tableau suivant établit les valeurs comparatives du bon guano du Pérou et d'un guano terreux, celui de la baie de Saldanha pris pour exemple.

100 KILOS DE GUANO.	DU P	ÉROU.	DE SALDANHA.		
, 100 1,100 25 00.110.	Teneur.	Valeur.	Teneur.	Valeur.	
Azote à 16,65 le kilo (prix de l'azote dans	kil.	fr.	kil.	fr.	
Phosphate de chaux à 0',15 le kilo	12 24	19.80 3,60	1.35 56,40	2,23 8,46	
Valeur des 100 kilos		23,40	. ,	10,69	
Prix des 100 kilos, dans le commerce		fr. 36 à 40		fr. 25 à 21	

Pour la fumure d'un hectare, le guano du Pérou opère bien à la dose de 400 kilos; sous le rapport de l'azote, le poids équivalent de guano de Saldanha s'élèverait à 1.125 kilos.

Les frais par hectare seraient, d'après les cours de ces deux engrais:

Fumure par 400 kilog. Guano du Pérou. 144 à 160 francs. Fumure par 1.125 kilog. Guano de Saldanha. . . 281 à 303 francs.

Ces chiffres mettent en évidence la supériorité économique du bon guano du Pérou.

15. Analyse de l'eau thermale de Wheat Clifford (*);

Par M. W. A. MILLER.

(Moniteur scientifique, 1864, p. 1016.)

La source chaude de Wheal Clifford jaillit à une profondeur de 420 mètres; la température de l'eau est de 50° à 52°, le débit moyen de 680 litres par minute.

M. Miller a découvert dans cette eau la présence du césium et une proportion notable de lithium; il évalue à 500 kilogrammes par vingt-quatre heures la quantité de chlorure de lithium fournie par la source.

La densité de l'eau ramenée à 15° est 1,007.

Le résidu fixe obtenu par l'évaporation d'un litre d'eau pèse 9^{gr} ,4567. On a dosé par litre :

Chlorure de potassium avec un peu de chlorure de césium	r.
chlorure de césium. 0,7 Chlorure de sodium. 5,7 Chlorure de magnésium. 0,1 Chlorure de calcium. 3,1 Sulfate de chaux. 0,1 Silice, avec traces d'oxyde de fer, d'alu-	815
Chlorure de sodium. 5,3 Chlorure de magnésium. 0,1 Chlorure de calcium. 3,3 Sulfate de chaux. 0,1 Silice, avec traces d'oxydede fer, d'alu-	
Chlorure de magnésium	172
Chlorure de ealeium	220
Sulfate de chaux	297
Since, avec traces d'oxyde de fer, d'alu-	610
	796
uine et d'oxyde de manganèse 0,	
	534
9,4	172

Un litre d'eau contient en outre :

	. 1	0	lu	m	e	te	o t	al	d	es		ga	z.			32,125
Azote						ě				,	٠					19,11
Oxygène.									٠							6,20
Acide carbo	on	iq	ue	Э.	٠											6,81
																o. cub

(*) On exploite depuis quelques années sous le nom de Clifford amalgamated les concessions réunies de Wheat Clifford et des célèbres United mines. Ces mines sont studes dans le Cornwall, au voisinage de Redruth, a l'est du petit massif graniique de Carimarth. La roche encaissante est le schiste ancien. En 1862, la compagnie de Clifford amalgamated à vendu 14.322 tonnes de minerais de cuivre à la leneur moyenne de 6 p. 100 de cuivre à l'essai.

Aucune autre mine du Cornwall n'atteint une parcille production, qui n'est depassee que par celle de Devon Great Consols dans le Devonshire. L. M.

§ II. LES PRODUITS CHIMIQUES A L'EXPOSITION DE LONDRES EN 1862.

(Rapports des membres du jury, section II, classe A.)

A la suite de l'exposicion de Londres de 1862, l'industrie des produits chimiques a été l'objet de rapports étendus. M. Balard en France, M. A. W. Hofmann en Angleterre, M. Chandelon en Belgique, ont groupé dans leurs travaux des renseignements aussi intéressants que variés (*).

Je ne me propose pas ici d'aborder, même sommairement, chacun des points traités par les rapporteurs; mais il m'a paru utile de résumer les principales données qu'ils fournissent sur l'industrie de la soude, branche de beaucoup la plus importante de la chimie appliquée; j'y ai joint quelques indications sur des procédés d'extraction des sels de potasse (**).

Je n'ai reproduit que les réactions sanctionnées par la pratique industrielle; la partie technique des procédés et la description des appareils ont été réduites à ce qui m'a paru strictement nécessaire à l'intelligence de ces réactions; j'insiste au contraire sur les renseignements numériques et économiques relatifs aux matières premières employées, aux consommations des réactifs et à la production des usines.

INDUSTRIE DE LA SOUDE.

Le procédé de Le Blanc pour la fabrication du carbonate de soude exige que l'on transforme le chlorure de sodium en sulfate de soude, puis ce sulfate en carbonate.

De là nécessité de fabriquer l'acide sulfurique et d'utiliser l'acide chlorhydrique obtenu comme produit secondaire.

Le plus important débouché de l'acide chlorhydrique se trouve dans la préparation du chlorure de chaux.

(*) Rapport de M. Balard : Rapports des membres de la commission française, etc., t. I, pages 145 à 243.

Les principales matières premières des usines à soude sont :

La pyrite de fer et le soufre; le nitrate de soude; le sel; le calcaire; le manganèse; la chaux et la houille.

Les principaux produits marchands sont:

Le carbonate de soude sec désigné sous le nom de sel de soude; Le carbonate de soude cristallisé, ou cristaux de soude; Le chlorure de chaux;

Puis le bicarbonate de soude et la soude caustique;

Enfin la soude brute, ou soude des savonniers, le sulfate de soude, les acides sulfurique et chlorhydrique.

Les résidus dont on n'a réussi jusqu'à présent à tirer parti que d'une manière limitée sont:

L'oxyde de fer provenant du grillage des pyrites;

La matière dite oxysulfure de calcium, résidu solide de la lixiviation de la soude brute;

Le chlorure de manganèse, liquide acide, obtenu dans la préparation du chlore, faite en vue du chlorure de chaux.

1º Statistique.

La quantité de sel annuellement décomposée dans une localité, caractérise l'importance de ses usines.

D'après M. Balard, au moment où se signait le traité de commerce, l'Angleterre, avec cinquante usines environ, traitait par an 260.000 tonnes, contre 59.000 tonnes consommées par une douzaine d'usines françaises. (Rapport de 441 à 100.)

M. Hofmann cite les chiffres relevés par M. Allhusen, pour 1852 et 1861, et par M. Gossage, pour 1861, relatifs à l'industrie de la soude dans la Grande Bretagne.

Année 1852. - Principales matières consommées.

Soufre	11,520 ton.
Pyrite	100,262
Sel	137,547
Houille	519,420
Frais d'entretien des appareils	3,242,500 fr.
Nombre d'ouvriers employés	6,326
Tonnage des navires	373,300 ton.

Rapport de M. A. W. Hofmann, traduction par madame P. Kopp et M. E. Kopp, Moniteur scientifique, t. V et VI.

Rapport de M. Chandelon, professeur à l'Université de Liège; extraits par M. E. Kopp, Moniteur scientifique, t. VI.

^(**) La plupart des sujets ont pu être extraits respectivement d'un seul rapport; dans quelques cas j'ai dû, pour évîter les répétitions, sans négliger des renseignements utiles, rapprocher des éléments empruntés à diverses sources; j'ai alors indiqué autant que possible les auteurs par leurs noms ou leurs initiales.

TRAVAUX DE 1862, 1863 ET	1864
--------------------------	------

Produits marchands

	Opantités	Prix par toune.	Valeur d	es produits!
	tonn.	l. st. fr.	l. st.	fr.
Sel de soude	71,193	10 = 250	711,930	17,798,250
Cristaux de soude	61,044	5 = 125	305,220	7,630,500
Bicarbonate de soude	5,762	15 = 375	86,450	2,160,750
Chlorure de chaux	13,100	10 = 250	131,000	3,275,000
and the state of t	Valeur	totale	1,231,580	30,864,500

Malières premières importées.

		Ovantifé	s. Prix	par tonne	. Valeur des	produits.
				fr.		fr.
Soufre		11,250	6	= 150	69,120 =	15728,000
Nitrate de soude		4,800	15	= 375	72,000 =	1,800,000
Manganèse		12,000	2 10	= 62,	50 30,000 =	750,000
		Valeur	totale		171,120 =	4,278,000
						fr.
	des pro	duits m	archan	ds		30,864,500
Valeurs totales	des ma	tières in	nporté	es		4,278,000
	Créées	en 1852	dans	le Roya	ume-Uni	26,586,500

ANNÉE 1861. — Dans l'espace des dix ans écoulés, de 1852 à 1861, le commerce de la soude a plus que doublé. M. Gossage estime à plus de 50 millions de francs la valeur des produits obtenus en 1861 par cinquante usines environ, occupant au moins 10.000 ouvriers.

Le développement de la production a été d'ailleurs très-inégal dans les divers districts ; très-notable dans celui de Newcastle et de la Tyne, il a été surtout considérable dans le Lancashire.

Principales malières	consom	mėes.	Produits marchands.	
	1852	1861	1852	186
	ton.	lon.	ton.	ton
Soufre	7,580	10,000	Sel de soude 23,100	35,0
	33,750	67,860	Cri-taux 42,794	82,0
	57,905	100,360	Bicarbonale 4,016	12,
	,	390,000	Chlorure de chaux 5,000	11.

Dandwitte	1852	1861 (*)
Produits marchands.	M. Althusen:	MM. Schunck Smith:
Cal de saude	ton.	et Roscoe.
Sel de soude	26,343	93 600
Cristaux de soude	3,500.	8,840
Bicarbonate de soude	1,200	11,700
Chlorure de chaux	1,250	8,060
Sel consomme	40,152	135,200

(*) Aux produits de 1861 il faut joindre 4,680 tonnes de soude caustique, article qui n'était pas fabriqué en 1852.

M. Chandelon reproduit la statistique dressée en mai 1862 par MM. Hutchinson, Deacon et Gamble; les chiffres suivants en sont extraits.

Matières premières consommées annuellement dans le Royaume-Uni

		The second section of the
	Sel	ton 254,600
	Houille.	961,000
	Calcaire et chaux	280,000
	Pyrite	264,000
	Nitrate de soude	8,800
	Manganèse.	33,000
	Bois pour barriques	33,000
	Total	1,834,400
Namhan	41	

	-,001,100	
Nombre d'ouvriers employés direc	tement à la fabrication. 10,60	10.
Salaire annuel	l. st. 549,500 = 13,737,50 ils. 135,500 = 3,387,50	
Poids des produits supposés rame	nés à l'état de	
Valeur des produits marchands	280,000 to	

2º Le soufre en Italie;

Par M. C. Penazzi, ingénieur en chef au corps royal des mines.

(Rapport sur l'exposition italienne, classe VI, section II.)

Le soufre constitue la branche la plus productive de l'industriel minérale de l'Italie. La valeur du soufre que l'on y extrait annuellement, atteint 20 millions de francs, ce qui représente 44 p. 100 de la valeur totale des minerais.

305

Gisement. — Le soufre se rencontre dans une formation calcaire et marneuse, avec alternance de couches gypseuses, dont la direction générale est celle de l'axe de la Péninsule.

Cette bande de terrain s'étend de l'Émilie, par la Toscane et le versant adriatique jusqu'en Sicile. De l'Etna à Marsala, et particulièrement le long de la côte méridionale, le sol de la Sicile présente ces couches, souvent redressées et bouleversées par les roches volcaniques. Elles semblent appartenir aux terrains tertiaires plus ou moins anciens.

Le soufre est concentré de préférence dans les assises calcaires, tantôt sous forme d'amas irréguliers, plus souvent en veines parallèles à la stratification.

On le trouve soit à l'état compacte, soit cristallin, soit en poudre amorphe, mais toujours assez pur; quelquesois, notamment dans les Romagnes, il est coloré par du bitume.

La puissance des couches imprégnées de soufre varie de 1^m,50 à 50 mètres et au delà; la teneur de la roche utile de 10 à 50 p. 100.

Dans les marnes, le soufre est plus rare et affecte la forme globuleuse.

Le gypse accompagne très-généralement le soufre; en Sicile d'énormes bancs de gypse recouvrent les couches minéralisées; en beaucoup de points de cette île, le gypse est aussi associé à de puissantes couches de sel gemme.

Indépendamment de ce mode de gisement, on trouve le soufre en croûtes épaisses, produits condensés des émanations volcaniques encore actives de nos jours. Les solfatares des champs Flégréens, près de Naples, ont perdu leur importance en présence des exploitations de la Sicile.

Exploitation. — La Sicile contient plus de 700 exploitations; sur ce nembre, 200 environ méritent le nom de mine, et parmi elles 50 à peine ont une véritable importance.

Les travaux sont généralement mal conduits; surtout dans les couches puissantes et fortement inclinées. Certaines mines ont 5, 6 et jusqu'à 10 niveaux sur une hauteur de 150 mètres. Les excavations présentent une série de piliers et de grandes chambres très-irrégulièrement tracées.

Les mineurs travaillent au pic et à la poudre; l'extraction se fait à dos de gamins, circulant presque nus dans des descenderies rapides. L'aérage est très-défectueux; beaucoup de points sont en feu. Les procédés d'épuisement ne sont pas moins barbares.

Cependant quelques mines commencent à recourir à des machines à vapeur, à poser des rails et à percer des galeries d'écoulement.

On peut estimer qu'un mineur produit en moyenne par an 50 quintaux de soufre et évaluer le personnel total des mines de soufre et le salaire des ouvriers aux chisfres suivants :

Nombre.

Mineurs														- 1	3,200
Manœuvres										٠					12,800
	•	Гo	ta	1	ď	es	0	u	٧r	ie	rs	i.			16.000

Salaire.

Gain du mineur par poste de 8 heures de 3 à 5 francs Journée des gamins et manœuvres de 0',80 à 1',70

Fusion pour soufre brut. — On sait que la séparation du soufre d'avec les gangues est une liquation, obtenue par la combustion d'une partie du métalloïde. Les petits fourneaux cylindriques appelés calcarelle, sont depuis dix ans remplacés par les calcaroni, la masse de minerai, quatre cents fois plus grande que dans l'ancienne méthode, est accumulée en tas, selon le principe de la carbonisation du bois en forêt (*).

Cette modification a diminué notablement les émanations sulfureuses, source de graves inconvénients, et accru le rendement de 20 p. 100; on admet que la perte atteint encore aujourd'hui 35 p. 100 du soufre contenu; d'après ces données on aurait:

	Rendemen
Calcarelle (fourneaux anciens)	55 p. 100
Calcaroni, environ.	67 n 100

La majeure partie du soufre de Sicile est expédiée à l'état brut; on distingue trois qualités principales: première, deuxième et troisième, les deux dernières comportent respectivement trois sousqualités désignées par les épithètes de: avvantaggiata, buona et corrente.

Transport. — Les ports d'embarquement, rangés selon leur importance, sont: Girgenti, Licata, Catane, Palerme et Terranuova; de la mine au port, la distance moyenne est de 40 kilomètres; le soufre est conduit par charrettes, plus souvent à dos de chevaux, mulets ou ânes; un nombre considérable de personnes sont em-

^{(&#}x27;) De renseignements verbaux dus à l'obligeance de l'auteur, il résulte que l'opération est conduite dans de grandes cuves en maçonneries, pouvant recevoir plus de 1000 tonnes à la fois; la profondeur des cuves est de 2 à 3 mètres; le fond est incliné et sillonné de rigoles pour l'écoulement du soufre liquaté.

ployées dans ce service; la dépense moyenne est évaluée à 2,30 par quintal (soit o,5075 par tonne et par kilomètre).

Prix de revient, prix de vente, bénéfices, exportation. — Le quintal de soufre rendu au port revient, tous frais compris, à un chiffre de 6 à 8 francs, qui, par des améliorations praticables pourrait être abaissé à un peu moins de 4 francs.

Le prix de verte moyen en 1861 a été de 11,25, dont les 44/100 représentent les bénéfices réunis du propriétaire et de l'exploitant.

L'exportation sicilienne, qui était en 1830 de 3.000 tonnes environ, atteint aujourd'hui à très-peu près 160.000 tonnes; valant pour les vendeurs 18 millions de francs. (Bénéfices 8 millions.) Les droits acquittés par l'acheteur sont d'environ 1.300.000 francs.

	Destinations.	Quantités exportées.
Ang	leterre	. 65,000
Frai	Nord 15,000 Sud 20,000	35,000
Am	érique du Nord, environ le continentale, Hollande, Norwé	. 10,000
	llemagne, Grèce	
	Total	. 160,000

Soufre des Romagnes. — Les mines exploitées dans les Romagnes sont au nombre de 10 à 12, dont les 8 principales appartiennent à la Société Bolonaise.

Elles occupent en tout 12.000 personnes. L'exploitation est souvent difficile par suite de l'irrégularité des couches; mais elle est généralement bien conduite.

Les mines sont pourvues de galeries d'écoulement; l'extraction s'y fait par puits verticaux de 120 à 250 mètres, avec baritels à chevaux ou machines à vapeur.

La présence du bitume dans le soufre brut, rend le raffinage nécessaire.

Les produits marchands du raffinage sont les petits pains, les canons et un peu de soufre en fleur; ils atteignent 8.000 tonnes par an, et sont soit consommés en Toscane et en Lombardie, soit exportés en Autriche et en Grèce par Rimini et Cesenatico.

Le quintal à bord des navires se vend 19, 21 et même 25 francs.

3º Pyrite de fer;

MM. HOFMANN, CHANDELON,

Robert HUNT; Mineral statistics, etc.

Il y a vingt ans, la presque totalité de l'acide sulfurique se fabriquait en Angleterre au moyen du soufre de Sicile; aujourd'hui les g/10 au moins de cet acide dérivent de la combustion de la pyrite. Malgré cet abandon général du soufre par les usines à produits chimiques, sa production et son prix n'ont pas cessé de s'accroître, parce qu'il a trouvé un débouché considérable dans la fabrication des poudres de guerre et de mines, et surtout dans son nouvel emploi d'antidote de l'oïdium.

Avant d'indiquer les principales sources de production des pyrites j'emprunte aux divers auteurs quelques chiffres propres à mettre en évidence l'énorme avantage économique que les fabricants ont trouvé dans la substitution de ce minéral au soufre natif.

Prix du soufre brut.

Date.	Localités.	Valeur par ton.
1851	Angleterre	
1857	Alsace	
1860	Alsace	
1,86.1	Au port sieilien, droits acquittes	
	Prix des pyriles.	
1860	Sur les mines { Irlande, pyrite à 33 p. 100 Cornwall	
1860		/ 15,50
1861	Id Royaume-Uni (moyennes)	
1862	the strength of the control of the c	14,70
	(Runcorn, Angleterre, pyrite à	
1362	Aux usines \ 46 p. 100 de soufre	
	Belgique, pyrite à 36 p. 100	

On voit que dans les pyrites rendues aux usines, le soufre revient à un prix maximum de 10 francs les 100 kilogrammes, et y coûte en moyenne 7 à 8 francs seulement.

En France, les pyrites belges alimentent les usines du nord, les pyrites plus ou moins cuprifères de Sain-Bel, celles du centre; enfin celles du Gard, dites pyrites d'Alais, sont brûlées dans les fabriques du midi.

Nous avons vu la consommation de l'Angleterre s'élever de 100.000 tonnes en 1852, à 260.000 tonnes en 1861-1862; cependant

la production des mines du Royaume-Uni s'est abaissée dans ces derniers temps. En revanche un appoint considérable a été fourni aux usines par les mines de la Péninsule ibérique (*), et une vingtaine de mille tonnes par la Belgique.

(R. Hunt.) PRODUCT	ION DE LA	PYRITE DANS	LA GRANI	E-BRETAG	NE.
		1860		1861	1862
	Tonnes.	Valeur. P	rix par ton.	ton.	ton.
Irlande	99,259	1,463,885	14,0	91,803	69,18
Cornwall et Devonshire.	20,801	455,250	22,4	18,474	16,955
Grande-Bretagne	135,699	2,103,475	t5,5	125,135	98,43

4º Soufre extrait du gaz d'éclairage;

Par M. A.-W. HOFMANN.

Dans la seule ville de Londres, les usines à gaz consomment annuellement au moins 1.100.000 tonnes de houille.

Si l'on prend 1 million de tonnes et si l'on estime la teneur en soufre au chiffre trop faible de 1 p. 100, on voit que le soufre des houilles à gaz s'élève à 10.000 tonnes; ce qui répond théoriquement à 30.625 d'acide sulfurique monohydraté.

Une partie de ce soufre est aujourd'hui utilisée.

Le procédé de M. F. C. Hill, pour l'épuration du gaz, est basé sur l'emploi d'un mélange de peroxyde de fer hydraté et de sciure de bois; l'hydrogène sulfuré réagit sur le peroxyde de fer en produisant du protosulfure, de l'eau et du soufre.

Après l'emploi, la matière sulfurée est régénérée par exposition à l'air; il se forme du peroxyde de fer et du soufre; c'est à peine si des traces d'acide sulfurique prennent naissance.

Lorsque le même mélange a servi trente à quarante fois, sa teneur en soufre se trouve portée à 40 p. 100.

Par tonne de houille de Newcastle, l'épuration consomme 2^t,265 d'oxyde de fer.

Le produit chargé de soufre est brûlé pour les chambres de plomb; à Barking Creek, sur la Tamise, M. J. B. Lawes en a reçu:

En	1859.						,			737	tonnes.
En	1860.									2.035	tonnes.
En	1861.				٠,					2.180	tonnes.

Une tonne de cette matière rend 1',25 d'acide sulfurique.

5° Acide sulfurique;

MM. HOFMANN, BALARD et CHANDELON.

Dans la combustion soit du soufre, soit des pyrites, le point important est d'éviter l'excès d'air: au sortir des chambres, les gaz ne devraient pas contenir plus de 2 à 3 p. 100 d'oxygène.

Quelques fabricants ont réussi à régler la combustion du soufre avec une précision qui leur permet d'approcher beaucoup du rendement théorique de 306 p. d'acide à la densité de 1.843 pour 100 p. de soufre brûlé; mais généralement 280 à 290 p. sont les limites que l'on dépasse peu.

L'introduction des pyrites, si avantageuse au point de vue économique, a été la source de difficultés techniques.

Les gaz brûlés qui arrivent aux chambres sont plus chauds et sont dilués dans un plus grand excès d'azote; de là nécessité d'accroître les dimensions des chambres pour maintenir la production.

Les pyrites, très-généralement arsenicales, ont donné de l'acide sulfurique souillé d'arsenic: on a cherché à purifier l'acide soit par l'hydrogène sulfuré (à Vienne, Autriche), soit par le sulfure de barium (à Chessy); mais M. Kuhlmann paraît avoir mieux combattu cet inconvénient en arrêtant dans un tambour spécial, placé en tête des chambres, la majeure partie de l'arsenic à l'état d'acide arsénieux (*).

^(*) M. Delesse (Annales des mines, 6° série, t. VI, page 421), indique d'après M. Deligny qu'en 1863 les districts d'Huelva et de la Sierra de Tharsis ont produit 200,000 tonnes de pyrite; correspondant à 6,000 tonnes de cuivre raffiné. Une partie des pyrites est traitée sur place pour le cuivre contenu; le reste est vendu en Angleterre pour soufre et cuivre.

MM. Combes et Dubocq (Rapport sur l'exposition de 1862), disent que la seule mine de San Domingo, province de Beja, Portugal, exportait 50,000 tonnes de pyrite à la teneur de 3,5 à 4 p. 100 de cuivre; les résidus des fabriques d'acide sulfurique du Lancashire, sont traités pour cuivre à Swansea.

^{(&#}x27;) Ce tambour refroidisseur et purificateur a une capacité de 50 mètres cubes; le dépôt qui s'y forme contient, outre l'acide arsénieux, du peroxyde de fer et du sélénium; on en a extrait le nouveau métal thallium.

La combustion des pyrites a exigé des appareils spéciaux, assez simples d'ailleurs lorsqu'ils sont alimentés par du minerai en morceaux. Les résidus grillés des pyrites en fragments ne contiennent en Angleterre que 2 à 3 p. 100 de soufre, soit, en supposant la pyrite assez riche pour rendre 42 à 50 p. 100, une perte d'environ 5 à 5 p. 100 du soufre contenu.

La combustion des pyrites très-menues présente au contraire de grandes difficultés; les résidus retiennent souvent 8 à 10 p. 100 de soufre. L'agglomération à l'aide d'argile sous forme de boules de 5 à 7,5 centimètres de diamètre permet d'abaisser pratiquement cette teneur à 4 p. 100. M. Spence emploie un four dont les dimensions principales et le travail son indiqués par M. Balard.

•												mètres.
Longueur					٠		٠	٠	٠		è	15,25
Largeur						10						2,13
Hauteur de la voûte.												0,33

La sole inclinée vers la porte de déchargement est faite de grandes briques plates, chauffées en dessous par les flammes d'un foyer unique. La face du four est percée de douze portes; le grillage est continu; la charge est poussée toutes les deux heures d'une porte à l'autre et séjourne en tout vingt-quatre heures dans le four. Le grillage conduit dans ces conditions paraît donner, outre l'acide sulfureux, des vapeurs sulfuriques; on a constaté une diminution notable dans la consommation du nitrate de soude nécessaire à l'oxydation des gaz brûlés.

On tend généralement, surtout en Angleterre, à accroître les dimensions des chambres de plomb; on a reconnu, en effet, que le rendement en acide augmentait avec la capacité de l'appareil, toutes choses égales d'ailleurs.

A Lille, M. Kuhlmann a une batterie de six compartiments d'un cube total de 1.500 mètres; en Angleterre on trouve fréquemment des chambres de 2.800 à 3.400 mètres cubes (H).

Les exemples suivants sont tirés des relevés faits par M. Chandelon dans le même pays.

Dimensions de chambres de plomb en Angleterre.

	Α.	В,	RUNCORN GAP.		
Longueur.	mèt. mèt. 24,40 à 26,00	mèt. mèt. 48,76 à 57,90	mėtres. 30,50		
Largeur.	5, 0 à 6,10	6,10	24,40		
Hauteur	3,65 à 4,57	6,10	6,10		
ronds)	490 å 725	1777 à 2155	4540		

On sait que les vapeurs nitreuses sont généralement fournies par la décomposition du nitrate de soude par l'acide sulfurique; la consommation du nitrate, théoriquement nulle, dépend en pratique de la conduite de l'opération; en appliquant le procédé d'absorption dû à Gay-Lussac on peut économiser 50 p. 100 de nitrate. L'acide sulfurique, concentré à une densité de 1,75 et au-dessus, absorbe les vapeurs nitreuses à leur sortie et les dégage de nouveau quand on l'étend d'eau de manière à le ramener à la densité 1,5, et qu'on le chausse en même temps par la vapeur d'eau. Malgré son efficacité ce procédé n'a été conservé que par les fabriques anglaises les plus importantes; beaucoup d'autres l'ont abandonné pour deux raisons. Les usines qui consomment la totalité de leur acide sulfurique pour l'attaque du sel, répugnent à installer des appareils spéciaux de concentration; d'autre part, le prix du nitrate de soude s'est abaissé aujourd'hui à 12 £ = 300 francs par tonne.

Dans ces conditions, M. Balard estime que l'on consomme en Angleterre 8 à 10 p. de nitrate de soude pour 100 p. de sou/re brûlé (*).

A l'usine de M. *Tennant*, à Glasgow, on utilise une partie du pouvoir oxydant du nitrate pour produire du chlore; à cet effet le nitrate de soude est attaqué par un mélange de chlorure de sodium et d'acide sulfurique concentré. Les produits peuvent varier

Soufre brûlé, 105.600 tonnes; rapport :

Soufre brûlé. 105.600 Nitrate. 8.800

Soit 8,33 p. 100

^(*) En nous repertant aux chillres de la statistique de MM. Hutchinson, etc., nous trouvons: Pyrite, 264.000 tonnes; nitrate, 8.800 tonnes. En admettant pour les pyrites un rendement moyen de 40 p. 100, on en déduit :

avec les circonstances de l'opération, mais la réaction essentielle est représentée, au point de vue des gaz dégagés, par

 $NaOAzO^5 + 2NaCl + 3(SO^3, HO) = 3(NaOSO^3) + 3HO + AzO^3 + 2Cl$

Le mélange gazeux passe dans de l'acide sulfurique à la densité minima de 1,75; le chlore se rend dans une chambre à chlorure de chaux, l'acide azoteux est absorbé. L'acide sulfurique nitreux ainsi obtenu est envoyé aux chambres de plomb et au contact de l'eau dégage les vapeurs nitreuses. Ce procédé n'est employé chez M. Tennant que pour réparer la perte que ne saurait éviter le condensateur même de Gay-Lussac.

Concentration de l'acide sulfurique. — Après une concentration préliminaire à la densité 1,75 effectuée dans des chaudières en plomb, les fabricants d'acide recourent aux vases soit de platine, soit de verre.

M. Scheurer-Kestner, opérant dans un alambic en platine capable de concentrer quatre tonnes d'acide sulfurique par jour, a reconnu que le métal était attaqué dans les proportions suvantes :

Circonstances.	Poids de platine attaqué par 1.000 kll. d'acide sulfurique.
	gr.
Première opération dans un alambic neuf	1
En marche régulière	2
Acide contenant des vapeurs nitreuses	4 å 5

On peut, il est vrai, remédier à l'inconvénient des vapeurs nitreuses en ajoutant, comme l'a indiqué M. Pelouze, un peude sulfate d'ammoniaque.

L'usage des vases de platine se maintient en France, mais en Angleterre les 7/10 de l'acide sulfurique sont concentrés daus le verre (Balard).

D'après M. Chandelon on emploie des cylindres en verre plombeux ayant o^m,85 de longueur et o^m,45 de diamètre; la capacité est de 156 litres; par opération et par vase on obtient 87 litres ou 160 kil. d'acide concentré.

Le vase est chauffé à feu nu, ou de préférence sur un bain de sable; il est protégé contre les courants d'air par une chape en grès. Un tuyau de verre ou de plomb s'adapte au goulot et communique avec une caisse en plomb où se condensent les eaux acides. L'atelier est maintenu très-chaud pour éviter les ruptures; l'acide concentré est enlevé au siphon et remplacé par de l'acide préalablement chauffé.

Dans le Lancashire, le platine est presque entièrement abandonné; le sud de ce comté produit à lui seul par semaine au moins sept cents tonnes d'acide sulfurique à la densité 1,85.

6º Sel;

STATISTIQUE DE L'ADMINISTRATION DES MINES; Mineral statistics, Par M. R. Hunt; M. Chaudelon.

Les chiffres suivants mettent en regard la production et le prix du chlorure de sodium en France et en Angleterre.

En 1858 on a produit dans la France entière et dans les deux départements qui tiennent la tête, l'un des sels de mer, l'autre des mines:

TONNE DE 1000 K	IL.	VALEUR TOTALE.	PRIX PAR TONNE.
France	ton. 466.637,8.	fr. 9.223.480	fr. 19,70
Bouches-du-Rhône	91.055,0	1.329.325	14,60
Meurthe	46.856,2	1.452,542	31,00

En 1860 les mines anglaises ont livré:

Tonnes de	9 26 CW ts 💳 1.320 ki
Cheshire	1.355.529
Worcestershire	197.000
Irlande	18.443
Royaume-Uni. Total	1.570.972

La valeur du sel n'est indiquée par M. Hunt qu'à l'article exportation.

EXPORT	ATION DU SEL.	(Tonne de 26 cwts = 1.320 kil.)				
ANNÉE.	QUANTITÉ.	VALEUR DÉCLARÉE.	PRIX PAR TONNE			
1860	tonnes. 696.725	fr. 8.954.050	fr. 13,00			
1861	702.871	9.254.200	13,16			
1862	669.838	8.025.150	12,00			

Dans le tableau suivant j'ai rapproché les prix de la tonne de 1.000 kilogrammes de sel dans divers pays.

PRIX DE LA TONNE DE 1.000 KIL. DE SEL.							
AUTORITÉS.	DATE.	CIRCONSTANCES ET LOCALITÉS.	PRIX Par 1000 ki				
Statistique de l'administration française.	1858	Moyenne pour la France entière. Salines des Bouches-du-Rhône Mines et usines de la Meurthe. Marais salants du Var (minimum français. Laveries de sables de la Manche (maximum français).	31,00				
Mineral statistics de la Grande-Bretagne par M. R. Hunt.	1860 1861 1862	Valeurs déclarées à l'exportation et ramenées à la tonne de 1.000 kilogrammes	9,85 9,98 9,09				
M. Chandelon.	1862	Valeur à l'usine anglaise de Widnes, prés Runcorn Deux usines belges	8,93 32,50 35,00				

Enfin, si on rapproche les nombres donnés par M. Balard comme représentant les quantités de sel traitées dans les usines à soude de ceux relatifs à la production totale du sel, on arrive aux résultats approximatifs:

PRODUCTION TOTALES 1 000 tonnes.	SEL TRAITÉ dans les usines à soude. 1.000 tonnes.	QUÂNTITE TRAITE pour 100 parties produites.
France 466	59	12,66
Angleterre: 1.570	260	16,56

7° Sulfate de soude;

MM. HOFMANN et CHANDELON.

D'après M. Hofmann les usines à soude de l'Angleterre consomment pour l'attaque du sel de moitié aux trois quarts de l'acide sulfurique fabriqué dans ce pays. Le point délicat de l'opération est la condensation de l'acide chlorhydrique, aujourd'hui effectuée dans de grands fours à coke avec pluie d'eau (*).

Le dernier perfectionnement, grâce auquel cette condensation est devenue parfaite, a consisté à dégager le gaz chlorhydrique à l'abri des gaz du foyer et à l'envoyer aux appareils seul et non di-lué. Le four à sulfate se compose de deux mouffles, l'un en fonte épaisse où s'effectue l'attaque des deux tiers de la charge saline, l'autre en brique où elle se complète.

Le mouffle en fonte est formé de deux calottes ou segments de sphère; les dimensions principales sont :

Diamètre des segments	9' = 2m,74
Profondeur de la cuvette	1' 9" = 0 ,53;
Hauteur du couvercle	1' = 0 ,305

Le couvercle est percé de deux ouvertures; l'une sert au chargement et au brassage; par l'autre on pousse les matières dans le mouffle en briques. Celui-ci est chauffé en dessous au moyen de carneaux, en dessus à l'aide d'une double voûte; il a :

Longueur.
$$30' = 9^{m},143$$

Largeur. $9' = 2^{m},743^{c}$

Un foyer latéral au mouffle en fonte envoie ses flammes audessus du couvercle; elles passent ensuite sous la cuvette. A l'extrémité du mouffle en briques un foyer sert de même à chauffer la sole d'abord, puis la voûte.

On charge une demi-tonne de sel et la dose convenable d'acide sulfurique à la densité 1,7; ou brasse vivement au ringard; au bout d'une heure et demie la matière est devenue pâteuse, les deux tiers environ de l'acide chlorhydrique sont dégagés; l'ouvrier fait passer la charge sur la sole en briques portée au rouge vif. Au moyen de registres les gaz émis par les deux mouffles peuvent se rendre séparément aux condensateurs.

Ces fours à sulfate, aujourd'hui prescrits en Belgique, commencent à être adoptés en France. (Hofmann.)

M. Chandelon dit que dans le Lancashire un four décompose par vingt-quatre heures 11 à 12 tonnes de sel; la durée de l'attaque serait d'une heure; lorsque dans la cuvette le dégagement du gaz chlorhydrique devient tumultueux, on rabat l'effervescence par l'introduction d'une cuillerée de graisse ou d'huilc.

^(*) Voir à ce sujet le rapport de M. de Freycinet, Annales des mines, 6° série t. V, page 15.

Le rapporteur donne, en outre, le compte de fabrication de 1.000 kilos de sulfate de soude à Widnes (A et B) et dans deux usines belges non dénommées (C et D).

Compte de fabrication d'une tonne (= 1.000 kilog.) de sulfate de soude, à Widnes, près Runcorn (Angleterre).

er et eitigere en feit foler	PRIX A				В	
MATIÈRES PREMIÈRES.	par tonne.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	
Pyrite à 46 p. 100 de soufre Nitrate de soude	fr. 43,10 344,82 8,93 5,00 4,93 13,55	kil. 531,5 30,33 875,5 575,0	fr. 22,91 10,47 7,82 2,87	kil. 582 33,5 875,5 " 325 200	fr. 25,08 10,47 7,82 " 1,00 2,71	
Main-d'œuvre Entretien du matériel			8,00 4,93		8,00 4,93	
Total des frais spéciaux Frais généraux			57,00 6,16		60,61	
Prix de revien			63,16		67,18	

Les usines belges consomment plus de pyrite et plus de houille; la dépense en main-d'œuvre y est plus élevée; le four à sulfate ne traite en vingt quatre heures que 1.500 à 1.800 kilos de sel.

Usines belges.

MATIÈRES PREMIÈRES.		C		D			
MATIERES PREMIERES.	Prix par tonne.	Quantité.	Valeur.	Prix par tonne.	Quantité.	Valeur.	
Dunito	fr.	kil.	fr.	fr.	kil.	fr.	
Pyrite	27,80			35,00	912	31,92	
mérer	(dépense de 0',80)	894,5	25,67	(a 36			
Nitrate de soude.	412,50	33,5	13,81	p. 100 S.)			
Acide sulfurique	65,00	44,5	2,89	345,58	29	10,02	
Sel	32,50	846,0	27,50	35,00	900	31,50	
Houille	9,65	1.318,0	12,72	8,70	1.153	10,02	
Main-d'œuvre.		100 120		2 31 321	7-41109		
Eclairage			15,25	· Jean Sin	- ph - / * * *	12,90	
Entretien du mat	ériel		6,02			0,37	
Total des frais sp				Tota	d	96,74	
Frais generaux.	colaux		104,23	1/200 00-			
			5,92	(non comp			
	nsemble		110,15	les frais g	ėnėraux.)		
A déduire pour l de soude, pre	la valeur di ovenant du	sulfate nitrate					
attaqué			3,89	A SHE STATE			
Pı	ix de revie	nt.	106,26				

M. Hofmann fait observer que le bas prix du sel en Angleterre conduit souvent à l'employer en excès; en sorte que malgré la grande pureté du sel, le sulfate, produit marchand, contient au plus 96 p. 100 du composé défini NaO,So³; les fabricants, qui le préparent pour leur usage, l'obtiennent à 97 ou 98 p. 100.

En France, le produit renferme 99,5 p. 100 de sulfate NaOSO3.

8° Soude brute, procédé Le Blanc.

En France et en Belgique, dit M. Balard, il y a tendance croissante à opérer avec de grands fours; on y fait des cuites de trois heures; les produits dépassent 600 kilos. En Angleterre, on conserve l'usage de fours beaucoup plus petits, la charge n'arrive sur la sole proprement dite qu'après avoir été échauffée sur un premier gradin; la réaction est plus rapide, le malaxage plus complet et la perte d'alcali par volatilisation sans doute moins élevée.

D'après M. Hofmann les matières premières du mélange sont au-

TOME VII. 1865.

jourd'hui moins pulvérisées qu'autrefois; la houille notamment n'est plus employée en poussière, mais bien en fragments de moyenne grosseur; entre autres avantages qui en dérivent, la soude " brute est obtenue en blocs poreux, plus faciles à lessiver (*).

M. Chandelon décrit une opération anglaise, à titre d'exemple :

La charge comprend :

Sumi Do dan I		RAPPORT
	kil.	à 100 p. sulfate.
Sulfate de soude, 3 ewts	152,3	100
Calcaire en fragments de 2 à 3 centimètres.	158,7	104,13
Houille menue	92,0	60,4
Poids total	403,0	(Sole de 10 mètres quarrés.)

On fait 13 cuites en vingt-quatre heures, c'est-à dire que l'on décompose 13 × 152,3 = 1.980 kilos de sulfate de soude. D'après les nombres indiqués, je pense pouvoir fractionner l'opération de la manière suivante:

La mutière, cehausse sur le gradin supérieur, est amence sur la sole proprement dite. Elle y passe d'abord.	minutes.
L'ouvrier pousse le feu; la charge devient semi-fluide.	30 à 35
Le brassage est fait énergiquement jusqu'à lusion complète.	10
On procède vivement au déchargement, puis on fait des- cendre les matières du gradin sur la sole et l'on introduit une nouvelle charge sur le gradin.	5 à 10'
Durée totale	1 heure 50 minutes.

Four tournant. - Dès 1853 MM. G. Elliot et W. Russel ont breveté une disposition propre à substituer une force mécanique à l'ouvrier du four à soude (**); plus récemment MM. Stevenson et Williamson reprenant la même idée, ont installé un nouveau type d'appareil à l'usine de Jarrow, South-Shield.

Le four tournant se compose d'un cylindre en fonte disposé horizontalement; sa longueur est de 11' = 3",555; son diamètre 7' 6"= 2^m,285 : il est garni intérieurement avec des briques de 9"= o",228; chaque fond est percé d'une ouverture circulaire d'environ $_{2}^{\prime}=$ o ,60 pour le passage des flammes. Au milieu du cylindre $^{\mathrm{est}}$ ménagée une porte en fer; la charge y tombe d'une trémie supérieure; la soude brute s'écoule par en bas, lorsque le cylindre est

gow; on n'en était pas satisfait. L. M.

(**) En 1855 j'ai vu un de ces fours tournant dans l'usine de M. Termant à Glas-

arrêté dans la posițion voulue. La rotation se fait sur quatre galets, dont deux moteurs. En deux heures un pareil four élabore une charge correspondante à 44 cwts = 711 kilos de sulfate de soude (soit 8.532 kilos par yingt, quatre heures). (Hofmann.)

> 9º Sel de soude, cristaux de soude; MM. BALARD, HOFMANN et CHANDELON.

Les soudes brutes anglaises sont généralement plus noires que les nôtres; le charbon y domine un peu, elles paraissent plus suifureuses. La lixiviation se fait actuellement presque partout d'après la méthode de circulation des liquides, sans déplacement de matière solide; les Anglais l'accélèrent en employant de l'eau à une température plus élevée et obtiennent ainsi des lessives plus concentrées et mieux préparées pour l'évaporation; en revanche la proportion de sulfure y est plus grande qu'en France, d'une part à cause de la température des liquides, de l'autre parce que la soude brute est elle-même sulfureuse. (B.)

Les lessives prêtes pour l'évaporation sont à une densité de 1,27 à 1,286; elles contiennent pour 100 p. de liquide environ 15,5 p. de soude réelle. (H.)

En France elles sont d'abord concentrées dans des chaudières en tôle, chauffées par les chaleurs perdues, puis sont écoulées dans un four à réverbère où elles s'évaporent, se dessèchent et se carbonatent dans une mème opération. Les sels de soude obtenus ainsi directement ont des titres variables; à Salyndres ils atteignent 90°; richesse alcaline exceptionnelle due à une forte proportion de soude caustique et à l'absence des sels étrangers. (B.)

En Angleterre, le four à réverbère reçoit, non pas des liquides concentrés, mais bien les produits solides de l'évaporation; celle-ci est conduite de deux manières :

4º Les flammes perdues du four à soude arrivent à la surface de la lessive, contenue dans une chaudière en tôle de om,50 de prosondeur que recouvre une voûte en briques très-surbaissée. Au contact des gaz des foyers non-seulement la soude caustique se carbonate, mais l'acide sulfureux produit par la combustion de houilles pyriteuses fait du sulfite qui se change ultérieurement en

2º Les chaudières sont chauffées par le fond; cette disposition

^{(&#}x27;).Il est évident que le volume des matières influe heaucoup sur les résultats definitifs de la réaction; la belle étude de M. Scheurer-Kestner (§ 1, 1. de ces ettraits) permet de se rendre compte de cette influence. L. M.

exige beaucoup de précautions pour éviter les coups de feu qui brûlent la tôle lorsqu'elle est recouverte du dépôt salin.

On évite ce danger en employant la chaudière-bateau de M. Gamble de Saint-Helens; la forme de fond de bateau facilite le travail de l'ouvrier qui puise le sel de soude à l'écumoire.

Quel que soit le procédé d'évaporation, le sel retiré des chaudières est égoutté sur un plan incliné et porté au réverbère où la soude caustique achève de se carbonater, les sulfures de se changer en sulfite ou en sulfate. Le sel desséché est grisâtre.

On peut obtenir du sel de soude bien blanc en partant soit du précédent soit des lessives.

Le sel gris est redissous à la vapeur d'eau; la solution concentrée et chaude est abandonnée au repos; le liquide clarifié est alors décanté et évaporé à siccité. Ce produit, analogue au sel de soude français, est le seul qui ait été jusqu'ici présenté sur notre marché.

On peut aussi laver le sel gris avec une dissolution froide et saturée de carbonate de soude pur, qui enlève le chlorure, le sulfure et le sulfate. (Ralston.)

En partant des lessives on peut procéder par fractionnement des produits de l'évaporation. Ainsi, par exemple, la lessive à la densité de 1,286 est réduite aux 7/12 de son volume primitif; le sel déposé marque 57 p. 100 de soude réelle; puis on évapore le reste du liquide aux 3/7 de son volume; le second dépôt constitue du sel de soude de qualité ordinaire à 50 p. 100; enfin les eaux mères donnent par évaporation un produit très-caustique retenant toutes les impuretés plus solubles que le carbonate de soude. M. Kullmann règle ce fractionnement en traçant divers niveaux sur les parois des chaudières.

M. Gossage a disposé des tours à coke traversées de bas en haut par un courant d'air; les lessives versées au sommet filtrent lentement; le sulfure est oxydé et les traces de fer contenues sont précipitées.

D'ailleurs lorsqu'on a besoin d'un produit bien pur et bien carbonaté, on préfère, en Angleterre, les cristaux au sel de soude.

La fabrication des cristaux n'offre aucun détail nouveau; mais je donnerai en terminant deux exemples de prix de revient du sel de soude, d'après M. Chandelon.

Prix de revient de 1.000 kilog. de sel de soude à 52 p. 100.

	A	ANGLETERRE.			BELGIQUE.			
MATIÈRES PREMIÈRES.	Prix par tonne.	Quantité.	Valeur.	Prix par tonne.	Quantité.	Valeur		
	fr.	kilog.	fr.	fr.	kilog.	fr.		
Sulfate de soude	62,97	1.500	94,51	106,26	1.669	177,34		
Calcaire	7,75	1.550	10,97	1,60	1.920	3,07		
Houille	4,93	2.250	11,07	9,65	4.020	38,78		
Coke	13,53	37,5	0,42	,				
Main-d'œuvre			13,74	Eciaira	ge	1,08		
Entretien du matériel.						29,81		
Total des frais s			4,93			12,31		
Total des mais s	peciaux		135,64			262,39		
Frais généraux.			9,23			7 70		
Frais généraux Emballage			10,45			12,00		
	AL A					12,00		
Prix de revient			155,32			282,11		

10° Soude caustique;

Par M. A. W. HOFMANN.

Depuis 1851 on fabrique en Angleterre, pour cette contrée et pour l'exportation, une quantité croissante de soude caustique, soit en dissolution concentrée, soit à l'état d'hydrate fondu, NaO, HO.

Procédé de M. Dale. — On traite par la chaux des lessives de carbonate de soude marquant au plus 10 degrés et on les évapore, sans dépense spéciale de combustible, dans des chaudières closes fonctionnant comme générateurs de vapeur. On a atteint de la sorte, sans inconvénient, une densité de 1,24 à 1,25. La lessive de soude caustique est alors écoulée dans des vases en fonte à l'air libre et évaporée à la densité 1,9; par refroidissement la matière se solidifie.

Procédé de M. Gossage. — M. Gossage a réussi à extraire la soude caustique des lessives de soude brute, dans lesquelles elle existe toute formée. Ce procédé constitue un progrès important; il est suivi aujourd'hui par les usines du Lancashire. Dans ce district on produit actuellement 1 p. soude caustique fondue pour 19 p. de sel de soude.

La lessive de soude brute est évaporée très-fortement de manière à déterminer le dépôt de la plus grande partie du carbonate de soude, du sulfate de soude et du chlorure de sodium; on obtient cette précipitation lorsque la liqueur est amenée à la densité de 1.5.

Elle contient en dissolution la soude causfique, un composé rouge particulier de sulfure de sodium et de sulfure de fer (d'où le nom de *liqueurs rouges*) ainsi que de petites quantités de carbonate, sulfate, chlorure, ferrocyanure et quelquefois du sulfocyanure de sodium.

Le réactif essentiel, sur l'emploi duquel est basé le procédé, consiste en nitrate de soude; quoique la dose de nitrate nécessaire soit peu élevée, on cherche l'économie : de là diverses pratiques industrielles.

Dans que ques fabriques on ajoute aux liqueurs rouges un peu de chlorure de chaux ou de nitrate de soude et l'on évapore ensuite dans des chaudières-bateaux, jusqu'à ce qu'elles atteignent une densité de 1,6 à la température de 130°. Les sels déposés pendant cette seconde évaporation sont retirés à l'écumoire, et la liqueur concentrée, étant écoulée dans des cristallisoirs, y abandonne par refroidissement un troisième dépôt.

On ajoute alors au liquide une nouvelle quantité de nitrate de soude et l'on procède à la dernière concentration dans une bassine hémisphérique en fonte assez épaisse pour supporter la chaleur rouge.

Pendant cette opération il se fait un bouillonnement considérable, mais on évite que la liqueur ne s'écoule par-dessus les bords en plaçant dans la chaudière un cône en tôle, au haut duquel le liquide mousseux se déverse constamment.

Circonstances et réactions. — Entre 138° et 145° le nitrate est simplement réduit en nitrite; à 155° de l'ammoniaque se dégage abondamment avec violente effervescence; plus haut, c'est le gaz azote. L'ammoniaque résulte de la décomposition de l'eau dont l'hydrogène réduit l'acide nitrique du réactif; en même temps les sulfates sont oxydés et le cyanure détruit. Lorsque la température approche le rouge, on voit apparaître à la surface du graphite trèsdivisé, provenant du carbone du cyanogène.

Par tonne de soude caustique on consomme de 3/4 à 1 1/2 cwt. de nitrate, soit de 3,75 à 7,50 p. 100 de soude.

Dans d'autres fabriques anglaises, en vue d'économiser le nitrate, on fait cristalliser d'abord le carbonate de soude, puis on fait écouler les eaux mères dans la tour d'oxydation; ou bien on refoule pendant six à huit heures, au moyen d'une pompe, de l'air atmosphérique en minces filets à travers la liqueur chaude. On obtient ainsi une liqueur incolore dans laquelle le sulfure a été transformé en sulfate.

Dans tous les cas, la soude caustique est en dernier lieu maintenue assez longtemps en fusion ignée; l'oxyde de fer se contracte et se dépose anhydre. Le produit contient 60 p. 100 de soude anhydre NaO; on le coule dans des barils de tôle mince, lutés avec du plâtre. Dans cet état on l'exporte en quantités considérables en Amérique et en Australie. L'usage de la soude fondue se répand en Angleterre, surtout parmi les fabricants de papier de paille; cependant on préfère encore généralement, dans la Grande-Bretagne, la dissolution de soude concentrée, transportée dans de grands vases en fer.

11º Emplois de l'acide chlorhydrique;

Par M. BALARD.

D'après le mode de condensation de l'acide chlorhydrique, les fabricants de soude disposent de grandes quantités d'acide dont une partie est un réactif concentré, l'autre faible.

L'acide concentré trouve son emploi principal dans la production du chlorure de chaux; mais sur cette fabrication les rapports ne donnent aucun renseignement nouveau; M. Balard décrit par contre la préparation de

L'oxychlorure de plomb.

Chez M. Bell, à Newcastle, on utilise l'àcide chlorhydrique concentré à la fabrication de l'oxychlorure de plomb en poudre blanche pour la peinture à l'huile, d'après le procédé de feu M. Pattinson. La galène est attaquée par l'acide chlorhydrique chaussé par un jet de vapeur d'eau; la réaction a lieu dans un immense cuvier doublé au fond de pierres siliceuses, et sur la plus grande partie des parois de briques inattaquables aux acides; des meules mues par un mécanisme inférieur broient le minerai dans l'acide. De l'hydrogène sulsuré se dégage dont nous parlerons plus loin; le chlorure de plomb peu soluble reste en presque totalité dans la cuve: la liqueur acide qui surnage est rejetée. Au sortir de l'appareil le chlorure de plomb est dissous dans l'eau chaude et la solution chaude traitée par un peu de lait de chaux, de manière à

neutraliser l'acide libre et à précipiter le fer contenu. La liqueur, toujours chaude, étant éclaircie par dépôt, est décantée dans une citerne, où l'on fait arriver en même temps du lait de chaux en proportion suffisante pour décomposer la moitié du chlorure de plomb. On obtient ainsi le précipité blanc d'oxychlorure que l'on fait égoutter, lave et desséche à l'étuve dans des terrines poreuses.

Le produit est une poudre blanche, couvrant comme la céruse; parfois cependant il présente une nuance jaunâtre qui diminue sa valeur.

L'hydrogène sulfuré résultant de l'attaque de la galène arrive dans un grand cuvier en bois, où il rencontre de la vapeur d'eau et de l'acide sulfureux produit par la combustion de pyrites de fer. Il y a formation de soufre et d'acide pentathionique; une pompe lance, dans la haute cheminée de l'usine, la petite portion des gaz qui auraient échappé à la réaction. Le soufre est vendu en nature ou brûlé pour les chambres de plomb; l'acide pentathionique est combiné à de la magnésie, et le sel exposé à l'air se transforme peu à peu en sulfate de magnésie.

L'acide chlorhydrique faible est employé tout entier à la production de l'acide carbonique; on le fait couler d'une manière continue dans de grands vases en pierres siliceuses contenant des fragments de calcaire; le gaz carbonique sert à fabriquer deux produits.

1º Bicarbonate de soude.

Les usines du Lancashire produisent 280 tonnes de bicarbonate de soude par semaine; le principal débouché s'en trouve dans la préparation du soda-water, dont l'usage est si répandu en Angleterre et aux États-Unis.

Dans une chambre en bois, recouverte de plomb à l'extérieur, on empile des pains de cristaux de soude, en réservant pour cet usage les moins blancs, c'est-à-dire les moins avantageux pour la vente. L'acide carbonique est rapidement absorbé; une grande partie (*) de l'eau de cristallisation du sel neutre s'écoule chargée de bicarbonate et entraînant les impuretés. Le produit est séché à l'étuve, moulu et livré à la consommation.

 $NaO CO^2$, $10HO + CO^2 = NaO$, $2CO^2$, HO + 9HO.

2º Carbonate de magnésie;

MM. BALARD et HOFMANN.

Le procédé Pattinson, appliqué chez M. Bell, consiste à cuire la dolomie à la façon du gypse, puis à soumettre le mélange de magnésie et de carbonate de chaux ainsi obtenu à l'action de l'acide carbonique sous pression. Il se forme une dissolution de bicarbonate de magnésie, que l'on sépare du carbonate de chaux par décantation, et que l'on porte à ébullition par un courant de vapeur d'eau. Dans ces conditions, il se dépose de la magnésie blanche, avec l'aspect et la légèreté de celle obtenue par le procédé ordinaire des carbonates alcalins.

12º Régénération du manganèse;

MM, HOFMANN et BALARD.

Le manganèse employé chez M. Tennant à la préparation du chlore est en partie régénéré, d'après le procédé du à M. Ch. Dunlop.

Le chlorure acide est écoulé dans un réservoir construit en briques goudronnées; un lait de chaux neutralise l'acide libre et précipite le peroxyde de fer contenu. La liqueur neutre de chlorures MnCl et CaCl est introduite dans une grande chaudière cylindrique, pourvue d'un agitateur; on y ajoute de la craie en proportion convenable et délayée dans de l'eau; on ferme hermétiquement, puis on chauffe à l'aide de vapeur à la pression de 2 à 2 1/2 atmosphères; l'agitateur est mis en marche. Au bout de vingtquatre heures, grâce à la température et à la pression, la réaction est complète; il s'est formé du carbonate de manganèse et du chlorure de calcium que l'on décante; le précipité MnOCO² est recueilli, comprimé, séché et chargé sur des cases ou wagons plats en tôle, dans lesquels la couche de carbonate n'a que quelques centimètres d'épaisseur.

La calcination a lieu dans un four à sole en briques surmontée de quatre rangées de rails; les flammes circulent sous la sole et de là sur les côtés du four; la température atteint environ 515°. Les wagons introduits à l'étage supérieur circulent sur les rails et descendent en se rapprochant du feu; l'air suit une marche inverse, à chaque étage le wagon sort par une porte à coulisse, la

^(*) M. Hofmann donne la réaction :

327

matière est aspergée d'eau et enfournée de nouveau à l'étage inférieur.

Au bout de quarante-huit heures de feu, on obtient un oxyde de manganèse en poudre noire, titrant 72 p. 100.

Ce procédé n'est appliqué qu'à une partie du chlorure de manganèse produit par l'usine de M. Tennant; essayé à Thann, chez M. Kestner, il n'a pas été jugé avantageux, en présence du prix élevé de la houille et de la faible valeur qu'ont actuellement les minerais de manganèse.

SELS DE POTASSE;

MM. BALARD et HOFMANNE

La soude a remplacé aujourd'hui la potasse dans presque tous ses usages; mais malgré son prix et son équivalent plus élevé la potasse, par suite de ses propriétés spéciales, constitue un réactif nécessaire à plusieurs fabrications, celles notamment du cristal, du salpêtre, des prussiates et des chromates.

On demande la potasse aux sources les plus variées; j'énumérerai les principales. Le lessivage des cendres des arbres donne encore de nos jours la potasse de Russie ou d'Amérique; on exploite le salpêtre naturel, et récemment on en a découvert dans le sud de l'Afrique; les gisements de chlorure de potassium des environs de Stassfurt, près de Magdebourg, attirent vivement l'attention, et les travaux s'y développent rapidement; M. Kuhlmann et d'autres fabricants ont réussi à extraire les sels de potasse contenus dans le salin des betteraves : après fermentation les mélasses sont distillées pour alcool, les vinasses de l'alambic sont évaporées et le résidu desséché constitue le salin, riche en sel de potasse. MM. Maumené et Rogelet retirent du carbonate de potasse des eaux de suint provenant du dégraissage de la laine de mouton; M. F. O. Ward vient de tenter l'extraction de l'alcali du feldspath et des roches feldspathiques; enfin deux industries sont en activité sur lesquelles seulement j'emprunte quelques détails aux rapporteurs.

13° Sels de potasse des cendres de varech;

Par M. Hofmann.

Les algues marines donnent par incinération des masses fondues à demi vitrifiées dont les éléments utiles sont des sels de potasse et de soude, de l'iode et du brome.

Les fabricants distinguent deux espèces d'algues dont les cendres sont inégalement précieuses.

Designations.

En Angleterre: Drift sea weed. En Écosse: Bandarrig ou Stamph.

A. Varech venant. E

En Irlande: Sea rods.
Vulgairement, fucus zostere ou chiendent marin
Botanique: Laminaria digitata.

Cette plante croît sur les rochers dans les eaux profondes; sa tige épaisse et ronde atteint souvent la grosseur de l'homme et se divise à son extrémité en nombreux rameaux feuillés.

B. Varech scié (cut weed); { Varech noir ou chène marin : Fucus serratus. deux variétés. Varech jaune ou noduleux : Fucus nodosus.

Le varech noir est plus riche que le jaune en potasse et en iode, dans le rapport de 3 à 2. Mais c'est le varech venant dont les cendres ont le plus de valeur; on admet en moyenne les rapports suivants:

	CENDRES	DE VARECH.
		1
Rapports.	Varech scie.	Varech venant.
Potasse	100	125
Iode	100	700

En outre les cendres de varech venant sont plus riches en alcalis et la proportion de potasse est plus forte; enfin, contrairement à celles du varech scié, elles renferment plus de chlorures alcalins que de sulfates.

Dans la Grande-Bretagne les meilleures cendres sont fournies par la côte occidentale de l'île de Rathin, canal du Nord; elles proviennent exclusivement de varech venant; l'incinération est bien conduite et l'on évite tout mélange terreux.

A Galway on brûle un mélange de deux espèces d'algues; le produit est bien inférieur, ainsi qu'on peut en juger par le prix d'achat à Glasgow.

	de 22 cwis et demi == 1.142k;6						
Man in this party of the own		- CARD	-	-	-	-	
Cendres provenant de:	£ sh.		£	fr.		fr:	
Rathin	7 10	à 1	0 =	187,50	à	250	
Galway	2	à	3 ==	50,00	à٠	75	

On admet aujourd'hui que 22 tonnes de varech humide sont nécessaires pour produire 1 tonne de cendres de bonne qualité moyenne pouvant fournir, outre l'iode, le brome et les sels de soude:

329

250 à 300 kilog, chlorure de potassium du commerce contenant pour 100 p.:

Environ:	Chlorure de potassium KCl	80 8 12	à à	9	
		100			

150 kilog. sulfate de potasse du commerce, tenant pour 100 parties:

Environ:	Sulfate KOSO3	50 20
	Chlorure de sodium et sulfate de soude.	30
		100

Ces deux produits commerciaux renferment aussi des carbonates alcalins à la dose variable de 1 à 2, 5 à 6 p. 100 et au delà; malgré la plus grande valeur intrinsèque des carbonates, ces sels sont vendus en masse, soit comme chlorure, soit comme sulfate.

Le fabricant d'iode et de brome lessive les cendres et effectue une série de cristallisations en recourant alternativement à l'évaporation et au refroidissement; voici les résultats du traitement:

1° Lessive concentrée par ébullition : précipité cristallin et finement divisé de sulfate de potasse du commerce (à chaud);

2° Liqueur abandonnée au cristallisoir : cristaux impurs de chlorure de potassium (à froid);

3° Liqueur mère concentrée à l'ébullition : précipité de chlorure de sodium et de sulfate de soude (à chaud);

4° Liqueur décantée au cristallisoir : dépôt abondant de chlorure de potassium (à froid).

Lorsque par ces opérations alternatives on a réussi à enlever la presque totalité des chlorures et des sulfates alcalins, il reste une eau mère concentrée comparativement riche en iodures et bromures alcalins très-solubles.

Quant aux sels déposés, on les purifie par lavage ou par nouvelle cristallisation; ainsi, à Glasgow, le sulfate de potasse impur est mis dans des paniers, lavé à l'eau froide et égoutté; il sert à préparer l'alun et le prussiate de potasse; le chlorure de potassium est lavé ou bien quelquefois dissous pour deuxième cristallisation; on l'emploie pour fabriquer le salpêtre par double décomposition avec le nitrate de soude.

A Glasgow les frais totaux du traitement sont, par tonne de cendres, de 25 à 28 shillings (31',25 à 35 francs), dont 13 shillings

(16',25) représentent la valeur de l'acide sulfurique consommé pour l'extraction de l'iode et du brome des eaux mères ci-dessus mentionnées.

Valeurs marchandes du kilogramme de potasse dans divers composes. — M. Hofmann fait ressortir la valeur absolue et relative de la potasse dans divers composés. Le prix de l'alcali contenu à l'état caustique et carbonaté dans les potasses d'Amérique est le plus élevé; vient ensuite le chlorure de potassium, aujourd'hui recherché pour la fabrication du salpêtre; enfin le sulfate, dans lequel l'alcali n'obtient qu'une valeur minima.

COMPOSÉ.	ORIGINE.	SEL CONTENU.	POTASSE KO, p. 100.	PRIX PAR TONNE du composé.	VALEUR du kilog de KO.
Sulfate	des cendres	S03 KO.	27	£ fr. 7 = 175	fr. 0,66
Chlorure		KCI.	46	20 = 500	1,09
Potasse	d'Amérique.	KO,HO. KO,CO ² . Sulfate, chlo- rure, etc	50	$ \begin{vmatrix} £ \text{ sh. fr.} \\ 31,10 = 787,50 \\ 3,10 = 87,50 \end{vmatrix} = 875 $	1,575

La valeur moyenne du kilogramme de potasse neutralisée par les acides sufurique et chlorhydrique est de $0^4,875$.

RAPPORTS.

La valeur d'un poids de potasse étant | La valeur du même poids, dans la poprise égale à 100; dans : tasse libre ou carbonatée, sera :

Le sulfate										٠.										225
Le chlorure.																				142
Le sel moyen	, 5	u	Ìſ.	at	e	e	l (ch	lo	rι	ľ	e.								183,

M. Hofmann ne comprend point dans cet examen économique le nitrate de potasse, très-probablement parce que la valeur de ce composé dépend à la fois de celle de l'acide et de celle de la base. Cependant il dit, dans le même article: « Nous mentionnerons en core en passant que MM. Picard et Comp. de Granville trouvent de l'avantage à ajouter du nitrate de soude aux liqueurs de cendres de varech, qu'ils traitent de manière à convertir le chlorure potassique en salpêtre. »

M. Balard apprécie mieux le procédé français : « La solubilité

a assez analogue des sels de potasse, sulfate, chlorure, etc., rend a leur séparation difficile. Puisque ces sels doivent en définitive a servir à l'extraction du nitrate de potasse, pourquoi prendre la peine de les isoler et de les purifier d'avance? Telle est l'idée de M. Lauro, qui a été mise en pratique dans l'usine que M. Picard a dirige à Granville, L'addition de quantités convenables de nitrate a de soude permet d'isoler toute la potasse sous la forme d'un seul sel, le nitrate (*).....»

(*) En 1863, j'ai eu l'occasion de visiter la belle usine de Granville; ce n'est point ici le lieu d'exposer l'ingénieuse méthode de M. Lauro; sa supériorité sur les procédés de Glascow est pour moi évidente et je me bornerai à le prouver par quelques chiffres empruntés, au moins en partie, à M. Hofmann.

Je prends la tonne d'azotate de soude du Pérou à 300 francs, et j'admets que sa teneur soit environ en azotate réel 20 p. 100; en acide AzO5 57 p. 100. Le salpêtre raffiné valait, en 1863, 38 à 40 £ par tonne; soit 95 à 100 francs les 100 kilogrammes; le salpêtre de Grandville peut être estimé à 90 francs. De ces données résulterait:

gr.			fr.
1.000	AzO5 KO	valent	0,90
534	AzO5	à 0f,53 par kilogramme, vælent	0,28
466	ко	valent.	0,62

Soit une valeur de 1',33 par kilogramme KO dans le nitrate, acide payé. Sans insister sur certains avantages du procédé français, en rappelant seulement qu'il utilise l'iode contenu dans l'azotale de soude du Pérou, j'établirai une balance approchée des deux méthodes pour une tonne de cendres de varech à la teneur moyenne indiquée par M. Hofmann.

Par jonne de cendres.

150 kilogrammes de sulfate de potasse, à la teneur de

2	7 p. 100 KO, contiennent	
	46 p. 100, contiennent	
	Total	162,4
121,9	fr. fr. 26,73 fr. 26,73 fr. à 1,09 par kilogramme 132,87	
4.62,4	à 4,33 par kilogramme 216,00 à G	
	Plus-value par tonne de cendres	aveur du procédé

14° Sels de potasse des eaux de la mer;

Par M. BALARD.

La méthode de M. Balard pour le traitement des eaux de la mer a été récemment modifiée et perfectionnée par M. Merle: nous exposerons les deux procédés; dans l'un et l'autre les produits principaux sont, indépendamment du sel marin, le chlorure de potassium et le sulfate de soude.

Méthode de M. Balard. — Les eaux mères des salines peuvent être considérées comme principalement composées de :

Sulfate de magnésie, Chlorure de sodium, Chlorure de magnésium, Chlorure de potassium.

La base de la méthode consiste à former deux groupes :

1° Sulfate de magnésie et chlorure de sodium, qui, dans des circonstances convenables, donnent par double décomposition du sulfate de soude;

2° Chlorure de magnésium et chlorure de potassium; mélange dont ce dernier sel est facilement extrait par raffinage.

Cette division est nécessaire parce que le chlorure de magnésium gêne la formation du sulfate de soude et que, d'autre part, le sulfate de magnésie est un obstacle à la production du chlorure de potassium.

On sait qu'en soumettant à une température voisine de zéro une dissolution chargée de proportions à peu près égales de chlorure de sodium et de sulfate de magnésie, on détermine par double décomposition la transformation de la majeure partie du sulfate de magnésie en sulfate de soude, qui se dépose à l'état de cristaux SO³, NaO, 10HO.

Les eaux mères des salines sont évaporées sur le sol depuis 32 degrés jusqu'à 35 degrés B.: la moitié environ du sulfate de magnésie se dépose mélangée de sel marin. Le sel mixte ainsi obtenu est redissous dans de l'eau douce et donne en hiver la presque totalité du sulfate de soude qu'il était susceptible de produire.

Les caux à 35 degrés B. retiennant la moitié du sulfate de soude et les autres sels des caux mères des salines; on les envoie dans de grands réservoirs de 4 mètres de profondeur, à l'abri des pluies. En automne, et à la température de 6 degrés environ, on les expose

332

en couches minces sur les tables où il se forme du sulfate de magnésie, qui est recueilli et qui, mêlé avec du sel marin, constitue de nouveau sel mixte.

Les eaux des tables, dépouillées de la plus grande partie du sulfate de magnésie, retournent aux réservoirs.

Dans l'été on les évapore sur le sol et l'on fait cristalliser le chlorure double de potassium et de magnésium que des raffinages permettent de convertir en chlorure de potassium presque pur; les eaux mères, qui ne renferment plus sensiblement que du chlorure de magnésium, sont rejetées.

Cette méthode présente de nombreuses difficultés dans l'application :

1° La perméabilité des sols cause de grandes pertes, surtout vers la fin du traitement, quand les eaux devenues hygrométriques sont très-lentes à se concentrer.

2° Des soins minutieux sont nécessaires; on dispose d'un petit nombre de nuits froides; un changement brusque de température compromet la récolte de sulfate de soude. Quant au sulfate de magnésie des eaux à 55 degrés, il ne dépose bien que si l'on a évité leur dilution et si la température est convenable; trop élevée, elle s'oppose à la cristallisation du sulfate; trop basse, elle détermine l'entraînement d'une partie de la potasse.

3º Le défaut de continuité des opérations rend les chômages du personnel inévitables.

Malgré de pareils inconvénients, cette industrie s'exerce avec succès dans plusieurs salines, et la quantité de potasse livrée par elles au commerce s'accroît chaque année.

Méthode perfectionnée de M. Merle, ou Traitement direct des eaux de la mer concentrées par l'emploi du froid artificiel à trèsbasse température.

Cette méthode est fondée sur l'emploi des appareils de M. Carré; mise en pratique dans le courant de 1861 à l'aide d'une machine réfrigérante à éther, elle a dû recourir depuis à une puissante machine à ammoniaque.

Les eaux de la mer sont évaporées sur le sol pendant l'été, mais seulement jusqu'à 28 degrés B.; les 4/5 du sel marin ont déposé; les eaux mères à 28 degrés B. sont renfermées dans de très-grands réservoirs de 4^m,50 de profondeur, ayant une capacité de 50.000 mètres cubes. Là se bornent les évaporations à l'air; pour le traitement des eaux on n'a plus recours qu'à la houille, et les opérations sont indépendantes des saisons.

Les eaux à 28 degrés B. sont tout d'abord étendues avec 10 p. 100

d'eau douce, puis refroidies à —18 degrés; l'opération est continue; l'eau traverse l'appareil en y abandonnant les 86 p. 100 de son acide sulfurique à l'état de sulfate de soude. Ce sulfate de soude est constamment extrait par une chaîne à godets; une essoreuse le dépouille des eaux mères, et enfin un four à réverbère le dessèche. Ce sulfate n'est obtenu pur que grâce à l'extension préalable des eaux à 28 degrés B.; faute de cette précaution il entraînerait une notable proportion de chlorure de sodium hydraté, qui tend à se former à partir de —10 degrés.

Les eaux frappées vont aux chaudières d'évaporation et y déposent par ébullition du sel marin (NaCl) très-fin; essoré à la turbine, ce sel est comparable aux plus beaux produits anglais et ne retient pas du tout de potasse; les chaudières sont exemptes de croûtes adhérentes. Les eaux ayant atteint 36 degrés B. sont répandues sur des surfaces bétonnées et y donnent par refroidissement le chlorure double de magnésium et de potassium contenant la totalité de la potasse; les eaux mères sont rejetées.

Le chlorure double est lavé avec 1/2 partie d'eau froide et laisse ainsi les 5/4 de la potasse à l'état de chlorure de potassium à 90 p. 100 KCl. Ce chlorure est essoré; les eaux de lavage contenant le dernier quart de la potasse rentrent à la chaudière dans le roulement général.

Les avantages de cette méthode sont la continuité et la netteté du travail et l'élévation du rendement. Les pertes par infiltration sont faibles parce que les opérations salinières s'arrêtent à 28 degrés B.

Un mètre cube d'eau à 28 degrés B. correspondrait, sans perte, à 25 mètres cubes d'eau de mer; dans les conditions du procédé il provient de 75 mètres cubes environ et donne au traitement:

							kilo
Sulfate de soude anhydre.							40
Chlorure de potassium							10
Sel marin raffiné							400

M. Merle à déjà (1862) organisé dans la Camargue un traitement correspondant à 100.000 mètres cubes d'eau à 28 degrés B.

BAPPORT

A SON EXC. M. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS,

SUR L'ASSAINISSEMENT INDUSTRIEL ET MUNICIPAL DANS LA BELGIQUE ET LA PRUSSE RHÉNANE.

Par M. CHARLES DE FREYCINET, ingénieur des mines.

Le présent Rapport a été rédigé en exécution de la décision ministérielle du 2 janvier 1864, prise sur l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

L'ordre et les divisions adoptées sont conformes au programme développé dans la dépêche du 9 avril 1863, relative à un travail analogue sur l'Angleterre. On a fait rentrer dans ces divisions quelques sujets non dénommés audit programme, mais dont l'étude avait été laissée à l'initiative du rapporteur. On a été également amené à citer divers faits concernant la Hollande et autres États limitrophes.

On a réuni dans des notes séparées, à la suite du Rapport, les détails qui auraient trop chargé la rédaction ou qui ne rentraient pas directement dans le cadre tracé. De ces derniers sont quelques considérations sur la législation, qu'il a paru difficile de passer complétement sous silence, parce qu'elle se lie aux progrès de l'assainissement.

Les travaux industriels, envisagés dans leur plus grande généralité, comprennent non-seulement ceux des fabriques ou des industries proprement dites, mais encore certaines opérations qui se rattachent à la vie des cités, comme l'évacuation des résidus, l'éclairage au gaz, les sépultures, etc. Les uns et les autres peuvent agir de plusieurs manières sur la santé publique, tantôt en affectant directement les ouvriers qui les accomplissent, tantôt en corrompant l'air, les eaux ou le sol. De là divers points de vue sous lesquels nous avons à examiner les moyens d'assainissement pratiqués dans la Belgique et la Prusse rhénane, soit dans l'ordre industriel, soit dans l'ordre municipal:

- 1° Opérations insalubres pour les ouvriers;
- 2° Infection de l'atmosphère générale;
- 5° Infection des atmosphères limitées;
- Aº Infection des eaux;
- 5° Infection du sol.

I. OPÉRATIONS INSALUBRES POUR LES OUVRIERS.

Les procédés employés pour garantir la santé des ouvriers sont loin, assurément, d'être aussi nombreux qu'on doit le souhaiter. Ils témoignent cependant, en Belgique surtout, d'une préoccupation visible d'améliorations. Depuis la célèbre Enquête sur la condition des classes ouvrières (*), de louables efforts ont été saits dans cette voie. La législation belge a nettement consacré le principe de l'intervention administrative : des dispositions récentes établissent le droit, pour l'autorité publique, de veiller à ce que les règles de l'hygiène soient observées dans l'intérieur des ateliers. Sans doute un trop grand nombre d'établissements laissent encore beaucoup à désirer, mais la surveillance des Inspecteurs de l'État y détermine chaque jour de nouveaux progrès. Cette institution, de date récente, paraît avoir porté d'excellents fruits; aussi lorsque l'autorité centrale a abandonné aux Conseils provinciaux et communaux la juridiction des établissements insalubres, elle a formellement réservé ses droits en ce qui concerne le mandat de ses inspecteurs (Note a). Nous aurons, du reste, occasion de revenir sur ce sujet, quand nous traiterons des industries par rapport au voisinage.

Dans la Prusse rhénane, les principes sont semblables : toutefois l'application est plus imparfaite. Ainsi on y retrouve la même inspection gouvernementale, mais les fonctionnaires qui l'exercent sont d'un ordre moins élevé. Partant, leur influence auprès des industriels est moins considérable. En outre la répugnance peu éclairée que manifestent les manufacturiers allemands pour laisser visiter leurs établissements, rend nécessairement les communications moins intimes.

Nous examinerons successivement les principales opérations où des mesures hygiéniques ont été introduites.

Cèruse et autres sels de plomb. — La fabrique la plus remarquable et la plus importante de Belgique est celle de M. Brasseur, à Gand. La question de salubrité y a été étudiée avec beaucoup de soin. La fonte du plomb a lieu dans une chaudière entourée d'une enveloppe de tôle que surmonte une hotte en communication avec la cheminée. L'épluchage et le broyage des écailles de céruse se pratiquent au moyen de jeux de cylindres disposés dans des bâtis fermés. L'ensemble de ces appareils est analogue à ceux qu'on voit dans la fabrique de M. Lesebvre, à Moulins-Lille, citée à bon droit comme un modèle.

Une autre amélioration, plus sensible encore, a été réalisée par M. Brasseur. Elle consiste dans le broyage à l'huile, qui supprime plusieurs opérations des plus dangereuses, la mise en pots, le dépotage, le travail du séchoir, l'empaquetage et l'embarillage. Le broyage à l'huile se fait à peu près comme en France, notamment chez M. Bezançon, à Paris. La céruse demi-humide est introduite dans un pétrin mécanique avec une quantité convenable d'un mélange formé d'un tiers d'huile de lin et deux tiers d'huile

^(*) Bruxelles, 1848, 3 vol.

d'œillette. La pâte ainsi obtenue est passée entre des cylindres broyeurs qui lui donnent la ténuité voulue.

Chez M. Delmotte-Hooreman, à Mariakerke-lès-Gand, la transformation du plomb en céruse s'effectue par un procédé qui a l'avantage de simplifier beaucoup les manipulations auxquelles donnent lieu le démontage des tas et le grattage des lames par la méthode hollandaise. On suspend les lames de métal dans des chambres closes, et on fait arriver de la vapeur d'acide acétique, de l'air et de l'acide carbonique fourni par du coke en combusion. Au bout de trente ou trente-cinq jours l'attaque du plomb est terminée et l'on ramasse sur le sol des chambres une céruse extrêmement blanche et très-régulière. Ce même procédé est employé dans la fabrique de Rheinbroke (Prusse rhénane).

Aux environs de Dusseldorf, où se trouvent plusieurs fabriques, on remarque l'introduction du broyage à l'huile et du broyage sous l'eau. L'assainissement y est d'ailleurs

moins complet que chez M. Brasseur.

Les fabriques d'acétate de plomb laissent en général beaucoup à désirer. Aucune mesure spéciale n'y est prise et tout se réduit à quelques soins de propreté recommandés aux ouvriers.

Btanchiment des dentelles. — L'industrie des dentelles occupe un grand nombre d'ouvrières en Belgique. Le blanchiment à la céruse offre naturellement tous les dangers inhérents à l'emploi de ce sel de plomb. Les accidents sont assez nombreux pour que vers la fin de l'année 1861 le gouvernement belge ait saisi le Conseil supérieur d'hygiène publique de la question de savoir si l'usage de la céruse devait être absolument proscrit de cette branche d'industrie. Sous l'empire de cette préoccupation, de nombreux procédés ont été essayés pour parer aux inconvénients observés. Nous citerons les deux suivants, qui sont appliqués dans quelques maisons.

L'un se résume à remplacer le carbonate de plomb par le sulfate, lequel, à cause de son insolubilité plus grande, expose moins au danger d'intoxication. Cette substitution a été proposée par M. Le Roy, membre de la Commission médicale du Brabant, à la suite d'un grand nombre d'essais portant sur des substances qui avaient le défaut de jaunir ou de ne pas adhérer.

L'autre procédé tend à faire exécuter le battage mécaniquement, au moyen d'un appareil dû à M. Meerens et appliqué dès l'année 1861 dans la maison Allaire, à Bruxelles. Cette machine, dont la disposition intérieure rappelle celle d'un orgue de Barbarie, consiste essentiellement en une caisse hermétique, dans laquelle se glisse l'espèce de portefeuille garni de feutre blanc qui reçoit les fleurs à blanchir. L'ouvrière n'a qu'à tourner extérieurement une manivelle. Par la rotation d'un rouleau de bois muni de tenons, des lattes pourvues de ressorts d'acier battent et frappent le porteseuille qui contient les sleurs saupoudrées de blanc de céruse. Ce n'est pas une solution complète de la difficulté, puisque l'ouvrière reste exposée au contact du plomb avant et après le battage. Le travail des appliqueuses et des attacheuses, par exemple, conserve tous ses dangers. Néanmoins il y a là un progrès notable, qui sans doute se généralisera.

Tôle èmaillée. — L'émaillage de la tôle est toujours insalubre, quelle que soit la composition de l'émail, à cause des poussières minérales qui se produisent quand on saupoudre les objets. Cette insalubrité augmente nécessairement beaucoup quand l'émail renferme, ce qui est le cas le plus fréquent, du plomb et même de l'arsenic.

L'attention publique à Bruxelles fut éveillée sur cette industrie, il y a trois ou quatre ans, à l'occasion d'accidents arrivés à des personnes qui avaient fait usage d'ustensiles émaillés au plomb. M. Delloye Masson, le principal fabricant de cette ville, se vit obligé de transformer ses procédés de fabrication, sous peine de perdre sa clientèle ou même d'encourir les sévérités administratives. Aidé des conseils d'un habile chimiste, M. Stass, il parvint à éliminer le plomb et l'arsenic, et aujourd'hui il applique, à l'intérieur des vases, un composé complétement exempt de ces deux substances et pouvant rivaliser, sous le rapport de la beauté et de l'économie, avec les émaux plombeux (*). Le nouvel émail est presque aussi blanc et aussi brillant que l'ancien. Il coûte, à poids égal, un peu plus du double, mais il couvre une surface presque triple, si bien que malgré une augmentation de main-d'œuvre on réalise une légère économie. Aussi M. Delloye Masson finira-t-il sans doute par l'appliquer à l'extérieur du vase aussi bien qu'à l'intérieur. Quoi qu'il en soit, l'état présent constitue déjà une amélioration sanitaire, puisque l'ouvrier ne travaille plus la matière plombeuse que par intermittences. En outre, le nouvel émail s'est prêté à une application à l'état pâteux au lieu d'être employé sous forme pulvérulente, en sorte que, de ce côté, l'inconvénient des poussières minérales a disparu.

Allumettes phosphoriques. — Les fabriques d'allumettes offrent habituellement quelque disposition en vue d'atténuer les inconvénients des vapeurs phosphorées. Le principe est le même partout, la ventilation. Ainsi à Grammont et à Lessines, où sont concentrées de nombreuses fabriques, la fusion de la pâte et le trempage s'effectuent sous des hottes munies de cheminées d'aspiration. Mais ce moyen est trèsimparfait par suite de la difficulté que fait naître la pesanteur spécifique du gaz à enlever.

Un seul établissement, de création toute nouvelle, celui de M. de Roubaix, à Hémixem près Anvers, présente des conditions d'assainissement vraiment remarquables. L'officier du génie, M. Genis, qui a dirigé les travaux, a fait une large

et intelligente application de la ventilation artificielle, en avant soin de la faire agir partout de haut en bas; en même temps il a établi entre les diverses opérations une division méthodique de nature à en atténuer le plus possible les dangers. Cinq bâtiments séparés, pour l'emmagasinage des matières premières, pour le soufrage, pour la préparation de la pâte phosphorée, pour le trempage, le séchage et la mise en boîte, et enfin pour l'expédition du produit, constituent la fabrique proprement dite. Ils sont tous aérés au moyen d'une grande cheminée centrale de 2 mètres de diamètre intérieur à la base et de 36 mètres de haut, qui reçoit les flammes des appareils à vapeur et, en outre, si besoin est, celles d'un foyer spécial. Le long des deux faces contiguës de chaque bâtiment règne extérieurement un carnau souterrain en maçonnerie de 60 centimètres de côté, qui débouche à la cheminée. Partout où le phosphore séjourne, une ouverture, pratiquée dans le mur et communiquant par un petit conduit au carnau souterrain, donne issue à la vapeur délétère, sans lui permettre de se répandre dans l'atelier. Les dispositions prises pour saisir le gaz varient d'ailleurs selon la nature de l'opération. Ainsi, pour la préparation de la pâte, on a une hotte large et basse, dont l'aspiration est encore activée par les flammes du petit foyer de fusion.

L'atelier de trempage et de séchage, qui offre le plus de danger, est particulièrement soigné (Pl. IV, fig. 1 et 2). C'est une belle salle de 20 mètres sur 15 mètres, dont l'allongement est prévu. Sur les deux côtés longs sont disposés les séchoirs, au nombre de dix-huit, ayant chacun 1^m,80 de large, 3 mètres de profondeur et 2^m,50 de hauteur. Ils communiquent au carnau de ventilation par de triples orifices au niveau du sol et reçoivent l'air extérieur par des cheminées ouvrant au-dessus du toit. Ils sont chauffés par trois tuyaux de vapeur placés sous le plancher, qu'on démasque à volonté à l'aide de registres manœuvrés du de-

^(*) M. Delloye Masson, n'ayant pas encore pris son brevet en France, nous a témoigné le désir de conserver secrète la composition de son nouvel émail. Le procédé sera d'ailleurs bientôt connu.

hors. L'aspiration est également réglée à volonté. Devant chaque rangée de séchoirs court un petit chemin de fer venant de l'atelier de fusion et se rendant au bâtiment d'expédition. Un chariot en fer reçoit la pâte toute préparée et la présente successivement devant les séchoirs. A chaque point de stationnement un orifice d'aspiration pratiqué dans le sol entraîne les vapeurs au carnau. Le trempage se fait rapidement et les cadres sont aussitôt placés dans les séchoirs, dont les portes en fer sont soigneusement refermées. Le milieu de la salle est réservé à la mise en boîtes. Sous les tables sont pareillement ménagées des bouches d'aspiration. Enfin les boîtes terminées sont chargées en wagon et transportées au lieu d'expédition.

Vu la rapidité des opérations, le très-court séjour du phosphore dans la salle et l'énergie de l'aérage, on peut espérer que cet atelier sera à peu près exempt d'inconvénients. Du reste, M. Genis est décidé à accroître la puissance de la ventilation jusqu'à ce que la salle soit tout à fait assainie.

Ce bel établissement commence sa fabrication sur le pied de 3 millions d'allumettes par jour. On compte quadrupler plus tard ce chiffre et substituer graduellement au phosphore blanc le phosphore amorphe ou même les pâtes nonphosphorées.

Fulminare de mercure. — L'école de pyrotechnie d'Anvers (autrefois à Liége) emploie pour la préparation de ce produit un appareil dû à M. Chandelon, professeur à l'Université de Liége, et qui atteint très-bien le double but que s'était proposé son auteur, savoir : prévenir les fuites de gaz à travers les joints des tourilles; dispenser de l'usage du siphon ou du démontage des pièces pour l'extraction des liqueurs obtenues. On sait en effet que la nature vénéneuse des produits rend cette dernière opération très-dangereuse pour les ouvriers.

L'appareil d'Anvers est ainsi constitué (Pl. IV, fig. 3 et 4):

Deux ballons en verre à épaisses parois d'une capacité de 40 à 50 litres, reçoivent les matières premières. La nartie supérieure du col porte un collier en bois, recouvert d'une seuille de plomb, lequel s'adapte à frottement avec le tuyau formant l'origine du condenseur. Celui-ci se compose d'une dizaine de tourilles en grès, de 90 litres de capacité environ, dont la dernière communique à un tuyau fixe qui entraîne dans la cheminée les vapeurs non condensées. Tous les colliers de joints sont munis d'une rainure, faisant fermeture hydraulique, dans laquelle on a soin de renouveler l'eau froide à mesure que celle-ci s'égoutte graduellement dans l'intérieur des bonbonnes. Enfin chaque vase porte à sa partie inférieure un robinet qui déverse les liquides de condensation dans un conduit en grès placé sous le sol de l'atelier et débouchant au bac à saturer en plein air.

Les deux ballons sont chargés à tour de rôle. Quand la réaction engagée dans l'un d'eux est terminée, on détache le tube qui s'implante sur la première bonbonne à condenser; on bouche avec soin l'orifice ainsi découvert et on commence une nouvelle réaction dans l'autre ballon. De la sorte le travail est à peu près continu, sans que jamais pourtant on livre passage aux vapeurs dans l'atelier.

Chlorure de chaux, blanchiment au chlore. — Les chambres à fabriquer le chlorure, en Belgique et en Prusse, ne sont pas en général disposées de manière à ce que les ouvriers y pénètrent pour faire le chargement ou le déchargement. Le travail s'effectue du dehors, au moyen d'instruments convenables; dès lors il y a beaucoup moins de danger. Toutefois, on doit tendre à ce que les chambres soient aussi exemptes que possible de chlore au moment de l'ouverture.

Chez M. Kumps, à Bruxelles, dont la fabrique est d'ailleurs parfaitement tenue, on résout simplement le problème en ayant une chambre supplémentaire, ce qui permet de

345

laisser chacune des autres au repos pendant deux ou trois jours avant de défourner. A la Société des fabriques de produits chimiques réunies de Mannheim, les ouvriers ont à pénétrer dans les chambres. On les ventile préalablement au moyen d'un tuyau de plomb communiquant à la cheminée. Deux heures avant de décharger on entr'ouvre les portes et on démasque l'orifice d'échappement.

Chez M. de Hemptinne, à Molenbeck-Saint-Jean, près Bruxelles, la cornue de platine servant à la concentration est entourée de maçonnerie. Le dôme est percé d'un vaste orifice recouvert par une plaque en plomb très-hermétique. Dans le vide ainsi ménagé, entre la cornue et son enveloppe, plonge un tuyau en plomb qui entraîne les vapeurs à la cheminée.

Dans la grande papeterie de M. Godin, à Huy, où l'on blanchit au chlore gazeux les chiffons les plus grossiers, on fait arriver le gaz dans des caisses en grès, parfaitement mastiquées, qui peuvent être mises en communication avec une cheminée centrale d'une dizaine de mètres d'élévation. On établit ainsi une vive aspiration avant l'ouverture. Cette salle de blanchiment, bien que contenant huit caisses de très-grandes dimensions, dont cinq en activité et une en déchargement au moment de notre visite, était presque exempte d'odeur.

Dans la fabrique de Mannheim on applique ce dernier procédé avec un perfectionnement. Au lieu d'envoyer directement à la cheminée les vapeurs recueillies, on les fait passer d'abord dans un appareil de condensation qui en retient la majeure partie.

Concentration de l'acide sulfurique. — L'évaporation de l'acide sulfurique à l'air libre ou même sa concentration dans des vases de platine sont un élément d'insalubrité pour les ateliers. Les vases de platine les mieux établis livrent passage à travers leurs joints à une proportion notable de vapeurs irritantes.

Bleu d'outremer. — Le broyage des matières premières et le tamisage du bleu fabriqué donnent lieu à beaucoup de poussières, qui exercent à la longue une fâcheuse influence sur les ouvriers. Chez M. Brasseur on a adopté la méthode par voie humide, qui supprime ces inconvénients. Chez M. Leverkus, près Opladen, ces opérations se pratiquent dans des appareils clos où agissent des ventilateurs. On cite cet établissement comme un modèle, au point de vue de la salubrité. Les fours à calciner le mélange y sont construits avec beaucoup de soins : les parois sont épaisses et les joints bien mastiqués, afin de prévenir l'introduction des vapeurs sulfureuses dans l'atelier. Les gaz qui se produisent pendant la calcination se rendent dans le carnau des flammes du foyer, où ils se brûlent en partie, et de là vont à une grande cheminée (*).

M. Henri Godin, à Stolberg, a remédié de la manière la plus heureuse aux inconvénients de l'évaporation, en effectuant cette opération dans un véritable four à réverbère où la sole est remplacée par un bassin en plomb à double paroi enveloppé de maçonnerie (Pl. IV, fig. 5 et 6). Entre les deux parois circule un courant d'eau froide. L'acide est introduit par un petit tuyau dont le débit est réglé à volonté, et il s'écoule du côté opposé par une sorte de siphon ayant sa prise près du fond. Le liquide est ainsi maintenu dans le bassin à un niveau constant. L'acide à mesure qu'il se concentre, se rend à la partie inférieure où il se refroidit et alimente continuellement le siphon, qui le débite à un

^(*) Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M. Wortmann, chimiste à Dusseldorf. M. Leverkus se refuse absolument à laisser voir son usine, dont tous les procédés sont tenus secrets.

Dans la fabrique de Dusseldorf les meules à broyer sont à découvert. On y introduira probablement le procédé par lixiviation.

Sulfate de quinine. — On connaît le mal singulier auquel sont sujets les ouvriers qui travaillent la quinine et dont le remède spécial est encore à trouver. L'assainissement de la fabrication est donc doublement précieux. La grande usine de M. Zimmer, à Sachsenhauzen, près Francfort, offre, sous ce rapport, des perfectionnements du plus haut intérêt.

Dans la préparation de la quinine toutes les opérations sont dangereuses, mais plus particulièrement le broyage et le tamisage de l'écorce de quinquina, ainsi que la puriscation du sulfate brût. Les poussières dans un cas et les vapeurs dans l'autre produisent des effets analogues. En œ qui concerne le broyage, M. Zimmer a introduit quelques précautions bien simples qui atténuent beaucoup les inconvénients. Les écorces sont humectées d'eau sous la meule, Les matières broyées tombent dans une caisse où une chaîne à godets les reprend et les déverse dans un blutoir renfermé dans une enveloppe bien close. La poudre tamisée est précipitée dans les caves où sont établis tous les appareils d'extraction. Les ouvriers se trouvent ainsi à peu près soustraits au contact des substances. Quant à la purification du sulfate brut, les cuves à évaporer sont également dans de bonnes conditions. Au lieu d'être placées dans l'atelier commun, où leurs vapeurs agiraient sur un grand nombre d'ouvriers, elles sont enfermées dans un local distinct, et fonctionnent sous une hotte pourvue d'une bonne cheminée d'aspiration.

L'extraction, bien que moins dangereuse que les opérations précédentes, n'est cependant pas inoffensive. Sans entrer dans le détail chimique des procédés employés par M. Zimmer, procédés qu'il désire tenir secrets, nous pouvons dire que, contrairement à ce qui a lieu dans d'autres établissements, tous les appareils sont parfaitement clos,

et le travail marche de lui-même, sans l'intervention de l'ouvrier. Une fois le chargement effectue, l'opération est abandonnée à elle-même jusqu'au moment où l'on vient retirer le produit. L'atelier est presque toujours désert.

La salle de distillation est admirablement installée. Tous les joints sont fermés avec un tel soin qu'on ne sent aucune odeur. Pour prévenir toute chance d'incendie les becs de gaz qui éclairent la salle envoient leurs flammes dans des tuyaux débouchant au-dessus du toit.

En somme, la fabrique de M. Zimmer paraît être la mieux tenue de l'Europe, au point de vue de la salubrité. Les maladies y sont devenues très-rares.

Aiguisage des aiguilles et des épingles (*). — L'aiguisage des aiguilles donnait lieu à de tels accidents, à Aix-la-Chapelle et aux environs, que l'attention des pouvoirs publics fut appelée sur cette opération, en même temps que les patrons se voyaient menacés de manquer de bras. Aujourd'hui un règlement de police interdit l'aiguisage à la main à moins que les meules ne soient pourvues de bons ventilateurs. Cette mesure sérieusement appliquée, a provoqué de nombreux procédés qui ont eu pour résultat d'assainir complétement cette branche d'industrie. Nous signalerons les quatre suivants.

Le premier consiste à adapter un ventilateur à la meule ordinaire, sur laquelle l'ouvrier aiguise à la main. Sous des formes diverses c'est le même système qu'en Angleterre (**\.

Deux autres procédés, plus parfaits, conservent le ventilateur mais remplacent l'aiguisage à la main par l'aiguisage

^(*) Nous ne parlons pas de la coûtellerie, parce que l'aiguisage s'y fait à la voie humide. En Belgique et en Allemagne on a renoncé à opérer à sec, en sorte que les dangers des poussières ont presque disparu.

^(**) Ce ventilateur ayant déjà été décrit dans notre précédent Rapport, nous nous abstenons de le reproduire ici.

349

qu'une machine Neuss, par exemple, fait celui de cinq meules. Il est vrai que la machine Graf est à son début et n'a pas encore dit son dernier mot.

L'aiguisage des épingles présente des inconvénients de deux natures, selon qu'il s'agit d'épingles en fer et en acier ou d'épingles en cuivre et en laiton. Pour les premières les dispositions sont les mêmes que pour les aiguilles. Ainsi chez M. Schumacker, à Aix, où l'industrie des épingles à cheveux et à châles a pris un très-grand développement, toutes les meules sont munies de ventilateurs. Dans cette même usine des dispositions spéciales devraient être prises pour la salle de fusion des têtes en verre. Une soixantaine d'ouvrières, dirigeant chacune un chalumeau à gaz, travaillent sans interruption à former la tête des épingles. Une ventilation mécanique d'une grande énergie est indispensable à un tel atelier.

Les épingles en cuivre et en laiton sont fabriquées dans d'autres centres, à Cologne, à Liége, à Bruxelles. La maison de Modrath, près Cologne, est montée d'une façon trèsprimitive: l'aiguisage est fait par des ouvriers en chambre, au moyen de tambours à limes sur lesquels les épingles sont appliquées à la main. Aucune précaution n'est prise contre la poussière. Dans les fabriques de Liége et de Molenbeck-Saint-Jean (Bruxelles), de grands perfectionnements viennent d'être introduits. Dans l'une on emploie des machines américaines qui font toutes seules les diverses opérations: elles prennent le fil de laiton enroulé sur la bobine et le rendent sous forme d'épingles parfaitement terminées. L'aiguisage s'opère entre des tambours, dans une caisse bien close. Dans l'autre, l'aiguisage ne se fait pas à couvert; mais le mouvement des tambours et la position de l'épingle sont combinés de façon à ce que les poussières retombent du côté opposé à l'ouvrier. Celui-ci, du reste, n'a nullement besoin de se tenir auprès des meules: il surveille plusieurs machines et va de l'une à l'autre.

TOME VII, 1865.

24

mécanique. Les machines sont de deux types différents. l'un dû à M. Schleicher, l'autre à M. Neuss. Le principe en est d'ailleurs le même : les aiguilles sont appliquées sur la meule, dans une position analogue à celle que leur donne la main de l'ouvrier, et roulent dans le sens de son épaisseur, de manière à ce qu'arrivant d'un côté elles sortent terminées de l'autre. Dans la machine Schleicher le résultat est obtenu au moyen de deux meules à angle droit, frottant l'une contre l'autre; dans la machine Neuss au moyen d'une seule meule sur laquelle appuie une bande de gutta-percha Dans les unes comme dans les autres les poussières sont entraînées vers une enveloppe à l'aide d'une forte aspiration. Ces deux types, bien connus en Allemagne, sont suffisamment désignés par les noms de leurs inventeurs pour que nous en donnions ici la description détaillée. Un grand nombre de fabricants ont cessé d'aiguiser euxmêmes, et livrent à facon leurs aiguilles à M. Schleicher, qui a monté une grande maison d'aiguisage à Schonthahl, près Langerwehr. Les machines de M. Neuss fonctionnent dans plusieurs tabriques, notamment dans celle de M. Printz, à Borcette, une des plus considérables du pays.

Le quatrième système dissère complétement des précédents, en ce qu'il supprime les poussières, et par suite rend la ventilation supersue. Les meules en grès sont remplacées par de petits tambours en acier dont la surface est rayée en limes. Les aiguilles sont introduites à la main sous le tambour et disposées sur un plan d'acier. Le mécanisme est combiné de telle façon que les tambours cessent de tourner aussitôt que les aiguilles sont terminées. Cette ingénieuse machine, due à M. Joseph Graf, sous le patronage de M. Printz, offre le triple avantage de supprimer la poussière, de prévenir l'échaussement des aiguilles et d'annuler le déchet. Mais elle a l'inconvénient de produire beaucoup moins dans un temps donné. Ainsi elle ne sait qu'une sois et demie le travail d'une meule à la main, tandis

Broyage des écorces. — Nous avons déjà vu, à propos de la quinine, un exemple de précautions prises contre les poussières provenant du broyage des écorces. Nous allons en citer d'autres.

Chez M Merck, à Darmstadt, où l'on fabrique en grand des produits pharmaceutiques de tous genres, on a parsois à pulvériser des substances dangereuses, notamment la belladone. Le système adopté est fort simple, mais se recommande par sa parfaite exécution. Une vaste cloche en tôle, exactement jointive, est suspendue au plafond par des chaînes en fer. Habituellement, quand on opère sur de faibles quantités de matières inertes, la meule est à découvert. Lorsqu'on charge de la beliadone ou des substances analogues. la cloche est abaissée et s'engage dans une rainure circulaire qui entoure le champ du travail; elle est relevée seulement quand le broyage est terminé et que toutes les poussières ont eu le temps de se déposer. M. Merck n'a pas voulu conserver de portes sur la paroi de la cloche, parce que, dit-il, quelque soin qu'on y apporte. les particules pulvérulentes passent toujours plus ou moins à travers les joints.

Des dispositions mieux en harmonie avec un travail continu ont été adoptées par M. Piret Pauchet, dans sa grande tannerie de Namur. Cet habile industriel fournit le tan à plusieurs de ses confrères: aussi son attirail est-il monté de manière à broyer 600 kilogrammes d'écorce à l'heure. Le travail est fait par trois paires de meules horizontales. La matière est introduite par un orifice ménagé dans l'épais seur de la meule supérieure. Chaque appareil est renfermé dans une enveloppe métallique qui livre passage au tuyau d'amenée des matières. Un autre tuyau communique à un ventilateur puissant qui dessert les trois appareils. Les parties ténues, ainsi enlevées par le ventilateur, sont précipitées dans une trémie, située à l'étage supérieur, et au bas de laquelle on les recueille dans un sac bien serré au-

tour des parois. Ce procédé permet de séparer les filaments de la poussière, ce qui constitue un avantage de fabrication (*).

Sérrétage des peaux, arconnage. — Le sécrétage des peaux destinées à la fabrication des chapeaux de feutre n'est pas une opération très-malsaine par elle-même, malgré l'emploi du nitrate de mercure; car, s'il se développe quelques vapeurs dans les séchoirs, il est vrai de dire que les ouvriers y pénètrent rarement. Mais le coupage et l'arconnage des poils, qui en sont la suite, donnent lieu à la production d'une poussière mercurielle éminemment insalubre. Les dangers inhérents à ces dernières opérations ont été considérablement atténués par les dispositions prises dans la fabrique de M. Donner, à Francfort. Le coupage des poils ne s'effectue plus à la main, ainsi que cela se pratique encore dans un trop grand nombre de maisons. On y a substitué une coupeuse mécanique à la vapeur. La peau, poussée par l'ouvrier, s'engage entre des cylindres qui, en même temps qu'ils la découpent en fines lanières, ont un mouvement de rotation assez rapide pour entraîner tous les poils et les poussières et les précipiter du côté opposé à l'ouvrier, dans une caisse hermétiquement close. Cette dernière particularité constitue une notable amélioration par rapport aux machines ordinaires, lesquelles sont manœuvrées à la main et laissent échapper les matières susceptibles de voltiger.

L'arçonnage à la corde est remplacé par deux opérations également mécaniques et à peu près exemptes d'inconvé-

^(*) Une autre invention, qui rendrait de grands services aux ouvriers tanneurs si l'expérience la justifie, consiste dans la suppression du nettoyage des cuirs à la main. M. Piret Pauchet fait construire en ce moment une machine de laquelle il espère de bons résultats, et qui effectuerait cette partie si délicate du travail de l'ouvrier. Celui-ci serait ainsi soustrait aux émanations insalubres qui accompagnent le grattage des peaux.

nients. Les poils passent successivement à travers huit machines cardeuses, renfermées dans une longue caisse en bois dont la face supérieure est formée par une toile métallique serrée. La plus grande partie des bourres et poussières se fixe dans le treillage, qu'on nettoie de temps en temps. Une certaine proportion de poussière se répand bien encore dans l'atelier, mais elle est infiniment moindre que par le procédé ordinaire, et, en outre, se trouve bien plus éloignée des ouvriers. L'opération suivante, ou soufflage des poils, qui a pour objet de les emmêler et de produire un commencement de feutrage, a lieu à l'aide d'une ventilation énergique qui s'exerce dans une gaîne horizontale en bois, de 80 centimètres de large, 12 à 15 centimètres de haut et 10 à 12 mètres de long. Les poils resoulés dans ce canal y subissent le mélangeage et sortent, à l'extrémité, par une cheminée verticale qui débouche dans une caisse suivie de trois autres. La dernière est sermée par un grillage métallique serré qui retient les poils et laisse échapper la poussière, dont une partie se fixe, comme dans l'appareil précèdent, entre les mailles de la toile. Cette poussière est, du reste, en faible proportion, par suite du nettoyage préalable, et, en tous cas, se forme à une grande distance de l'ouvrier qui charge la machine à l'entrée.

Nettoyage des chissons. — Cette opération, pratiquée en grand dans les papeteries, donne lieu à un fort dégagement d'impuretés, qui, à la longue, agissent sur les organes respiratoires des ouvrières. On a imaginé divers appareils pour améliorer cet état de choses. Ainsi la machine connue en France sous le nom de loup ou diable, accolée à un blutoir mécanique, a pour objet de les dégager dans des locaux séparés. Nous n'insisterons pas sur ce progrès, de date déjà ancienne, et qui d'ailleurs a besoin d'être complété par des dispositions additionnelles, telles que le jeu d'un ventilateur en dehors du blutoir. Nous n'avons pas rencontré, soit en Belgique, soit en Prusse, d'appareil

de ce genre suffisamment perfectionné. Mais la papeterie de MM. Godin, à Huy, offre une solution basée sur d'autres principes et qui paraît tout à fait radicale. On remplace le nettoyage mécanique par des opérations à voie humide. Les chissons, triés d'abord à la main, comme partout ailleurs, sont mis à digérer dans des cuves pleines d'eau claire, où on les abandonne un jour ou deux, selon la qualité. On les passe ensuite sous une machine dite effitocheuse, qui travaille dans un lait de chaux et dont l'action correspond assez bien à celle du loup, avec cet avantage que les impuretés sont retenues dans la liqueur. Enfin a lieu le lessivage à la chaux, tel qu'il se pratique dans la plupart des papeteries. La manufacture de MM. Godin se recommande d'ailleurs par la bonne installation des ateliers, par la propreté qui y règne et par l'attention qu'on donne à tous les détails intéressant la salubrité (*).

Fermentation de la bière. — On laisse ordinairement fermenter la bière dans des caves basses et peu aérées. L'acide carbonique qui se dégage forme au-dessus du sol une couche plus ou moins épaisse dans laquelle peut se trouver l'ouvrier qui vient inspecter les bassins. Il est vrai de dire que la cave n'est pas tout à fait fermée pendant que cette réaction a lieu, et que même, si la température n'est pas trop basse, on laisse un libre accès à l'air. Mais cette précaution est de peu d'effet, à cause de la pesanteur spécifique de l'acide carbonique. On a essayé de la ventilation artificielle, mais on a dû y renoncer parce que les courants d'air empêchent ou troublent la fermentation. Voici une bonne disposition prise dans une des principales brasseries de Louvain. Le local destiné à la fermentation des bières blan-

^(*) Nous devons signaler pourtant l'atelier de fermentation de la colle, où il serait nécessaire d'installer des moyens de dégagement pour l'acide carbonique dont les ouvrières ont assez souvent à souffrir.

ches est très-spacieux et très-élevé, ce qui est déjà une bonne condition de salubrité. En outre, entre les diverses rangées de tonneaux existent des couloirs dans lesquels s'épanche le jet et se réunit l'acide carbonique. Ces couloirs ont pour profondeur toute la hauteur des tonneaux, et au niveau de l'extrémité supérieure de ceux-ci, règne une espèce de plancher destiné à l'ouvrier chargé de l'inspection des bières. La tête de celui-ci se trouve donc au-dessus de la zone dangereuse de toute la hauteur de son corps. Dans la grande brasserie centrale de Mayence on a également adopté de bonnes dispositions pour éloigner l'ouvrier de la couche d'acide carbonique.

Filatures de lin, de coton et de laine. — Le travail de ces matières, des deux premières surtout, présente une grande insalubrité par suite des poussières et des filaments végétaux qui se dégagent dans les ateliers aux diverses périodes de la fabrication. Le moyen général employé dans les trois branches d'industrie consiste dans la ventilation artificielle. Celle-ci s'exerce d'ailleurs de deux manières différentes, selon qu'on l'applique aux ateliers eux-mêmes ou directement aux machines qui accomplissent les travaux préliminaires. Souvent les deux modes sont cumulés dans les manufactures bien installés. La Belgique en offre divers exemples; la Prusse rhénane en présente aussi, à Aix-la-Chapelle et à Cologne, mais moins dignes d'être mentionnés.

La filature de lin de la Lys, à Gand, est ce qu'on peut voir de mieux en ce genre. Ce magnifique établissement possède 30.000 broches et occupe 1.700 ouvriers. On s'est préoccupé tout particulièrement de la question du cardage qui, dans la généralité des fabriques, laisse tant à désirer. Nous ne parlons pas du teillage et du foulage, qui se font dans la campagne par les soins des cultivateurs eux-mêmes. Naguère encore le cardage était installé à la Lys dans les mêmes conditions déplorables qu'ailleurs. Aujourd'hui, les vingt-cinq machines à carder sont réunies dans une salle

de grandes dimensions, percée de croisées sur les deux longs côtés. Pendant l'été, les cardes fonctionnent à l'air libre, les croisées étant large ouvertes. Mais pendant l'h ver, elles sont recouvertes d'une enveloppe bien close communiquant à un large carnau souterrain qui longe l'atelier et dans lequel agit un ventilateur puissant. Les débris sont expulsés dans cinq puits de 1 ",80 de diamètre onverts dans la cour. Indépendamment de cette disposition, il existe près de chaque machine un tuyan vertical de 15 centimètres de diamètre et d'un mètre de haut qui communique au même carnau et dont le rôle est d'aspirer les poussières qui voltigent auprès de la carde. Enfin, un autre ventilateur moins puissant, situé entre le plafond et les combles, aspire l'air dans la région supérieure de la salle et le lance au-dessus du toit. Il est même question en ce moment d'installer deux petits ventilateurs supplémentaires, aux extrémités de l'atelier, pour compenser la diminution d'effet qui résulte de l'éloignement. Le seul détail qui laisse à désirer est relatif à l'évacuation des poussières dans les puits. Elles n'y sont pas suffisamment arrêtées et quand le vent souffle, elles sont emportées à travers les orifices ouverts des salles voisines. La crainte des incendies empêche de les lancer dans la grande cheminée.

C'est à Gand également que se trouve la filature de coton la plus importante et la mieux combinée, celle de M. Parmentier, qui possède 80.000 broches et occupe 1.100 ouvriers. On ne peut s'empêcher d'y admirer la salle de tissage, qui ne renferme pas moins de 700 métiers à tisser. Les précautions prises contre les poussières, bien que satisfaisantes, sont moins remarquables qu'à la Lys, en ce qu'elles sont d'une application beaucoup plus répandue. C'est en quelque sorte pour mémoire que nous citons les ventilateurs des machines batteuses, car ces appareils se retrouvent aujourd'hui dans toutes les fabriques bien montées.

La filature de laine de MM. Hauzem, Gérard et Cie, à

Verviers, est dans d'excellentes conditions. Les machines échardonneuses, qui produisent toujours d'abondantes poussières, sont placées dans un local séparé et sont pourvues de ventilateurs. Ces machines, du système Houget et Teston, constructeurs dans la même ville, ne tarderont pas, il faut l'espérer, à remplacer celles de M. Amouroux, dont beaucoup d'industriels de Verviers font encore usage, et qui permettent aux impuretés de se dégager dans l'atelier. La salle de filage, largement conçue, ne mesure pas moins de 100 mètres de long sur 45 mètres de large. Deux ventilateurs puissants aspirent l'air aux extrémités, tandis que plusieurs bouches distribuées sur le plancher permettent l'introduction de l'air frais. Aussi n'aperçoit-on ni filaments ni poussières voltiger autour des machines. Une particularité que nous ne pouvons nous empêcher de signaler, quoique moins importante pour la salubrité, est relative au séchage. Les laines sont étendues sur une claire-voie formant la face supérieure d'une vaste caisse close de tous les autres côtés. Un ventilateur aspire énergiquement dans l'intérieur de la caisse, tandis qu'un courant d'air chaud est amené contre le plafond du local. Par cette ingénieuse disposition les ouvriers sont soustraits à l'atmosphère toujours un peu malsaine qui règne dans les séchoirs où les vapeurs se dégagent

Aux filatures de coton et de laine se rattache le tondage des toiles et des draps, qui présente, à un degré moindre, les inconvénients des opérations préliminaires. Le mouvement rapide du cylindre qui porte les tranchants en spirale répand dans l'air le duvet enlevé. Chez MM. Desmet et Lousberg, à Gand, pour absorber la poussière provenant du tondage des toiles, on a introduit des ventilateurs qui ressemblent beaucoup à ceux du batteur. Dans les fabriques de drap, où le désagrément est moins sensible, on se passe de ventilateurs, mais la machine travaille de manière à rejeter la bourre du côté opposé à l'ouvrier.

à l'intérieur même de la salle.

Moulage du bronze. - Nous n'avons observé, ni en Belgique ni en Prusse, aucune précaution spéciale pour mettre les ouvriers à l'abri des fâcheux effets du poussier de charbon. Il résulte des renseignements qui nous ont été fournis que l'usage de la fécule ne s'est pas encore introduit dans ces pays.

Dispositions diverses. - Nous nous sommes attachés à signaler les procédés ayant un caractère assez tranché. Mais il existe naturellement un grand nombre de précautions, en quelque sorte élémentaires, dont on fait usage dans les ateliers bien tenus. Ainsi, dans les fabriques où l'on opère sur des substances vénéneuses, une mesure très-répandue consiste à alterner les occupations entre les ouvriers, de manière à ce que chacun d'eux reste peu de temps à la partie insalubre. C'est ce qui se pratique, notamment, pour le fondage du cuivre et du plomb, pour la manipulation des substances arsenicales, pour l'étamage des glaces, etc On veille aussi à ce que l'alimentation des ouvriers soit convenablement fortifiante. Sous ce rapport l'intervention des inspecteurs du gouvernement, en Prusse, a déterminé des améliorations sensibles dans les fabriques de céruse, de rouge d'aniline, de vert de Schweinfurt, etc. On recommande les vêtements épais; souvent même on oblige les ouvriers à avoir un costume de travail qui ne quitte pas la fabrique. Ces précautions et bien d'autres encore, qu'il serait trop long d'énumérer, sont complétées par des lavages répétés et des bains généraux. On y emploie tantôt l'eau ordinaire, tantôt des solutions sulfureuses. Enfin, dans les établissements importants, un médecin est attaché à la maison, et les ouvriers subissent des visites régulières et gratuites.

Il n'existe pas, comme en Angleterre, d'appareil d'un emploi répandu pour protéger les organes respiratoires contre les poussières ou les gaz. Les ouvriers les plus soigneux se bornent en général à appliquer sur leur visage un mouchoir, une éponge, une tousse de chanvre ou de lin,

suivant les cas. Les seules fabriques où, à notre connaissance, on ait adopté un moyen spécial, sont celles de la Société de Mannheim, dirigées par M. Gundelach, On y a utilisé la pompe à air dont on dispose presque toujours dans les grandes industries à moteur mécanique. Les hommes qui ont à pénétrer pour cause de réparation dans les chambres de plomb de l'acide sulfurique ou dans les chambres à chlorure de chaux, alors que les gaz s'y trouvent encore en proportion notable, se coissent d'une sorte de casque de pompier en carton qui se rabat sur les épaules. Cet appareil est muni d'orifices vitrés pour la vue, et communique à la pompe à air au moyen d'un tube flexible. Pendant tout le temps que dure le séjour dangereux, la pompe entretient une atmosphère d'air pur entre le visage de l'ouvrier et la paroi du casque. C'est dans l'intervalle ainsi ménagé que s'accomplit la respiration. Cette précaution est également en vigueur dans les succursales de la Société, à Worms et à Heilbronn (Wurtemberg).

Le plus souvent on a cherché à rendre tout appareil respiratoire superflu, au moyen de dispositions préventives appliquées à la source même des vapeurs délétères. Nous en avons déjà vu plusieurs exemples dans des industries importantes. Dans les industries d'ordre secondaire, les mêmes principes ont été mis en œuvre, sous des formes variées. Ainsi chez M. Merck, à Darmstadt, où l'on dégage parfois des vapeurs éminemment insalubres, les appareils sont placés dans une guérite hermétiquement close pourvue d'un vasistas et de regards vitrés. L'ouvrier manie les vases en passant les bras à travers le vasistas qui est à hauteur de poitrine, tandis que les gaz sont entraînés par une aspiration à la grande cheminée. Des précautions analogues s'observent chez M. le docteur Marquardt, à Bonn, qui fabrique également des produits pharmaceutiques. De même, dans la construction des grands laboratoires de chimie, tels que ceux de Bonn, de Liége, de Gand, qui par leur importance deviennent de véritables établissements industriels, on commence à se préoccuper très-sérieusement de la question de salubrité. Les locaux affectés au dégagement des vapeurs nuisibles sont construits avec beaucoup de soin, de manière à ce que les gaz soient immédiatement entraînés à la grande cheminée ou dans le cendrier de la chaudière à vapeur.

Nous terminerons ici cette énumération, bien qu'il existe un grand nombre d'autres industries dangereuses pour les ouvriers. Mais les unes n'ont pas été assainies ou ne sont que d'une faible importance; les autres sont en même temps nuisibles au voisinage, et dès lors seront examinées dans la seconde partie de ce travail.

II. INFECTION DE L'ATMOSPHÈRE GÉNÉRALE.

Le principe de la législation des établissements insalubres, en Belgique et en Prusse, est le même qu'en France: ils sont soumis à la condition de l'autorisation préalable, ce qui entraîne habituellement certaines prescriptions d'ordre technique auxquelles l'usine est tenue de se conformer. Les avis sont très-partagés sur l'opportunité de ces prescriptions. Les actes administratifs eux-mêmes reflètent l'indécision qui règne à cet égard. Ainsi, en 1856, quand il a fallu procéder en Belgique à une nouvelle réglementation des fabriques de soude, le ministre de l'intérieur a repoussé les conclusions de la commission nommée ad hoc, lesquelles tendaient à imposer aux fabricants certaines mesures déterminées. L'arrêté royal s'est borné à prescrire l'obligation, pour ces fabricants, de faire disparaître les inconvénients signalés. (Note b.)

D'un autre côté cependant les autorisations particulières accordées depuis cette époque ont continué à présenter fréquemment des clauses techniques, qui ont eu quelquefois pour résultat d'embarrasser l'administration supérieure elle-

même. Pour n'en citer qu'un exemple, le Conseil supérieur d'hygiène publique de Bruxelles déclarait récemment, à l'occasion d'une fabrique d'huiles de résine qui avait donné lieu à de vives plaintes, «que d'une part les réclamations étaient fondées, mais que d'autre part les conditions de l'arrêté d'autorisation avaient été fidèlement remplies. » Enfin le Conseil se reconnaissait impuissant à prescrire aucune autre condition efficace pour donner pleine satisfaction au voisinage. (Note c.)

On peut conclure de ces faits que l'opinion n'est pas définitivement fixée sur l'opportunité des clauses techniques préventives. Il ne serait pas impossible que le gouvernement entrât, du moins pour bon nombre d'industries, dans la voie que lui recommande uu des hommes les plus éminents du Conseil supérieur, M. le docteur Stass, voie qui le conduirait à se rapprocher considérablement de la coutume anglaise.

La surveillance, tant en Prusse qu'en Belgique, est assez fortement organisée. Elle est confiée, pour toutes les classes d'industries, aux autorités communales qui l'exercent par les soins de leur architecte ou ingénieur, lequel, dans les villes de quelque importance, est un homme spécial, compétent en matière d'établissements industriels. Elle est complétée par l'intervention des inspecteurs du gouvernement. Ces fonctionnaires se transportent sur les lieux pour toutes les affaires d'importance et éclairent la religion des autorités locales ou du pouvoir central. Cet ensemble a eu pour résultat de prévenir les grands abus industriels; mais il ne paraît pas avoir stimulé l'esprit d'invention et de recherche au même degré que nous avons remarqué en Angleterre.

Quant aux attributions des agents de la surveillance, elles sont aussi larges qu'on peut le souhaiter. En Belgique, par exemple, l'arrêté royal du 20 janvier 1865 leur confère le droit de « s'assurer en tout temps de l'accomplissement des conditions qui règlent l'exploitation des établissements insalubres » (art. 9); et « l'industriel soumis à cette surveillance est tenu de produire, à toute réquisition des agents qui l'exercent, les plans officiels de son établissement et les documents administratifs qui en règlent l'exploitation » (art. 14).

Emploi des grandes cheminées. — Un moyen élementaire et général d'assainissement consiste dans l'emploi des grandes cheminées. Sans atteindre précisément les dimensions colossales de l'Angleterre, certains types sont d'une belle hauteur. Ainsi les cheminées de Floresse et de Sainte-Marie d'Oignies, les deux plus grandes de Belgique et aussi, crovons-nous, de la Prusse rhénane, ont l'une 100 mètres et l'autre 96 mètres d'élévation au-dessus du sol. Viennent ensuite quelques cheminées d'une soixantaine de mètres, et un grand nombre entre 30 et 40 mètres. On est aujourd'hui d'accord pour reconnaître que plus haute est l'issue d'une cheminée, moindres sont les ravages exercés par les vapeurs nuisibles, non-seulement en un point donné, mais même dans l'ensemble du cercle de leur action. Ce moyen d'assainissement ne suffisant plus quand la proportion de vapeurs expulsées dépasse une certaine limite, on a dû recourir à divers procédés spéciaux, que nous allons décrire.

1º Gaz minéraux.

Vapeurs nitreuses. — Leur principale source est la fabrication de l'acide sulfurique. Les procédés d'absorption sont à peu près les mêmes qu'en France, et la colonne de Gay-Lussac, avec acide sulfurique concentré, est, quoi qu'on en ait dit, assez répandue. On en peut voir de bonnes applications chez M. Del Marmol à Risle (Saint-Marc), chez M. de Hemptime à Bruxelles, à la Société des fabriques réunies (à Mannheim et à Heilbronn), etc.

L'établissement de M. de Hemptinne mérite une mention

particulière à cause de la manière ingénieuse dont l'acide concentré est fourni au condenseur. On sait qu'une des difficultés qui arrêtent les fabricants provient du maniement même d'un liquide aussi corrosif. Pratiquement, l'élévation de l'acide au niveau supérieur de la colonne et la bonne répartition à opérer sur la surface des matériaux qui la garnissent, ne sont pas exemptes d'inconvénients et même de dangers qui dégoûtent de l'emploi du procédé. M. de Hemptinne, qui soigne sa fabrication en véritable artiste, a résolu la question de la manière suivante (Pl, V, fig. 1 et 2).

Le système élévatoire se compose d'une trompe à vapeur et de deux bonbonnes en grès, dont l'une un peu au-dessus du niveau supérieur de la colonne, c'est-à-dire à 8 mètres de hauteur, et l'autre à mi-distance. La trompe fait un vide de 40 millimètres de mercure, plus que suffisant pour faire monter l'acide dans la première bonbonne. L'aspiration est ensuite produite dans la seconde bonbonne, et le liquide monte d'un vase dans l'autre. Là un robinet le déverse dans un conduit de plomb de 20 mètres de long, parcouru dans le même sens par les vapeurs des chambres, qui s'y condensent en partie. Vapeurs et liquide se rendent à la colonne, qu'ils traversent ensemble et où l'absorption se complète. Pour rendre la distribution aussi égale que possible sur la surface des matériaux, l'acide passe par un tourniquet hydraulique en verre à trois branches, percées chacune de quatre trous, lequel pivote sur un mortier d'agate. La tige verticale est maintenue dans une semelle de plomb, qui l'emprisonne sans frottement. Le tout est recouvert d'une cloche en verre bien hermétique. Cet appareil qu'on serait tenté de prendre pour un joujou, tant il est soigné, fonctionne avec une régularité parfaite, sans entraîner jamais de réparation (*).

Le garnissage de la cascade a été aussi l'objet d'une amélioration, imitée dans quelques autres usines, par exemple à Saint-Marc. Au lieu d'employer le coke, qui a l'inconvénient de se briser et de se tasser à la longue, ou les fragments de briques, qui n'offrent pas une assez grande surface de contact, M. de Hemptinne se sert de boules creuses en grès, de 15 centimètres de diamètre, percées de cinq trous à la partie supérieure. Par cette disposition, les boules se remplissent à moitié d'acide, et présentent une grande surface de condensation, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Elles reposent sur un grillage établi à une certaine distance du fond. Un appareil ainsi monté travaille en quelque sorte indéfiniment sans qu'on soit obligé d'y retoucher. Nous avons pu constater à plusieurs reprises l'absorption parfaite du gaz nitreux.

Dans les usines où l'on ne concentre pas l'acide sulfurique, on conserve la colonne Gay-Lussac, garnie de matériaux divers, et l'on y injecte parfois de la vapeur d'eau pour favoriser la réaction. Les gaz vont ensuite à la grande cheminée.

Quelques industries particulières, notamment la fabrication de l'acide azotique du commerce, donnent lieu à des dégagements nitreux. On les combat en les dirigeant sous les cendriers ou à travers une solution caustique, ou plus fréquemment encore en les envoyant simplement à la cheminée principale.

Acide chlorhydrique. — Les dommages à la végétation cansés par l'acide chlorhydrique des fours à soude ont, à plusieurs reprises, appelé l'attention des pouvoirs publics. On se rappelle la célèbre enquête de 1855 sur les fabriques de soude de la province de Namur. Le rapport de la commission, publié en 1856, fut l'origine d'une série de perfectionnements introduits dans la fabrication. En Prusse où, à vrai dire, les inconvénients n'ont été nulle part aussi sensibles, on a eu à s'occuper cependant de cette caté-

^(*) Comme le tourniquet débiterait un peu trop d'acide, son mouvement a été rendu intermittent au moyen d'une bascule du système Perrault.

gorie d'établissements. A Barmen, à Erberfeld, à Duisburg, à Mannheim, la culture a souffert de leurs émanations.

Les principes auxquels on s'est arrêté, dans l'un et dans l'autre pays, pour prévenir l'émission de l'acide dans l'atmosphère, sont les suivants:

Attaquer le sel marin dans des fours complétement à

l'abri du contact des flammes;

Condenser le gaz muriatique dans des appareils spéciaux présentant de grandes surfaces d'absorption;

Dégager le condenseur à l'air libre, au lieu de le faire communiquer à la cheminée, afin de ne pas précipiter la

circulation du courant absorbable.

Toutes les fabriques sont loin encore de remplir cette triple condition, mais elles y tendent, et il y en a peu qui n'aient au moins adopté les nouveaux fours et qui ne pratiquent de quelque façon la condensation. Les dispositions des condenseurs diffèrent d'ailleurs selon les établissements. On peut les grouper sous trois types distincts: l'un que nous appellerons l'ancien système, formé exclusivement de bonbonnes; l'autre, ou nouveau système, consistant en tours maçonnées de grande hauteur; et le troisième, ou système mixte, composé à la fois de bonbonnes et de tourilles de dimensions moindres.

L'usine de Floresse, près Namur, est la plus haute expression de l'ancien système. Les sours à décomposer sont à double mousse. L'acide traverse une série de soixante bonbonnes en terre cuite, unies entre elles par de longs ajutages en sorme de cols de cygne à grande section, qui ont chacun près de 3 mètres de longueur. L'objet de cette disposition est d'offrir au gaz une très-vaste surface de condensation. Cela n'empêche pas qu'une proportion sensible d'acide échappe à l'appareil et se dégage dans la grande cheminée. On doit cependant reconnaître que le système est établi avec tout le soin désirable.

Les nouveaux condenseurs fonctionnent avec beaucoup

de succès dans les usines de la Société de Mannheim. Celle qui est sisc en cette ville possède quatre tours carrées de 20 à 25 mètres de haut sur 1^m,20 de côté, construites en grès des Vosges bouilli dans le goudron. Ces tours sont pleines de coke jusqu'aux quatre cinquièmes de leur hauteur. Une pluie d'eau froide tombe continuellement à la partie supérieure, tandis que le gaz les parcourt de bas en haut. Chaque tour est surmontée d'une petite cheminée débouchant à l'air libre et donnant issue à une quantité insensible d'acide. Les établissements de Worms et de Heilbronn dépendant de la même Société, possèdent chacun trois tours semblables et en sont également satisfaits. M. Gundelach, qui s'est beaucoup occupé de la question, estime que c'est le seul type d'appareils qui puisse remplir complétement le but.

Le système mixte existe dans des conditions exceptionnelles chez M. Kumps, à Bruxelles. Les fours sont à double mousle. Les gaz de l'une et de l'autre opération sont recueillis indistinctement dans les mêmes condenseurs et traversent successivement: 1° deux colonnes de 3m,50 de haut, remplies de pierres réfractaires, où l'on injecte de l'eau froide; 2° trois rangées de douze bonbonnes chacune; 3º quatre colonnes de 4 mètres de haut, entre lesquelles le gaz se divise en deux courants, et qui sont garnies de pierres comme les preunières; 4° une cuve souterraine remplie d'un lait de chaux que remue un agitateur mécanique et dans lequel le gaz est forcé de barbotter; 5° enfin une cascade ou colonne de 8 à 9 mètres de haut, fonctionnant comme les précédentes et communiquant à la cheminée. M. Kumps affirme, et nous le croyons sans peine, qu'au débouché de la cascade le courant rougit à peine le papier de tournesol. Cette usine peut, du reste, être citée comme un modèle au point de vue de la condensation des gaz. On n'y sent d'odeur nulle part.

Ces divers types d'appareils sont plus ou moins répaudus,

TOME VII, 1865.

25

selon les localités. Bien que le système des tours soit encore le moins usité, on peut prévoir qu'il ne tardera pas à se substituer aux deux autres. Plus simple et d'un entretien moins coûteux, il donne d'aussi bons résultats que le plus parfait d'entre eux.

Acide sulfureux (*). — Les principales sources d'acide sulfureux sont la fabrication de l'acide sulfurique, le raffinage du soufre, le grillage des sulfures métalliques et la combustion de la houille dans divers foyers industriels.

Le dégagement d'acide sulfureux à la sortie des chambres de plomb peut devenir très-considérable, lorsque la proportion d'air introduit s'éloigne de certaines limites déterminées. Il y a quelques années encore, dans la plupart des fabriques de Belgique et dans bon nombre de celles de Prusse, la quantité de soufre perdu dans l'atmosphère s'élevait à 25 et même 30 p. 100 du soufre brûlé. Depuis lors de notables améliorations ont été réalisées, ayant toutes pour objet de régler l'admission de l'air dans les chambres. La plus importante consiste dans la suppression à peu près universelle des fours à dalles et dans leur remplacement par les fours à grilles du système anglais. Aujourd'hui la proportion de soufre perdu ne dépasse pas 6 à 7 p. 100. M. de Hemptinne, à Bruxelles, a même réussi à rendre cette proportion nulle ou peu s'en faut, au moyen d'une disposition très-simple, qui nous paraît susceptible d'une certaine généralisation. Cet habile industriel a reconnu, par des expériences multipliées, que la perte d'acide sulfureux cessait quand l'oxygène de l'air était maintenuen excès dans les chambres, et quand cet excès ne dépassait pas 2 ou 2 et demi p. 100. En conséquence il introduit directement, à la sortie du four de grillage, de l'air supplémentaire dans le courant gazeux, par un tuyau implanté sur le carnau d'échappement. On veille d'ailleurs à ce que la marche du four soit aussi uniforme que possible, en masquant plus ou moins les orifices dont les portes de chargement sont percées. M. de Hemptinne pousse même le soin jusqu'à envelopper le four d'une couverture en tôle dont le rapprochement ou l'éloignement permet de rendre la température à peu près constante.

Le raffinage du soufre entraîne des pertes d'acide sulfureux provenant soit des chambres de condensation, soit des appareils de distillation. Dans la fabrique de MM. de Wyndt et Cie, à Merxem, près Anvers, on a pris beaucoup de précautions pour prévenir ces dégagements, et on est arrivé à perdre moins de 1 p. 100 da soufre brûlé. Les chambres condensatrices n'offrent rien de particulier comme construction. L'amélioration est due au soin extrême avec lequel on veille à la marche des opérations, de manière à conserver une production de vapeur de soufre à peu près constante, et à laisser le dépôt s'effectuer complétement avant de déboucher aucun orifice. Quant à l'appareil distillatoire, il est exempt de l'inconvénient de laisser brûler du soufre au moment du chargement et du nettoyage des chaudières. Il se compose d'une cornue lenticulaire en fonte d'une seule pièce, communiquant avec un manchon encastré dans la maçonnerie et muni d'une valve qui sert à empêcher l'air de pénétrer dans la chambre lorsqu'on retire les matières terreuses de la cornue (Pl. VIII, fig. 1 et 2). A la partie supérieure du fourneau se trouve une chaudière ovale, chauffée par la flamme perdue du foyer et communiquant avec la cornue par un tuyau coudé qu'on ferme à volonté. On charge le soufre dans la chaudière: aussitôt qu'il est fondu, on le laisse écouler dans la cornue avec toutes les matières étrangères qu'il contient et l'on charge de nouveau la chaudière.

^(*) Nous avons donné quelques développements à cette question, dont l'étude avait été recommandée par le Comité consultatif des arts et manufactures. Le rapporteur, M. le Châtelier, dans la séance du 25 octobre 1863, s'était exprimé ainsi : « Il reste à faire, « sur la condensation de l'acide sulfureux, des recherches très- « intéressantes. »

Quand le soufre contenu dans la cornue est complétement volatilisé, ce qui arrive au bout de quatre heures, on ferme la valve et l'on retire les matières terreuses, qu'on fait tomber dans un réservoir pour recommencer une nouvelle distillation. Par ce procédé, la quantité d'air introduite est tout à fait insignifiante; des lors le dégagement d'acide sulfureux est peu sensible.

L'acide sulfureux provenant du grillage des sulfures ou de la combustion de la houille a particulièrement fixé l'attention dans les deux pays. On a imaginé divers moyens d'absorption qui, sans être susceptibles chacun d'une application générale, répondent néanmoins, par leur ensemble, à la plus grande partie des cas usuels. Nous citerons les quatre suivants, comme les plus remarquables:

Condensation pure et simple dans l'eau;

Introduction dans les chambres de plomb de l'acide sulfurique;

Réaction sur des oxydes métalliques;

Attaque de schistes alumineux.

Le premier, qui a le moins bien réussi, a été appliqué à l'usine à zinc de Saint-Léonard, à Liége. On avait en vue d'absorber l'acide sulfureux provenant de la combustion de la houille dans les fours de réduction de la calamine, ainsi que divers autres produits, tels que l'oxyde de zinc, le noir de fumée, etc., qui étaient également emportés hors de la cheminée. Les inconvénients dont souffrait le voisinage étaient devenus tels, que le gouvernement nomma, en 1859, une commission spéciale pour étudier et faire cesser cet état de choses (*).

C'est à la suite de cette enquête que le nouveau système de condensation a été mis en vigueur. Il consiste essentiellement à recueillir tous les gaz dans l'intérieur d'une

L'appareil que nous venons de décrire, après avoir donné de bons résultats pendant quelques années, ne fonctionnait plus lors de notre passage à Liége. L'acide sulfurique avait fortement avarié les matériaux et corrodé notamment la plus grande partie des tubes. La Compagnie de la Vieille Montagne s'est appuyée sur cette circonstance pour se dispenser de continuer la condensation. Il est évident d'ailleurs qu'on pourrait, par des précautions convenables, se mettre à peu près à l'abri de ce genre de difficulté. Le véritable obstacle, pensons-nous, est une augmentation du prix de revient, causée par les modifications apportées aux fours.

Le second moyen d'absorption est appliqué avec succès en divers lieux. Chez M. Godin, à Stolberg, la blende est

vaste hotte en tôle qui recouvre un groupe de quatre fours, et à les expulser au moyen d'un ventilateur mécanique dans une longue galerie cloisonnée où toutes les parcelles solides et l'acide sulfureux doivent être retenus (Pl. VI, fig. 1 à 3). Les cloisons, au nombre de dix, sont formées d'un grand nombre de tubes en poterie, horizontaux ou légèrement inclinés, de 60 centimètres de longueur, et dont le diamètre, variable de 12 à 5 centimètres, diminue à mesure qu'on avance, dans le but d'augmenter de plus en plus la surface de frottement. Au devant de chaque cloison se trouve un tuyau de distribution, placé sur la largeur de la galerie. Ainsi humectées et refroidies sur tout leur parcours, soumises à des alternances de vitesse, éprouvant en même temps des frottements multipliés, les fumées se débarrassent successivement des matières qui les chargent, en même temps que l'acide sulfureux se dissout ou se transforme en acide sulfurique. Concurremment avec l'installation du condenseur, il a fallu modifier le système des fours de réduction, qui désormais privés du tirage par la cheminée n'auraient pu conserver une bonne allure. On y a suppléé très-heureusement en instituant un courant d'air forcé, à l'aide de ventilateurs et tuyères.

^(*) M. Chandelon, rapporteur, a rendu compte de ces travaus dans une intéressante publication, en 1861.

grillée dans un vaste four à mousse de 26 mètres de long, sur la sole duquel le minerai est disposé en trois tas distincts, situés chacun devant une porte de chargement. L'opération est conduite de manière à ce qu'il y ait toujours au moins un tas au repos pendant qu'on ringarde les autres. On prévient ainsi le trop grand excès d'air qui s'introduirait si toutes les portes étaient simultanément ouvertes, ce qui entraverait la marche des chambres de plomb dans lesquelles les gaz sont conduits. Par ce premier grillage, la blende abandonne environ la moitié de son soufre, qui est converti en acide sulfurique. Pour expulser le soufre restant, il est nécessaire de recourir à une température plus élevée. La sole est pourvue d'orifices par lesquels le minerai est précipité dans trois fours à réverbère situés au-dessous, dont les flammes servent à chausser la moufle où s'essectue le grillage. Les gaz de cette seconde opération sont perdus pour les chambres et vont droit à la cheminée.

En Saxe, où les inconvénients dus au traitement des sulfures étaient très-sensibles, les industriels se sont vus contraints d'absorber leur acide. On y emploie assez fréquemment un four à courant d'air forcé (Pl. VI, fig. 4). C'est une sorte de chambre close garnie d'étagères à claire-voie en briques réfractaires; le minerai broyé est introduit par le haut et tombe successivement d'une étagère sur l'autre, à travers les vides. Sous l'influence du courant d'air ascendant, lancé à une haute température, le minerai se grille et descend à la partie inférieure, d'où on le retire. La totalité du soufre est expulsée et convertie en acide sulfurique dans les chambres de plomb. Le procédé est applicable à toutes sortes de sulfures métalliques.

A Borbeck, près Mulheim, la Compagnie de la Vieille Montagne étudie en ce moment des dispositions ayant pour objet d'utiliser d'une semblable manière l'acide sulfureux de ses blendes.

Le troisième mode d'absorption, au moyen d'une réaction sur des oxydes métalliques, est pratiqué chez M. Rhodius, à Linz (Prusse rhénane). Le minerai est grillé comme précédemment dans un four à courant d'air forcé, mais les dispositions sont notablement différentes (Pl. VI, fig. 5 à 7). Le massif du four est divisé en neuf compartiments, par des cloisons verticales en maçonnerie. Quatre de ces compartiments reçoivent le minerai; les cinq autres, qui alternent avec les précédents, sont consacrés aux foyers, dont les flammes circulent de bas en haut par une série de carnaux horizontaux, et chaussent le minerai par le rayonnement des parois.

La matière sulfureuse est distribuée en faibles couches sur des étagères entre lesquelles des tuyères soufflent l'air à une pression convenable. Les gaz, ainsi distincts des slammes, se rendent dans un large carnau en maconnerie où ils sont rencontrés par un jet de vapeur provenant de générateurs situés au-dessus du massif et chauffés par les flammes perdues. Le courant débouche dans un bassin où s'accomplit la réaction qui constitue la partie originale du système. Ce bassin, d'une superficie de 36 mètres carrés, est rempli de minerai grillé sur une épaisseur de 75 centimètres, supporté par un double fond à claire-voie ménageant un vide de 50 centimètres au-dessous de la charge. C'est dans ce vide que se répand le mélange de gaz sulfureux et de vapeur d'eau, pour de la s'infiltrer à travers le minerai. Au contact des oxydes métalliques, la réaction se fait : l'acide sulfureux se transforme en acide sulfurique, et l'on obtient des sulfates. Au bout de huit jours l'attaque est complète; on retire les matériaux et l'on met en service un autre bassin. Par ce procédé, applicable à diverses sortes de sulfures, on a pu traiter utilement par voie humide des minerais contenant 1 et demi à 2 p. 100 de cuivre. Les minerais riches servent ainsi à traiter les minerais pauvres. Quant à l'absorption même de l'acide sulfureux, elle est

complète, et l'assainissement ne laisse rien à désirer (*).

Le quatrième moyen d'absorption, qui n'est pas le moins ingénieux, est exploité en grand chez M. de Laminne, à Ampsin, près Huy, et à l'usine de Flône, de la Vieille Montagne. Mais il convient de l'étudier chez l'inventeur luimême. M. de Laminne y a été conduit par le désir d'utiliser d'immenses amas de terrisses ou anciens schistes alunifères, qui forment de véritables collines aux environs de Huy. Trois fours à réverbère, affectés au grillage de la blende, envoient leurs gaz dans une même cheminée trainante qui grimpe jusqu'au haut d'une colline de 60 mètres d'élévation (Pl. VI, fig. 8 à 11). A divers niveaux cette cheminée maîtresse donne naissance à des conduits latéraux qui vont circuler sur des plateaux horizontaux. La circulation se fait en poussant le conduit jusqu'au bout du plateau, puis le faisant revenir sur lui-même en laissant 2 mètres d'intervalle, et ainsi de suite jusqu'à ce que tout le plateau soit sillonné. Au-dessus du réseau ainsi formé on accumule environ 2 mètres de schistes: sur cette nouvelle plate-forme on établit un nouveau réseau avec sa couche de schistes, et l'on continue ainsi de manière à ce qu'on ait trois, quatre ou cinq systèmes superposés.

Les conduits latéraux ont 70 centimètres sur 60 de section. Ils sont construits, soit en pierres sèches, dont les interstices livrent suffisamment passage aux gaz, soit en maçonnerie criblée d'ouvreaux. Ils communiquent les uns aux autres ou sont terminés en cul-de-sac, mais en aucun cas ils ne débouchent à l'air libre.

Les fumées vont dans tous les plateaux à la fois, à l'exception, bien entendu, de ceux qui sont en exploitation. Ce

vaste condenseur absorbe les gaz de 5.000 kilogrammes de blende en 24 heures. La totalité des schistes est transformée en sulfate d'alumine au bout de 12 à 15 mois. Pour que la réaction se fasse bien, il est nécessaire que les schistes soient un peu humides. Aussi, quand le temps n'est pas assez pluvieux, on y supplée, soit par un arrosage, soit par une injection de vapeur.

M. de Laminne, qui a étudié la question sous toutes ses faces, a appliqué son procédé de condensation non-seulement au grillage de la blende, mais aussi au grillage des pyrites de fer, des schistes alumineux et même à la combustion de la houille des fours à réduire le zinc. Seulement, dans ce dernier cas, pour qu'il y ait un tirage suffisant, il faut que la cheminée maîtresse conserve un débouché à l'air libre, en sorte que l'assainissement n'est qu'imparfaitement réalisé; tandis qu'avec les sulfures métalliques, la cheminée n'a pas besoin de débouché extérieur: la condensation de l'acide sulfureux suffit pour entretenir le tirage des fours.

En résumé ce procédé est tout à fait satisfaisant. L'emploi n'en est limité que par la difficulté d'avoir sous la main une quantité suffisante de matériaux d'absorption.

Hydrogène sulfuré. — Le traitement des eaux du gaz de l'éclairage ne donne pas lieu d'ordinaire, en Belgique et en Prusse, à des dégagements d'hydrogène sulfuré. On y emploie, en effet, le mode de traitement par la chaux, préalablement à l'attaque par les acides, dans des conditions à peu près semblables à celles qui se pratiquent en France.

Mais une source d'acide sulfhydrique, devenue assez abondante depuis quelques années, est la fabrication du chlorure de barium. Chez M. Georges Zimmer, à Mannheim, où le chlorure est obtenu par l'ancienne méthode, c'est-à-dire en passant par le sulfure de barium, la décomposition de ce dernier corps expulse une forte quantité d'hydrogène sulfuré. Pour le moment on se borne à l'envoyer dans une haute cheminée, en l'aspirant hors des appareils au moyen

^(*) L'appareil ne marchait pas au moment de notre visite, pour des raisons tout à fait indépendantes de sa bonté intrinsèque. Mais le procédé est en pleine vigueur à l'usine de Topplitz, près Laybach, appartenant aux mêmes industriels.

d'un ventilateur énergique. Mais cet industriel s'occupe trèsactivement de la question, qu'il voudrait résoudre en utilisant le gaz. Il songe notamment à appliquer, en le perfectionnant, le procédé de M. Bell, près Newcastle, lequel consiste, comme on sait, à faire réagir ensemble l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux. M. Zimmer est d'autant plus intéressé à la solution, qu'il va se trouver en présence d'une nouvelle et plus importante source de gaz sulfhydrique en fabriquant, comme il se le propose, le carbonate de soude par la réaction du carbonate de magnésie sur le sulfure de sodium. Malheureusement, jusqu'à ce jour, il n'y a eu, ni en Belgique ni en Allemagne, aucun essai heureux d'utilisation de l'hydrogène sulfuré.

M. Henri Godin, à Stolberg, a assaini la fabrication du chlorure de barium en introduisant la nouvelle méthode d'après laquelle on obtient ce produit sans passer par le sulfure de barium, mais en attaquant ensemble, au four à réverbère, le sulfate de baryte, le calcaire, le chlorure de calcium et le charbon. Ce qui a déterminé M. Godin à adopter le nouveau mode, c'est précisément l'impossibilité où il s'est vu de détruire en grand l'acide sulfhydrique sans faire courir des dangers à ses ouvriers.

Ammoniaque.—La distillation par la chaux des eaux ammoniacales du gaz de l'éclairage, fort usitée en Belgique et en Prusse, est fréquemment accompagnée d'un dégagement d'ammoniaque à l'air libre. Une disposition simple consiste à munir la chaudière de saturation d'un tuyau qui amène les gaz en excès sous le cendrier du foyer. On en peut voir un bon exemple dans la fabrique de sels ammoniacaux de Molenbeck-Saint-Jean, près Bruxelles.

Gaz de l'éclairage. — Les fabriques de gaz infectent l'atmosphère, notamment quand on fait la vidange des caisses d'épuration. Les matières extraités laissent dégager une forte proportion de produits incommodes. On n'a fait aucune tentative pour désinfecter l'intérieur des caisses avant de les ouvrir. On se borne d'ordinaire à enlever le plus rapidement possible les matières épuisées. Le seul procédé spécial dont nous ayons eu connaissance a été appliqué à Ypres. La chaux qui a servi à l'épuration est immédiatement mêlée aux cendres des foyers. Celles-ci détruisent efficacement toute odeur. Le mélange, conservé dans un couloir bien ventilé, ne cause aucune incommodité au voisinage, et est vendu comme engrais.

Quant aux substances employées à épurer le gaz, elles sont les mêmes que dans les autres pays.

Briqueteries, fours à coke, etc .- La question des briqueteries occupe en ce moment l'attention publique en Belgique, à cause de l'étendue des inconvénients auxquels elles ont donné lieu. Ces établissements sont concentrés en si grand nombre à Boom, à Niel, à Hémixem (environs d'Anvers), que le territoire a été dévasté sur plusieurs kilomètres. Une commission, composée de trois membres du Conseil supérieur d'hygiène publique, constatait l'année dernière que les plaintes de la population étaient très-fondées. «En effet, dit le rapport, il s'échappe presque continuellement des fours en travail une fumée brûlante, épaisse et suffocante qui, jetée dans l'air à quelques mètres seulement du sol, rend les maisons littéralement inhabitables et détruit la végétation. » Cette fumée qui comprend tous les principes qui se dégagent ordinairement de ce genre de fours, est plus particulièrement chargée d'acide sulfureux par suite de la grande quantité de pyrites contenues dans la terre employée (*). Aussi le pays est-il couvert d'un brouillard bleuâtre qui rappelle par son odeur celui qui environne les fabriques de cuivre. La mesure à laquelle on s'est arrêté ne tend à rien moins qu'à transformer cette industrie en faisant disparaître les petits producteurs pour conserver seulement les

^(*) Ces pyrites sont si abondantes qu'on donne une prime aux ouvriers qui en débarrassent l'argile.

grands exploitants. En effet, les fours sont désormais assujettis à envoyer leurs fumées dans des cheminées de 30 à 40 mètres, ce qui entraîne un remaniement complet dans le système du four lui-même. La fabrique de M. Plottier, à Hémixem, offre un bon type des nouvelles dispositions. Les fours, au nombre de cinq, ont la forme d'une arche de pont fermée par deux murs en maçonnerie. Leur hauteur est d'environ 8 mètres. Immédiatement au-dessous de la voûte, du côté opposé à la porte d'entrée, un orifice livre passage aux fumées qui descendent par un carnau jusqu'à la rencontre du canal souterrain qui débouche à une cheminée d'une trentaine de mètres. La marche des fours est trèsrégulière, et M. Plottier trouve que, tout compte fait, l'installation de la cheminée constitue un avantage pécuniaire dès qu'on a quatre ou cinq feux en activité.

Les fours à coke ont également donné lieu à de graves plaintes. On laisse subsister les anciens dans leur état actuel, mais on n'autorise les nouveaux qu'à la condition de dégager dans des cheminées de 15 à 20 mètres.

Huiles minerales. — On fabrique une assez grande quantité d'huiles minérales, notamment par la distillation du Bog-Head d'Écosse. Un des établissements les mieux tenus est celui de MM. Washer et Cie, à Hémixem. Les appareils distillatoires sont construits avec soin et ne laissent échapper aucune odeur. Les produits se rendent dans de longs serpentins; les liquides, objets de la fabrication, sont condensés et rectifiés pour être vendus sous le nom de photogène; les gaz sont en partie brûlés au moment de leur production et en partie recueillis dans des gazomètres pour servir à l'éclairage de l'établissement. La combustion a lieu dans les foyers mêmes d'élaboration; le gaz y arrive après avoir traversé des caisses à eau, dont la dernière ne laisse subsister qu'un très-faible volume de gaz entre elle et le foyer, de manière à prévenir toute communication de feu et toute explosion.

2º Vapeurs organiques.

Nous désignerons ainsi les dégagements qui se produisent dans le travail des matières organiques, bien qu'il s'y rencontre souvent une forte proportion de gaz minéraux.

Engrais artificiels. - La fabrication par la méthode anglaise, consistant à convertir les os en hyperphosphates, a pris une grande extension en Belgique et surtout en Allemagne. Toutefois on ne trouve pas de grands établissements, pouvant servir de modèles au point de vue de la salubrité. En général, on se borne à attaquer le mélange d'os et de phosphates naturels dans des chaudières découvertes: aucun procédé n'est employé pour détruire les gaz et les vapeurs. Un petit nombre d'usines, en particulier celle de Mannheim, opèrent en vase clos, en brassant le mélange dans une sorte de pétrin mécanique. Les gaz sont conduits hors des ateliers au moyen d'un tuyau implanté sur le pétrin et débouchant dans une cheminée d'appel.

Une pratique qui s'est introduite dans plusieurs fabriques, a pour résultat de diminuer les dégagements sulfureux dus à l'attaque des os. Elle consiste à soumettre préalablement ceux-ci à l'action de la vapeur, pendant deux ou trois heures, à une pression de 4 ou 5 atmosphères. Ils deviennent ainsi excessivement friables, sont attaqués très-facilement à froid par l'acide sulfurique, et ne réagissent point sur lui pour le décomposer et former de l'acide sulfureux. Cette pratique

est en usage à Stolberg et à Mannheim.

On prépare quelques autres variétés d'engrais avec du sang, du poisson, des os, etc. A Neder Overheembeek, dans le Brabant, MM. Tétard-Féry et Cie opèrent sur ces matières réunies à des substances minérales, sulfate de fer, sel marin, etc. On combat en partie les émanations par les précautions suivantes : 1° les matières organiques ne séjournent dans l'usine qu'après avoir été mélangées avec des substances, telles que le coaltar, qui en préviennent ou en arrêtent la fermentation; 2° les matières sont acidulées avant d'être soumises aux opérations ultérieures; 5° la dessiccation s'effectue en vases clos, et les produits gazeux sont conduits dans un foyer incandescent.

Charbon d'os. — La fabrique de MM. Albertz et Cie à Biebrich, près Mayence, est la plus intéressante que nous ayons vue. Les os sont calcinés dans des cornues à gaz. Les vapeurs qui s'en dégagent abandonnent leur ammoniaque dans des colonnes de condensation, garnies de coke mouillé. Elles subissent un dernier lavage dans une caisse en grès et se rendent au voisinage du foyer en traversant une boîte à eau. Là un robinet permet de les diriger à volonté sur les grilles ou dans un gazomètre pour l'éclairage de l'usine. Tous les gaz sont si bien utilisés qu'on ne sent pas la moindre odeur.

Bougies. — Plusieurs opérations, la fonte des suifs bruts, la saponification, la distillation, donnent lieu à des dégagements très-incommodes. Les principaux établissements ont adopté des procédés de désinfection.

Chez M. de Roubaix, à Borgerhout, près Anvers, la fonte s'effectue encore dans des chaudières découvertes, mais les opérations ultérieures ont été soigneusement assainies. La saponification par l'acide sulfurique a lieu dans des vases clos, munis d'un tuyau en plomb qui débouche dans un carnau communiquant à la grande cheminée. Ajoutons que cette disposition, qui préserve les ateliers des émanations sulfureuses, laisse subsister pour les voisins un juste sujet de plaintes. Les acides gras vont ensuite reposer dans quatre grandes cuves enveloppées de maçonnerie et percées d'orifices qui communiquent également à la cheminée. Les alambics à distiller sont bien établis. Les acides gras se rendent dans des cuves parfaitement closes. Les vapeurs et l'acroléine sont entraînées par un carnau à la rencontre des flammes perdues des foyers au sein desquelles ces

vapeurs sont brûlées. C'est dans les mêmes cuves que les acides grás sont nettoyés à la vapeur.

M. de Roubaix Jenar, frère du précédent, dont la belle fabrique à Cureghem-lès-Bruxelles, attire les visiteurs, a cherché dans des précautions préventives le moyen d'assainir son industrie. Ainsi le dégagement d'acide sulfureux a été considérablement atténué par une réduction progressive de la quantité d'acide sulfurique. M. de Roubaix prétend même qu'à la dose de 3 p. 100, à laquelle il est actuellement descendu, la formation du gaz sulfureux est à peu près évitée. Il poursuit des expériences qui ne tendent à rien moins qu'à supprimer entièrement l'acide sulfurique en effectuant la saponification par l'eau, sous une pression de 12 atmosphères. Ce procédé, qui assainirait radicalement l'opération, ne paraît pas rencontrer d'autre obstacle que celui d'obtenir des appareils suffisamment résistants.

Les huiles volatilisées pendant la distillation sont conduites dans un réfrigérant et totalement condensées. Quant à la formation de l'acroléine, M. de Roubaix se fait fort de l'éviter par une surveillance attentive des alambics. On punit les ouvriers lorsque ce produit se développe en notable proportion.

Une autre cause d'infection, provenant du séjour des matières grasses dans le sol des ateliers, est soigneusement évitée par cet industriel. Tous les planchers sont recouverts de sciure de bois qu'on renouvelle fréquemment. La matière encrassée est soumise à la presse pour l'extraction de la graisse, et les tourteaux, contenant encore environ 5 p. 100 de principes gras sont traités au sulfure de carbone dans un établissement voisin.

Les goudrons provenant de la distillation étaient d'abord brûlés sous les foyers, ce qui donnait lieu à une fumée fétide et épaisse. On s'en sert maintenant pour fabriquer le gaz d'éclairage de l'usine.

Un détail qu'il est bon de signaler parce qu'il contribue

à l'infection quand il est négligé, est relatif à l'installation des presses à acide stéarique. Le plus souvent les huiles exprimées éclaboussent le sol et lui communiquent à la longue cette odeur particulière qu'on sent au voisinage des fabriques de bougies. Chez M. de Roubaix, rien n'est perdu. Le bâtiment des presses est entouré de larges rigoles métalliques dans lesquelles les liquides se rassemblent pour gagner par un caniveau souterrain l'atelier aux huiles.

Chez d'autres industriels, notamment chez M. Ostermann, à Barmen, près Dusseldorf, on rencontre également de

bonnes dispositions.

Huiles de résine, vernis. — Cette fabrication a pris en Belgique une extension considérable. La commune de Molenbeck-Saint-Jean, près Bruxelles, était devenue dans ces dernières années presque inhabitable, par suite de la grande quantité d'usines établies en ce point. Aussi le Conseil supérieur d'hygiène les a-t-il astreintes à un règlement général, dont les principales dispositions, appliquées aujourd'hui, ont sensiblement amélioré l'état des choses (Note d). La fabrique de M. Demetz, à Molenbeck, offre un des meilleurs types. Les produits provenant de la distillation de la résine se rendent, à l'aide d'un tube coudé parfaitement mastiqué sur la cornue, dans un condensateur bien refroidi. Le liquide condensé s'écoule, au travers d'une lanterne vitrée et fermée, dans un tube de plomb qui se dirige vers des réservoirs en maçonnerie ouverts, creusés dans le sol du magasin, à 25 mètres au moins de l'usine. Les gaz provenant de la décomposition de la résine se rendent, en traversant une soupape hydraulique, dans un foyer servant à la distillation, où ils se brûlent complétement. Ce foyer est d'ailleurs situé hors de l'usine. En somme, les dispositions, tant au point de vue de l'incendie que de l'odeur, sont de nature à être imitées.

Les fabriques de vernis ont adopté des procédés analogues. Les vapeurs sont dirigées dans des foyers. On n'a pas essayé de la condensation, qui a donné cependant de bons résultats en Angleterre.

Potasse des mélasses. — Il s'est fondé en Belgique et en Allemagne un assez grand nombre d'établissements qui extraient la potasse des mélasses. Cette opération donne lieu à des odeurs désagréables, soit quand on concentre les vinasses, soit quand on retire la masse incandescente des fours de carbonisation. Pour y remédier, M. Dupont, à Gembloux, près Namur, concentre les liquides en vase clos, l'aide de la vapeur. Quand ils sont arrivés à une consistance suffisante, ils descendent dans un four à réverbère. La masse incandescente retirée du four ne reste point à l'air libre, mais elle est précipitée dans une sorte d'étouffoir communiquant par un conduit spécial avec le foyer de la chaudière, et où la carbonisation s'achève lentement.

5º Fumivorité.

A l'examen des procédés ayant pour but de protéger l'atmosphère contre les dégagements industriels, se rattache naturellement la question de la fumivorité.

Ici il ne s'agit plus de détruire des gaz délétères, mais simplement de les décolorer en leur enlevant l'excès de matières charbonneuses qu'ils contiennent. Cet excès tenant invariablement à une combustion incomplète, tous les appareils fumivores doivent satisfaire à la condition fondamentale de rendre la combustion plus complète. Tel est le point de vue auquel on s'est placé depuis une dizaine d'années, et qui a mis fin à une foule d'inventions irrationnelles qui n'étaient propres qu'à retarder la solution du problème. Sous l'influence des saines idées, on a réalisé une amélioration sensible dans les centres principaux. Toutefois les progrès obtenus sont encore bien incomplets, ce qu'on doit attribuer à l'extrême indulgence avec laquelle les autorités locales laissent les abus se perpétuer. Il est juste d'ajouter

TOME VII, 1865.

que nulle part les industries n'étant accumulées au même degré qu'en Angleterre, les inconvénients ont toujours été beaucoup moindres. Il ne paraît pas d'ailleurs que l'agriculture ait eu à souffrir des effets de la fumée proprement dite. Partout où l'on a observé des ravages, comme autour de certaines briqueteries, de fours à zinc, etc., on les a attribués à l'acide sulfureux et non aux gaz fuligineux euxmêmes.

Les fourneaux pouvant donner lieu à de grands dégagements de fumée sont de deux sortes :

1° Ceux dans lesquels on effectue certaines élaborations;2° Ceux qui servent à chauffer des appareils à vapeur.

Pour les premiers, le seul progrès réalisé consiste dans l'introduction du système Siemens, lequel a, comme on sait, pour résultat de diminuer considérablement la fumée, en même temps que de procurer une économie sensible de combustible (*). C'est surtout dans les verreries, à Namur, à Charleroi, à Biebrich, à Mannheim, etc., que ces appareils ont été appliqués. On a fait des essais pour les adapter aux fours à poteries, mais nous n'avons pas ouï dire qu'on ait persisté.

Dans les foyers d'appareils à vapeur, on a expérimenté divers systèmes bien connus en France. Les grilles dites Taillefer, les injections de vapeur d'eau, l'accouplement des foyers, etc., ont des représentants tant en Belgique qu'en Allemagne. En somme, nous avons vu peu d'inventions originales. Il convient cependant de citer une disposition due à M. Chodzko, qui est appliquée, à Bruxelles, dans quelques établissements secondaires, notamment dans la papeterie de M. Asselbergh. Elle se résume à avoir deux foyers successifs, le plus éloigné de la porte étant d'environ 30 centimètres plus bas que l'autre. Le charbon frais est chargé

sur la grille la plus haute, où il subit une première distillation; on le fait tomber ensuite sur la seconde grille, où règne la température la plus élevée. C'est le même principe que celui des grilles à gradins.

Un système un peu analogue, imaginé par M. Kindt, inspecteur des industries, a été appliqué pendant quelque temps à l'un des fourneaux de l'hôtel des monnaies. En avant de la porte ordinaire du foyer est ménagée une petite chambre rectangulaire dont la partie antérieure est fermée par une porte. Au fond de cette chambre, c'est-à-dire tout contre les barreaux de la grille, se trouve un registre glissant dans une coulisse, qu'on peut lever ou baisser à volonté. On place le charbon cru dans la capacité comprise entre la porte et le registre; puis, la porte étant bien fermée, on ouvre le registre et le charbon s'éboule sur le bord de la grille où il subit une sorte de distillation. Quelque temps après on introduit un ringard par un petit trou carré pratiqué dans la partie extérieure et l'on étale le charbon éboulé sur la grille, de façon qu'il rèçoive le plus complétement possible la chaleur rayonnante du foyer. Le charbon cru commence alors à se décomposer; les fumées, mêlées à l'air qui s'introduit par le petit orifice de la porte se brûlent sur le charbon incandescent. Indépendamment de cette disposition, M. Kindt ménage une ouverture en avant de l'autel, pour fournir au besoin de l'air supplémentaire à la zone de combustion.

M. Langen, constructeur à Cologne, a inventé une grille à étages, dont l'usage s'est répandu dans la Prusse rhénane et même dans l'Est de la France. Elle se compose de trois séries de barreaux horizontaux superposés, en retraite les uns sur les autres (Pl. VII). L'extrémité des barreaux est recourbée de façon que l'ensemble des coudes des trois rangées forme une sorte de plan incliné, depuis la porte de chargement jusqu'à une quatrième série disposée comme une grille ordinaire et constituant le fond du foyer. Les

^(*) Cet appareil ayant été décrit dans notre Rapport sur l'Angleterre, nous ne le reproduirons pas ici.

coudes d'une série ne rejoignent pas les barreaux de dessous, mais ils laissent un vide qui permet de faire glisser le combustible entre deux étages. On amène la houille fraîche sur les trois séries de barreaux, jusqu'à la naissance des coudes, de manière à ce qu'elle y subisse une première distillation pendant que le charbon placé sur le plan incliné et sur la grille du fond achève de se brûler. On pousse ensuite la houille sur le plan et l'on recharge du charbon frais à la place.

Une précaution assez répandue pour arrêter les plus grosses flammèches consiste à coiffer la cheminée d'un chapeau qui oblige la fumée à sortir par des ouvertures latérales. Le brusque changement de vitesse ainsi imprimé aux gaz a pour effet de retenir dans la cheminée une portion des particules solides. M. de Roubaix Jenar, à Bruxelles, assure que ce simple détail a mis fin aux plaintes du voisinage.

En résumé, les industriels paraissent aujourd'hui peu favorables à toute espèce d'appareils fumivores. On admet qu'aucun d'eux n'est ni nécessaire ni suffisant pour le but qu'on se propose, mais que la destruction de la fumée dépend surtout des soins et de l'intelligence du chauffeur. On recommande, entre autres choses, l'observation des principes suivants:

1° Avoir une épaisseur modérée de charbon sur la grille, 10 à 12 centimètres, 15 au plus;

2° Éviter la brusque formation d'une trop grande quantité de gaz froids;

5° Introduire de l'air supplémentaire dans la zone de combustion.

Toutesois, nous le répétons, la pratique laisse encore beaucoup à désirer.

4º Sépultures.

Les inhumations s'effectuant ordinairement dans des délais très-courts, de un à trois jours, il ne se produit pas les mêmes inconvénients que nous avons eu occasion d'observer en Angleterre. Dès lors aucune mesure spéciale d'assainissement n'a dû être prise au point de vue du séjour des corps dans les maisons. La seule question qui se soit présentée est relative à la difficulté qu'ont les familles pauvres pour conserver le corps à domicile pendant le temps usuel. Beaucoup d'entre elles n'ont, comme en tout pays, qu'une chambre ou deux pour se loger. Quelque réduite que soit la durée de la garde du corps, la situation est toujours fâcheuse, plus encore sous le rapport de l'humanité et de la décence que sous celui de la salubrité.

C'est pour y porter remède que s'est introduit, en Allemagne, l'usage des maisons mortuaires ou maisons de dépôt pour les morts, à l'entrée des cimetières. Les familles pauvres peuvent y faire garder leurs corps en toute confiance. Ces établissements sont en général très-bien tenus. La grande salle est divisée en cellules, munies chacune d'une cheminée de ventilation. Autour du bras des cadavres est enroulé un cordon de sonnette qui s'agiterait au moindre mouvement; mais il ne paraît pas que cette sage précaution ait encore été justifiée par l'événement. La maison qui passe pour la mieux installée est celle de Munich; on cite aussi celles de Francfort, Cologne, Dusseldorf. La répugnance des habitants met obstacle à ce qu'on en tire tout le parti possible. Ils préfèrent le plus souvent conserver leurs morts chez eux, quelques difficultés que fasse naître l'exiguïté du local.

Les cimetières ne présentent pas non plus les dangers spéciaux auxquels ont donné lieu les pratiques anglaises. Ils sont situés hors des villes et dans des terrains suffisamment étendus. Dans les petites communes seulement, on trouve encore des cimetières autour des églises; mais le nombre en diminue tous les jours.

Le seul fait d'importance pour la salubrité, qui se soit produit récemment en Belgique, relativement aux sépultures, est le déplacement du cimetière de Borgerhout motivé par les travaux des nouvelles fortifications d'Anvers. Il n'est pas inutile de le rapporter, parce que c'est peut-être le cas d'exhumation le plus difficile qu'on ait eu à accomplir depuis le commencement du siècle, et parce que la sagesse des dispositions prises en font un exemple à suivre dans toute circonstance analogue.

Le cimetière était resté ouvert jusqu'au 1° janvier 1861. Le chiffre des inhumations avait dépassé cent soixante par an, et, au dire des fossoyeurs, des cadavres enterrés depuis dix ans répandaient encore une odeur insupportable. La quantité de restes humains était donc très-considérable: elle représentait plus d'un millier de corps. L'évacuation dut être faite assez rapidement, pendant le courant de l'hiver de 1863. Le Conseil supérieur d'hygiène publique prescrivit des mesures très-détaillées, tant au point de vue de la santé des ouvriers que de la salubrité du voisinage. On convint de déblayer le terrain en masse, couche par couche, jusqu'à ce qu'on fût arrivé à la profondeur où reposaient les cercueils. Aussitôt que les odeurs commençaient à se manifester le sol était arrosé avec une dissolution de chlorure de chaux, et le travail était repris sur un autre point jusqu'à ce que les émanations eussent cessé dans le premier chantier. D'abondantes lotions étaient d'ailleurs faites sur les ossements, selon leur degré d'infection, à mesure qu'ils venaient au jour. Quant aux ouvriers, ils furent l'objet de précautions minutieuses. On les avait pourvus de vêtements spéciaux, qui ne quittaient pas le lieu du travail, et qu'on soumettait à des fumigations de chlore toutes les nuits. Nous renvoyons pour plus de détails à la Note e.

III. INFECTION DES ATMOSPHÈRES LIMITÉES.

Dans les espaces clos ou privés d'une suffisante communication avec le dehors, l'atmosphère est susceptible de s'altérer après un temps plus ou moins long, soit par la lente absorption de l'oxygène, soit par la production de gaz délétères ou irrespirables. Ces deux causes d'infection n'ont pas été distinguées pratiquement dans les pays dont nous nous occupons. Les moyens employés paraissent avoir toujours eu pour but de les combattre indifféremment sans s'attacher spécialement à l'une d'elles. Encore même convient-il d'ajouter que pour des cas très-importants ces moyens sont à peu près nuls.

Les effets dont nous parlons sont surtout observables dans certaines catégories de lieux, que nous allons examiner. Nous laisserons naturellement de côté les faits qui n'ont pas un suffisant caractère de généralité.

Galeries de mines. — Cette nature d'ateliers nous semblant sortir du cadre de notre étude, nous nous bornerons à rappeler les résultats remarquables obtenus en Belgique. L'assainissement des mines y est une question tout à fait nationale. On peut presque dire qu'on est arrivé aujour-d'hui à la perfection; non pas que les procédés offrent quelque particularité inconnue aux autres pays, mais à cause des soins qui président à leur mise en œuvre et de l'usage très-général qu'on en a fait depuis une dizaine d'années. Le mode tend d'ailleurs de plus en plus à devenir uniforme: on renonce au tirage obtenu par des foyers, et l'on emploie presque exclusivement les ventilateurs mécaniques agissant par aspiration. Parmi ces derniers, ceux du système Fabri obtiennent une préférence chaque jour plus marquée.

389

Galeries d'égout. — Les gaz développés dans les égouts présentent d'autant plus de dangers pour les ouvriers que les fabriques y déchargent habituellement leurs résidus liquides, ce qui fournit l'occasion de réactions violentes et instantanées contre lesquelles il n'est pas toujours possible de se prémunir. En outre, dans plusieurs villes les matières fécales vont aux égouts. Dans celles même ou cette pratique est interdite, il est rare qu'un grand nonibre de maisons ne soient pas en communication clandestine avec eux. Ces divers éléments d'émanations putrides ont d'autant plus de facilités à se développer que les maisons et les rues sont rarement pourvues d'une distribution d'eau abondante. Aussi dans la plupart des villes de Belgique et de Prusse les odeurs qu'exhalent ces conduits souterrains sont vraiment insupportables. Leur assainissement est donc une question de la plus haute gravité, qui commence à être à l'ordre du jour dans les cités les plus avancées. Quant aux résultats déjà obtenus, ils sont malheureusement peu considérables.

Les moyens employés jusqu'ici sont exclusivement physiques, et au nombre de deux principaux : la ventilation et le lavage.

La ventilation, bien que reconnue excellente en principe, a été pratiquée sur une très-petite échelle ou dans des conditions tout à fait barbares.

Le projet le plus saillant qui ait été produit pour un aérage méthodique est celui de M. Devaux, inspecteur général des mines de Belgique. Cet ingénieur propose d'intercepter systématiquement, au moyen de fermetures hydrauliques, toutes les communications entre les égouts et les maisons ou les rues, et, une fois réalisé cet isolement qui rendrait le réseau des égouts semblable à celui des mines, d'adapter un certain nombre de ventilateurs pour expulser les gaz dans des cheminées élevées. Il a été question d'appliquer ce système à la commune d'Ixelles, près Bruxelles, mais des

considérations d'un autre ordre ont fait ajourner cette intéressante expérience. Dans une publication en date du mois de mai 1865, M. Devaux établit que pour la ville de Bruxelles il suffirait de trois appareils d'aspiration, dont l'entretien annuel coûterait moins de 20.000 francs. (Note f.)

On a fait quelques applications, mais très-restreintes, des tuvaux d'aérage débouchant au-dessus des toits. A Bruxelles, on en a placé à l'hôtel de ville, aux églises de Finistère et du Béguignage, aux portes de Vannes et d'Anderlecht, au grand théâtre, à la caserne Sainte-Elisabeth, etc. Les tuyaux en poterie ou en grès, de 20 centimètres environ de diamètre, sont adaptés à la voûte de l'égout et dépassent légèrement le faîtage des édifices. A Anvers on a construit un petit nombre de cheminées d'aérage. Certaines font appel d'une manière assez suivie. De temps à autre, surtout en cas d'épidémie, on y fait du feu. Quelques essais ont eu lieu aussi à Liége. On a construit deux cheminées de 40 centimètres de diamètre pour ventiler trois ou quatre égouts à peu près privés d'eau et très-infects. On pourrait citer d'autres faits semblables, mais toujours à l'état d'exception. Bref, on doit considérer ce moyen comme n'étant guère encore qu'à l'état théorique.

La seule manière réellement générale d'aérer les égouts, manière tout à fait primitive, consiste jusqu'ici à ouvrir à l'avance les cheminées de curage pratiquées dans le sol et débouchant sur la voie publique. On enlève les plaques qui les recouvrent, sur des points plus ou moins rapprochés, selon le degré d'intensité des odeurs qu'on redoute, et les ouvriers descendent quand on suppose que l'air est suffisamment renouvelé. En certains cas, lorsqu'il faut extraire des amas considérables d'immondices et qu'on ne peut compter sur une ventilation convenable, on démolit une portion de la voûte de l'égout. C'est ce qui a lieu, par exemple, à Anvers, à Gand, à Mayence.

Une des causes qui ont sans doute contribué à retarder

le progrès en Belgique, c'est que la ville qui devait naturellement lui donner l'impulsion, la capitale, se trouve placée dans des conditions topographiques qui y rendent la ventilation des égouts moins nécessaire qu'ailleurs. La plus grande partie de Bruxelles est bâtie sur une élévation qui donne aux rues une très-forte pente. On compte que les deux tiers environ des égouts se vident d'eux-mêmes, malgré le faible volume d'eau dont on dispose, et que les ouvriers n'ont pour ainsi dire pas besoin d'y pénétrer. Ce n'est guère qu'après les forts orages que certains angles de galeries se trouvent obstrués par les sables. Mais précisément à ce moment l'atmophère y est suffisamment purifiée. On s'est donc préoccupé très-peu de la ventilation, ou du moins on n'en a éprouvé le besoin que sur quelques points déterminés. Ajoutons qu'en Belgique comme en Prusse, les égouts sont réduits au simple rôle d'évacuateurs. Nulle part ils ne contiennent les organes de la vie de la cité tels que conduites d'eau, tuyaux de gaz, etc.; dès lors les ouvriers y circulent moins fréquemment.

La méthode des lavages, qui a non-seulement pour but d'assainir les galeries, mais encore de supprimer le curage à bras d'homme, a reçu des applications plus nombreuses et surtout plus étudiées. C'est à Liége qu'on trouve la plus haute expression du système (Note g). Les ingénieurs distingués qui se sont succédé au service de la municipalité, MM. Remont, Dumont, Blonden, ont tous apporté les mêmes vues, et ont graduellement généralisé le procédé en le perfectionnant. Aujourd'hui, malgré la faible pente de la plupart des égouts, le curage à bras y est une exception. Le travail est presque entièrement effectué par des chasses d'eau dirigées à volonté dans l'une ou l'autre partie du réseau. Les eaux dont on dispose sont celles d'une petite rivière assez abondante, la Légia, et celles de plusieurs exploitations charbonnières situées sur des points culminants de la zone suburbaine. On profite aussi, mais seulement pour les parties

basses, des eaux de la Meuse provenant de la canalisation de ce fleuve en amont de la ville. Des vannes sont placées à différentes distances dans les égouts, pour former des bassins d'eau successifs. En ouvrant ces vannes alternativement, à des jours et heures déterminées selon les besoins, les eaux sont lancées tantôt dans une direction, tantôt dans une autre. En outre, le grand collecteur qui doit réunir tous les égouts de la ville, et qui est en voie d'achèvement, sera lavé par un courant d'eau continu, emprunté au bassin du Commerce, à raison de 40.000 mètres cubes environ par jour. On ne doute point que ce volume ne soit bien plus que suffisant pour assainir le collecteur et entraîner tous les immondices de la ville, quoique, à Liége, les matières fécales soient déchargées universellement aux égouts.

Le même système se retrouve, à des degrés divers, dans plusieurs villes importantes. A Ostende, le collecteur est lavé par le flux et le reflux de la mer et les égouts ordinaires reçoivent des chasses au moyen des eaux du bassin du Commerce. A Anvers, les égouts principaux pour lesquels on a utilisé les fossés des enceintes successives, sont également visités par la marée, mais les branchements sont privés de lavages. A Gand, on a élevé, au moyen d'écluses et de vannes, les eaux du haut Escaut de om,50 et qm,50 respectivement en été et en hiver, pour faire des chasses régulières; mais la très-faible pente des égouts et leurs débouchés dans les canaux au-dessous de l'étiage unisent à l'efficacité du procédé. A Trèves, sur la Moselle, les égouts principaux, à large section, sont lavés d'une manière continue par la rivière. Dans les principales villes de la Hollande méridionale, Amsterdam, Rotterdam et même la Haye, les égouts sont baignés par les eaux des canaux où ils débouchent après de très-faibles parcours. Sur plusieurs autres points, à Aix-la-Chapelle, à Francfort, à Mannheim, le manque d'eau empêche seul qu'on n'applique en grand le système des lavages.

Quant aux procédés chimiques, nulle part on n'en a fait usage. Accidentellement on répand bien quelque désinfectant à l'entrée d'une bouche découverte, dégageant de mauvaises odeurs; mais ces faits isolés ont en vue exclusivement la salubrité de la surface et jamais celle de l'intérieur. Ils sont d'ailleurs d'autant plus rares qu'on préfère partout se prémunir contre les émanations en fermant simplement les bouches par des appareils hydrauliques ou de toute autre manière.

Fosses et cabinets d'aisances. — Les réceptacles des matières fécales sont de plusieurs sortes. On distingue les fosses fixes couvertes, les fosses fixes à ciel ouvert, les fosses mobiles et les puits absorbants, sans parler des égouts euxmêmes, qui souvent communiquent directement aux latrines.

Les fosses couvertes sont les seules dont le curage puisse offrir de sérieux dangers pour les ouvriers. Comme elles sont encore usitées dans plusieurs villes, à l'exclusion même de tout autre système, on s'est naturellement préoccupé de les assainir. On est arrivé aux mêmes procédés de vidange qu'en France, c'est-à-dire qu'on désinfecte plus ou moins avec des réactifs chimiques, et qu'on opère l'extraction soit à bras, soit à la pompe, soit au moyen des appareils dits hydro-barométriques. La ventilation permanente de la fosse est encore à l'état d'exception. Presque nulle part, on ne construit de cheminées d'aréage débouchant au-dessus des toits, cheminées dont l'efficacité, il faut bien le dire, est beaucoup moindre qu'on ne l'avait espéré. Une disposition cependant qui nous paraît mériter d'être citée est celle qu'on trouve dans quelques établissements publics de Belgique. On aère la fosse par le tuyau de chute, qu'on prolonge dans ce but au-dessus du toit, et dont on augmente l'effet au moven d'une girouette qui, dans ses mouvements, fait tourner un petit ventilateur aspiratoire. Une autre disposition, également recommandable, a été adoptée

par M. Hammers, bourgmestre en chef de Dusseldorf, qui s'est étudié à observer toutes les règles de l'hygiène dans la maison qu'il vient de construire. Toutes les opérations rebutantes, entre autres le lavage du linge, sont reléguées dans le sous-sol. Un grand poêle, affecté à divers usages domestiques, y est fréquemment en feu. La fosse est pourvue d'un tuyau d'évent qui débouche dans la cheminée même de ce poêle. L'aspiration, sans être continue, est assez répétée pour prévenir toute mauvaise odeur, ainsi que nous avons pu nous en convaincre.

Les cabinets d'aisances sont le plus souvent assainis au moven de fermetures étanches empêchant la rentrée des gaz. Sous ce rapport, on peut citer comme un arrangement très-simple, n'exigeant aucun soin d'entretien, le procédé employé dans les prisons cellulaires bâties récemment en Belgique. La cuvette du siège est en faïence ou en grès vernissé. On y dispose une rainure qu'on remplit de sable fin. Le couvercle à tabatière, fermant hermétiquement, est muni d'un rebord qui plonge dans la rainure et intercepte l'issue du gaz. Parfois même, comme à la maison de reclusion de Vilvorde, le couvercle est installé de manière à se refermer par l'effet de son propre poids, dès que le détenu quitte le siège. Les moyens de ventilation, plus rarement appliqués, consistent en un tuyau partant du plasond du cabinet ou de l'intérieur du siège et ouvert sur le toit. On peut voir cette disposition dans le magnifique hôpital d'Aix-la-Chapelle. Il est probable que pour la rendre plus efficace on adaptera à la naissance du tuyau un bec de gaz, aussitôt que cet établissement sera pourvu de ce mode d'éclairage.

Nous passons sous silence, comme étant devenus vulgaires, les lavages opérés par des appareils mécaniques. Ce moyen d'assainissement est aujourd'hui connu de tout le monde, quoiqu'il soit encore peu pratiqué en Belgique et surtout en Prusse.

DIVERS.

Abattoirs, étables, écuries, etc. — La difficulté de ventiler convenablement ces établissements au milieu des villes, et surtout la grande quantité de gaz qui s'y développent, les placent plus ou moins dans le cas des locaux à atmosphère limitée. Les moyens généraux d'assainissement sont à pen près les mêmes partout et on les retrouve plus ou moins indiqués dans les règlements édictés par les autorités locales. Nous reproduisons à la Note h, à titre de spécimen, les dispositions qui régissent actuellement les vacheries de plusieurs villes de Belgique (*). Quant aux abattoirs, ils ne sont habituellement soumis à aucun règlement spécial, étant exploités par l'autorité communale elle-même. Ils sont simplement soumis à la surveillance de l'architecte ou de l'ingénieur de la ville.

Les moyens chimiques, destinés à prévenir l'infection en agissant directement sur les matières organiques, sont encore peu répandus. Le réactif dont on s'est le plus occupé dans ces dernières années est le perchlorure de fer, préconisé par le Dr Kæne, qui a pris des brevets en Belgique et en Angleterre. Ce chimiste a fait de nombreuses expériences, desquelles il conclut qu'une faible quantité de cet agent répandu sur les matières des écuries, des étables, etc., en combat la putréfaction et laisse en même temps subsister toutes les propriétés fertilisantes de l'engrais. Il va même plus loin et affirme que l'engrais, ainsi traité, a plus de valeur, parce que les principes volatils sont fixés sans devenir pour cela moins assimilables aux plantes. Il cite notamment à l'appui de ses assertions ce fait, que des cultivateurs de Campenhout sont venus en grand nombre chercher à Bruxelles des engrais désinfectés qui leur ont paru supérieurs aux engrais ordinaires. Nous reproduisons à la Note i les conclusions de la commission supérieure, chargée d'étudier la question de l'assainissement de Bruxelles, laquelle a cru devoir donner récemment sa pleine approbation aux procédés du Dr Kæne. Si cette manière de voir était confirmée par la pratique, il s'ensuivrait que la désinfection de plusieurs sortes d'atmosphères limitées pourrait être obtenue d'une manière tout à fait économique et peut-être même pécuniairement avantageuse (*). Il suffirait, par exemple, d'humecter de temps en temps la litière des étables avec une solution de perchlorure, et l'on produirait des effets analogues à ceux qu'on a réalisés en Angleterre avec la poudre Mac Dougall.

Divers. - Rien de particulier à dire sur l'assainissement d'autres lieux, tels que fosses et caveaux funéraires, caves d'habitation, etc. Les sépultures étant pratiquées extra muros, du moins dans toutes les grandes villes, il n'y a pas cet encombrement de cadavres qui exige dans certains pays des mesures de salubrité spéciales. On ne prend donc que les précautions ordinaires consistant, par exemple, à ouvrir les caveaux quelque temps à l'avance et à en essayer l'atmosphère par une chandelle en ignition. En ce qui concerne les caves d'habitation, elles sont encore en trop petit nombre pour avoir fixé l'attention publique. A Bruxelles seulement la cherté croissante des loyers commence à en étendre l'emploi; mais la municipalité s'est bornée jusqu'ici à intervenir dans des cas particuliers pour provoquer des dispositions plus conformes aux règles de l'hygiène.

^(*) Le procédé de ventilation décrit dans ce règlement est usité dans plusieurs autres sortes d'établissements.

^(*) Depuis plusieurs années, M. le docteur Kœne s'est principalement préoccupé de la fabrication, à bon marché, du perchlorure de fer. Il est parvenu à l'obtenir à raison de 5 francs les 100 kilogrammes, et il n'hésite pas à dire qu'on l'aura à beaucoup meilleur compte lorsque, par suite de la consommation en grand, ce produitsera devenu une annexe de la fabrication du sulfate de soude.

IV. INFECTION DES EAUX.

Les habitants emploient à leurs usages domestiques trois sortes d'eaux : celle des sources ou des cours d'eau, celle des puits et celle de la pluie. Ces deux dernières constituent encore l'alimentation exclusive de la plupart des grandes villes. Dans celles même qu'on a pourvues d'une distribution publique, il est rare que les maisons de quelque importance n'aient pas conservé leur puits et leur citerne (*). L'eau de puits est préférée pendant l'été à cause de sa fracheur, et l'eau de pluie est trouvée meilleure pour les lavages et la cuisson des légumes. Il convient toutefois d'ajouter que l'usage des eaux de sources est depuis quelques années en voie de développement. Les hygiénistes en recommandent vivement l'emploi; en outre on en reconnaît la nécessité au point de vue de la propreté générale des villes : il est donc probable que dans un avenir pro-

chain des distributions publiques fonctionneront dans toutes les cités importantes. Actuellement il n'en existe en Belgique que dans trois grandes villes, Bruxelles, Ostende et Liége, et, dans la Prusse rhénane, que dans une seule, à Francfort-sur-le-Mein. On est en voie d'en créer sur deux autres points, à Verviers et à Aix-la-Ghapelle. Quant aux autres localités, la question est encore à l'état d'étude, plus ou moins avancée. Nous renvoyons à la Note k l'exposé de quelques travaux remarquables, qu'on poursuit en ce moment ou dont l'exécution est imminente, pour alimenter de grandes villes.

L'infection dont nous nous occupons en ce moment est spécialement celle des cours d'eau. L'infection des puits nous paraît se rattacher plus directement à celle du sol, qui fera l'objet du chapitre suivant.

Il y a deux grandes causes de corruption des cours d'eau : les résidus des fabriques et les immondices des villes. Ces deux causes confondent souvent leurs effets, car les établissements industriels situés dans l'aire drainée des villes déchargent assez ordinairement leurs résidus aux égouts, en sorte que les eaux sales de ces derniers contiennent à la fois les deux natures de produits.

La multiplication des manufactures, d'une part, et d'autre part l'extension donnée au drainage urbain, ont généralisé cette corruption et l'ont en certains cas portée à un haut degré. Autour de plusieurs grandes villes, les cours d'eau sont non-seulement devenus impropres à la boisson, mais même le poisson a disparu. Leurs bancs recouverts de matières putrescibles deviennent, surtout aux basses eaux, des foyers d'infection. La Senne à Bruxelles, la Lys à Gand, la Trouille à Mons, la Vesdre à Verviers, la Vurm à Aix-la-Chapelle, etc., ressemblent beaucoup plus à de larges égouts qu'à des cours d'eau naturels. Les industries elles-mêmes, à Verviers notamment, commencent à en souffir, et réclament pour leurs opérations des liquides moins impurs.

^(*) Dans la maison du bourgmestre de Dusseldorf, M. Hammers, que nous citons volontiers comme un type, le puits est pratiqué à l'extrémité du jardin; il a 6 ou 7 mètres de profondeur et pénètre dans la couche des graviers du Rhin, où est située la nappe alimentaire de tout le bassin. L'eau est de bonne qualité, très-abondante, ou pour mieux dire inépuisable: elle sert exclusivement pour la boisson. L'eau pluviale est recueillie dans un réservoir placé à l'étage supérieur, qui la distribue aux cabinets d'aisances des divers étages, où les domestiques viennent la prendre pour le service des appartements. Le trop-plein du réservoir s'écoule par un tuyau distinct dans une citerne en maconnerie couverte, établie dans le sous-sol, laquelle alimente la cuisine et la buanderie, situées dans le voisinage. Enfin, quand la citerne est remplie, un tuyau envoie l'excédant dans un puisard ou puits d'absorption, foncé dans le jardin, à une assez grande distance du puits alimentaire. Ce tuyau sert en même temps de passage aux eaux ménagères, provenant soit des appartements, soit de la cuisine, en sorte que l'eau excédante de la citerne contribue à le laver et à emporter les résidus.

Ce que nous avons dit tout à l'heure des moyens d'alimentation encore usités dans ces pays, a rendu les habitants moins sensibles aux inconvénients qui résultent de l'infection des cours d'eau. En outre, de vastes régions en sont préservées, par suite de leur heureuse situation géographique, soit le long du Rhin qui peut recevoir impunément les résidus des plus grandes villes, soit à l'embouchure de sleuves tels que l'Escaut et la Meuse. C'est principalement dans les villes de l'intérieur que la question a préoccupé les esprits; mais précisément parce que le mal dont on y soussre n'a pas ce caractère en quelque sorte national qui frappe en Angleterre, les solutions y sont retardées et manquent encore d'une suffisante généralité. Sur plusieurs points ce sont des tâtonnements plutôt qu'une méthode bien arrêtée. On y trouve cependant un trait commun, tout à fait fondamental : partout on renonce à purifier les eaux une fois souillées, mais on cherche à en prévenir la corruption en empêchant les impuretés d'y arriver. En un mot les moyens sont préventifs et non curatifs (*).

Les procédés déjà appliqués ou encore en voie d'expérience sont de deux sortes : les uns, partiels, s'adressent exclusivement à certains produits déterminés ; les autres, généraux, s'adressent à toutes les sources d'impuretés, en entreprenant la désinfection des liquides d'égont qui les réunissent. A ces derniers, qui sont malheureusement les moins répandus, il convient de rattacher les travaux ayant pour but, non de réaliser une désinfection proprement dite des eaux d'égout, mais d'éloigner celles-ci des points où elles pourraient préjudicier à la santé publique et de les placer dans des conditions où les effets salutaires des agents atmosphériques puissent plus facilement s'exercer. C'est

ainsi qu'à Mons, Aix-la-Chapelle, etc., on a voûté, jusqu'à une assez grande distance des faubourgs, des cours d'eaux servant de collecteurs, pour ne les laisser reparaître à ciel ouvert qu'au milieu de la campagne.

1° Moyens partiels.

Les moyens partiels ont une certaine importance. Ils ont été provoqués par les règlements de diverses municipalités qui mettent obstacle au libre écoulement des résidus industriels dans les cours d'eau. Ils ont aussi été employés en vue de prévenir les actions civiles des riverains situés à l'aval des usines et directement lésés par l'infection. Nous les examinerons successivement.

Résidus des fabriques de soude. — C'est une des industries dont on s'est plaint le plus vivement. Elle donne lieu, comme on sait, à plusieurs résidus insalubres : liquides sulfureux s'écoulant des tas de marcs de soude, solutions d'acide chlorhydrique faible provenant de la condensation, et liqueurs de chlorure acide de manganèse dues à la fabrication du chlore.

En ce qui concerne les marcs de soude, les deux procédés principaux sont l'enfouissement méthodique des boues et l'extraction du soufre qu'elles contiennent. Aux fabriques de la Société de Mannheim, l'enfouissement est opéré avec des soins tout particuliers. On a renoncé à les mettre en tas, même dans les conditions réputées les meilleures. Le directeur, M. Gundelach fait défoncer le sol à 3 mètres de profondeur : on dépose 2 mètres de marcs et par-dessus on étend 1 mètre de terre végétale. On plante ensuite des arbres à croissance rapide. M. Gundelach estime que c'est la seule manière vraiment efficace de prévenir les inconvénients. Effectivement aucun puits ni cours d'eau n'est infecté dans le voisinage. Le second procédé, ou l'extraction du soufre, a été l'objet de bien des recherches.

^(*) Nous ne parlons pas, bien entendu, des dépôts et filtrages auxquels on peut soumettre les eaux potables comme dans tous les pays.

On applique en ce moment chez M. Godin, à Stolberg, un brevet wurtembourgeois (*) qui permet, à ce qu'il paraît, d'exploiter le soufre avantageusement. M. Godin en fait usage, non-seulement pour ses marcs de soude, mais aussi pour les résidus analogues auxquels donne lieu la fabrication du chlorure de barium. Il est en pourparler pour le même objet avec diverses fabriques de soude de Belgique. Le soufre est obtenu en belles masses cristallisées. Disons toutefois que ce procédé est loin d'être entièrement satisfaisant pour la salubrité, car, d'une part, on ne retire pasla moitié du soufre, et d'autre part on est obligé, par la nature même des opérations, de laisser préalablement les marcs s'effleurir à l'air pendant deux mois pour déterminer une combustion partielle.

L'acide chlorhydrique faible, qu'on obtient avec certains modes de condensation et qu'on ne peut utiliser convenablement, embarrasse souvent les usines. Les unes, les mieux inspirées, cherchent à prévenir le mal en modifiant leur système de condenseurs; les autres recourent à des expédients variables selon les lieux. Ainsi M. Kumps, à Bruxelles, neutralise préalablement l'acide par le calcaire, ou plutôt il condense les restes du dégagement gazeux dans un lait de chaux; M. Del Marmol, à Védrin, se borne à l'envoyer dans des bancs calcaires, éloignés de toute habitation, etc. Quant à l'acide fort, on tend de plus en plus à l'utiliser pour la préparation de produits secondaires.

Les résidus de la fabrication du chlore sont perdus partout, hormis chez M. Kumps, qui révivifie le manganèse par un procédé analogue à celui de M. Tennant, à Glasgow. Les liqueurs évacuées sont neutres et forniées essentiellement de chlorure calcique. Dans les autres fabriques, on s'est seulement préoccupé d'expulser les résidus acides

dans les conditions les moins défavorables possibles. A Worms, on les fait absorber par un banc crayeux; à Heilbronn, on les envoie au milieu du Necker, dont l'eau trèsfortement calcaire sature promptement l'excès d'acide, sans que les poissons en aient aucunement souffert; à Mannheim, on construit un canal souterrain de 1.300 mètres pour les rejeter dans la rivière, etc.

Fabriques de couleurs, teintureries. — En général les matières colorantes vont aux cours d'eau sans être préalablement dénaturées. Toutefois on commence à se préoccuper des fabriques de rouge d'aniline, qui se sont multipliées en Allemagne depuis quelques années, et qui produisent, comme on sait, des résidus d'arséniate et d'arsénite de soude. Il y a déjà eu, dans les environs de Cologne et de Barmen, de fâcheux accidents par suite de l'empoisonnement des puits. Un des procédés recommandés consiste à transformer les sels de soude en sels de chaux, et à envoyer ces substances peu solubles au sein d'une masse d'eau courante.

A Dusseldorf, des circonstances spéciales ont fait chercher un remède aux inconvénients des teintureries. Ces établissements, très-nombreux dans la ville, ont infecté la Dussel, qui est un des agréments du grand parc public. Le poisson a disparu et les mauvaises odeurs se font sentir au milieu des promenades. On a opéré divers essais pour dénaturer les résidus avec la chaux, mais l'application ne s'est pas généralisée. Actuellement plusieurs industriels font séjourner les eaux dans des bassins, d'où elles s'écoulent à travers des barrages filtrants en charbon. Ce moyen a été reconnu insuffisant, d'autant plus que pendant la nuit on ne se fait pas faute, pour accélérer la vidange, de faire passer les eaux par-dessus les barrages.

Papeteries. — Rien de sérieux n'est pratiqué en ce qui concerne les eaux de lessivage des chiffons et les eaux de lavage provenant du collage des papiers. Mais une fabrica-

^(*) Les inventeurs n'étant pas encore brevetés en France, tiennent leur procédé secret.

tion nouvelle, celle du papier à la paille, donne naissance à une corruption particulière due à la soude. Les cours d'eau, sans devenir précisément très-insalubres, prennent un aspect savonneux qui rebute même les animaux. M. Godin, qui a introduit cette nouvelle industrie dans sa grande papeterie de Huy, étudie un procédé radical. Il se propose d'extraire la totalité de la soude des eaux de lavage: déjà il en retire environ la moitié en opérant sur les liquides les plus chargés.

Distilleries. — Les distilleries de betteraves sont maintenant à peu près abandonnées. Celles de grains et de mélasses sont, au contraire, florissantes. Les résidus pâteux provenant de la distillation des grains sont, sans exception, retenus soigneusement et utilisés pour la nourriture des bestiaux. Les résidus provenant des mélasses sont de nature très-infectante à cause de l'intervention des acides. Mais les inconvénients dus à leur écoulement aux cours d'eau ont presque disparu, par suite de l'habitude prise depuis quelques années d'extraire la potasse qu'ils contiennent. Plusieurs fabriques importantes se livrent à cette industrie. Nous citerons notamment celle de MM. Vorster et Gruneberg, à Kalk, près Cologne.

Lavage des laines. — On peut signaler comme très-heureux pour l'assainissement, quoiqu'ils aient été provoqués par des considérations d'un autre ordre, les résultats déjà obtenus dans le traitement des eaux grasses et savonneuses. La ville de Verviers présente sous ce rapport plusieurs faits intéressants.

Chez MM. Sirtaine et Mélen, qui préparent les laines pour plusieurs fabriques, la laine brute est d'abord passée à l'eau froide pour enlever le suint. La même eau sert deux fois et est ensuite concentrée à consistance sirupeuse. La pâte obtenue est envoyée à la maison Wérotte, de Liége, qui extrait la potasse. Deux ou trois autres fabricants de Verviers suivent les mêmes errements. Les eaux de dégraissage, qui

sont perdues chez MM. Sirtaine et Mélen, sont utilisées en nartie chez M. Victor Grenade. La laine, au sortir de la cuve à carbonate de soude, passe sous des cylindres qui la compriment fortement. Le liquide qui en découle, saturé de matières grasses et représentant un poids à peu près égal à celui de la laine, est employé comme engrais. M. Grenade en arrose des tas de terre végétale, de fumier de ferme et de débris de bois de teinture. Il se développe dans ce compost une fermentation active qui lui communique des propriétés très-fertilisantes. Enfin on trouve des exemples d'utilisation des eaux de dégraissage des laines filées chez MM. Hauzem, Gérard et Cie. On s'en sert pour l'arrosage des jardins après les avoir convenablement étendues. Ajoutons qu'il vient de se fonder à Verviers une Compagnie au capital de 2 millions, dont une quarantaine des principaux manufacturiers sont fondateurs, dans le but de préparer en grand la potasse du suint et d'extraire les matières grasses au moven du sulfure de carbone.

Dans plusieurs établissements des environs d'Aix-la-Chapelle et de Cologne, on fait séjourner les eaux grasses dans des bassins, et l'on emploie le dépôt boueux comme engrais. Parfois aussi on extrait la graisse des eaux de lavage et des eaux de foulage et l'on en fabrique du gaz de l'éclairage. Mais cette dernière opération ne paraît pas très-rémunératrice.

Fabriques de colle, de gélatine, etc. — On se borne généralement, dans les fabriques les mieux tenues, à faire passer les eaux dans des bassins de décantation et à utiliser les dépôts pour l'agriculture. A Vilvorde, où est l'établissement le plus considérable de Belgique en ce genre, le système est bien installé. Les liquides sont refoulés par une pompe à vapeur dans un réservoir de 60 mètres de long sur 14 mètres de large, divisé en quatre compartiments. Les eaux s'écoulent de l'un à l'autre à travers des barrages filtrants. Les dépôts boueux sont enlevés régulièrement,

mélangés avec de la chaux et des balayures, et employés ensuite comme engrais. Quant aux dernières eaux, à peu près clarifiées, elle s'écoulent à la rivière.

Quelques fabriques de bougies s'étudient à retenir les matières grasses. Celle de M. Roubaix Jenar, à Bruxelles, peut servir d'exemple. Les résidus de la saponification ainsi que les eaux de lavage de tous les appareils en contact avec les graisses s'écoulent par des caniveaux souterrains et sont recueillis dans une série de cuves en maçonnerie. La communication entre ces cuves est établie par des siphons disposés de manière que la plus grande partie des huiles soit retenue à la surface. On les enlève à la cuiller et on les rend à la fabrication.

Rouissage du lin et du chanvre. — Cette opération, tant en Belgique qu'en Allemagne, s'effectue encore exclusivement par les voies agricoles. On distingue trois méthodes : 1° à l'eau courante ou dans les ruisseaux : c'est la pratique de la Flandre occidentale et d'une grande partie du duché de Bade; 2° à l'eau stagnante ou dans les fossés, notamment à Lokeren dans le pays de Waes; 3° à la rosée ou sur le pré : c'est la coutume du Hainaut et de diverses contrées allemandes.

De ces trois méthodes, les deux premières seules ont des inconvénients, et la seconde plus que la première. On a reconnu en effet, par des observations suivies dans les Flandres, que les eaux courantes n'étaient infectées, ou du moins ne l'étaient à un degré dommageable pour la santé publique, que lorsqu'elles se trouvaient déjà chargées d'autres matières organiques. Tel est, d'après M. Stas, le cas de la Lys, dont l'extrême corruption, pendant la saison du rouissage, est due à la présence simultanée des résidus de distilleries et de raffineries du département du Nord, qui lui arrivent par la Deule.

Nulle part on n'a appliqué de moyen technique pour améliorer les cours d'eau ainsi altérés. On ne s'est, du reste, préoccupé sérieusement de la question que dans les Flandres, où les inconvénients avaient pris des proportions inusitées. Les choses en étaient venues au point que des quartiers de la ville de Gand avaient été rendus tout à fait inhabitables, et que le travail des filatures devenait impossible, à certains moments, par suite des odeurs fétides que répandaient dans les ateliers les eaux de la Lys dont on y fait usage. Après diverses tentatives infructueuses, d'ordre administratif (*), on s'est arrêté à un parti héroïque : on a établi à Deynze, en amont de Gand, un barrage à écluses. au moven duquel on détourne à volonté dans le canal de Schipdonck à Heyst les eaux corrompues de la Lys qui vont se perdre à la mer du Nord. Ces travaux préservent Gand, mais laissent encore Bruges sans protection, quand on manœuvre extraordinairement le canal de Gand à Bruges, que la dérivation de la Lys traverse librement. Pour v obvier, on s'occupe de construire un siphon qui permettra de faire passer les eaux corrompues sous le canal (**).

Le rouissage dans les fossés détermine des fièvres palu-

^(*) Telles que l'arrêté royal du 20 juillet 1859, qui a porté interdiction du rouissage dans la Lys, du 10 octobre au 31 décembre.

^(**) Le but sera ainsi atteint en ce qui concerne l'assainissement, mais non sans grands dommages pour l'industrie et la navigation. L'ingénieur des ponts et chaussées, M. Colson, chargé des travaux, nous écrivait récemment:

[«]Pendant les quatre ou cinq mois d'été, lorsque la corruption des eaux est forte, le barrage reste fermé et les eaux corrompues sont conduites directement vers la mer du Nord par le nouveau canal (de Schipdonck à Heyst). Elles sont donc perdues pour l'industrie de Gand et pour l'alimentation de nos voies navigables. Les eaux de l'Escaut seules doivent alors desservir les nombreux intérêts engagés dans la question; aussi sont-elles insuffisantes pour cet objet, et l'alimentation de nos canaux se fait-elle d'une manière fort incomplète, au point que la navigation est souvent compromise, surtout pendant les mois d'août et de septembre. C'est là une situation déplorable qui nous est faite par la perte complète des eaux de la Lys, tant que dure le rouissage dans cette rivière....»

déennes dans le pays de Waes, qui le pratique sur une vaste échelle. On recommande de renouveler l'eau fréquemment et de répandre sur les terres cultivées celle qui a déjà servi. Mais comme d'un côté les eaux disponibles sont peu abondantes à cette époque de l'année, et que d'autre part le rouissage paraît se faire d'autant mieux que l'eau est plus corrompue, cette recommandation est peu suivie. En thèse générale, on se borne à utiliser les eaux à la fin de la saison: on les répand alors sur les terres. Encore même n'est-on pas d'accord sur les bons effets qu'elles produisent.

La question du rouissage industriel est à l'étude depuis quelques années, mais n'a pas reçu jusqu'ici de solution pratique. M. Stas, qui s'en occupe tout particulièrement, est d'avis qu'il faut d'abord dépailler le lin au moyen de cylindres cannelés, et ensuite lessiver les fibres en les enfermant dans des tubes étroits pour empêcher les fils de s'enchevêtrer les uns dans les autres et de prendre l'aspect cotonneux. Mais il ignore encore si les frais ne seront pas trop élevés (*).

Matières fécales. Les matières provenant des cabinets d'aisances jouent un grand rôle dans l'infection des cours d'eau, soit qu'elles y arrivent directement (*), soit qu'elles s'y rendent par l'intermédiaire des égouts. Cette branche de l'assainissement est donc très-intéressée à tous les procédés qui ont en vue de les récolter et d'en prévenir la déperdition, alors même qu'ils sont inspirés par des considérations étrangères à la salubrité. Naturellement nous ne nous préoccupons pas ici de la préservation du sol et de l'atmosphère, qui peuvent se trouver compromis par les procédés mêmes qui sauvegardent les cours d'eau.

Les moyens de récolte des engrais sont à peu près les mêmes que dans les autres parties du continent. Ce sont toujours des fosses mobiles et des fosses fixes, plus ou moins bien installées. Il convient toutefois de citer une particularité qui est en quelque sorte un trait de mœurs des classes pauvres en Belgique: nous voulons parler des bacs à cendre qui, sous les apparences les plus grossières, réalisent une désinfection relativement satisfaisante. De récentes enquêtes ont révélé ce fait, qu'à Liége, par exemple, plus de trois mille maisons intrà muros et quinze cents au dehors sont dépourvues de fosses et d'égouts. Les habitants de ces demeures ont trouvé, dans les bacs qui reçoivent les résidus des foyers, des fosses mobiles toutes prêtes pour le service des latrines. Les cendres de houille et l'argile brûlée des hochets et boulettes désinfectent si compléte-

^(*) M. Stas, dont l'opinion est d'un grand poids, n'a pas confiance dans la réussite financière des procédés qui ont été mis en œuvre jusqu'à ce jour pour produire le rouissage artificiel. « Les méthodes « ont consisté, nous disait-il, soit à immerger le lin dans une eau « chauffée à 50 ou 55 degrés pendant cinquante heures et à le sou-« mettre ensuite à une action mécanique, soit à le traiter par une « solution chaude alcaline et ensuite à le laver. Mais dans le premier « cas, l'action mécanique a pour résultat d'altérer sensiblement la « résistance des fibres. Dans le second cas, il faut tant d'eau de la-« vage pour emporter les matières qu'on se ruine en frais d'alimen-« tation. » Il a constaté, au contraire, que le dépaillage préalable, par voie mécanique, n'altère pas la résistance et permet en même temps de supprimer les deux tiers de l'alcali ainsi que les dixneuf vingtièmes de l'eau de lavage. Reste la question des frais occasionnés par l'emploi des tubes ou étuis destinés à prévenir l'enchevêtrement. C'est là que l'hésitation règne encore et c'est ce qui empêche de considérer le problème de l'assainissement comme définitivement résolu.

^(*) Le nombre des latrines en communication directe avec les cours d'eau est encore très-considérable. On peut presque dire que c'est la règle générale en Belgique, en Prusse, dans la Hollande méridionale, etc., pour toutes les maisons situées sur le bord des canaux ou des rivières. Personne n'ignore qu'à Amsterdam et Rotterdam, la totalité des immondices va aux canaux. A Malines, à Ypres, à Gand, à Liége, à Verviers, à Aix-la-Chapelle, etc., la proportion des latrines déversant directement aux cours d'eau varie de 5 à 10 p. 100.

ment les déjections humaines qu'il est impossible de distinguer les bacs qui en reçoivent de ceux qui n'en reçoivent pas. On en charge indistinctement le contenu dans des charrettes, en plein jour, sans blesser ni la vue ni l'odorat des passants. Au quartier des tanneurs, dans la même ville, chaque latrine est pourvue d'un petit coffret contenant du tan épuisé. Chaque personne, en quittant le siège, jette une poignée de tan dans le bac, et l'on a reconnu que cette matière détruit les odeurs au même degré que les cendres.

En résumé, les moyens de récolte, pris dans leur ensemble, n'offrent rien de remarquable. Il n'en est pas de même de la destination donnée à l'engrais. Sous ce rapport certaines contrées sont véritablement intéressantes par le soin extrême dont on entoure l'emploi des matières. La prédilection proverbiale qu'on prête aux Flamands pour cet engrais puissant n'a rien d'exagéré. On la retrouve dans une partie de la Hollande et sur plusieurs points de l'Allemagne. La description des méthodes suivies nous conduisant hors du cadre de ce travail, nous renverrons à la Note l les détails que nous avons pu recueillir sur ce sujet.

2º Moyens generaux.

Procédés divers. — Un premier moyen général, déplorable au point de vue de la salubrité du sol, consiste dans l'usage des puisards ou puits d'absorption. Nous ne mentionnerions pas ce moyen, très-ancien et très-connu, s'il n'avait pris, en certains points de l'Allemagne, une sorte d'originalité par l'extension qu'on lui a donnée et les soins qui président à son application. C'est à Bonn, et surtout à Dusseldorf, qu'on tire le meilleur parti possible de ce fâcheux système. Dans la dernière de ces villes, la couche absorbante est formée par un lit puissant de gravier, en relation avec le Rhin, qui repose sous 3 mètres de sable

et 5 mètres de terre végétale; c'est en même temps le réservoir des eaux potables qui alimentent les puits des maisons.

Les puits et les puisards, exactement maçonnés sur toute leur hauteur, pénètrent à la fois dans le banc de gravier: mais ces derniers sont poussés généralement à 3 ou 4 mètres plus bas que les premiers, afin de préserver autant que possible les eaux alimentaires. On comprend toutefois combien cette protection doit être imparfaite, et que le mélange entre les deux espèces d'eau est inévitable. Voici d'ailleurs comment le système évacuateur est organisé dans les bonnes maisons: Les eaux ménagères, conduites par un tuyau que lave fréquemment l'excédant des eaux pluviales, tombent dans un petit puits étanche de 60 à 80 centimètre de profondeur, recouvert d'une plaque en fonte; une partie des solides s'y déposent et on les enlève tous les deux ou trois mois. Les eaux vont ensuite, par un canal souterrain en briques, dans un puisard de 9 à 10 mètres de profondeur, aussi éloigné que possible du puits alimentaire, et recouvert d'une voûte en maconnerie sur laquelle on rejette 3 ou 4 mètres de terre, jusqu'au niveau du sol. L'absorption des liquides est indéfinie. Quant aux résidus, ils s'accumulent lentement sur une épaisseur de 5 ou 6 mètres. On estime qu'un pareil ouvrage remplit son objet pendant vingt ou trente ans, sans qu'il soit nécessaire de procéder au curage. Une disposition analogue est adoptée dans beaucoup d'usines. On pousse les teinturiers, qui infectent la Dussel, à y chercher la solution des difficultés présentes.

La ville de Dusseldorf n'est pas près de renoncer à ce système. Elle reconnaît bien les inconvénients que son application, de plus en plus généralisée, entraîne nécessairement pour les eaux potables; mais plutôt que d'y couper court, elle préfère organiser une distribution publique au moyen de galeries filtrantes établies le long du Rhin.

Nous citerons pour mémoire un second moyen, qui n'est

évidenment applicable que dans un petit nombre de circonstances; il consiste à nover les impuretés des égouts dans un flot assez abondant pour que le cours d'eau qui les reçoit cesse d'en être sensiblement infecté. On y a été conduit à Liége par les difficultés qu'a soulevées l'État au sujet de l'évacuation du grand collecteur, qui envoie, à certaines époques, dans le canal de Liége à Maestricht. les matières fécales d'une grande partie de la ville. On a décidé d'y établir un courant continu, à un niveau inférieur au pied des égouts tributaires. Le courant sera obtenu au moyen des eaux provenant du bassin du Commerce, lesquelles peuvent être reçues dans le collecteur à raison de 40.000 mètres cubes par jour pour un volume de résidus évalué seulement à 400 mètres cubes. En sorte que, sans compter l'appoint fourni par les eaux mêmes de la ville, les matières, avant de parvenir au canal, doivent être étendues de cent fois leur volume d'eau.

Procédés chimico-agricoles.— C'est seulement à Bruxelles et à Aix-la-Chapelle que la question a été envisagée sous son véritable jour. Les études approfondies faites dans la première de ces deux villes ont cela de remarquable qu'elles ont conduit à l'adoption des idées de la nouvelle école anglaise, ce qui est, si nous ne nous trompons, la première confirmation en grand qu'elles aient reçue sur le continent.

Depuis quelques années l'infection de la Senne a atteint un tel degré que non-seulement la partie basse de Bruxelles, mais encore un grand nombre de communes environnantes, ont eu gravement à souffrir du voisinage de la rivière. En 1860, la Commission médicale du Brabant, chargée d'examiner les lieux, s'exprimait ainsi: « Il y a quelques années, « l'eau de la Senne était limpide et peuplée de poissons; « aujourd'hui la rivière forme une espèce d'égout à ciel « ouvert, que l'industrie et toutes les impuretés de la ville « (les maisons y déversent les matières fécales) alimentent « constamment. Cependant le mal ne fera qu'empirer en « raison de l'augmentation de la population, du nombre et « de l'importance des établissements industriels. L'autorité « compétente ne peut, dans un pays où l'hygiène publique « est à l'ordre du jour, rester spectatrice indifférente d'un « pareil état de choses.»

A la suite de cette enquête une commission spéciale a été nommée le 19 juillet 1861, dans le but de préparer des mesures propres à remédier à la situation. Après deux années de travaux, pendant lesquelles ont été recueillis des renseignements dans plusieurs pays et discutés les systèmes les plus divers, les principes généraux auxquels on s'est arrêté sont les suivants:

Séparer du cours de la Senne, par un ou plusieurs collecteurs, toutes les matières industrielles ou ménagères qui s'y déversent actuellement;

Désinfecter, après leur sortie de la ville, les eaux provenant des collecteurs avant de les rendre à la rivière :

Et, comme complément du projet, augmenter le volume des eaux qui arrivent dans la capitale.

Quant aux détails d'exécution, ils n'ont pas été fixés; ils sont laissés à l'appréciation d'un comité spécial qui fonctionne en ce moment, et dans lequel figurent plusieurs ingénieurs distingués. Ainsi, on n'est pas encore tombé d'accord sur le mode de désinfection qui devra être employé pour réaliser cette partie du problème. Fera-t-on intervenir les réactifs chimiques, ou emploiera-t-on les eaux à l'état naturel pour arroser des terres cultivées? M. le docteur Kæne a fait des propositions aux termes desquelles il se chargerait de désinfecter les eaux par le perchlorure de fer, à raison de 20.000 francs par an, en conservant, bien entendu, la disposition des engrais ainsi produits. Nous donnons à la Note m le compte rendu de la commission chargée d'assister aux expériences de désinfection du docteur Kæne. D'autre part, une Compagnie représentée par M. Keller,

qui embrasse d'ailleurs dans un vaste projet d'ensemble divers embellissements de la capitale, met en avant un plan d'irrigation de la Campine au moyen des eaux prises à l'état naturel. On en trouvera l'exposé à la Note n. Quelle que soit d'ailleurs la solution adoptée, dans un avenir trèsprochain (*), il demeure dès maintenant acquis que les eaux ne pourront retourner à la rivière qu'après avoir subi une purification satisfaisante.

A Aix-la-Chapelle, des questions semblables sont agitées. On commence à se préoccuper de l'infection de la Vurm, où se déversent les égouts, chargés des matières fécales. Comme premier palliatif provisoire, on a décidé le voûtement de la rivière jusqu'à une certaine distance de la ville; mais on voudrait, avec raison, une solution plus radicale. L'utilisation des liquides pour l'agriculture se présente naturellement; toutefois la question est beaucoup moins avancée qu'à Bruxelles.

V. INFECTION DU SOL.

Le sol des villes est infecté par des causes variées:

Par les infiltrations des eaux sales répandues à la surface ou même contenues dans les égouts (**);

Par celles des fosses d'aisances, des puisards et autres dépôts d'ordures;

(*) On annonce la remise du Rapport du Comité des travaux pour le courant de l'année 1865.

Par les fuites du gaz de l'éclairage;

Et, d'une manière générale, par une foule de substances organiques, d'origines diverses (*), qui se décomposent loin d'une quantité suffisante d'oxygène.

Cette infection réagit à son tour sur l'atmosphère et sur les eaux potables souterraines et devient ainsi doublement nuisible à la santé publique. Elle est, en outre, accompagnée d'une humidité qui, indépendamment des mauvaises odeurs, constitue par elle-même une cause grave d'insalubrité. Les fosses d'aisances y contribuent au premier chef. Réduites souvent à un simple trou d'ordures, elles infectent les habitations qu'elles avoisinent. Une enquête récente a révélé que dans les Flandres les matières fécales séjournaient fréquemment sous les fenêtres mêmes des appartements (**). Les déplorables habitudes hygiéniques d'une grande partie de la population belge ont suggéré au gou-

(**) Le rapporteur de l'Enquête de 1854, M. Schmit, s'exprime ainsi sur la ville d'Ypres: « A d'autres de dévoiler toute l'horreur « qu'éprouve le visiteur des maisons pauvres, dans les cités fla- « mandes, à la vue de l'extrême misère qui y règne. Je me bornerai « à signaler un fait qui intéresse vivement la salubrité publique.

^(**) Les infiltrations dues aux vices de construction des égouts sont assez fréquentes. Les conséquences en ont parfois été trèsfacheuses. Ainsi, il y a quelques années, à Louvain, les maisons longeant le côté du canal qui donne sur le rempart ont été privées d'eaux potables, parce qu'un des industriels, qui habitait le quartier depuis longtemps, avait laissé, à son insu, pénétrer dans l'égout l'eau acide provenant de l'épuration de l'huile d'éclairage. La maçonnerie, déjà peu étanche, avait promptement livré passage à ces liquides, qui de là s'étaient infiltrés dans les puits.

^(*) Un cas assez singulier d'infection s'est produit à Liége il y a cinq ou six ans. Dans plusieurs jardins du quartier Saint-Jacques, le sol s'échauffa peu à peu à un tel degré que la végétation finit par y succomber. Les herbes séchaient sur place et les arbres perdaient leurs feuilles. En même temps les caves devenaient impropres à la conservation du vin. On en cite une où le beurre fondait. Ce phénomène, qui s'est reproduit plusieurs fois et qui persiste encore, quoique très-affaibli, sur quelques points, a vivement inquiété la population et provoqué les études du Conseil de salubrité publique de la province. Plusieurs explications ont été proposées, mais aucune n'a paru tout à fait satisfaisante. Celle à laquelle on s'est arrêté attribue l'échaussement à une combustion lente d'hydrogène carboné provenant de quelque houillère des environs. On avait conseillé une sorte de drainage vertical, afin d'aérer et de rafraschir le sol. On s'est borné à des arrosements fréquents, qui ont à peu près rempli le but par suite de la décroissance spontanée du phénomène.

vernement, il y a une quinzaine d'années, une excellente mesure, qui a déjà porté ses fruits: nous voulons parler de l'institution des Prix de propreté (Note o). Ces récompenses, distribuées aux familles de la classe ouvrière, ont déterniné parmi elles une émulation qui a amené insensiblement sur plusieurs points la disparition des dépôts d'immondices qu'entretenait l'incurie des habitants. Toutefois ce n'est là qu'un remède d'une efficacité bornée, et l'on doit chercher dans l'emploi de divers moyens techniques une solution plus complète de la difficulté. Ceux qu'on a mis en œuvre sont, comme pour les eaux, de deux natures: les uns partiels, les autres généraux. Nous les examinerons successivement.

1º Moyens partiels.

Fosses d'aisances. — On s'est préoccupé d'améliorer les réceptacles des matières fécales. Les soins apportés à la construction des fosses fixes ont conduit à des dispositions qui ressemblent trop à celles des autres pays pour qu'il y ait

« A chacune de ces habitations est annexée une échoppe partagée « en deux compartiments, dont l'un sert de latrines, et l'autre à remiser les cendres tamisées et les balayures. La fosse d'aisances, « pratiquée sous le premier compartiment, est simplement un puits « cylindrique de moins de 1 mètre de profondeur et de o «,80 de « diamètre, découvert, non voûté. En travers, on a placé une plan- « che pour poser les pieds. Ainsi là, en toute saison, 5 à 6 hecto- « litres de matières fécales peuvent être amassés, laissés à décou- « vert, à deux pas de la porte et de la fenêtre de l'habitation, et « séjourner des semaines entières, tandis que dans le second compartiment de l'échoppe, les balayures en fermentation ajoutent à « l'infection de ces misérables demeures. »

Le même rapporteur signale des faits analogues, quoique avec moins de généralité, dans plusieurs autres villes, à Gand, à Verviers, etc. Nous ajouterons que dans la Prusse rhénane, les maisons des faubourgs sont souvent très-mal installées sous ce rapport. Il suffit de parcourir certains quartiers pauvres de Cologne, Mayence, etc., pour être frappé des mauvaises odeurs qu'exhale le sol. lieu de les mentionner. C'est le système français, plus imparfait dans l'exécution.

On a également été amené à l'emploi des fosses mobiles. Sans parler des bacs à cendres ou autres appareils grossiers usités dans plusieurs villes, dont il a déjà été question, nous citerons une disposition due à M. Schmit, ingénieur à Liége, qui nous a paru la meilleure en ce genre. On l'a appliquée dans divers établissements publics, notamment à la maison de reclusion de Vilvorde, aux hospices de Bruxelles et de Malines, au dépôt de mendicité de Hoogstraeten, à plusieurs casernes, etc. L'installation de Vilvorde, la première en date, a servi de modèle à toutes les autres (Pl. VIII, fig. 5 et 6). Les fosses ou tonneaux mobiles sont logés dans une ancienne fosse sixe, appropriée pour servir de cave. Chaque tonneau a une capacité de 2 à 3 hectolitres. Assis sur un plateau garni de roulettes, qui appliquent sur deux rails en bois, il se manie facilement. Un couvercle à ressort sert à le fermer et à le luter (quelquefois à l'aide d'un peu de chanvre) quand il est plein et qu'on l'a dégagé du tuyau de chute. Celui-ci est droit, vertical, composé d'une série de tubes assemblés par des joints de sable sans ciment. Il reçoit les matières de huit siéges, sur quatre paliers superposés, et repose, au niveau du rez-de-chaussée, sur une très-forte pierre de taille. Son prolongement, au travers et au-dessous de cette pierre, se compose d'un fort patin en fonte portant un tuyau à coulisse, en cuivre battu, susceptible d'être allongé ou raccourci à volonté. Une espèce d'écuelle, s'accrochant sous cette dernière partie du conduit, sert, à un moment donné, à en fermer l'issue inférieure. Ces tonneaux donnent si peu d'odeur que le bourgmestre a autorisé les habitants à transporter les vidanges en plein our dans les rues, à condition que les vaisseaux qui les contiennent soient construits dans le même système. On estame que le prix d'installation des appareils est couvert en trois ans par la vente des engrais.

Conduites du gaz de l'éclairage. — L'infection due aux fuites de gaz s'est beaucoup généralisée. Dans les villes comme Bruxelles, qui emploient depuis longtemps ce mode d'éclairage, le sol est aujourd'hui imprégné dans toutes ses parties (*). C'est même devenu un grave sujet de préoccupations pour l'autorité publique. Il y a trois ou quatre ans, une commission d'enquête, dont M. Chandelon était rapporteur, a été nommée en vue d'assujettir la distribution du gaz à des conditions nouvelles. Cette commission a présenté un projet de règlement très-sévère, que le gouvernement hésite encore à sanctionner, et dont une disposition attribue au ministre de l'intérieur le droit de remédier, par telles mesures que bon lui semblera, aux imperfections reconnues dans la canalisation (**).

La même commission s'est également préoccupée des infiltrations qui se produisent au siége même des usines. Un fait récent, survenu à Liége, avait attiré l'attention de ce côté. La cuve du gazomètre s'étant fissurée, des eaux fétides avaient graduellement infecté le sol et les puits environnants. Pour en prévenir le retour, les dispositions suivantes ont été adoptées dans la nouvelle usine à gaz de Liége, ainsi que dans celle de Verviers. La cuve est constituée par une cloche en fonte, à rebords de tôle, dont le fond repose sur un sol en ciment, tout à fait étanche. Elle est entourée, à 60 centimètres de distance, par une maçonnerie de 40 centimètres d'épaisseur. Les eaux qui par suite d'accidents pourraient s'introduire à travers la cloche

sur le fond cimenté, couleraient à la circonférence, où règne une petite rigole, et seraient conduites dans deux puisards ménagés à cet effet. Le vide annulaire de 60 centimètres compris entre la cloche et la maçonnerie est recouvert d'une plaque en tôle percée de trous d'homme, par lesquels les ouvriers s'introduisent fréquemment pour constater et vider les puisards, s'il y a lieu. Le principe de ces dispositions a été consacré dans le projet de règlement.

L'infection due aux fuites des conduites étant beaucoup plus générale, c'est de ce côté surtout que les efforts ont été portés. Le procédé le plus répandu consiste à renfermer les tuyaux dans des canaux en maçonnerie, et quelquefois plus simplement, mais aussi moins efficacement, à les entourer d'une couche d'argile. Le premier moyen a été appliqué avec succès sous la place Verte d'Anvers, sous les nouvelles plantations du quai d'Avroy, à Liége, dans quelques parties du bois de la Haye, etc. A Dusseldorf, on emploie le second moyen, mais on le trouve insuffisant. Dans d'autres villes, on se contente d'éloigner le gaz autant que possible, et souvent même, comme dans le parc de Bruxelles, on se résigne à s'en passer tout à fait. A Maestricht, on a essayé d'une disposition particulière en employant des conduites en verre. On espérait avoir ainsi une canalisation beaucoup plus imperméable. On y a renoncé depuis six ou sept ans pour divers motifs: 1° le mastic de joint, assez semblable au mastic des vitriers, ne résistait pas à la pression ordinaire du gaz et lui livrait passage: 2º les tuyaux eux-mêmes souffraient des froids prolongés et se fèlaient, à moins d'être enfouis à une grande profondeur, etc. Bref, on en est revenu aux anciens tuyaux en fonte.

Les ingénieurs des diverses municipalités s'accordent à reconnaître que tous ces palliatifs sont très-incomplets et que la vraie solution consisterait à placer les tuyaux dans les galeries d'égout. Mais jusqu'à présent la crainte des

^(*) M. Chandelon évalue à 20 p. 100 la perte du gaz à travers les conduites. La Compagnie parisienne ne la porte qu'à 9 p. 100. Mais M. Chandelon croit ce chiffre très au-dessous de la réalité.

^(**) Art. 31 du Projet. « Le Ministre de l'intérieur fera constater, « lorsqu'il le jugera convenable, la quantité de gaz que laisse « échapper la canalisation de chaque établissement. Si cette « épreuve signalait des fuites assez abondantes pour compromettre « la sûreté ou la salubrité publique, il prescrira les mesures né « cessaires pour remédier au mal. »

explosions a empêché que cette mesure ne fût adoptée nulle part. Des hommes distingués ont travaillé à résoudre ce difficile problème. Nous citerons notamment M. Versluys, ingénieur en chef à Bruxelles, qui avait proposé de plonger les tuyaux dans une rigole ménagée le long de l'égout, sous une hauteur d'eau de 10 à 12 centimètres. Au dire de ce praticien, les fuites sont prévenues par cette légère pression, et l'on n'a à redouter aucune autre sorte d'inconvénients. Nous renvoyons à la Note p l'exposé de ces idées, sur la valeur technique desquelles il ne nous appartient pas de nous prononcer. Nous nous bornons à constater qu'en Belgique, comme en Prusse, en Hollande, etc., on est très-préoccupé de l'infection due aux conduites de gaz et l'on trouve les procédés actuels éminemment défectueux.

2º Moyens généraux.

L'insuffisance et la complication des moyens partiels ont dû naturellement faire recourir au drainage.

Sous ce mot générique on désigne deux opérations distinctes:

1° Celle qui a pour objet d'évacuer les liquides impurs et les matières solides susceptibles d'être entraînées par les eaux;

2° Celle qui consiste à faire écouler les eaux ordinaires des surfaces découvertes et à débarrasser le sous-sol de l'excès d'humidité due aux sources naturelles ou aux infiltrations des eaux pluviales.

Drainage des liquides impurs. — Ce drainage comprend le système des canaux aboutissant des maisons aux égouts publics, et ces égouts eux-mêmes avec leurs grands collecteurs et leurs émissaires. Les matières qu'ils reçoivent sont, d'une part, celles qui proviennent de l'intérieur des habitations ou des établissements industriels, et, d'autre part, celles que les eaux pluviales entraînent avec elles en cou-

lant sur les toits, les cours et allées, les rues, places et autres endroits affectés à la circulation. Il a pour caractère distinctif d'employer exclusivement des canaux étanches ou du moins qu'on s'efforce de rendre tels, afin de prévenir l'infection du sol qui les renferme.

Les égouts proprement dits n'offrent rien de remarquable. Ils sont habituellement en maconnerie avec des dimensions telles que les ouvriers puissent y pénétrer. Cette règle ne souffre d'exception que dans les parties très en pente ou quand le volume d'eau dont on dispose permet d'en assurer le nettoyage en tout temps. Leur exécution est abandonnée à l'initiative des autorités communales. Aussi certaines villes, comme Bruxelles, Liége, Aix-la-Chapelle, en sont-elles à peu près complétement pourvues, tandis que d'autres, comme Verviers, Dusseldorf, Bonn, n'en ont que partiellement ou même pas du tout. On constate toutefois une tendance très-marquée à développer ces évacuateurs souterrains. Il est permis de penser que dans quelques années l'usage en sera tout à fait généralisé. Quant aux détails mêmes d'exécution, ils laissent presque partout grandement à désirer. Nous avons déjà eu occasion de signaler le défaut d'aérage des galeries. Nous ajouterons que fréquemment les bouches extérieures, ouvertes ou mal fermées, dégagent dans les rues des odeurs insupportables. Il suffit de parcourir les villes des bords du Rhin pour s'en convaincre. La situation est meilleure sur quelques points, à Francfort, à Bade, à Darmstadt, où la fréquentation des étrangers a provoqué des réformes plus complètes. En Belgique, les publications du Conseil supérieur et celles des Commissions provinciales ont porté des fruits sensibles.

On protége assez bien les rues et les maisons contre les mauvaises émanations des égouts, au moyen de fermetures hydrauliques, réalisées soit par une disposition en siphon, soit par une plaque verticale plongeant dans la cuvette jusqu'au-dessous du niveau de l'orifice de sortie (Pl. VIII). Nous

citerons une particularité, assez répandue dans les villes belges, qui a été inspirée à la fois par le désir de faciliter le curage et d'utiliser les résidus solides. Tous les 50 ou 100 mètres, le radier de l'égout rencontre un puisard de 80 centimètres à 1 mêtre de profondeur dans lequel les immondices se déposent (Pl. VIII). Une cheminée d'extraction est habituellement ménagée dans la chaussée au-dessus de chaque puisard. Les matières sont livrées aux agriculteurs. Une autre particularité, spéciale à certaines villes de Hollande, notamment la Haye, Amsterdam, consiste dans la transformation des rigoles de la rue en véritables petits égouts. Ces rigoles sont effectivement recouvertes de planches ou de briques sur toute leur longueur, et forment ainsi un caniveau souterrain continu, communiquant de distance en distance à l'égout proprement dit. Les eaux ménagères y arrivent sous le trottoir; devant chaque maison une plaque mobile permet de curer une cuvette servant à retenir les résidus solides.

La banlieue des grandes villes est entièrement dépourvue d'égouts publics. Ils sont également inconnus sous les routes et autres voies extrà muros.

Un détail bon à noter, car il n'est pas toujours réalisé dans des pays bien plus avancés, c'est que presque partont, en Belgique, en Prusse, en Hollande, les urinoirs publics sont mis en communication directe avec les égouts. Cette pratique est observée même dans les villes qui ont le plus à cœur de recueillir l'engrais humain. Quelquesois, mais très-rarement, on reçoit les liquides dans des puisards spéciaux en maçonnerie.

Le drainage privé ou l'évacuation des matières domestiques se présente sous deux aspects bien tranchés. Deux écoles sont en présence : l'une, qui demande qu'on envoie aux égouts, non-seulement les eaux pluviales et ménagères, mais aussi les matières fécales ; l'autre, qui veut retenir ces dernières, dans le but de protéger les cours d'eau et surtout de conserver un engrais précieux à l'agriculture. Bruxelles et Liége, en Belgique, Aix-la-Chapelle, en Prusse, sont à la tête de la première école; diverses villes, parmi lesquelles Anvers, sont à la tête de la seconde. Ce dualisme se retrouve en Hollande, entre la région méridionale représentée par Amsterdam, la Haye, etc., et la région septentrionale, représentée par Groningue. Il est facile toutefois de constater que la première école gagne tous les jours du terrain. Elle a reçu dernièrement en Belgique une solennelle adhésion de la part du Conseil supérieur d'hygiène publique (*).

Le système définitif vers lequel on tend, d'une manière plus ou moins marquée, est donc le système anglais, ayant pour objet la suppression de tout dépôt d'ordures au sein des habitations. Le mode d'exécution est d'ailleurs sensiblement le même. C'est habituellement un conduit souterrain, partant de l'arrière-cour, et débouchant à l'égout public, après avoir reçu sur son parcours les branchements

^(*) Ce Conseil ayant été consulté par le Ministre de l'intérieur, sur la question des mesures à prendre pour recueillir les matières fertilisantes des habitations, a adopté, après un débat approfondi, les conclusions suivantes:

^{« 1°} Dans l'intérêt de l'hygiène des villes, il est désirable que le « système d'évacuation qui assure l'écoulement continu des ma« tières fertilisantes provenant des habitations, reçoive une appli« cation de plus en plus générale, l'accumulation de ces matières « dans des fosses d'aisances, ainsi que la vidange et le transport « desdites matières, par quelque procédé qu'ils s'opèrent, ne pou« vant être que nuisible à la santé publique;

^{« 2°} Il importe, pour la salubrité autant que pour l'agriculture, « que ces matières puissent être dirigées par des canaux souter-« rains vers des réservoirs construits hors de l'enceinte des villes;

^{« 5°} Dans les communes rurales où l'usage des fosses d'aisances « offre moins d'inconvénients, ainsi que dans les villes où cet usage « sera jugé devoir être maintenu ou généralisé, il y a lieu de provo- « quer, par voie de mesures administratives, la mise en pratique « des réformes proposées dans le rapport adressé à la Chambre des « représentants, à la suite de l'enquête de 1855. »

⁽Séances du 31 juillet, du 27 novembre et du 11 décembre 1862.)

de l'évier et des latrines, ainsi que les bouches des cours et autres surfaces pavées. Quelquefois, comme à Amsterdam, la Haye, Rotterdam, il y deux évacuateurs privés, l'un pour les eaux ménagères, qui va à la rigole couverte, l'autre pour les matières fécales, qui se rend séparément à l'égout proprement dit. Disons aussi que l'emploi des poteries, si usité de l'autre côté du détroit, est beaucoup moins répandu dans ces pays. A Bruxelles, par exemple, le conduit de la maison est le plus souvent en maçonnerie. Les deux types sont d'ailleurs prévus dans le règlement de la ville: le drain en briques doit avoir o^m, 30 de largeur dans l'œuvre, et o^m, 35 de hauteur; le drain en poteries est formé de tuyaux vernissés, de o^m, 20 de diamètre intérieur, emboîtés de 8 centimètres au moins.

Le choix du système est absolument laissé à l'appréciation des autorités locales; aussi observe-t-on des divergences très-marquées. Sans parler des villes de l'ancienne école, Anvers, Gand, Mayence, Cologne, etc., où l'évacuation des matières fécales est interdite, il en est d'autres, comme Bruxelles, où elle est libre, sauf, bien entendu, approbation, par la municipalité, des travaux au point de vue technique, d'autres, comme Huy, où elle est obligatoire, et d'autres enfin où elle est soumise à certaines conditions fiscales, par exemple à Namur, Liége, Aix-la-Ghapelle. Dans cette dernière ville, la taxe est de 12 francs environ une fois payés par mètre courant de façade, avec minimum de 55',50 (15 thalers). On cite des établissements industriels dont la mise de fonds a été ainsi de près de 2.000 francs.

Un complément indispensable manque presque partout à cette organisation : nous avons déjà eu occasion de l'indiquer, c'est une large distribution d'eaux publiques. Il reste aussi, pour résoudre le problème de la circulation continue, à prévenir la dépendition des liquides d'égout er les utilisant pour l'agriculture.

Drainage des eaux ordinaires. — Cette sage pratique est encore dans l'enfance. C'est à peine si l'on peut citer, à la Haye, quelques parties de promenades publiques qui aient été drainées, et à Liége, une moitié de cimetière qui va l'être prochainement. En général on se borne, pour préserver les maisons de l'humidité, à les élever sur des caves dont le sol est bien cimenté. Quant à détruire l'infection du terrain lui-même par un aérage méthodique, on ne paraît pas en avoir apprécié la portée. Jusqu'à présent ce mode de drainage est exclusivement réservé aux exploitations agricoles.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Les observations contenues dans ce Rapport se résument de la manière suivante:

1º Opérations insalubres pour les ouvriers. - Les gouvernements montrent une sollicitude marquée pour la santé des classes ouvrières. Sous l'influence de la législation et grâce surtout à l'intervention des inspecteurs centraux, de notables améliorations ont été introduites dans diverses industries. Elles consistent tantôt dans des procédés spéciaux, directement liés à la nature du travail, comme pour la fabrication de la céruse, de la tôle émaillée, de la quinine, pour le blanchiment des dentelles, le nettoyage des chiffons, etc., tantôt dans l'application, convenablement appropriée, de moyens généraux, en tête desquels figure la ventilation artificielle. C'est de cette dernière manière que le sécrétage des peaux, l'aiguisage des aiguilles, la préparation des allumettes phosphoriques, le filage des matières textiles, le broyage des écorces, et en général les opérations donnant lieu à des dégagements de vapeurs ou de poussières, ont été considérablement assainies. En certains cas, de simples modifications dans l'agencement des appareils, comme pour la fabrication du fulminate de mercure et la concentration de l'acide sulfurique, ont permis d'ariver au même but sans rien changer à la nature du travail et sans recourir à une aération mécanique. Enfin, mais dans de très-rares circonstances, on a cherché dans des appareils respiratoires le moyen de protéger les organes des ouvriers.

Ce qui ressort de l'ensemble de ces faits, c'est que les procédés les plus simples et les plus naturels, tels que l'emploi de l'eau et de l'air, sont en même temps les plus efficaces pour réaliser l'assainissement des ateliers.

2° Infection de l'atmosphère générale. — La législation est préventive en son principe, en ce sens qu'elle subordonne les autorisations à l'emploi de certains moyens déterminés, jugés propres à protéger l'atmosphère contre les dégagements nuisibles. On observe toutefois, surtout en Belgique, certains symptômes qui permettent d'induire que l'autorité publique n'est pas éloignée de se relâcher de la pratique suivie jusqu'à ce jour, tout en maintenant une surveillance attentive de nature à offrir pleine garantie à l'intérêt général. Ainsi, tandis que l'action préventive tend à s'affaiblir, l'action répressive, au contraire, confiée aux autorités communales, est fortifiée par l'intervention des inspecteurs du gouvernement.

Les effets des dégagements gazeux, organiques ou minéraux, ont été combattus avec succès, soit par une simple dispersion dans l'atmosphère, au moyen de cheminées convenablement élevées, soit par la condensation dans l'eau ou la combustion dans des foyers, soit enfin à l'aide de diverses réactions chimiques.

La fabrication de la soude a été transformée par l'usage des condenseurs. Parmi les systèmes en vigueur dans cette industrie, le plus efficace, sans contredit, et qui tend de plus en plus à se répandre, est celui des grandes tours en maçonnerie garnies de coke. La combustion des vapeurs est pratiquée dans les fabriques de bougies, de charbon d'os, d'huiles minérales, de potasse, etc. Les réactions chimiques, nécessairement plus restreintes dans leurs applications, ont été la base de quelques méthodes remarquables, notamment pour l'absorption des vapeurs nitreuses et de l'acide sulfureux.

Ici encore, nous reconnaissons que les moyens simples, tels que l'emploi de l'eau et du feu, réussissent le mieux pour assurer la salubrité.

La question de la fumivorité n'offre rien de bien nouveau. Après divers essais d'appareils compliqués, on paraît convaincu aujourd'hui que la solution du problème se trouve dans des foyers ordinaires, de bonnes dimensions, bien dirigés, et laissant pénétrer une quantité d'air suffisante dans la zone de combustion.

Le régime des sépultures est le même qu'en France. La seule particularité intéressante à signaler est l'institution des maisons mortuaires, à l'entrée des cimetières. On ne voit pas toutefois que les classes pauvres aient mis beaucoup d'empressement à en profiter.

3º Infection des atmosphères limitées. — L'assainissement des galeries de mines, réalisé surtout à l'aide d'une aspiration mécanique, a été porté à un haut degré de perfection. Les galeries d'égouts sont beaucoup moins bien partagées. Dans quelques villes, où les circonstances naturelles le comportaient, on les a améliorées par des lavages. Ailleurs on s'est borné à un petit nombre de cheminées d'aérage, le long des maisons, sur les points où la corruption de l'air était la plus grande. On a proposé, mais jusqu'à présent sans succès, d'appliquer aux réseaux d'égouts le système de ventilation usité pour les mines.

Quelques fosses d'aisances ont été aérées au moyen de tuyaux débouchant sur les toits et surmontés d'une girouette dont la rotation entraîne un petit appareil aspiratoire. Les cabinets sont parfois protégés par un système de fermeture assez ingénieux, consistant à engager les rebords du couvercle dans une rainure garnie de sable.

On doit signaler d'heureux usages de désinfectants, entre

autres du perchlorure de fer, dans les locaux où sont gardés les animaux domestiques. L'intervention de ce réactif paraît même avoir pour résultat d'accroître la valeur agricole de l'engrais.

4° Infection des eaux. — L'alimentation des habitants est surtout constituée par les eaux de puits et les eaux pluviales. Les villes pourvues d'une distribution publique sont en petit nombre; mais il y a une tendance marquée à étendre les bienfaits de cette organisation.

Les cours d'eau ont été jusqu'ici incomplétement protégés. Les moyens employés sont de deux sortes, partiels et généraux. Parmi les premiers qui jouent encore le principal rôle, on peut citer divers cas intéressants. Tantôt les résidus sont neutralisés ou dénaturés à l'aide de la chaux. comme dans les fabriques de soude, de chlorure de chaux, de rouge d'aniline; tantôt ils sont utilisés pour la nourriture du bétail ou pour l'agriculture, comme dans les distilleries de grains, les fabriques de colle et de gélatine, le lavage des laines; tantôt enfin ils deviennent la base d'industries nouvelles et fournissent d'utiles produits secondaires, notamment par l'extraction de la potasse contenue dans les mélasses et les eaux de suint, par le traitement des eaux grasses et savonneuses des laines, par l'extraction du soufre des marcs de soude, etc. Tout porte à croire que c'est dans cette dernière voie qu'on doit chercher les meilleurs procédés de désinfection; les intérêts de l'industrie y trouvent leur compte en même temps que ceux de la salubrité.

Les matières fécales ont été utilisées, en certaines contrées, avec des soins tout particuliers.

La question du rouissage préoccupe vivement les esprits en Belgique. La solution radicale, consistant dans un procédé économique de rouissage artificiel, n'a pas encore été obtenue d'une manière satisfaisante. Les moyens généraux sont beaucoup moins avancés. On ne peut signaler que pour le réprouver l'usage des puits absorbants, passé à l'état de système dans quelques villes. A Bruxelles seulement le problème est sur le point de recevoir sa solution rationnelle. On vient de décider que les liquides d'égouts, chargés de tous les immondices des maisons et des industries, ne seront désormais rendus à la rivière qu'après avoir été désinfectés à leur sortie et utilisés autant que possible pour les besoins de l'agriculture,

5° Infection du sol. — Pour le sol comme pour les eaux, on emploie des moyens de deux natures.

Parmi les moyens partiels, les seuls offrant quelque intérêt sont relatifs aux fosses d'aisances et aux conduites du gaz de l'éclairage. On peut citer, d'une part, un assez bon type de fosse mobile, et, d'autre part, plusieurs dispositions, telles que canaux en maçonnerie et revêtements d'argile, ayant pour but de garantir le terrain contre les fuites de gaz. Nulle part les conduites ne sont logées dans les égouts. On a proposé, mais jusqu'à présent sans succès, de les plonger, sous une hauteur d'eau de 10 à 12 centimètres, dans une petite rigole ménagée dans la galerie.

Le moyen général est le drainage. Sous ce terme on comprend deux opérations distinctes : l'une ayant pour but d'évacuer les liquides impurs par des canaux étanches, l'autre d'assécher et d'aérer le sol par des conduites perméables, analogues à celles de l'agriculture. Cette dernière opération a été à peine essayée; l'autre, au contraire, est très-répandue, tout en laissant beaucoup à désirer sous le rapport de l'exécution.

On est partagé sur la nature des services que doivent rendre les égouts. Selon les uns, il faudrait se borner à y écouler les liquides des rues, ainsi que les eaux ménagères et pluviales des maisons; selon les autres, il faut y envoyer également les matières fécales, et réaliser ainsi dans son ensemble le système de circulation continue. Cette dernière opinion, dont la conséquence est la suppression de tout dépôt d'ordures au sein des habitations, tend de plus en plus à prévaloir. Des villes importantes, Bruxelles, Liége, Aix-la-Chapelle, l'ont mise en pratique depuis plusieurs années. Quelques cités, telles qu'Anvers, résistent encore, dans le but de conserver à l'agriculture un précieux engrais.

Le manque d'une distribution d'eaux publiques et les vices de construction des égouts influent fâcheusement sur la salubrité d'un grand nombre de localités. Cette situation est naturellement aggravée partout où les fosses d'aisances ont été conservées.

Nous concluons ainsi:

L'assainissement industriel, dans les pays que nous venons d'étudier, a fait de notables progrès. On trouve plusieurs exemples à imiter, en ce qui concerne :

La préservation de la santé des ouvriers;

La destruction des gaz et vapeurs nuisibles;

La neutralisation ou l'emploi des résidus infectants.

Quant à l'assainissement municipal, il est beaucoup moins avancé. Les villes présentent encore trop souvent un fâcheux aspect. On relève toutefois deux faits considérables, qui peuvent être médités avec fruit:

La prééminence décidément accordée au système de cir-

culation continue;

La solution adoptée pour le traitement des liquides d'égout à Bruxelles.

NOTES A L'APPUI.

NOTE a.

Le sentiment public s'est manifesté avec une grande énergie en Belgique, pour pousser le gouvernement à protéger la santé des travailleurs. Déjà, lors de l'enquête sur la condition des classes ouvrières, le Conseil supérieur d'hygiène publique de Bruxelles s'exprimait ainsi:

« En outre de ce droit (d'intervenir dans le régime des établis« sements industriels), qu'on ne peut lui contester, nous voudrions
« que le gouvernement exerçât sa haute surveillance sur tous les
« établissements industriels, qu'il adoptât en principe de n'autoriser l'établissement d'aucune fabrique, d'aucune usine ou exploi« tation quelconque, sans la présentation préalable d'un plan indi« quant toutes les pièces qui doivent servir d'ateliers et mention« nant la capacité cubique de chaque atelier, le genre de travail
« auquel il est destiné, le nombre d'ouvriers qu'on veut y faire
« travailleurs, etc. Ce n'est qu'après que ce plan aurait été étudié
« par des hommes spéciaux, qu'après que ceux-ci se seraient assu» rés, même par la visite des lieux, qu'il a été satisfait à toutes les
« conditions désirables de salubrité, que le gouvernement devrait
« accorder l'autorisation demandée. »

Ces principes ont été introduits dans la législation. L'arrêté royal du 29 janvier 1863 (pour ne citer que les documents les plus récents), relatif à la police des établissements dangereux, insalubres ou incommodes, porte:

« Art. 2. Les demandes d'autorisation sont adressées à l'admi-« nistration à laquelle il appartient de statuer.

« Elles indiquent la nature de l'établissement, l'objet de l'exploi-« tation, les appareils et procédés à mettre en œuvre, ainsi que les « quantités approximatives des produits à fabriquer ou à emma-« gasiner; elles font connaître de plus les mesures projetées en « vue de prévenir ou d'atténuer les inconvénients auxquels l'éta-

NOTES.

« blissement pourrait donner lieu, tant pour les ouvriers attachés « à l'exploitation que pour les voisins et pour le public.

« Art. 6. Les autorisations sont subordonnées aux réserves et « conditions qui sont jugées nécessaires dans l'intérêt de la sûreté « et de la salubrité publique, ainsi que dans l'intérêt des ouvriers

« attachés à l'établissement... »

L'inspection centrale a été instituée par arrêté ministériel du 5 septembre 1855. Quatre agents supérieurs, aujourd'hui réduits à trois, se sont partagés l'ensemble des industries de la Belgique. Ils résident au siège du gouvernement et leur juridiction s'étend sur tout le royaume, chacun pour les catégories d'industries dont il est chargé.

L'arrêté royal précité, du 29 janvier 1863, qui a transporté aux autorités locales la police des établissements insalubres, a main-

tenu l'inspection centrale par l'art. 14 ainsi conçu: « Art. 14. Le collège des bourgmestres et échevins est chargé de

« la surveillance permanente des établissements autorisés. La « haute surveillance de ces mêmes établissements s'exerce par « les soins des fonctionnaires ou agents délégués à cet effet par

« notre ministre de l'intérieur. » La circulaire ministérielle du 4 février 1863 a développé la pensée

de cet article en ces termes : « L'article 1/1 garantit à l'autorité provinciale, par le maintien

* de l'inspection centrale, le concours de fonctionnaires compé-

« tents pour l'exercice des attributions nouvelles que lui confère « l'arrêté royal du 29 janvier 1863. Les inspecteurs attachés à mon

« département pour la surveillance des établissements soumis à la

« police administrative, conserveront, en vertu de cet article, les

« fonctions qu'ils remplissent aujourd'hui, et la députation perma-

« nente pourra toujours, par mon intermédiaire, recourir à leurs

« lumières et à leur expérience comme à celles du Conseil supé-

« rieur d'hygiène publique, pour la solution des difficultés qu'elle

« jugera utile de leur soumettre. »

L'intervention de ces hauts fonctionnaires, contenue dans les bornes d'une grande discrétion en ce qui touche notamment les rapports des patrons avec leurs ouvriers, a eu souvent pour résultat dedéterminer, par une pression toute morale, des améliorations hygiéniques auxquelles les maîtres de fabriques s'étaient montrés d'abord peu favorables.

En Prusse, on trouve des dispositions analogues. Voici un paragraphe de l'instruction ministérielle du 18 août 1853, traçant les devoirs des inspecteurs du gouvernement :

« Lorsque pour la conservation de la santé des jeunes ouvriers, « il paraîtra indispensable de procéder à des changements et amé-« liorations dans les localités existantes, le gouvernement de la « province prendra les mesures jugées nécessaires pour les obtenir, « soit à l'amiable, soit par voie d'exécution administrative; et, au « besoin, l'occupation desdites localités insalubres sera interdite. « Il est prescrit avant tout de veiller à ce que dans les établisse-« ments industriels et fabriques, l'air soit pur et que l'excès de « froid ou de chaleur soit évité. Il est particulièrement recom-« mandé d'examiner les nouveaux plans de ce genre d'établisse-

NOTE b.

« ments qui viendraient à être construits. »

La décision intervenue nous paraît trop conforme aux vrais principes pour que nous ne reproduisions pas les termes du débat.

La commission spéciale, composée d'ailleurs d'hommes éminents, qui avait été chargée de l'enquête, avait conclu ainsi, à l'unanimité de ses membres :

« 1° Il y a lieu d'interdire tous les fours à sulfate dans lesquels « les vapeurs acides se mêlent aux produits du foyer.

« Les fours qu'adopteront les industriels doivent être construits « avec soin, être toujours maintenus en bon état et munis de « portes de travail qui ne laissent pénétrer l'air dans l'intérieur « que pendant le temps strictement nécessaire pour opérer le « chargement, le déchargement et l'agitation des matières.

« 3° Les appareils de condensation doivent être construits de « manière à condenser les vapeurs acides et à fonctionner indé-« pendamment du concours de l'ouvrier, être maintenus en bon « état et être alimentés constamment par une quantité d'eau suffi-« sante et s'écoulant avec régularité.

« A cet effet, les appareils de condensation doivent être munis « d'un compteur hydraulique, approuvé par le gouvernement, et « dont la clef sera confié aux employés des accises afin de s'assurer

« que la quantité d'eau reconnue nécessaire a été fournie à l'ap-

« pareil de condensation dans un temps voulu.

« 4° Il est interdit d'accumuler en tas considérables les marcs de « soude....

« 5° On ne doit plus tolérer que les appareils de condensation « soient mis en rapport avec les grandes cheminées... »

Le ministre de l'intérieur, dans son rapport au roi, du 25 février

1856, a combattu ces conclusions par les considérations suivantes : « Est-il indispensable, est-il même utile que le gouvernement

« prescrive aux propriétaires ou directeurs de ces fabriques l'em-

a ploi de moyens déterminés et uniformes pour prévenir le déga-

« gement de gaz nuisibles dans l'atmosphère?

« Une semblable prescription, outre qu'elle pourrait manquer « son but et engager ainsi la responsabilité de l'autorité de qui

a elle émane, serait aussi de nature à léser les intérêts des pro-

« priétaires d'usines et à entraver le progrès industriel.

« Je suis donc d'avis que le gouvernement ne doit pas y recourir. « Puisque le seul résultat que l'autorité doive avoir en vue, celui

α de faire disparaître tout danger, tout inconvénient pour le voisi-

« nage, peut être obtenu par des moyens variés, il convient de

« laisser aux industriels le choix de l'un ou de l'autre de ces moyens « à leur convenance. Tout ce que le gouvernement doit exiger,

« c'est que les fabriques cessent de répandre dans leur voisinage

« des émanations nuisibles, et que ce but soit atteint sans que la

« salubrité intérieure des usines en souffre... »

Cette manière de voir fut sanctionnée par un arrêté royal, dont

l'article substantiel porte: « Art. 1er. Les propriétaires ou directeurs de fabriques de pro-

« duits chimiques (acide sulfurique, sulfate de soude, soude arti-« ficielle) sont tenus de prendre, dans un délai de deux mois à

« dater de la publication du présent arrêté, toutes les mesures

a propres à empêcher que l'exploitation de leurs usines ne puisse

« être nuisible à la salubrité publique ou intérieure, à la culture

« ou à l'intérêt général. »

NOTE C.

Le Conseil supérieur d'hygiène publique ayant été chargé de faire une enquête sur la fabrique du sieur Demetz, à Bruxelles, qui avait provoqué des réclamations, la commission qui avait instruit l'affaire formula ses conclusions de la manière suivante, dans un rapport en date du 20 avril 1857 :

« Les conditions imposées par l'autorité au sieur Demetz, d'après « les avis du Conseil, sont donc remplies. Si cet industriel prenait

« le soin de conserver ses huiles volatiles dans des réservoirs her-

« métiquement clos, la commission ne trouverait aucune objection

 α à faire à ses procédés de fabrication ; elle ne saurait indiquer « aucune précaution nouvelle. Et cependant, elle doit le déclarer,

« son usine répand des émanations qui, quoique beaucoup moins

« intenses qu'en 1855, sont néanmoins très-incommodes et se por-« tent bien au delà des habitations des voisins plaignants... Quoique « le travail s'y fasse convenablement, l'ensemble (de l'usine) est " une source incessante de dégagements de vapeurs odorantes fort « désagréables pour beaucoup de personnes. Aussi la commission « s'empresse-t-elle de reconnaître que les plaintes des voisins sont « entièrement fondées...

« La commission, après avoir mûrement examiné les procédés « de fabrication d'huile de résine, ainsi que les différentes manipu-« lations qui sont la conséquence indispensable de cette fabrica-« tion, déclare son impuissance pour indiquer des précautions « nouvelles à joindre à toutes celles qu'on a déjà proposées et que « le gouvernement impose aujourd'hui à chaque industriel auquel « il accorde une autorisation pour ériger une usine de ce genre...»

Ne semble-t-il pas que mieux aurait valu à l'origine laisser le sieur Demetz établir son usine sous sa responsabilité personnelle, en l'avertissant seulement des inconvénients contre lesquels il aurait à se prémunir? De la sorte l'autorité aurait loujours été armée vis-à-vis de cet industriel, tandis qu'on s'est vu obligé de le tolérer dans les conditions fâcheuses où il se trouvait. A la vérité, la commission, désireuse de parer aux maux à venir, prit la conclusion suivante, adoptée par le Conseil:

« La commission pense que le moment est venu, pour l'autorité « publique, de prendre une mesure générale et de ne plus autoriser « l'érection de ce genre de fabriques qu'à une distance au moins « de 500 mètres de toute habitation. »

Mais une telle décision offre le double inconvénient de ne pas améliorer la situation présente, et de proscrire dorénavant sur une grande étendue une industrie que ses progrès de fabrication peuvent amener un jour à vivre sans dommage pour le public dans le voisinage des lieux habités. Et de fait, il existe aujourd'hui des fabriques bien tenues dont l'odeur est insensible à une distance beaucoup moindre que celle qu'on vient de mentionner.

NOTE d.

Voici ce règlement en date du 21 avril 1857, que ses bons effets recommandent à l'attention :

« 1° Les foyers de distillation seront en deliors de l'usine.

« 2° Les huiles de résine, soit qu'elles proviennent de la distilla-« tion de la résine ou de l'huile brute de résine, seront reçues en « vase clos et conduites directement, à l'aide de tuyaux métalli-

« ques, vers les réservoirs destinés à les contenir.

« Ces réservoirs devront se trouver dans des magasins isolés et « éloignés de 10 mètres, au minimum, des ateliers de distillation. « 5° Les gaz qui prennent naissance pendant la distillation de la

* résine et de l'huile brute de résine seront conduits, au travers a d'une soupape hydraulique, sous un foyer incandescent, pour y

« être brûlés complétement.

« 4° Autant que possible, les réservoirs des huiles seront creusés « dans le sol, et, dans ce cas, ils seront voûtés et parfaitement « clos.

« 5° Lorsque les huiles de résine seront conservées dans des vais-« seaux en bois ou dans des réservoirs métalliques, ces vaisseaux « ou ces réservoirs seront toujours parfaitement fermés. Il ne « pourra être établi, dans ce cas, aucun fourneau, aucun foyer

« dans le magasin.

« 6° L'atelier où se fait la distillation de la résine et la rectifica-« tion de l'huile brute de résine, celui où se fabrique la graisse « industrielle, le magasin où sont conservés les huiles de résine « et les graisses, seront constamment clos et entretenus dans le « plus grand état de propreté. Autant que possible, les récipients « des huiles de résine, comme le sol des ateliers et des magasins, « seront construits en matériaux imperméables.

« 7° Les foyers ne pourront être alimentés par du goudron, du « bois imprégné de goudron, de résine ou d'huile de résine, ni « en général par aucune matière inflammable capable de répandre « au loin du noir de fumée et des émanations odorantes. »

Le seul reproche que, pour notre part, nous adresserons à ces dispositions, c'est d'avoir un caractère obligatoire. Plusieurs d'entre elles, qui pénètrent dans les détails de la fabrication, devraient, ce nous semble, faire l'objet d'une simple instruction à l'usage des fabricants; et le règlement devrait se borner à signaler les divers genres d'inconvénients contre lesquels ces fabricants auraient à se prémuuir. Il est visible, par exemple, que les gaz, au lieu d'être brûlés, pourraient être aussi bien détruits par quelque nouveau procédé de condensation que le progrès de l'industrie viendrait à révéler.

NOTE e.

L'importance du sujet nous engage à reproduire la partie essenticlle des instructions du Conseil supérieur d'hygiène publique, en date du 17 juin 1861:

« Lorsque l'ouvrier quitte le travail, il faut qu'il fasse des « ablutions à grande eau et qu'il change de vêtements, afin de faire « désinfecter ceux qui sont plus ou moins imprégnés des émana-« tions du cimetière.... Dans ce but, on fera construire dans le « voisinage du cimetière une barraque en planches bien rejoina toyées.... Lorsque la journée sera finie, les ouvriers y change-« ront de vêtements; les différentes pièces seront étendues sur « des perches de bois, et le surveillant placera au milieu de la pièce « un baquet dans lequel il mettra un demi kilogramme de chlorure « de chaux en poudre, qu'il arrosera avec un demi-kilogramme « d'acide chlorhydrique; il se retirera aussitôt en avant soin de « fermer exactement les portes....

« Tout étant disposé à l'avance au nouveau cimetière on pourra « commencer les travaux d'exhumation....

« Les exhumations offrant d'autant plus de danger pour le tra-« vailleur qu'elles se pratiquent pour des corps plus récemment « enterrés, il va de soi que les premières opérations devront s'effec-« tuer sur la partie du cimetière où les inhumations ont été faites « antérieurement à 1856. On déblayera donc toute cette partie, « couche par couche, jusqu'à ce que les odeurs méphytiques se « fassent sentir; alors on arrosera le sol avec la dissolution de « chlorure de chaux à 2 p. c., et on abandonnera le travail pour le « continuer plus loin, jusqu'à ce que, les mêmes phénomènes se « produisant, on soit de nouveau forcé d'arroser et de discontinuer « le déblaiement plus profondément.

« Quand toute la surface aura été ainsi déblayée jusqu'à la pro-« fondeur où l'odorat commence à être péniblement affecté, on « aura quelques heures plus tard une nouvelle surface de terrain « qui aura été désinfectée par les arrosements faits durant le tra-« vail, et l'on entamera de nouveau cette surface qui sera égale-« ment déblayée aussi profondément que le permettront les cir-« constances, c'est-à-dire la perception d'odeurs infectes et pu-« trides..... Dans tous les cas, un arrosement de chlorure de chaux « devra être pratiqué, à chaque 20 ou 25 centimètres de profon-« deur. Si le terrain offrait trop d'humidité, au lieu de faire des « arrosements, il faudrait faire répandre sur le sol du chlorure de « chaux sec en poudre.... Mais c'est surtout lorsqu'on arrive à la « profondeur où reposent les cadavres qu'il faut redoubler de pré-« cautions; s'ils laissent dégager des odeurs infectes, on les arro-« sera avec la solution de chlorure de chaux à 4 p. c. Si les bières « paraissent encore en bon état, on évitera soigneusement de les en-« dommager, on les soulèvera avec précaution pour les placer sur « une serpillière imprégnée de liqueur désinfectante, avec laquelle « on les enveloppera pour les transporter au nouveau cimetière..... « Il arrivera infailliblement qu'on trouvera beaucoup de cercueils « consumés et des cadavres en pleine putréfaction; dans ce cas, il « faut désinfecter convenablement le cadavre avant de songer à le « déplacer, et le travail de déplacement devra se faire avec des « crochets, des dragues ou de longues pinces de fer, car il importe « que les ouvriers mettent le moins possible les mains aux corps « ou parties de corps en état de putréfaction.

« Les terres provenant du déblai du cimetière devront être im-« médiatement conduites hors de l'enceinte de celui-ci et amonce-« lées, si faire se peut, à l'endroit où doit s'élever le parapet du « fossé (des fortifications) ou à proximité de cet endroit; elles su-« biront ainsi l'influence de l'air et de ses diverses conditions mé-« téorologiques, et se dépouilleront insensiblement des miasmes qui « auraient pu échapper à l'action du liquide désinfectant.

"...S'il y avait lieu à exhumer dans des caveaux, il faudrait ou"vrir largement ceux-ci au moins vingt-quatre heures avant le
"commencement du travail, y faire répandre de la solution chlo"rurée et ne permettre aux ouvriers d'y entrer qu'après qu'on se
"serait assuré, en y descendant une chandelle allumée, que leur
"vie ne saurait y être exposée au danger d'une asphyxie par l'a"cide carbonique. Si la chandelle, en s'éteignant, dénotait la pré"sence de ce gaz, il faudrait, soit le détruire en versant dans le
"caveau du lait de chaux, soit l'extraire à l'aide d'une manche-à"air ajustée à un fourneau d'appel placé au-dessus du caveau..."

NOTE f.

On ne lira peut-être pas sans întérêt l'exposé des idées de M. Devaux, tel qu'il a été soumis au gouvernement, le 15 mai 1865.

« ...Quant au détournement de l'air des égouts au moyen de « cheminées ou chéneaux débouchant à hauteur des toits, ce sys-« tème n'a pas seulement le défaut de ne faire que déplacer le mal, « en le reportant du rez-de-chaussée aux étages, il est de plus « complétement inefficace dans les chaleurs, puisque toutes ces « cheminées, au lieu de tirer, rabattent avec d'autant plus d'éner-« gie qu'elles sont plus hautes...... Cet air vicié s'épanche au « dehors par toutes les issues, par toutes les fissures, par les com-« munications plus ou moins directes ouvertes entre l'égout et les « habitations; il s'infiltre dans le sous-sol des rues, pénètre dans « les caves et se porte naturellement dans les maisons où il est « appelé par une aspiration d'autant plus puissante qu'elles sont « mieux closes et mieux chauffées..... On aura fait peu pour la sa-« lubrité des populations aussi longtemps qu'on n'aura pas pris des « mesures pour que ce soit l'égout lui-même qui aspire et avec plus « de force, bien entendu, que ne peuvent en produire, en sens in-« verse, soit nos maisons, soit la pente du terrain, soit les varia-« tions de température, soit la direction et la violence des vents ou « toutes autres causes perturbatrices.

« Quant au moyen d'obtenir ce résultat, il est des plus simples, « et ce qui se pratique journellement dans nos mines de houille, « dont les galeries présentent une si grande analogie avec un réseau « d'égouts, ne permet pas de douter de son infaillibilité.

« Ce moyen consiste à intercepter, par obturation hydrau-« lique (*), toute communication pour l'air entre les égouts et « l'extérieur; puis à entretenir dans tout le réseau une dépression-« modérée et convenable, à l'aide d'un ou plusieurs ventilateurs « aspirants, rejetant les gaz en des points choisis où l'on n'ait pas à « en redouter la malignité....

« Pour une ville comme Bruxelles, par exemple, trois ventila— « teurs au plus, activés chacun par une petite machine à vapeur-« de quatre à cinq chevaux, et installés en des points convenable— « ment choisis, suffiraient amplement pour tout le service.

« Ces appareils, montage compris, pourraient coûter chacun « 10.000 francs. Affectant la même somme à la construction de la « cheminée d'évacuation et de la galerie souterraine servant de « laboratoire d'épuration (pour le cas où l'on voudrait désinfecter « les gaz avant de les rejeter dans l'atmosphère), et comptant « 5.000 francs de frais imprévus, chaque poste coûtera au plus « 25.000 francs. Quant aux frais annuels, ils se borneront à 3.000

^(*) Il est probable que, dans la pensée de l'auteur, cette fermeture n'est pas absolue, et qu'on laisserait rentrer l'air pur par certains points extrêmes, pour rendre les galeries babitables aux ouvriers. Il ne s'agit iei que des orifices distribués en nombre infini sur tous les points du réseau, et dont le maintien rendrait l'aspiration illusoire.

« chausseur, et 700 francs pour entretien et imprévus, en tout

« 5.500 francs par poste. L'hypothèse de trois postes conduirait

« donc à 69.000 francs pour dépenses de premier établissement et

« 16.500 francs par an pour faire fonctionner le système. »

NOTES.

459

" détourné les eaux sur la rue Notger, je fis visiter l'égout soumis « à l'expérience, sur toute son étendue, et il fut trouvé compléte-« ment nettoyé.

« Je procédai à une seconde expérience.

« Je fis établir une digue longitudinale dans l'égout, en amont de « la rue Notger, pour partager les eaux en deux parties égales, « dont une pouvait passer par la rue Notger, et la deuxième vers « la rue Hors-Château, de manière à n'employer que 70 à 75 mètres « cubes d'eau en une heure.

« Trois jours après la première expérience, je fis visiter l'égout « sur toute son étendue et on y trouva à peu près la même quantité « d'immondices, pierrailles, etc., qu'avant la première expérience; « j'y fis jeter les 70 à 75 mètres cubes d'eau, et je les laissai couler « pendant une heure environ.

« Une visite a fait reconnaître que l'égout était nettoyé jusqu'à « la Meuse. Toutesois, aux jonctions à angle droit de quelques em-« branchements d'égouts affluents, il était resté de légers dépôts. « Je fis rejeter les eaux pendant une seconde heure, et les dépôts « furent emportés; mais j'ai la conviction que cette seconde chasse « n'aurait pas été nécessaire, si ces jonctions avaient été construites « suivant des courbes tangentes.

« J'ai procédé à une troisième expérience, et cette fois par une " chasse d'eau.

« Je fis curer neuf embranchements plus ou moins longs et je « fis amener les immondices dans le long réseau d'égouts en amont « et en aval de ces embranchements. Il y en avait environ om, 15 de « hauteur et un cube de 18 à 20 mètres. Je fis faire dans l'égout, à « la tête de la rue Notger, une vanne mobile pour retenir les eaux « affluentes pendant un demi-quart d'ineure; il y en avait environ « 18 à 20 mètres cubes; immédiatement le barrage sut ouvert et « ces caux se précipitèrent dans l'égout. Quarante minutes après « je l'ai fait visiter et il fut reconnu que les immondices avaient « disparu.

« J'ai pensé qu'il était inutile de continuer les expériences sur « cette base, puisque, d'après mon système, il faut que chaque « égout soit lavé tous les jours en un temps donné par une quantité « d'eau suffisante, soit par un écoulement continu, soit par une

« J'ai fait construire un barrage provisoire, disposé de manière « à pouvoir varier le débit à l'écoulement continu, et après divers « essais, continués avec persévérance, j'acquis la certitude qu'avec « un écoulement d'eau d'une heure tous les jours, représentant

Le projet de M. Devaux a rallié de puissantes sympathies au sein du Conseil supérieur d'hygiène, et il ne serait pas impossible qu'on

en fît un jour l'expérience.

NOTE q.

La méthode de lavage des égouts a été généralisée à Liége, à la suite d'expériences faites par M. Remont, ingénieur-architecte des travaux de la ville. Ce praticien distingué, qu'on peut considérer comme le véritable promoteur du système, qu'il a introduit successivement dans diverses villes de la Belgique, rend compte en ces termes des expériences auxquelles il s'est livré :

« Pour m'assurer de l'effet que je puis produire avec les eaux « que j'ai à ma disposition (à Liége), j'ai procédé à des expériences « propres à m'éclairer complétement sur la matière.

« Dans les canaux qui sont lavés actuellement, j'ai choisi le ré-« seau d'égouts qui remplissait le mieux toutes les conditions; c'est « celui qui se dirige derrière le palais, rue Hors-Château et sous la « prison jusqu'à la Meuse, au pont Maghin. Il présente des parties « à radier plat, d'autres à radier ovoïde et une partie sans radier; « des pentes diverses et faibles (la pente moyenne est de 11 milli-« mètres par mètre); des raccordements courbes et à angles plus « ou moins prononcés, et des largeurs différentes; il a, à peu de « chose près, la plus forte des longueurs d'égouts à laver; enfin il « recueille une grande quantité d'immondices provenant de la « population considérable des petites rues qui y débouchent.

« J'ai fait les expériences vers le milieu du mois de juillet, pen-« dant des chaleurs d'environ 28 degrés centigrades et qui duraient « depuis le 8 du mois.

« Depuis plusieurs jours ce réseau d'égouts n'avait pas été lavé; « le radier était couvert d'immondices (surtout dans la partie d'a-« val), provenant des petites rues et impasses qui se trouvent sur a ce parcours. La hauteur des immondices était au maximum de « o".15 et au minimum de o",05. La vanne, rue Notger, fut fermée « et je laissai couler librement les eaux durant une heure environ, « pendant laquelle il passa 150 mètres cubes d'eau. Après avoir

NOTES.

441

« 18 à 20 mètres cubes, je maintiendrais dans un état complet de « propreté le réseau d'égouts prémentionné, de 1.336 mètres d'é-« tendue. »

NOTE h.

Voici le règlement des vacheries, élaboré en 1862 par le Conseil supérieur d'hygiène publique, et mis en vigueur dans plusieurs villes de Belgique.

« 1° L'endroit choisi pour l'érection de l'établissement devra être « suffisamment fourni d'eau.

« L'écoulement des eaux devra s'effectuer facilement jusqu'à « l'égout le plus voisin, par un ruisseau pavé ayant la pente con-« venable.

« 2° Les vacheries devront avoir au moins 4 mètres de hauteur « du pavé aux solives.

« 3° Les vacheries à un rang de vaches auront au moins 4 mètres « de largeur depuis la mangeoire jusqu'au mur opposé.

« 4° Les vacheries à deux rangs de vaches mesureront au moins « 7 mètres de largeur d'une mangeoire à l'autre, lorsque celles-ci « seront placées contre les murs, et au moins 8 mètres d'un mur « à l'autre, lorsque les mangeoires seront placées au milieu de « l'étable.

« 5° L'espace réservé à chaque vache sur la longueur de l'étable sera de 1^m,50 au moins.

« sera de 1^m,50 au moins. « 6° Les vacheries seront convenablement éclairées et ventilées. « -Pour ventiler les étables, on établit, dans l'épaisseur des murs « extérieurs, des tuyaux coudés ou des conduits dans la maçon-« nerie, en nombre suffisant, et débouchant dans l'étable à une « hauteur de 1m, 50. L'orifice inférieur ou externe de ces tuyaux, « légèrement évasé et garni de toile métallique ou d'une plaque « perforée en fer ou en zinc, aspire l'air à une certaine élévation « au-dessus du sol. L'orifice supérieur ou interne, également revêtu « d'un cadre avec toile métallique ou d'une rosace perforée et « muni d'un registre modérateur (clef, valve, clapet), sert à ré-« pandre à l'intérieur l'air aspiré du dehors. Pour donner issue à « l'air altéré, on pratique, selon l'étendue de l'étable, une ou plu-« sieurs ouvertures dans le plafond, au milieu ou dans les angles, « auxquelles on adapte des tuyaux légèrement coniques, qui s'élè-« vent à 1 mètre ou 1m,50 au-dessus du faîte de la toiture. Ces « tuyaux sont surmontés d'un champignon.

« 7° Les nourrisseurs devront tenir les vaches dans le plus grand

« état de propreté; ils laveront une fois par jour en hiver et deux « fois en été le ruisseau de l'étable et celui de la cour.

« 8° Le sol de l'étable et le ruisseau seront pavés de pierres non « poreuses, reliées entre elles par de bon mortier hydraulique. « La cour sera pavée.

« 9° Les liquides provenant de l'exploitation seront conduits di-« rectement dans l'égout public ou dans une citerne étanche fer-« mée exactement par une dalle en pierre ; cet écoulement devra « s'opérer par un canal couvert, muni d'un coupe-air. »

(Suivent d'autres dispositions relatives au danger d'incendie.)
Nous ferons à ce règlement le même reproche qu'à celui des fabriques d'huile de résine (Note d), c'est de trop pénétrer dans les détails d'exécution.

NOTE i.

Le rapporteur, M. le D' Gorrissen, chargé de l'examen des procédés du D' Kœne, s'est exprimé en ces termes, à la date du 4 février 1863:

« D'après toutes les explications et les expériences conformes « de MM. Frankland, Hoffmann (Angleterre) et Kœne, nous n'avons « plus à nous occuper des avantages pratiques du perchlorure de « fer (au point de vue de la désinfection); la seule question im-« portante à compléter est celle relative à la valeur agricole « de l'engrais que ce perchlorure produit en désinfectant les ma-« tières.

« A cet effet, considérons la réaction du perchlorure et des prin-« cipes albumineux.

« Aucun chimiste n'ignore que le perchlorure de fer en solution « diluée et en présence d'un corps tendant à s'unir au peroxyde de « fer donne naissance à ce peroxyde.

« Eh bien, de même que la chaux précipite l'acide phosphorique « et les matières albumineuses en s'unissant à ces corps, de même « le peroxyde de fer précipite ces substances en contractant des « combinaisons.

« Ce peroxyde, de même que la chaux, fonctionne ici comme « base, et si, avec le perchlorure, M. Kœne obtient une désinfec- « tion permanente, tandis qu'avec la chaux on n'obtient qu'une « désinfection passagère, cela tient tout simplement à ce que la « combinaison ferrique persiste, pendant que l'acide carbonique « de l'air détruit la combinaison calcique. La première persiste, « parce que le peroxyde de fer, comme base faible, ne saurait

NOTES.

443

« s'unir à l'acide carbonique; par cette raison aussi, la combinai-« son de cette base avec la matière albumineuse est moins intime « que la combinaison calcique, et, comme de semblables combinai-« sons ferriques se détruisent lentement quand l'air n'a pas un « libre accès et qu'elles causent ce phénomène que nous désignons " par l'expression érémacausie, l'engrais satisfait très-bien aux « besoins des plantes. Mais si les principes fertilisants sont fixés. « si tous fonctionnent en satisfaisant à ces besoins, l'engrais désin-« fecté par le procédé Kœne doit avoir plus d'effet sur les plantes « que l'engrais de même origine non désinfecté; c'est en effet ce « que la pratique constate, et le fait le plus concluant à citer, et « dont tout le monde a pu se convaincre, c'est que les cultivateurs « de Campenhout sont venus, en grand nombre, chercher à « Bruxelles de la matière fécale désinfectée, après qu'ils avaient « acheté sur les lieux le contenu d'un bateau de plus de 100 mètres « cubes de la même matière.

« D'autres expériences faites en grand pendant huit ans à Notre« Dame-au-Bois, ont en outre établi que ce guano humain a encore « un effet marquant sur la récolte, durant la deuxième année de « l'expérience; encore un fait conforme à la théorie relative à la « consomption lente de l'engrais désinfecté par le procédé Kœne. « En résumé, un engrais putride s'altère promptement, et déjà « avant son emploi une notable quantité du principe fécondant « essentiel, l'azote, s'est dégagée à l'état d'ammoniaque. Un engrais « désinfecté par un excès inévitable de chaux, ne commence à « agir que du moment où cet excès est passé à l'état de carbonate; « dès cet instant, les principes fertilisants deviennent peu à peu « solubles; mais quant à la substance albumineuse, au lieu de « subir les effets de l'érémacausie (consomption lente), elle passe « par la fermentation putride en produisant, outre l'ammoniaque, « des gaz nuisibles à la végétation.

« Sur un engrais désinfecté par le procédé Kœne, l'acide car- : « bonique n'a pas d'effet; il ne saurait donc entrer en putréfaction, « mais il se consume l'entement, et l'érémacausie est favorisée par « l'oxygène du peroxyde de fer. »

NOTE Ic.

Parmi les solutions mises en avant pour alimenter les villes d'eaux potables, nous citerons, comme ayant chacune son originalité propre, celles qui ont été adoptées à Liége, à Verviers et à Aix-

la-Chapelle. La première est en cours d'exécution; les deux autres ne sauraient se faire attendre.

La ville de Liége jouit déjà d'une distribution publique, mais tout à fait insuffisante. L'eau est fournie par un certain nombre de petites galeries, qui ont été creusées, à diverses époques, dans les coteaux environnants, soit pour les besoins mêmes de la cité. soit pour l'exploitation des mines de houille. On a décidé, il y a quelques années, qu'une large distribution serait créée dans le triple but d'alimenter les maisons, d'approprier les rues et d'assajnir les égouts. Trois projets furent discutés: l'un consistant à purifier les eaux de la Meuse au moyen de galeries filtrantes (d'après le système de M. Daubuisson à Toulouse), l'autre à récolter par un drainage agricole les eaux pluviales qui filtrent à travers les sables de la Campine; le troisième enfin, qui a prévalu, consistant à amasser les eaux souterraines de la Hesbaye (ligne de coteaux dominant Liége), au moyen de galeries traversant le terrain houiller et les argiles de la base du terrain crétacé, puis pénétrant dans les couches perméables supérieures, reconnues très-aquifères. La galerie principale, dite galerie d'Ans, débouchera près des faubourgs, à 65 mètres au-dessus du niveau de la Meuse (Pl. VIII, fig. 3 et 4). Elle aura 1m,80 sur 1m,20 de section, cinq kilomètres de longueur et une pente dirigée vers la ville de 1 millimètre par mètre. Elle sera soigneusement maconnée dans tout son parcours à travers les argiles et le terrain houiller, afin de ne pas recevoir les infiltrations moins pures de ces couches. Elle sera, au contraire, à vif dans le terrain crétacé. A l'extrémité de cette galerie, c'est-à-dire en plein dans la craie, et à 36 mètres au-dessous du sol en même temps qu'à 25 mètres sous la surface actuelle de l'eau, deux autres galeries de 2.500 mètres de longueur chacune et de même section que la première, avec laquelle elles seront à angle droit, compléteront le réseau. Elles auront une pente, dirigée vers la galerie principale, de 1 mètre par 1.500 mètres. On pourra les développer si cela était nécessaire, mais on compte que le système tel quel fournira assez d'eau, car on évalue le débit à 70.000 hectolitres par jour.

A Verviers on projette une distribution colossale, eu égard au chiffre de la population. On veut avoir 18 millions de mètres cubes par an pour 50.000 habitants, soit une moyenne de 16 à 17 hectolitres par tête et par jour. Il est vrai qu'on débutera par un chiffre moitié, ce qui est encore le sextuple de la consommation dans les villes bien fournies. Mais Verviers possède une immense industrie, celle des laines, qui réclame énormément d'eau, et l'on a la pré-

tention, au moyen de ces nouveaux travaux, d'en fournir non-seulement à toutes les fabriques actuelles, mais de faire face à un nombre double. Le projet, dont l'exécution coûtera environ 6 millions, comporte un grand barrage à construire dans la vallée de la Gileppe où coule un des affluents de la Vesdre, débitant annuellement 20 à 24 millions de mètres cubes. Le réservoir naturel ainsi formé serait d'une capacité de 12 millions de mètres cubes et se remplirait une fois et demi par an, ce qui mettrait 18 millions de mètres cubes à la disposition de la ville. On estime que le barrage aura 40 mètres de haut et une épaisseur de 60 mètres. La prise se fera au moyen d'une galerie percée dans la roche vive et communiquant avec un aqueduc qui amènera les eaux dans un bassin de distribution à 80 mètres au-dessus du thalweg de la vallée de Verviers.

A Aix-la-Chapelle la question est moins avancée. On hésite encore entre deux solutions; l'une, de même nature que la précédente, consisterait à barrer l'une des vallées qui avoisinent Stolberg; l'autre consisterait à pratiquer un puits dans le terrain houiller, près d'Herbesthal. Ce dernier projet, très-étudié en ce moment, a été inspiré par la vue des faits qui s'accomplissent dans l'une des principales houillères du pays. Le puits d'épuisement fournit une eau de bonne qualité et presque suffisante pour alimenter la ville d'Aix. Il a même été question de passer un traité avec les propriétaires de la mine; mais la crainte de voir la qualité des eaux varier par suite des travaux ultérieurs de l'exploitation y a fait renoncer. On s'arrêterait à l'idée de creuser un puits spécial dans la région la plus favorable, lequel s'arrêterait dans le calcaire houiller à une profondeur d'environ 80 mètres. Des machines remonteraient l'eau à surface, d'où un aqueduc les amènerait à Aix, à une hauteur suffisante pour desservir toutes les maisons.

NOTE 1.

Les villes d'Anvers et de Louvain, en Belgique, celle de Gronigue, dans la Hollande septentrionale, et celle de Bonn, dans la Prusse rhénane, présentent les types les plus achevés d'un emploi minutieux des engrais. Dans les deux premières, l'engrais est vendu à l'état naturel, sans addition de matières étrangères; dans les deux autres, on en forme préalablement des composts variés.

A Anvers l'exploitation des vidanges, faite depuis des siècles au profit du trésor communal, a de tout temps rapporté des sommes considérables. Le bénéfice annuel, graduellement réduit par la concurrence du guano, est encore de 80.000 francs, après avoir été de 110.000 il y a une quinzaine d'années. Douze vidangeurs-jurés. nommés par le collége échevinal, président aux vidanges, visitent les fosses après l'opération, et s'assurent si elles sont encore en bon état. Ce sont eux qui jaugent la fosse, constatent la quantité extraite et rédigent les déclarations indiquant le volume d'engrais obtenu. La quantité totale, fournie par la ville chaque année, est d'environ 30.000 mètres cubes. Les matières solides sont embarquées en vrac et déposées dans un réservoir central, formé de plusieurs citernes, situé sur la rive gauche de l'Escaut. C'est là qu'un agent de la ville les vend au public. Les matières liquides sont chargées dans des bateaux-citernes, qui vont alimenter les fosses à gadoue des cultivateurs et des marchands. Les unes et les autres circulent dans divers sens. On trouve des fosses le long de l'Escaut et de ses affluents, sur les canaux de Flandre et du Brabant, et jusqu'à Campenhout, près de Louvain, qui absorbe près d'un dixième de l'engrais. Mais c'est surtout le pays de Waes, où la culture des plantes industrielles est si développée, qui consomme une grande quantité de cet engrais. Malgré la longueur et la difficulté des transports, le Campinois, au retour du marché d'Anvers, en emporte souvent, et les fosses de dépôt que la ville a fait construire à Cruybeeck sont presque toujours vides.

Le prix moyen des matières fécales ordinaires est de 9 à 10 francs par mêtre cube livré au bateau; il varie, selon la densité, de 5 à 18 francs.

La ville de Louvain opère également la vidange en régie. Son bénéfice n'est que d'une quinzaine de mille francs, c'est-à-dire relativement moins élevé qu'à Anvers, parce qu'elle a surtout en vue de donner au commerce de cet engrais toute l'extension désirable. Elle a acquis des bateaux couverts pour le transport, et a établi dans diverses communes accessibles par eau des fosses de dépôt. parmi lesquelles celles de Campenhout sont les plus considérables. Ces dernières ne servent pas seulement pour les matières alvines de Louvain, mais on peut encore y recevoir et débiter, au profit de la ville, la gadoue provenant d'autres localités. Nous avons dit tout à l'heure qu'Anvers y envoyait près du dixième de sa production. Mais on en fait venir de bien plus loin : dans une seule année on a acheté 10.000 hectolitres de gadoue d'Amsterdam. Les fosses de Campenhout ont une capacité de 500 mètres cubes; celles de Boortmeerbeck, dans la même contrée, n'ont guère moins. Elles sont couvertes par un toit en pannes et présentent un débarcadère. Le bord des réservoirs est situé à 10 mètres environ du canal. Pour opérer le transbordement de la gadoue hors du bateau-citerne dans les fosses, on a établi un chenal de 10 mètres de longueur sur la digue de séparation et l'on puise au seau avec une bascule. Ce seau contient un quart d'hectolitre. On débite par le même procédé.

Des pratiques analogues se retrouvent dans plusieurs autres villes de Belgique, surtout dans les Flandres, à Gand, Bruges, Lockeren, etc. (Voir pour plus de détails le rapport de M. G. P. Schmit, ingénieur à Liége, qui a étudié cette question par ordre du gouvernement belge).

A Groningue, on met un soin plus grand encore à utiliser tous les immondices de la ville. Les maisons sont en général dépourvues de fosses d'aisances. On place sous le siége des cabinets des vaisseaux de bois ou de fer qui sont vidés deux fois par semaine dans des voitures couvertes, où l'on charge également la boue des rues et des égouts. On recueille à part les résidus secs, tels que balayures, poussières, débris, etc. Les cendres des foyers sont emportées par des voitures spéciales.

Toutes ces matières sont conduites hors la ville sur un terrain abrité par des hangars. Le sol est pavé et divisé en plusieurs emplacements un peu concaves. Avec les résidus secs on forme des espèces de digues circulaires, et les matières liquides ou pâteuses sont répandues au milieu. La partie qui filtre est conduite par des gouttières dans une grande citerne en maçonnerie. On brasse ensuite les matières comme on fait du mortier, et l'on obtient un engrais particulièrement estimé. Les agriculteurs attachent une grande importance à ce que la préparation ait lieu suivant certaines règles. Ainsi l'on ne doit faire entrer dans le compost ni paille ni foin. Les matières fécales doivent ètre récentes, à quelques jours de date seulement, pour avoir tout leur prix.

Le service est fait par une corporation, payé par la ville. Le directeur est chargé également de la vente et de l'expédition du produit. It se rend de temps en temps dans la province, sur les lieux mêmes, et y vend à l'enchère, par devant un huissier, l'engrais en lots de 18.000 kilogrammes environ, et au prix de 120, 1/10 francs, quelquefois même 200 francs, soit normalement de 7',50 à 8 francs la tonne. L'expédition a lieu dans des bateaux couverts, contenant précisément 18.000 kilogrammes chacun. Les liquides (ayant dégoutté des tas) sont vendus d'une manière analogue, mais seulement au prix de 2',50 le mètre cube. On les ré-

pand sur les champs au moyen de charrettes semblables à celles qui font l'arrosage des villes.

Le bénéfice net retiré par la ville de ces opérations est de 40.000 francs par an. Mais ce qui a bien plus d'importance que ce chiffre, ce sont les résultats agricoles qu'on a obtenus. Un vaste terrain, situé au sud de la province, autrefois couvert de landes et de tourbe, est maintenant une des parties les plus fertiles de cette riche contrée.

Depuis quelques années la ville d'Arnhem, dans la Hollande méridionale, a suivi l'exemple de Groningue et retire déjà près de 20.000 francs de ses engrais.

A Bonn, l'emploi des matières fécales est également porté à un haut degré de perfection. Elles sont centralisées par l'Académie royale d'agriculture de Poppelsdorf, qui possède de vastes terrains à proximité de la ville. On fabrique des composts semblables à ceux de Groningue, et on les consomme entièrement dans les dépendances de l'établissement. Cette pratique a eu pour résultat d'améliorer les procédés de récolte. Les fosses sont construites avec plus de soin et l'extraction a lieu par le système dit hydro-barométrique.

NOTE m.

Voici le compte rendu des expériences entreprises par le D' Kœue devant la commission spéciale, le 17 janvier 1863:

- « Les démonstrations sont ensuite entamées :
- « 1° Sur de l'eau puisée à la Senne, près de la grande écluse, au « boulevard du Midi.
- « Un vingt-cinquième de goutte de perchlorure de fer est mé-« langé à un dixième de litre d'eau de la Senne. Dix minutes après, « une certaine quantité de matières brunes sont précipitées au
- « fond du verre, et l'eau, qui était jaune et trouble, est considé-« rablement clarifiée.
- « 2° (Expérience analogue à la précédente.)
- « 5° Sur de l'eau contenant du sang et d'autres matières animales « en putréfaction, puisée dans l'égout particulier de l'abattoir de « Bruxelles.
- « Un dixième de litre de cette eau est mélangée à une quantité « double environ d'eau pure, sans perchlorure.
- « Un dixième de litre de cette même eau de l'abattoir est mélangé « à une quantité d'eau égale à la précédente, mais contenant une
- « goutte et demie de perchlorure de fer.

NOTES.

« Mais avant de se décider à employer les eaux d'égout « à l'irrigation des terres, il faut être certain d'avoir un débouché « qui ne fasse jamais défaut.

« La région agricole avoisinant Bruxelles n'est point dans ces « conditions. Ce n'est qu'en Campine qu'on peut trouver des ter-« rains qui soient disposés à recevoir pendant toute l'année un « arrosage fertilisant, sans craindre de compromettre la santé pu-« blique par l'emploi d'un produit non désinfecté.

« Le problème consiste donc à amener à peu de frais en Campine « l'engrais liquide bruxellois.

« On pourrait s'y prendre de la manière suivante :

« On choisirait un plateau élevé au milieu des bruvères et on v « creuserait un vaste bassin dans lequel les produits des égouts de « la capitale seraient incessamment amenés par un aqueduc voûté,

« divisé en autant de biefs que la différence de niveau l'exigerait. « Des machines élèveraient les matières de bief en bief jusqu'au

a bassin.

« De ce point, les eaux fertilisantes se répandraient dans des ri-« goles ménagées dans des digues divisant toute la contrée envi-« ronnante en autant de compartiments qu'on le jugerait utile : ces « compartiments, successivement irrigués, suivant un mode ana-« logue à celui qui est usité en Egypte depuis un temps immémo-« rial, seraient ainsi convertis en prairies artificielles. »

Nous avons reproduit ces lignes, non pour établir la supériorité du projet de M. Keller, mais afin de montrer que des hommes pratiques croient la solution du problème agricole financièrement possible.

NOTE O.

M. Ch. Rogier, ministre de l'intérieur, auquel est dû cette création originale, en a indiqué l'objet dans sa circulaire aux gouverneurs, du 4 novembre 1849, d'où nous extravons les passages suivants:

« Il faut donc s'efforcer, Monsieur le gouverneur, d'arriver par « cette voie (celle des conseils) à des résultats efficaces, en excitant « l'émulation dans les familles, et je crois qu'il serait utile, à cet « effet, d'instituer pour les quartiers ou rues habités principale-« ment par la classe ouvrière, des prix de propreté et de bonne « tenue des maisons, lesquels prix seraient décernés annuellement « par l'administration communale à l'intervention du bureau de « bienfaisance et du comité de salubrité publique.

« Après l'espace d'environ douze à quinze minutes, le liquide du

« premier verre a conservé sa mauvaise odeur et son aspect rou-« geâtre et trouble. « Le liquide du second verre, après le même espace de temps.

« a déposé les matières albumineuses dont il était chargé; il est « décoloré, moins trouble, et la mauvaise odeur en est diminuée.

« 4° Sur des débris de poisson en putréfaction.

« Des débris pris en quantité égale sont lavés séparément, les « uns dans de l'eau fraîche, les autres dans de l'eau chargée du « désinfectant.

« L'odeur des premiers débris reste à peu près la même qu'avant

« le lavage. « Les débris lavés au perchlorure sont débarrassés des émanaa tions putrides qu'ils exhalaient, et n'ont conservé que l'odeur du

« poisson non corrompu. « 5° Sur de l'eau recucillie dans l'égout de la rue du Rempart-

" des-Moines.

« Deux vases de la contenance d'un litre sont remplis de ce

« Quelques gouttes de perchlorure de fer mélangées à l'eau con-« tenue dans un des vases produit, après douze minutes, une pré-« cipitation presque complète des matières dont l'eau était chargée: « le liquide est clair et ne porte plus d'odeur.

« L'eau du second vase reste trouble et puante : quelques ma-« tières lourdes tendent à descendre au fond du bocal.

« 6° (Expérience analogue à la précédente.) »

A la suite de ces essais, M. Heyvaert, chimiste expert, a été chargé d'analyser les matières précipitées et d'apprécier leur valeur commerciale comme engrais.

La quantité d'azote a été trouvée de 3,40 pour 100, et la quantité de phosphate de fer de 30 pour 100. Par suite, la valeur de l'engrais a été estimée 160 francs la tonne.

NOTE n.

MM. Keller et Cie, dans leur Second mémoire explicatif présenté à la Commission provinciale en 1864 à l'appui de leurs propositions, s'expriment ainsi:

« Quoi de plus simple que d'employer comme engrais liquide « l'eau d'égout telle qu'elle est, sans avoir à lui faire subir au préa-« lable aucune préparation chimique?

« Les prix seraient répartis entre les familles qui, pendant l'an« née entière, auraient donné le plus de soins à la propreté inté« rieure de leur habitation. Des visites devraient donc être faites
« par les membres des bureaux de bienfaisance et des comités de
« salubrité publique dans les maisons des quartièrs ou rues pour
« lesquels les prix seraient institués, afin d'en reconnaître et d'en
« constater l'état relatif de propreté et de bonne tenue. Des rap« ports périodiques seraient adressés à ce sujet aux administrations
« communales par les personnes déléguées pour ces visites, et les
« observations consignées dans ces divers rapports, serviraient, à
« la fin de l'année, de base à la répartition des prix ; laquelle serait
« arrêtée, d'un commun accord, par l'autorité communale, le bu« reau de bienfaisance et le comité de salubrité publique.

Plus tard, le même ministre, constatant les heureux effets déjà produits, s'exprimait ainsi dans une nouvelle circulaire aux gouverneurs, en date du 7 septembre 1851:

« Il faut donc s'efforcer de généraliser, autant que possible, « l'institution des prix de propreté....

» Ces considérations me portent à penser qu'il pourrait être « utile de stimuler, par tous les moyens, les communes à suivre les « recommandations contenues dans ma circulaire précitée, et j'ai « décidé, en conséquence, qu'à l'avenir l'allocation des subsides « pour travaux d'assaississement serait subordonnée à l'institution « préalable de prix de propreté et de bonne tenue des maisons. »

NOTE p.

M. Versluys a exposé son système de la manière suivante, à l'époque où il était chargé de l'inspection de la voirie communale de Bruxelles:

« Le problème à résoudre est donc de trouver une disposition « telle que toute fuite de gaz devienne impossible, ou du moins « puisse être constatée avant qu'elle ne présente de danger. C'est « cette disposition que nous croyons avoir trouvée.

« Nous nous sommes servi d'un procédé fertile en heureuses « applications dans l'industrie : la fermeture hydraulique.

 « rence de niveau des lignes des tuyaux; mais cette augmentation « est telle que dans les points les plus élevés d'une ville en penté, « comme Bruxelles, elle est toujours balancée par une colonne « d'eau de o^m, 12 de hauteur.

« Cela posé, on comprend que si les conduites de gaz sont placées « à l'intérieur de l'égout, dans un canal rempli d'eau, de manière « à ce que le dessus du tuyau soit recouvert d'une hauteur d'eau « un peu plus forte que la pression du gaz à l'intérieur de la con- « duite, il n'y a plus de fuites possibles.

« Qu'une imperfection se déclare dans l'une ou l'autre des par-« ties d'une conduite ainsi placée au fond de l'eau, il arrivera que « cette eau pénétrera dans le tuyau, en donnant lieu à un certain « bouillonnement à la surface, bouillonnement qui sera un indice « visible du mal à réparer.....

« Quant à l'eau qui pourrait s'introduire par les joints défectueux « à l'intérieur des conduites, elle n'est pas non plus un danger. On « sait que le gaz entraîne toujours avec lui des vapeurs qui se con- « densent pendant le trajet et qui coulent alors selon la pente des « conduites. Pour recueillir cette eau, on doit établir, au bas des « lignes, des réceptacles où elles se rassemblent, et d'où on les « extrait à l'aide d'une pompe. Dès lors, l'eau qui pénétrerait dans « la conduite suivrait la même ronte; sa présence dans les récep- « tacles dénoncerait l'existence d'une défectuosité dans la conduite « et la nécessité d'en faire la visite et la réparation.....

« Pour racheter la pente de l'égout et maintenir l'eau dans le « bassin où la conduite du gaz est placée, il suffit de diviser ce « bassin par des cloisons distancées plus ou moins, sclon que la « pente à racheter est moindre ou plus rapide.... Que l'on dirige « un filet d'eau dans la partie supérieure de la conduite, c'est-à-« dire dans la partie la plus élevée du bassin où elle plonge, cette « eau, se déversant de cloison en cloison, maintiendra dans chaque « partie du bassin un niveau d'eau égal à la hauteur de la cloison « immédiatement inférieure; conséquemment, il n'y a plus de fuite « possible, puisqu'il y a toujours excès de pression sur le gaz. »

Mouromemon serves winter a reason was extend the particular and the serves and th

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS.

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1864.

				The second statement of the second se	1-
DATE de l'explosion.	NATURE ET SITUATION de l'établissement où l'appareil était placé. P. Nom du propriétaire de l'appareil. G. Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. Détails divers.	CIRCONSTANCES de P'explosion.	suites do l'explosion,	CAUSE PRÉSUMÉE- do l'explosion.
2 janvier.	Papeterie à Paris. P. M. Lecoursonnais.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, d'une capacité de 6 ^{mc} ,350. — Timbre = 5 atmosphères.	Rupture du corps cylindrique et des bouilleurs, le premier en deux parties, les autres en un grand nombre de petits frag- ments.	Chauseur tué. — Projection de la moitié du corps extindrique jusqu'à 50 mètres de hauteur. — Local du générateur entière- ment détruit.	ploi d'eaux seleniteuses et à
1°° février.	Filature à Mulhouse. P. MM. Trapp et Comp.	Condenseur recevant la vapeur ayant servi au chauffage des ateliers: cylindre vertical en tôle de 1 mêtre de diamètre, terminé inférieurement par un fond plat et communiquant avec l'air exterieur par l'intermédiaire d'un ajutage de 12 millimètres de diamètre, placé sur le fond supérieur. — Pression maximum de la vapeur admise dans la distribution, d'après le poids de la soupape de l'appareil de détente — 2° m. 4.	Déchirure de la partie cylindrique au-dessus de la ligne des rivels du fond inférieur. (La déchirure avait commencé antérieurement à l'accident.)	à 60 metres de distance nori-	tuyau u echappement n ayant
- 388	Briqueterie à Montchanin (Şaone- et-Loire). P. MM. Avril et Comp. G. Le Creuzot.	Chaudière cylindrique à un bouilleur, d'une capacité d'environ 12 ^{me} , 180. — Longueur du bouilleur == 8 ^m .60; diamètre == 0 ^m .70. — Timbre == 5 almosphères.	Fissure au coup de feu, au mo- ment de la reprise du travail — Abondant dégagement de va- peur.	Chauffeur légérement brûlé. — Dégâts matériels peu impor- tants.	Brûlure et déformation de la tôle du coup de feu, par suite de dépôts incrustants épais, dus à la nature des caux et à l'in- suffisance du nettoyage.
	Raffinerie de sucre à Coppenan- fort (département du Nord). P. MM. Duriez et Droulers.	Chaudière composée d'un corps cylindrique, traver- sée par 3 tubes intérieurs de 0 ¹¹ ,47 de diamètre et de 2 bouilleurs extérieurs. — Cet appareil fonc- tionnait simultanément avec deux autres identi- ques.	Déchirure d'un des tubes, suivants a génératrice inférieure, et étrasement du tube sur foutes a longueur. — Dégagement instantané de la vapeur des trois générateurs par l'ouverture ainsi produite.	(12 morts; 4 grièvement bles- sés). — 2 se trouvaient dans la cave du chanfleur: les 14 autres	en plusieurs parties, qui ont ainsi produit des points de dè- formation et de rupturc, dans des tubes longs, de grand dia- mètre, et pressés extérieure- ment par la vapeur, conditions qui exigeaient, au contraire,
	Papeterie à Saint-Victor-de-Ces- sieu (Isère). P. M. Thouvenan. G. M. Jacob à Lyon.	Grande cuve fermée, verticale à fond plat, chaussée par la vapeur d'une chaudière voisine, destinée au lessivage des chissons et à la macération de la paille dans un lait de chaux. — Hauteur = 2º,10; Diamètre = 2º,10; Pression de marche = 1 1/2 à 2 atmosphères. — Livree en janvier 1864, Sans épreuve préalable. — Cet appareit était muni d'une soupape qui ne fonctionnait plus par suite de l'interposition d'incrustations calcaires.	Déchirure du fond plat inférieur sur tout son pourtour, suivan la ligne des rivets de la bor- nière de raccordement.	r Projection jusqu'à une hauteur de 20 mètres et à une distance horizontale de 50 mètres de la cuve, pesant 1000 kilogrammes environ, et de tout son contenu. — Dégâts aux bâtiments.	fond (fer aigre, mal soudé, cassant). — L'appareil n'avait
1	Distillerie à Lescure (Seine-Infé- rieure). P. M. Duboullay.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, d'une ca- pacité d'environ 5 mètres cubes. — Longueur du bouilleur == 6",75; diamètre == 0",50. — Timbre= 7 atmosphères.	Déchirure d'un houilleur à la tôl du coup de feu. — Abondan dégagement de vapeur.	e Dégàls matériels sans importance	Défaut d'alimentation de la chau- dière, qui s'est vidée complé- tement. — Rupture de la tôle du coup de feu, chaussée à une très-haute température, sous la pression de la vapeur pro- duite par les autres généra- teurs. — L'appareil, muni de différents indicateurs du ni- veau de Peau qui ne fonction- naient pas, manquait du tube indicateur en verre.

=			
さんない ないない こうしょうしょう	DATE de	NATURE ET SITUATION de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil.
Charles Andread	l'explosion.	P. Nom du propriétaire de l'appareil. G. Nom du constructeur de l'appareil.	Détails divers.
THE REST WAS A PROPERTY OF THE PARTY OF THE	24 juin.	Papeterie à Chauny. P. MM. Dufresne, Malèzieux et C°. G. M. Farincourt, à Lille.	Grande cuve fermée à parois planes, chaussée par une chaudière voisine et destinée à la macération de la paille dans une solution alcaline chaude. — Longueur = 3 ^m ,66; largeur = 1 ^m ,80; bauteur = 1 ^m ,20. — Timbre = 2 1/2 atmosphères. — Epaisseur des parois en tôle = 10 millimètres.
Contraction of the state of the	27 juin.	Gare de Vesoul. P. Compagnie du chemin de fer de l'Est. G. M. Kœchlin, à Mulhouse.	Locomotive à 3 essieux couplés, faisant le service des trains de marchandises et mixtes.—Timbre= 8 atmosphères.— Diamètre de la partie supérieure cylindrique de la boîte à feu = 1",25. — Mise en service=1856.—La machine était entrée en grande réparation dans les ateliers de la Compagnie, en 1862. — Parcours total = 236.948 kilomètres, dont 55.000 depuis la dernière réparation.
日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日本の日	4 juillet.	Acierie à Cotatay (Loire). P. MM. Holtzen. G. M. Béret, à Saint-Etienne.	Chaudière cylindrique, horizontale, mettant en mouvement la machine des ateliers. — Longueur = 8 mètres. — Diamètre = 111,26. — Timbre = 3 1/2 atmosphères. — Pression de marche = 5 atmosphères. — Cette chaudière communiquait avec plusieurs autres chaufières par les flammes perdues des fours de l'usine, et ne servait que comme renfort à ces chaudières. — Livrée en 1844.
はないできるとのできるとのできるとは、 というない というない というない というない というない というない というない というない というない こうない こうない こうない こうない こうない こうない こうない	12 juillet.	Bateau dragueur, à Bouc. P. Ponts et chaussées. C. Ateliers de constructions ma- ritimes de Cette	Chaudière cylindrique tubulaire, sans retour de flamme, mettant en mouvement un appareil dragueur. — Longueur. — 4 mètres. — Diamètre de la botte à feu extérieure. = 1 m,60. — Diamètre du corps cylindrique. = 1 m,15. — Pression. = 3 1/2 atmosphères. — 20 tubes. — Le foyer intérieur est entièrement baigné par l'eau. — Il est divisé transversalement en deux parties par un autel en briques réfractaires, établi à 0 m,47 de la plaque tubulaire et s'élevant jusqu'à 0 m,30 au-dessous du ciel du foyer. — La rangée inférieure des tubes est tout à fait au bas de la bolte à feu.
The state of the s	£5 jaillet.	Bateau employé au dragage des fossés des fortifications de la citadelle de Strasbourg.	Chaudière locomobile à foyer intérieur, garnie de 8 tubes de petit diamètre, pour le retour de la flamme. — Le corps cylindrique extérieur a sa section transversale elliptique (longueur des axes = 0°,92, 0°,73): il estérèuni au foyer intérieur par deux lignes d'entretoises obliques, partant chacune d'une des extrémités du petit axe. — Timbre = 7 atmosphères. Épaisseur } de la partie cylindrique = 13 millim. Mise en service = 1855.

CIRCONSTANCES	SUITES	CAUSE PRÉSUMÉE
de , l'explosion.	de l'explosion.	l'explosion.
laterales suivant deux de ses arêtes. — Projection de l'eau et de la vapeur contenues dans la caisse. (La caisse, bien qu'armatu- rée très-incomplétement, avait été mise en pression pour une épreuve. — Le manomètre n'é- tait pas encore arrivé à 2 at- mosphéres quand l'explosion a eu lieu.)	ments.	preuve d'un appareil évidem- preuve d'un appareil évidem- ment hors d'état de la sup- porter, et se sont servi de va- peur pour élever la pression, au lieu d'eau.
Rupture de la tôle supérieure de la boite à feu extérieure, sui- vant une ligne de rivets. (La locomotive a fait explo- sion en se mettant à la tête d'un train qu'elle allait remorquer.)	Chauseur tué instantanément. Mécanicien mort des suites de ses blessures. — Déraillement de la locomotive.— Rupture des rails qui supportaient l'essieu d'arrière. — Projection de la partie supérieure de la boîte à feu extérieure et de diverses autres pièces à de très-grandes distances.	(Les entretoises dans la boite à feu étaient en partie brisées sur les deux lignes su- périeures.)
Rupture de la chaudière en 4 frag- ments: les déchirures ont eu lieu, une suivant une généra- trice le long des rivets, les trois autres suivant des plans trans- versaux à l'axe.	projeté contre la toiture. — Mort d'un ouvrier puddleur, brûlê	tées à une haute temperature par suite d'une interruption prolongée de l'alimentation.
Déchirure, sur une longueur de 0°,55 et suivant un arc de cer- cle, de la tôle du foyer, à la partie inférieure de la chambre d'arrière de la boite à feu, « o°,20 de la plaque tubularre. (Au point où elle a cédé, le tôle avait été réduite de s mis- limètres, son épaisseur primi- tive, à i millimètre, et présent ai un dépôt de sel trés-adhèrent e trés-dur de 20 millimètres d'è- paisseur.)	bre des chaudieres.	Vice de construction du four- neau. — Difficulté et manque de nettoyage. (La flamme descendant ver- ticalement de l'autel pour pé- nètrer dans la rangée infe- rieure des tubes, produisait sur la tole voisine, en s'inflé- chissant brusquement, un ef- fet de chalumeau.)
Rupture du corps cylindrique dans sa longueur, suivant deu lignes de rivets et les deux ran gées d'entretoises. — Bris de plaques tubulaires en plusieur pièces, notamment à la lign des tubes. — Arrachement de tirants.	 Bateau ouvert en deux e ayant coulé bas. — Débris de l chaudière projetés à de grande distances. 	par suite d'une interruption prolongée de l'alimentation.—

Shall have	NATURE ET SITUATION	NATURE,
DATE	de l'établissement	
de	où l'appareil était placé.	forme et destination de l'appareil.
l'explosion.	D. Nam de propriétaire de l'ennerell	Kinghat I I I I I I I I I I I I I I I I I I I
reaptoston.	P. Nom du propriétaire de l'appareil. C. Nom du constructeur de l'appareil.	Détails divers.
	a. Hom as constructed so , spparen.	
took of the same		
17 août.	Fabrique d'huffe à Marseille.	Chaudière composéé d'un corps cylindrique et
17 auut.	P M Gounelle.	2 houilleurs ayant pour destination la mise
	P. M. Gounelle. C. M. Fayre, à Marseille.	mouvement d'une machine à vaneur et le cha
		fage de cuyes - La flamme léchait le corns :
		lindrique avant de descendre autour des bou
		leurs. — Longueur = 10 metres. — Diametre
		leurs. — Longueur = 10 mêtres. — Diamètre 1 ^m ,225. — Pression = 5 atmosphères. — Epaisse de la tôle = 4 millimètres. — Eprouvée en 1863
	are not a some thanks findled	
27 août.	Fabrique d'alcool à Ham (Somme)	Cylindre en cuivre servant à la distillation du fo
	P. M. Hurbain. C. Id.	des cuves de femmentation, communiquant d'u
	G. Id.	part avec les générateurs, par l'intermédiaire d' serpentin perce de trous, d'un diametre de 0",
		et de l'autre avec un réfrigérant, par un tuyau
		même diamètre et servant au dégagement des v
		peurs d'alcool. — Epaisseur de la tôle = 2 mil
	eding, hinter jeolongeous fa	metres Diametre du cylindre = 1",40.
26 novembre.		Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs, faisant par
	Tournus (Saone-et-Loire). P. MM. Delahante et Comp.	d'une ballerie de 12 chaudières semblables. Longueur des bouilleurs = 11 ^m ,23. — Diamètre
	r. am. Delanante et comp.	0 ^m -62. — . — Timbre
		5 atmosphères. — Eprouvée en 1858.
w 41	C	
5 décembre.	Sucrerie à Auby (Nord). P. MM. Bayard de la Vingtrie et	Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs, faisant par d'une batterie de 6 appareils semblables Lo
	Comp.	gueur de la chaudière = 5",96. — Diamètre 1",18. — Timbre et pression de marche = 5
	Go.mp.	1m,18 Timbre et pression de marche = 5
and the latest		mospheres. — Epaisseur = 10 a tr minimenes
of the late	TO SEE PROGRAMMENTS	Ces appareils fonctionnaient depuis 14 ans.
	Resemble Conscious of the second	
28 décembre.	Sucrerie à Bondues (Nord).	Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs, faisant pa
	P. MM. Moulis et Lacadet.	d'una hattaria de 2 apparaile combiables. — L
	C. M. Fontaine à la Madeleine.	gueur des bouilleurs = 9 mètres Diametre
		Timbro — 5 strocenhares — En service den
. mina and the		gueur des houilleurs = 9 mètres. — Diamètre ow,70. — Epaisseur de la tôle = 9 millimètres Timbre = 5 atnosphères. — En service dep 8 ans; les bouilleurs avaient déjà plusieurs
CHARLEST STORY		été réparés à la tôle du coup de feu.
PER		
-	e tremplety server to the state of the	
	The second secon	
		Control of the Contro

CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
du corps cylindrique, survant une des génératrices inférieures: la déchirure a continué suivant une ligne de rivets, sur uns section droite. (L'explosion a eu lieu au passage du service de nuit au service de jour, au noment de la remise en train.— Une fuite s'était manifestée, i heure environ avant l'accident, dans le foyer.)		l'eau, par suite de fuite dans la chaudière. — Accroissement instantané de tension, par suite d'une projection brusque d'eau contre des parois portées à une haute température, projection due à la diminution de pression résultant de la remise en marche de la machine. — Absence de tube en verre et de robinet indicateur duniveau de l'eau. — Non-fonctionnement du flotteur d'alarme. — Incurie du chausseur qui, aux premiers indices de fuite, n'a pas éteint le feu.
Élévation de la pression et dé- chirement du couvercle supé- rieur suivant la ligne des rivets qui le réunissait au cylindre.	Un ouvrier étranger tué dans la chambre des chaudières.	Elévation accidentelle de la pression dans le cylindre, par suite, soit de l'obstruction du tuyau d'échappement, soit du non-fonctionnement de condensation et de l'insuffisance du diamètre dudit tuyau, eu égard à la puissance de vaporisation des chaudières.
Déchirure d'un bouilleur au coup de feu sur une longueur de 2",20. — Aboudant dégagement de vapeur et d'eau bouillante.	2 ouvriers tués dans la chambre des chaudières. — Un blessé.	Défaut dans la tôle du coup de feu.
Déchirure du corps de la chau- dière en pleine tôle, suivant la genératrice inférieure, au-des- sus du coup de feu et au dé- bouché du tuyau d'alimenta- tion, sur une longueur de 1 ²¹³ , 30 environ. — Echappement de la vapeur contenue dans la chau- dière par l'ouverture qui en est résultée.	Un chausteur et 2 ouvriers étran- gers à la machine, qui se trou- vaient près de la chaudière, au moment de l'accident, ont suc- combé à la suite de brûlures occasionnées par la vapeur. — Dégâts minimes au fourneau.	Alimentation sur des parties por- lees à une haute température, par suite d'une interruption prolongée de l'alimentation.
Déchirure d'un des bouilleurs, en pleine tôle et sur une longueur de 0°,07, à la partie inférieure de la tôle du coup de feu, suivant une génératrice. — Echappement de la vapeur et de l'eau contenues dans la chaudière par l'ouverture de 5 décimètres carrés qui en est résultée.	4 ouvriers, travaillant au rez-de- chaussée d'un local contigu à celui des chaudières et com- nuniquant avec ce dernier par une porte s'ouvrant sur le pro- longement de l'axe de la chau- dière qui s'est déchirée, ont été mortellement brûlés par la va- peur. — Le chauffeur, ayant vu le refoulement de la llamme du foyer à travers le cendrier et les joints de la porte de la chau- dière, a pu s'echapper. — Ren- versement de la paroi anté- rieure du fourneau.	Défaut de soudure dans la tôle du coup de feu. — Disposition vicieuse du fourneau, qui obligeait la flamme à passer presque toute entière, avant d'arriver à l'autel, entre deux bouilleurs séparés l'un de l'autre par un intervalle de 0°,07 seulement. — Chauffage d'une ênergie trop grande en raison de cette mauvaise disposition.

RÉSUMÉ.

Nombre total d'accidents Nombre de victimes. { Tués ou morts des suites de leurs blessures	. 1	6 10 15
RÉPARTITION DES ACCIDENTS.		
1º Par nature d'établissements.		
Fabrique de sucre ou raffinerie		4
Papeteric		3
Distillerie.		2
Drague		2
Chemin de fer		I
Filature		I
Acierie		I
Huilerie		I
Briqueteric		ľ
2º Par nature d'appareils.		
(Chaudières cylindriques avec bouilleurs	11113	8
Chaudières génératrices. Chaudières à foyer intérieur et tubulaires.		3
(Locomotive		ī
Appareils calorifères.		4
3º D'après les causes qui les ont occasionnées.		
Mauvaise qualité du métal ou disposition vicieuse du fourneau		8
Imprudence ou défaut de surveillance des chauffeurs ou des mécaniciens.		7
Imprudence d'autres que les chausseurs ou les mécaniciens		I

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SEPTIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Notes d'un voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara; par M. Ville, ingénieur en chef des mines 117	
- Notice sur les sources minérales de la province d'Alger; par M. Ville.	′
ь м. н.	7
CHIMIE.	
Work our qualities appropriate nousepart pour la prise feet and	
Analyses de diverses eaux minérales de la province d'Alger;	
par M. Ville, ingénieur en chef des mines	
- Extraits de chimie Travaux de 1862, 1863 et 1864 : par	
M. Moissenet, ingénieur des mines 269	
S I. Mémoires divers.	
 Préparation de la soude, procédé le Blanc; par M. A. Scheurer-Kestner. Acide perchlorique et ses hydrates; par M. H. Enfield Roscoe. Du magnésium; par MM. H. Deville et H. Caron. 	
4. Azoture de magnésium: par MM. Briecter et Cruzuer	
3. Du silicium et des siliciures métalliques : nor MM H Drutte et H C.	
o. Officiale as calcium; par w. Worter	
7. Action de l'acide sulfurique sur le plomb; par MM. CRACE CALVERT et R. JOHNSON.	
8. Purification de l'acide sulfurique arsénifère ; par MM. Bussy et Buignet.	
9. Sur l'aluminate de baryte; { par M. H. Sainte-Claire Deville.	
o. Sur l'aluminate de baryle; nar M. H. Sunte Craine Driver	
2. Gdz prounts par les diverses qualifés de houilles : non M C - at	
. our defends but in Calcination the ta touche.	
4. Les guanos du commerce : par M J Giraupis	
5. Eau thermale de Wheal Cliford; par M. W. A. Miller.	

31

Tome VII, 1865.

S H. LES PRODUITS CHIMIQUES, A L'EXPOSITION DE LONDRES, EN 1862.

TABLE DES MATIÈRES.	463
Application des équations de l'hydrodynamique à la re- cherche du mouvement d'un ellipsoïde dans un liquide; par M. Résal, ingénieur des mines	Pages
Description d'un nouveau parachute, inventé par M. Frédureau, ancien élève de l'École des mines, par M. Pothier, ingénieur des mines	116
Note sur un appareil alimentaire régulateur à niveau constant de MM. Valant et Ternois; par M. Worms de Romilly,	
ingénieur des mines	25/
CONSTRUCTION ET CHEMINS DE FER.	
Rapports sur l'explosion d'une machine locomotive à Vesoul; par MM. Couche, ingénieur en chef du contrôle, professeur à l'École des mines, et Lebleu, ingénieur des mines,	
attaché au contrôle	28
Paris à la Méditerranée	261
SUJETS DIVERS.	
Rapport au ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics sur l'assainissement industriel et munici- pal dans la Belgique et la Prusse rhénane; par M. de Frey-	
cinet, ingénieur des mines	355
pendant l'année 1865	453
944	

Rapports de MM. BALARD, A. W. HOFMANN, CHANDELON, PERUZZI.

Industrie de la soude.

1º Statistique.

2º Le soufre en Italie.

3º Pyrite de fer.

4º Soufre extrait du gaz d'éclairage.

5º Acide sulfurique.

6º Sel.

7º Sulfate de soude.

86 Soude brute.

9° Sel de soude. - Cristaux de soude.

10° Soude caustique. (Oxychlorure de plomb.

11º Emplois de l'acide chlorhydrique. Bicarbonate de soude. 12º Régénération du manganèse. . . Magnésie carbonatée.

Sels de potasse.

13º Potasse des cendres de varechs.

14º Potasse des eaux de la mer.

MÉTALLURGIE. - MINÉRALURGIE.

Note sur quelques appareils nouveaux pour la prise des gaz et le chargement des hauts founneaux, et notamment sur l'appareil Langen; par M. Jordan, ingénieur divil. 85 Note sur l'appareil de chargement de M. Chadeffaut.; par M. Gruner, ingénieur en chef, professeur àll'École des mines. 109

MÉCANIQUE. - EXPLOITATION.

Note:sur l'explosion d'un appareil condenseur établi dans la filature de MM. Trapp et compagnie, à Mulhouse; par M. Callon, ingénieur en chef, professeur à l'École des mines..... Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur à Montchanin (Saone-et-Loire); par M. Jordan, ingénieur des Extrait d'un rapport et observations sur une explosion de chaudière à vapeur dans la fabrique de MM. Duriez et Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur dans l'usine de Cotatay (Loire); par M. Gonthier, ingénieur des

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME SEPTIÈME.

		Pages
Pl. I,		
Fig	. t à 13. Parachute Frédureau pour puits de mine, etc	113
	 Fig. 1 et 2. Disposition d'une cage guidée par des câbles et munie de parachutes. Fig. 3. Monte-charge ordinaire pour la construction avec guidage et parachute. Fig. 4, 5 et 6. Élévation, plan et projection transversale du parachute. Fig. 7 et 8. Détails de la pièce principale en projections verticale et horizontale. Fig. 9. Pièces de jonction des deux pièces principales. Fig. 10. Un des anneaux d'attache du câble de suspension et d'extraction. Fig. 11. Sabot en bois placé dans l'intérieur des mâchoires qui doivent serrer le câble de guidage. Fig. 12. Goujon d'assemblage des deux pièces formant charnière. 	
Fie	Fig. 13. Projections verticale et horizontale du grimpeur.	
riy	. 14 à 19. Explosion d'une chaudière à vapeur à Montchanin	
Pl. II	Cold Persons for representations of the Cold Cold Cold Cold Cold Cold Cold Cold	
Fig Fig	. 1 à 8. Explosion d'une locomotive à Vesoul	25
Pl. II		
	v. 1 à 6. Chargement des hauts fourneaux	83
Pl. I		
	. 1, 2. Appareil alimentaire régulateur, à niveau constant	25

Pl. V, VI, VII, VIII et IX.	Assainissement	industriel e	et municipal,	Pages.
dans la Belgique et la Pr	usse rhénane			333

Pl. V. Fig. 1 et 2.

S. S. S Séchoirs.

VVV Carnaux de ventilation de la salle et des séchoirs.

o, o, o Orifices d'aspiration.

C, C Cheminées d'appel débouchant au-dessus du toit.

ttt Tuyaux de vapeur pour le chauffage des séchoirs.

Fig. 3 et 4.

B, B Ballons pour la décomposition des matières.

A, A, A Bonbonnes à condenser.

CC Tuyau d'amenée des liquides.

V Bac de saturation.

tT Tuyau et carnau de dégagement des vapeurs non condensées.

Fig. 5 et 6.

AAA Chaudière en plomb à double paroi.

A'A' Paroi intérieure de la chaudière.

tt Tuyau pour distribuer l'acide à la chaudière.

ss Siphon de sortie.

FF Foyer.

Pl. VI. Fig. 1 et 2.

TT Trompe à vapeur.

V Vase à faire le vide.

R Réservoir d'acide concentré.

B,B Bonhonnes pour l'élévation de l'acide.

ttt Tuyaux du système élévatoire.

ss Tuyaux distributeurs de l'acide.

AA Réfrigérant.

CCC Parcours des vapeurs nitreuses.

P Cascade Perrault.

H Tourniquet distributeur:

GG Colonne pleine de boules de grès.

S, S Robinets pour recueillir l'acide condensé.

E Caisse à eau.

Pl. VII. Fig. 3.

II, II Cloisons établies dans la galerie d'absorption.

aa, aa Tubes en poterie formant les cloisons et livrant passage aux gaz.

b, b, b Irrigateurs distribuant une pluie d'eau devant les cloisons.

V Ventilateur pour refouler les gaz dans la galerie.

CC Cheminée de dégagement des gaz non condensés.

Fig. 4.

A, A Orifices pour l'introduction de l'air.

B, B Orifice de sortie.

T, T Trémies de distribution du minerai.

C, C Supports entre lesquels tombe le minerai.

Fig. 5, 6 et 7.

F, F Foyers.

C, C Compartiments dans lesquels le minerai est étalé en couches minces.

t, t Tuyères lancant l'air chaud dans les compartiments.

A Carnau de sortie des flammes des foyers.

B Carnau de sortie des gaz des compartiments.

G, G Générateurs à vapeur.

VV Introduction de la vapeur au sein des gaz provenant du grillage.

D, D Supports du plancher à claire voie sur lequel repose le minerai.

Pl. VIII. Fig. 1.

AA Plaques de tôle sur lesquelles on charge le combustible.

BB Barreaux coudés sur lesquels on fait glisser le combustible.

CC Barreaux horizontaux formant la grille du fond.

RR Registre servant à introduire de l'air supplémentaire sur la grille du fond.

Pl. IX. Fig. 1 et 2.

A, A Cornue lenticulaire pour la distillation du soufre.

B, B Chaudière pour la fusion du soufre.

C Tuyau dans lequel on rejette les impuretés.

F Fovers.

D Issue du soufre sublimé dans les chambres de condensation.

V Clef du tuyau de dégagement du soufre.

Fig. 3 et 4.

AB Galerie principale d'alimentation.

AC, AD Galeries latérales, menées horizontalement dans le calcaire.

FIN DU TOME SEPTIÈME.

Paris. - Imprimé par E. Thunor et Co., rue Racine, 26.

















