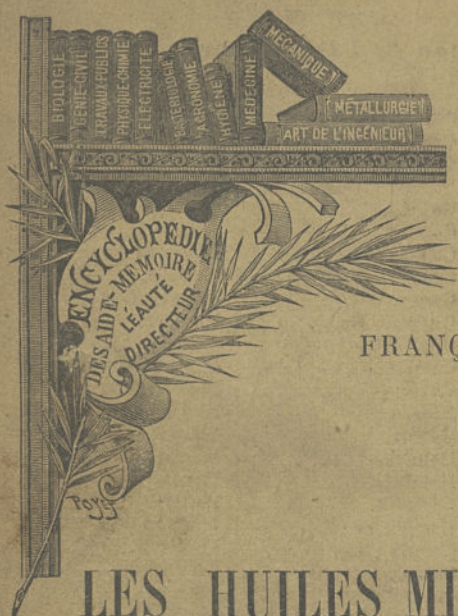


42143
1865



Section de l'Ingénieur

FRANÇOIS MIRON

LES HUILES MINÉRALES

PÉTROLE — SCHISTE — LIGNITE



GAUTHIER-VILLARS ET FILS

MASSON ET C^o

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section de l'Ingénieur

MM.	MM.	MM.
Alain-Abadie.	Garnier.	Margerie.
Alheilig	Gassaud.	Meyer (Ernest).
Ariès (Comm ^t).	Gastine.	Michel-Lévy.
Armengaud jeune.	Gautier (Henri).	Minel (P.).
Arnaud.	Godard.	Minet (Ad.).
Barillot.	Gouilly.	Miron.
Bassot (C ^l).	Grimaux.	Moëssard (C ^l).
Baume-Pluvinel(dela).	Grouvelle (Jules).	Moissan.
Bérard (A.).	Guenez.	Moissenet.
Bergeron (J.).	Guye (C. Eug.).	Monnier.
Berthelot.	Guye (Ph.-A.).	Moreau (Aug.).
Bertin.	Guillaume (Ch.-Ed.).	Müller.
Bertrand (L.)	Guyou (Comm ^t).	Niewenglowski (G. II.).
Biglia.	Hait.	Naudin (Laurent).
Billy (Ed. de).	Hébert.	Ocagne (d').
Bloch (Fr.).	Hennebert (C ^l).	Ouvrard.
Blondel.	Henriet.	Perrin.
Boire (Em.).	Hérisson.	Perrotin.
Bordet.	Hospitalier (E.).	Picou (R.-V.).
Bornecque.	Hubert (H.).	Poulet (J.).
Boucheron (H.).	Hutin.	Prud'homme.
Bourlet.	Jacométy.	Rateau.
Boursault (H.)	Jacquet (Louis).	Resal (J.).
Boussac (A.)	Jaubert.	Ricaud.
Candlot.	Jean (Ferdinand).	Rocques (X).
Caspari.	Launay (de).	Rocques-Desvallées.
Charpy (G.).	Laurent (H.).	Rouché.
Clugnet.	Laurent (P.).	Sarrau.
Croneau.	Laurent (Th.).	Sauvage.
Damour.	Lavergne (Gérard).	Schlösing fils (Th.).
Dariès.	Léauté (H.).	Schützenberger.
Deforges.	Le Chatelier (H.).	Seguela.
Delafond.	Lecornu.	Seyrig (T.).
Drzewiecki.	Lecomte.	Sidersky.
Dudebout.	Lefèvre (J.).	Sinigaglia.
Dufour.	Leloutre.	Sorel (E.).
Dumont.	Lenicque.	Trillat.
Duquesnay.	Le Verrier.	Urbain.
Durin.	Lindet (L.).	Vallier (Comm ^t).
Dwelshauvers-Dery.	Lippmann (G.).	Vermard.
Fabre (Ch.).	Loppé.	Viaris (de).
Fabry.	Lumière (A.).	Vigneron.
Fourment.	Lumière (L.).	Vivet (L.).
Fribourg (C ^l).	Madamet (A.).	Wallon (E.).
Frouin	Magnier de la Source.	Widmann.
Gages (Cap.)	Marchena (de).	Witz (Aimé).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,
169, boulevard Malesherbes, Paris.*

N° 194 B

42163
705

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LES

HUILES MINÉRALES

PÉTROLE, SCHISTE, LIGNITE

PAR

FRANÇOIS MIRON

Licencié ès Sciences Physiques
Ingénieur Civil



PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

111

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY



UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

PREMIÈRE PARTIE

LE PÉTROLE

CHAPITRE PREMIER

L'HUILE DE PÉTROLE

Le pétrole est le deuxième terme de la série des bitumes que Brongniart a classée comme suit :

Bitume naphte, volatil à la température ordinaire.		
Bitume pétrole, liquide	"	"
Bitume malthe, semi-liquide	"	"
Bitume asphalte, solide	"	"

Les quatre termes de cette série sont formés par des mélanges d'hydrocarbures gras principalement, auxquels viennent se joindre, mais en faible proportion, des carbures aromatiques, des composés oxygénés, sulfurés, quelquefois azolés, dérivés de ces mêmes hydrocarbures.

Nous aurions passé sous silence la nomenclature classique établie par Brongniart si les trois autres termes n'accompagnaient le pétrole dans ses gisements au point de servir souvent de guide au *prospecteur*.

CHAPITRE II

HISTORIQUE DU PÉTROLE SA DISTRIBUTION A LA SURFACE DU GLOBE

Historique du pétrole. — L'existence du pétrole est connue depuis la plus haute antiquité, mais il faut atteindre le milieu de notre siècle pour voir l'industrie exploiter les champs pétrolifères.

Strabon indique une substance bitumineuse flottante sur la mer Morte; Diodore de Sicile rapporte que les Égyptiens utilisaient le bitume à la préparation des momies; Pline indique l'existence de nappes de pétrole en Albanie; Hérodote place dans l'île de Zante une nappe pétrolifère; le pétrole de l'île de Nippon fut utilisé par les indigènes plusieurs siècles avant notre ère.

Quelques exploitations locales furent entre-

prises pendant les dix-huit premiers siècles de notre ère, mais elles restèrent sans importance et n'ont qu'un caractère historique.

Il faut du reste noter que les champs pétrolifères actuels les plus réputés ont été, pour la plupart, inconnus des anciens qui ne savaient trouver le pétrole qu'autant qu'à la surface du sol existaient des dépôts d'asphalte, ou malthe ou que la contrée renfermait des *puits de feu* vomissant le naphte volatil de Brongniart.

L'industrie pétrolifère date de 1859 : à cette époque et pour des raisons d'ordre économique qu'il serait trop long d'énumérer, le colonel Drake entreprit le fonçage d'un puits à pétrole à Titusville (Pensylvanie). Après plusieurs essais infructueux, la sonde rencontra une poche de pétrole et la nouvelle de la découverte s'étant répandue, une foule d'aventuriers vinrent forer des puits aux environs de Titusville : toute la vallée de l'Alleganhy et celles de ses affluents furent travaillées, car on ignorait alors que le pétrole put se rencontrer ailleurs.

Puis, peu à peu, des recherches furent faites dans d'autres districts des États-Unis qui amenèrent la découverte de champs nouveaux pétrolifères : l'Amérique resta, jusqu'en 1872, le premier producteur de pétrole.

PRODUCTION COMPARÉE DE DIVERS ÉTATS DE L'AMÉRIQUE DU NORD

Années	Pensylvanie et New-York	West Virginia	Ohio	Kentucky Tennessee et autres états	Californie	Total pour les États-Unis	Canada
	barils	barils	barils	barils	barils	barils	barils
1875	8 787 514	3 000 000	200 000	"	175 000	12 162 514	220 000
1876	8 968 906	120 000	31 736	"	12 000	9 132 669	312 000
1877	13 135 475	172 000	29 888	"	13 000	13 350 363	312 000
1878	15 163 462	180 000	38 179	"	15 227	15 396 868	312 000
1879	19 685 176	180 000	29 112	"	19 858	19 914 146	575 000
1880	26 027 631	179 000	38 940	"	40 552	26 286 123	350 000
1881	27 376 509	151 000	33 867	"	99 862	27 661 238	275 000
1882	30 053 500	128 000	39 761	"	128 636	30 349 897	275 000
1883	23 128 389	126 000	47 632	"	142 857	23 444 878	250 000
1884	23 772 209	90 000	90 081	"	262 000	24 214 290	250 000
1885	20 776 041	91 000	650 000	"	325 000	21 842 041	250 000
1886	25 798 000	102 000	1 782 970	225 000	377 145	28 285 115	250 000
1887	22 350 193	145 000	5 018 015	51 817	678 572	28 249 597	868 345
1888	16 484 668	119 448	10 0 868	310 612	690 333	27 615 929	772 392

PRODUCTION DE LA PENNSYLVANIE

Années	Production en barils de 159 litres	Années	Production en barils de 159 litres
1859	2 000	1871	5 531 000
1860	200 000	1872	6 357 000
1861	2 110 000	1873	9 932 000
1862	3 055 000	1874	10 883 000
1863	2 610 000	1875	8 801 000
1864	2 130 000	1876	9 015 000
1865	2 721 000	1877	13 043 000
1866	3 732 000	1878	15 366 000
1867	3 583 000	1879	19 827 000
1868	3 716 000	1880	26 048 000
1869	4 351 000	1881	27 238 000
1870	5 371 000	1882	30 460 000

Le second centre pétrolifère est Bakou, sur les bords de la mer Caspienne. De nombreux *puits de feu*, connus aux environs de Bakou 3 000 ans avant notre ère, avaient frappé l'imagination des anciens qui, à côté des temples qu'ils élevèrent au Dieu du Feu cherchèrent le pétrole qu'ils rencontrèrent. Et, à croire les historiens, la région de Bakou aurait exporté le pétrole en Asie Mineure aux environs du XII^e siècle.

Le développement de l'industrie pétrolifère en Amérique provoqua des recherches à Bakou et l'on vit la production suivre la progression suivante jusqu'en 1872 :

1864	8 700 tonnes	1870	27 000 tonnes
1866	11 000 "	1872	24 000 "
1868	12 000 "	1872	415 puits.

De 1825 à 1872, la production du pétrole russe fut entre les mains de l'État qui accordait des concessions moyennant une redevance. En 1872, le monopole fut aboli et l'État fit vendre par adjudication les terrains pétrolifères. Certains lots de 11 hectares, c'était l'unité, atteignirent le prix de 2 millions.

C'est à partir de cette vente que l'industrie du pétrole à Bakou fut activement poussée et que furent constituées les grandes compagnies d'exploitation : en 1886 l'excès de l'exportation russe sur les importations étrangères a été de 2 millions de tonnes.

Voici du reste la progression de la production jusqu'en 1892 :

1870	18 000 tonnes	1882	800 000 tonnes
1871	32 000 "	1883	960 000 "
1872	48 000 "	1884	1 440 000 "
1873	80 000 "	1885	1 856 000 "
1874	96 000 "	1886	2 320 000 "
1875	116 000 "	1887	2 656 000 "
1876	192 000 "	1888	2 804 000 "
1877	232 000 "	1889	3 312 000 "
1878	352 000 "	1890	3 856 000 "
1879	400 000 "	1891	4 640 000 "
1880	496 000 "	1892	4 768 000 "
1881	656 000 "		

Sur ce dernier chiffre, le pays de Bakou a fourni 4 608 000 tonnes, l'excédent en lui-même représente la production des autres parties de l'empire russe.

Le tableau suivant fixera les idées sur l'importance de l'industrie du pétrole dans la péninsule d'Apchéron :

En 1891

Nombre d'usines.	135
" en marche	100
" en inactivité.	35
Quantité d'huile brute traitée.	3 952 000 tonnes
" d'essence obtenue.	8 000 "
" de kerosène.	1 280 000 "
" d'huiles lubrifiantes	96 000 "
Rendement de la distillation	34,7 %
Résidus de distillation exportés	1 648 000 tonnes
Pourcentage de ces résidus	41 %
Pertes et huile consommée comme combustible	23,6 "

La Galicie a de tout temps attiré l'attention et, depuis le commencement du siècle, elle vit naître de nombreuses entreprises qui eurent des fortunes diverses. Bien que cette contrée ne soit pas un gros producteur, elle doit être citée cependant comme l'un des pays où l'exploitation méthodique fut appliquée le plus tôt.

Distribution du pétrole à la surface du globe. — La plupart des contrées du globe renfermant des gisements de pétrole, nous nous bornerons à indiquer les régions qui donnent lieu aux exploitations importantes.

Bitume volatil. — Pensylvanie. — Des puits de gaz naturel se rencontrent sur les bords du lac Erié et dans divers comtés.

Près de Pittsburg existe un puits dont le gaz

canalisé par une Compagnie est utilisé au chauffage et même à l'éclairage dans les villes et établissements industriels voisins.

L'*Ohio* et la *Virginie* fournissent des exemples analogues.

La *Chine*, les *Indes*, les îles de la *Sonde* renferment aussi des puits de gaz naturel dont quelques-uns ont brûlé sans arrêt pendant des siècles et devenaient des lieux de pèlerinage.

C'est en *Russie*, dans le pays de Bakou et le *Turkestan* que les puits de gaz sont les plus nombreux et les plus anciennement connus. Les flots de la mer Caspienne sont soulevés, à intervalles, par de grosses bulles de ces gaz qui viennent crever à la surface. Et, dans le *Turkestan*, certaines couches du sol sont imprégnées de gaz au point qu'il suffit de forer un trou de quelques mètres de profondeur pour obtenir un jet de gaz inflammable.

Certains de ces puits à gaz sont exploités comme producteurs de gaz d'éclairage ou de chauffage, notamment à Bakou et à Bibi-Eybat.

Bitume liquide ou pétrole. — La *Pensylvanie* tient la tête comme importance, et les principaux champs pétrolifères sont dans les comtés de Mac-Kean, de Warren, de Wenango qui renferme la célèbre vallée d'Oil-Creek, de Parker, de Clarion, de Butler.

Dans l'*Ohio*, les gisements de Trumbull Lo-

rain, de Washington sont connus de temps immémorial.

Le *Colorado* à Canon City, le *Michigan* sur les bords du lac Huron, le comté de Cumberland dans le *Kentucky* et les environs du comté de Santa Clara en *Californie* ont donné lieu et donnent encore une production importante.

Au *Canada*, le centre des champs pétrolifères est dans le comté de Lambton, à l'ouest de la province d'Ontario. La région pétrolifère mesure environ 24 kilomètres sur 3 kilomètres; sa direction est parallèle à la rivière Saint-Clair.

Les îles de *Cuba*, *Saint-Domingue*, la *Trinité* renferment des puits de pétrole, les uns naturels, les autres dus à la main de l'homme.

Les états de *Colombie*, *Vénézuëla*, *Équateur*, *Pérou*, *Bolivie*, *Brésil* montrent chacun de nombreux centres pétrolifères, mais jusqu'ici l'exploitation n'en a pas été entreprise sur une grande échelle, pour des raisons assez difficiles à définir, car on ne peut plus aujourd'hui objecter la nature de la contrée pour refuser les capitaux nécessaires à la mise en valeur de ces richesses du sol.

La *Chine*, le *Japon*, les *Indes*, la *Birmanie*, les îles de la *Sonde* renferment aussi des gisements de pétrole dont plusieurs sont exploités.

En Afrique, on a signalé des gisements probables de pétrole en *Égypte*, en *Nubie*.

A la *Côte d'Or*, une Compagnie anglaise exploite un gisement dont le prolongement très probable a été retrouvé sur la *Côte d'Ivoire*, près Assinié.

En *Tunisie*, on a découvert de riches nappes de pétrole dans le voisinage d'Aïn-Zeft, au pied des montagnes de Dhara. Un puits foré suivant le système employé en Amérique a atteint la nappe d'huile à une profondeur de 1 500 pieds. La production est actuellement de 50 tonneaux environ par jour. C'est une huile lourde donnant un pourcentage minime d'huile d'éclairage, mais une proportion de paraffine assez élevée.

L'Europe est, après l'Amérique, la partie du monde la plus productrice de pétrole.

Nous avons indiqué précédemment la richesse de la *Russie* et de la *Galicie*, nous n'y reviendrons pas.

Les centres pétrolifères sont en *Crimée*, dans la presqu'île de *Taman*, au nord de la chaîne du *Caucase* et dans le district de *Kouban*, et principalement dans la péninsule d'*Apchéron*, au sud du *Caucase*.

Ces derniers sont de beaucoup les plus puissants et sont désignés souvent sous le nom général de gisements de *Bakou*, dont nous avons déjà parlé.

Les centres industriels de l'*Apchéron* sont à

Bakou, Bibi-Eybat, Surakany, Balakany : ce dernier est le plus riche. Toute la région du Caucase, nord et sud, est imprégnée de naphte et de bitume.

Certaines houillères *anglaises* ont montré des indices d'existence de pétrole, mais il n'en est résulté aucune exploitation.

En *France*, on a constaté souvent la présence du pétrole ; mais les quantités de matière première en vue n'ont point conduit à des exploitations sérieuses. Voici à titre documentaire les principaux gîtes qui ont été trouvés : à *Gabian* (Hérault), le docteur Rivière signale en 1717 l'existence du pétrole. En 1884, Zipperlen en entreprit l'exploitation. L'huile de Gabian a été employée en pharmacie, et elle eut, dans les temps jadis, la réputation d'une panacée universelle. En *Limagne*, dans l'*Isère*, la *Haute-Savoie*, dans le *Pas-de-Calais*.

L'*Italie* est plus riche, et il y existe des exploitations industrielles très importantes. Les principaux gisements sont : Chietti, dans les Abruzzes, Fornovo, Miano, Gropperello-Medesano, Caserte.

L'*Allemagne* possède de nombreux gisements, à Schwabwiler, Pechelbronn, Carlsruhe, Lobmann, Kœnigsen, Adesee, Oberg, Brême et dans le duché de Brunswick.

La *Roumanie*, qui semble appelée à un grand

avenir, contient deux groupes de centres pétrolières ; l'un s'étend de Tergowitz à Bacoul sur une profondeur de 60 kilomètres, et l'autre qui prolonge le premier vers l'Est, sous la forme d'une bande irrégulière.

Les principaux districts exploités sont ceux de Bacoul, Buzoul, Romnicul Sarah, Dombrowitza, Prahova, Braïla.

En *Galicie*, le champ pétrolifère part des Carpathes et rejoint Drohobiez et Neu-Sandec. Il n'a pas moins de 300 kilomètres de long sur 35 kilomètres de large et comprend les centres industriels de Boryslaw, Bobrka, Iwonicz, Plowce, Sloboda.

Bitume malthe et bitume asphalte. — Ces deux variétés des bitumes de Brongniart se rencontrent généralement associées.

Les principaux gisements sont ceux de Surakhany, Rangoon, Parme, Cuba, d'Azna, dans l'île de Saint-Domingue, de Partof Spain, dans l'île de la Trinité. Ce dernier est le plus important de tous ; il constitue le Lac de poix du même nom, d'où l'on extrait la majeure partie de l'asphalte importée en Europe.

La mer Morte est un gisement historique de bitume solide.

En *France*, les gisements de Seyssel (Ain) donnent lieu à une exploitation importante.

Ozokérite. — Nous ne pouvons passer sous

silence la *cire minérale* qui semble être un dérivé du pétrole et qui, en tout cas, ne se rencontre que dans les régions pétrolifères : Canada, Arizona, Galicie.

Cette substance jaunâtre, d'une composition analogue à celle des pétroles, forme des filons nettement caractérisés et qui sont l'objet d'une exploitation intensive.

Elle est beaucoup moins répandue que l'asphalte et forme l'objet d'une industrie toute spéciale.

Son principal gisement est à *Boryslaw* ; on la rencontre en *France* à Autun.

CHAPITRE III

LES GISEMENTS DE PÉTROLE HYPOTHÈSES SUR L'ORIGINE DU PÉTROLE

Les gisements de pétrole sont généralement décelés au prospecteur par l'existence de puits de gaz naturel ou de dépôts de malthe et d'asphalte.

Les puits de gaz peuvent être naturels, c'est-à-dire résulter d'une évacuation des gaz par des fissures du sol ou au travers d'un sol perméable — ou résulter de travaux miniers voisins qui ont réduit l'épaisseur de la couche terrestre au-dessus de leur réservoir.

Les dépôts de malthe et d'asphalte seront rencontrés :

Sous terre, en forme de poches, de veines entre les couches que traverse un puits de mine, ou comme produit d'imprégnation de certains grès et sables ;

A la surface, en nappes plus ou moins étendues à la surface du sol, de cours d'eau ou de lacs.

Souvent aussi, mais le cas est plus rare, les cours d'eau sont recouverts d'une mince couche d'huile de pétrole.

Les indices que nous venons de signaler ne se rencontrent pas toujours au-dessus d'un gisement, et le prospecteur doit alors se guider sur des lignes de grande direction reconnues comme passant dans les régions pétrolifères et faire des recherches souvent infructueuses avant que la sonde ne rencontre le nid d'huile convoité.

Le pétrole ne se rencontre pas en effet à la surface du sol comme l'asphalte; tout au moins s'il y a existé, il est aujourd'hui transformé sous l'action des agents atmosphériques en malthe et asphalte.

Il ne se trouve qu'à l'intérieur du sol, à une profondeur très variable d'une région à l'autre (100 à 1500 mètres), et ses gisements affectent la forme d'une poche remplie de pétrole, d'eau salée et souvent de gaz plus ou moins comprimés.

Tout d'abord, les gisements de pétrole se rencontrent dans tous les étages géologiques, comme le montre le tableau suivant :

GISEMENTS DE PÉTROLE

Terrain silurien	Kentucky
" dévonien inférieur . . .	Canada
" " supérieur.	Pensylvanie
" carbonifère.	Virginie
" trias	Caroline
" jurassique	Hanovre
" éocène moyen.	Isère (France)
" " " 	H ^{te} .Savoie "
" " " 	Galicie
" " " 	Crimée
" " " 	Caucase
" " " 	Bakou
" " " 	Roumanie
" " " 	Alsace
" éocène supérieur.	Limagne (France)
" miocène.	" "
" " 	Italie
" " 	Gabian (France)

L'huile, parfois imprègne des sables qui forment une sorte de boue liquide, d'autres fois, elle est renfermée dans des poches à parois à peu près imperméables.

Dans les deux cas, on doit forer un puits jusqu'au niveau de l'huile et recueillir le liquide.

L'huile est toujours accompagnée, dans son gisement même, de gaz d'une composition analogue à celle des gaz des puits à gaz naturels, et souvent aussi d'eau salée.

Ces trois corps sont superposés dans le gisement par ordre de densité, et en commençant par le haut, on rencontre successivement :

Les gaz naturels ; le pétrole ; l'eau salée.

Les gaz peuvent se trouver soumis dans la poche à une pression considérable, d'où résulte que :

1° Si la sonde crève la poche dans la couche des gaz, on aura aussitôt un dégagement gazeux d'une grande violence et il faudra ensuite extraire le pétrole à l'aide de pompes.

2° Si la sonde crève la poche dans la couche d'huile, la pression des gaz fera jaillir l'huile par le trou de sonde et l'on aura un puits artésien de pétrole.

3° Si la sonde crève la poche dans la couche d'eau salée la pression des gaz fera jaillir au-dessus du sol l'eau salée, puis l'huile. Par la suite, les gaz s'échapperont à leur tour.

Dans certains gisements, en Amérique surtout, la pression des gaz sur l'huile est faible ; en Russie, par contre, elle est très forte.

Il en résulte qu'en Amérique, la plupart des puits sont exploités avec des pompes, tandis que, en Russie, ils jaillissent d'eux-mêmes.

On trouvera dans l'étude des *modes d'exploitation* des détails sur les effets de l'huile jaillissante et sur les différents modes d'exploitation consécutifs à la nature des gisements.

Pour faciliter l'intelligence de ce qui précède, nous avons représenté (*fig. 1*) une coupe théo-

rique de terrain avec une poche d'huile et trois trous de sonde :

Le premier *a* arrivant dans le milieu gazeux
 Le second *b* // // le pétrole
 Le troisième *c* // // l'eau salée.

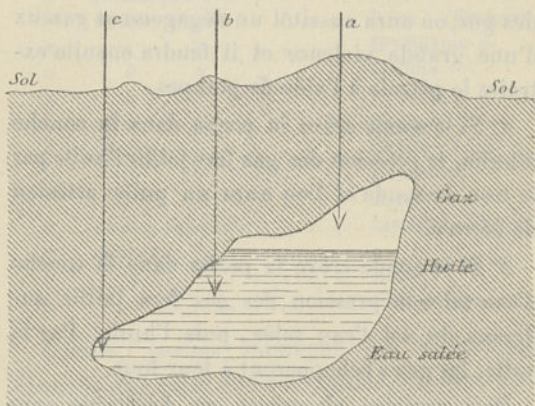


Fig. 1. — Schéma d'une coupe de terrain renfermant une poche de pétrole.

Les gisements de pétrole se rencontrent dans des bassins de forme synclinale, en nappes, ou dans des failles disposées le long de lignes de failles ainsi que dans des relèvements de forme anticlinale.

Certains gisements sont formés non plus de poches remplies de liquide et enfermées dans la roche, mais d'un sol imprégné de pétrole.

Ainsi, dans certaines localités du Canada, on

trouve un calcaire très imprégné d'huile qui exsude en été.

Près de Washington, l'huile est mélangée à des sables qui ont été classés comme suit :

Sables de Mansfeld, formés de grains gris et de grains rouges en proportions à peu près égales.

Sables de Gantz, formés de grains gris, noirs et blancs en proportions à peu près égales.

Sables Fifty foot, formés de grains couleur brun pâle.

Sables Stray, formés de grains de couleur grisâtre et d'une faible proportion de grains rougeâtres.

Sables Gordon, analogues aux sables Gantz, mais faits de grains plus fins.

Le tableau suivant indique la puissance et le niveau de ces différentes couches :

Désignation	Profondeur	Puissance
Sables Bignon « Mountain ».	477 mètres	80 mètres
" Gantz	700 "	10 "
" Fifty foot	725 "	17 "
" Stray	800 "	8 "
" Gordon.	815 "	9 "

Toutes ces couches ont été successivement rencontrées dans le puits Israel Weirich, champ de Washington.

Hypothèses sur l'origine du pétrole. — Plusieurs hypothèses ont été émises par des notoriétés scientifiques, et chacune a ses adeptes. Nous pensons que, quand bien même l'une d'elles serait la vraie, elle n'est pas présentée d'une façon suffisamment complète pour être admise de préférence aux autres, car les gisements de pétrole présentent des particularités qu'aucune des théories actuelles n'a expliquées.

Nous nous bornerons donc à esquisser rapidement les hypothèses sur l'origine du pétrole admises jusqu'à aujourd'hui.

Origine organique. — D'après certains auteurs, le pétrole serait le résultat de la décomposition de matières organiques animales, végétales que renfermait la couche géologique où l'on rencontre aujourd'hui le pétrole.

Le D^r Hunt, l'un des créateurs de cette théorie, appuie son dire sur des observations qu'il a faites en Amérique où l'on rencontre souvent des débris organiques dans le terrain formant les parois de la poche de pétrole.

Wall ajoute que l'étude micrographique de l'asphalte de la Trinité découvre de nombreux débris végétaux qu'un dissolvant approprié peut séparer de son enveloppe d'asphalte : on constate alors que les cellules sont toutes altérées et à des degrés divers.

D'après le même auteur, la disposition rela-

tive des couches d'asphalte à la Trinité et au Vénézuëla prouverait que ce corps a pris naissance sur place et résulterait d'une réaction chimique qui s'est opérée à la température ordinaire.

Engler a soutenu cette théorie et l'a appuyée des expériences que nous relatons ci-dessous d'après le *Bulletin de la Société chimique de Paris*, mais, selon lui, cette décomposition aurait eu lieu à haute température, et son produit serait le pétrole.

Plusieurs géologues éminents ont émis l'opinion que le pétrole doit le plus souvent son origine à l'action combinée de la chaleur et de la pression sur les parties molles des organismes peuplant les mers paléozoïques, matières qui devaient être riches en corps gras.

A l'appui de cette manière de voir, l'auteur décrit un certain nombre d'expériences qui l'ont conduit à la reproduction de véritables pétroles; il suffit d'opérer *sous pression* la distillation des matières grasses.

Dans un autoclave en relation avec un réfrigérant clos, on a soumis à la distillation 492 kilogrammes d'huile de foie de morue brun clair, de densité 0,93. La pression, au début, était de 10 atmosphères, et s'abaisse par la suite à 4 atmosphères; la cornue était chauffée à 320° d'abord, puis la température fut poussée à 400°.

Il se dégagea à l'ouverture du récipient des gaz combustibles, et on trouva dans celui-ci une couche aqueuse surmontée d'une huile : celle-ci, qui renfermait des acides ou corps gras ayant distillé sans altération, était en partie saponifiable. On la repassa à la distillation sous pression dans les mêmes conditions que la première fois ; on recueillit encore un peu d'eau (20 kilogrammes), des gaz et surtout 299 kilogrammes d'huile, émettant déjà des vapeurs à 44°. Cette huile, de densité 0,81, était brunâtre, avec fluorescence verte prononcée, et une odeur non désagréable, sans trace d'acroléine. Sur 100 centimètres cubes d'huile, on a trouvé 0,4 solubles dans l'eau, 4,8 dans la lessive de potasse, 20,8 dans l'acide sulfurique à 66°, 9,6 dans un mélange d'acides sulfurique à 66° et fumant. Le reste a été soumis à la distillation fractionnée ; les portions principales étaient : au-dessous de 150°, 29,5 volumes pour cent de densité 0,712 ; de 150 à 300°, 57,5 volumes de densité 0,817, et au-dessus de 300°, 13 volumes. On voit qu'il s'était formé des acides gras (dans le liquide aqueux et dans l'huile), des carbures non saturés, mais surtout des carbures saturés. Ces derniers ont été séparés et étudiés par des traitements chimiques et une rectification plus minutieuse, et notamment les *pentane*, *hexane* et *octane normaux*, bouillant respectivement

vers 37, 67 et 98°, ayant pour densité 0,622, 0,664 et 0,688. Les autres carbures seront étudiés plus tard.

Comme l'huile de foie de morue est un mélange de palmitine, stéarine, etc., l'auteur a fait des expériences sur quelques-uns de ces glycérides tertiaires, préparés à l'état de pureté par la méthode de M. Berthelot.

La distillation faite sur 30 grammes environ de matière avait lieu dans un tube de Faraday ; des corps ou acides gras inaltérés passant à la distillation, on ouvrait le tube pour laisser dégager les gaz, on soutirait la partie aqueuse et on recommençait la distillation en vase clos. Au bout de quelques rectifications en tubes clos, la matière distillée n'était plus butyreuse ni saponifiable partiellement, mais vraiment pétroliforme (environ 50 à 60 % de la stéarine ou de l'oléine, d'où l'on est parti). Il y a lieu de remarquer que chaque distillation a lieu presque sans résidu.

Si l'on remplace dans les expériences qui précèdent la stéarine, l'oléine, etc., par les acides stéarique, oléique, etc., on remarque des résultats tout à fait semblables ; la présence ou l'absence de glycérine ne modifie pas le sens de la réaction.

Dans toutes ces diverses expériences, l'influence de la pression est manifeste : si, au lieu

d'opérer sous pression, on distille dans le vide, il ne se fait plus de carbures, mais les corps ou acides gras passent inaltérés.

En somme, les matières grasses, distillées sous pression à des températures modérées, donnent environ 60 % d'huile, véritable pétrole artificiel, formé pour les 9 dixièmes de carbures d'hydrogène.

L'auteur résume ensuite ce que nous savons des gisements de pétrole, d'après la *Technologie* de Bolley (H. Hæfer et J. Fischer. *Die Mineralindustrie*, p. 101); il y a lieu de remarquer ce fait capital que le pétrole (lorsqu'on le trouve en place) imprègne presque toujours des sédiments à faune pélagique et beaucoup plus rarement des sédiments continentaux ou côtiers à fossiles végétaux prédominants (la flore houillère, par exemple, n'a pour ainsi dire jamais fourni de pétrole). L'auteur cite comme exemple bien caractéristique la présence de pétrole liquide dans les loges du test d'*orthocerds* au sein du calcaire de Trenton à Pakenham (Canada), et, d'autre part, la formation contemporaine de pétrole au-dessus des récifs de coraux à Djebel-Zeit, sur les bords de la mer Rouge. Il est donc bien probable que le pétrole a, en général, l'origine animale que nous avons indiquée.

S'il ne renferme pas d'acides gras, de corps gras glycériques, de produits de la série acry-

lique, c'est qu'il a été soumis dans le sein de la terre à l'action de l'eau, et que ces matières ont été balayées ou dissoutes.

On pourrait en dire autant de l'azote qui, à vrai dire, existe en petite quantité dans les pétroles, sans doute à l'état d'ammoniacal ou de bases organiques. On ne saurait y voir un argument décisif en faveur d'une origine végétale des pétroles.

Lorsque des organismes d'animaux marins se sont accumulés dans un sédiment, on comprend que les tissus albuminoïdes se soient aisément décomposés avec perte d'azote ammoniacal ou cession d'acides amidés, etc. D'autre part, on sait combien le résidu non azoté se transforme facilement en adipocire (mélange d'acides gras) par une action lente et spontanée. L'explication proposée reçoit donc une nouvelle confirmation.

Les tissus végétaux, surtout formés de cellulose, se comportent autrement dans les mêmes circonstances. La cellulose contient 49,4 % d'oxygène; à la distillation sous pression, elle se charbonne en fournissant une sorte de houille (Frémy), et dégage surtout de l'eau et des hydrocarbures éthyléniques. Or, parmi les organismes habitant une mer, ceux à base de cellulose (algues et tuniciers) sont en minorité.

Remarquons, en terminant, que, si de la composition des acides gras ou des corps gras

neutres, on défalque tout l'oxygène et la quantité équivalente d'hydrogène pour former de l'eau, il reste un hydrocarbure ayant sensiblement la composition des pétroles.

Il est donc bien probable que, dans les fonds de mer, les organismes animaux, préalablement transformés en corps gras, se sont, par l'action de la chaleur et de la pression combinées, transformés en pétrole au cours des époques géologiques.

D'après le D^r Krämer, le pétrole serait bien dû à la décomposition de débris organiques.

Le pétrole est le résultat d'une réaction chimique. — Émise pour la première fois par Berthelot, cette théorie repose sur l'existence d'un noyau métallique à haute température, au centre du globe.

L'acide carbonique diffusant au travers de l'écorce terrestre arrive au contact de ce noyau qui renferme des métaux alcalins et produit des acétylures alcalins tels que l'acétylure monosodique C^2HNa .

Simultanément, l'eau qui existe dans les profondeurs du globe, comme le démontrent les produits des éruptions volcaniques, est décomposée par ces métaux et donne de l'hydrogène libre.

Sous la double influence de la chaleur et de l'hydrogène libre l'acétylure alcalin est décom-

posé et l'acétylène lui-même devient le centre d'une série de réactions classiques de la chimie organique, et il donne des produits de condensation et des produits d'addition qui sont justement les hydrocarbures qui constituent les pétroles.

Cette théorie conduit à admettre une durée presque indéfinie à la richesse du globe en pétrole, l'eau et les métaux ne disparaissant pas.

Les expériences récentes de Moissan sur les carbures métalliques conduisent aussi à une théorie de la genèse du pétrole.

Si l'on admet en contact, une couche de charbon et une couche de calcaire, on aura, sous l'influence des hautes températures développées par les phénomènes éruptifs contemporains ou postérieurs à l'origine du globe, formation de carbure de calcium que l'eau décomposera en acétylène qui, comme dans la théorie de Berthelot, devient le producteur même des hydrocarbures du pétrole.

Du reste, on sait depuis longtemps que la fonte traitée par un acide dilué donne naissance à des hydrocarbures du pétrole.

La théorie de Mendeleef repose sur un principe analogue.

Origine volcanique. — Soutenue par des savants très brillants, cette théorie est assez séduisante; son origine remonte à 1804, mais

ce n'est qu'à partir de 1860 que des travaux divers consolidèrent sa base.

Cette théorie repose sur un premier fait, à savoir que des débris volcaniques ont été reconnus imprégnés de naphte et que des émanations volcaniques avaient permis de reconnaître sans aucun doute la présence du pétrole parmi les matières gazeuses rejetées dans l'atmosphère.

Elle repose ensuite sur ce que :

Les poches de pétrole contiennent généralement trois couches distinctes : eau salée, pétrole, gaz et que les produits gazeux rejetés lors d'une éruption se présentent dans l'ordre suivant :

Chlorures alcalins ; acides sulfureux, chlorhydrique ; sels ammoniacaux ; acide carbonique ; hydrogène ; *carbures d'hydrogène*.

Il se trouve, justement, que les champs pétrolifères sont presque tous dans des régions où l'on trouve des amas de chlorure de sodium et de soufre ; ces deux corps étant souvent, le second surtout, d'origine volcanique, il n'y a qu'un pas à faire pour attribuer la même cause à la formation du pétrole.

CHAPITRE IV

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES PÉTROLES

Les propriétés physiques des pétroles sont très variables d'un échantillon à l'autre, aussi indiquerons-nous, pour chaque exemple, l'origine de l'huile.

État. — Si l'on fait abstraction des produits gazeux et des asphaltes qui accompagnent l'huile dans son gisement, pour ne considérer que cette dernière, on peut dire qu'à l'état naturel, le pétrole est toujours liquide, mais avec un coefficient de viscosité essentiellement variable.

Couleur. — Elle varie du jaune ambré translucide, sous une épaisseur de quelques centimètres, au brun rougeâtre foncé; une huile brun rouge peut être opaque sous une épaisseur de quelques centimètres. La couleur peut varier

d'un puits à l'autre d'un même champ comme le montre le tableau ci-dessous :

Puits	Densité	Couleur
<i>Champ de Washington</i>		
Cameron	0,777	Jaune
Union Oil Co	0,798	Jaune
People Light and Heat Co.	0,819	Ambrée
Belmont Oil Co	0,808	Ambrée
Wandergrift	0,816	Brun
Hallam Co (the Clark). . .	0,828	Brun
<i>Champ de Bradford</i>		
Bradford	0,810	Brun rougeâtre
Clarim-Parker	0,797	Brun rougeâtre
Stoncham	0,802	Ambrée foncée

Les huiles de pétrole présentent toutes, bien qu'à des degrés divers, la fluorescence verte ou bleue.

Engler a remarqué que l'indice de réfraction d'une huile est à peu près constant pour une même provenance, et que les produits de distillation d'une huile naturelle (voir plus loin), ont un indice de réfraction qui augmente avec la température à laquelle la fraction considérée a été recueillie. Les fractions de distillation présentent aussi la fluorescence.

Odeur. — Les huiles naturelles sont plus ou moins odorantes; leur odeur rappelle un peu celle de l'ail.

Densité. — La densité varie d'un puits à l'autre; elle est comprise entre 0,765 et 0,975, par rapport à celle de l'eau.

Les pétroles d'Amérique, plus légers que ceux de Russie, ont une densité généralement comprise entre 0,790 et 0,903, tandis que la densité des huiles russes varie entre 0,845 et 0,972.

On trouvera, dans le chapitre consacré à la *composition chimique des pétroles*, les densités d'un grand nombre d'huiles de provenance connue.

Coefficient de dilatation. — C'est un facteur très important et dont l'industrie tient grand compte dans l'emmagasinage des huiles.

Sainte-Claire Deville a obtenu les valeurs suivantes du coefficient K de dilatation pour une série d'huiles naturelles :

<i>Huile n° 1</i>		
$D_0 = 0,882$	$D_{50} = 0,8473$	$K = 0,000817$
<i>Huile n° 2</i>		
$D_0 = 0,928$	$D_{50} = 0,888$	$K = 0,00091$
<i>Huile n° 3</i>		
$D_0 = 0,897$	$D_{50} = 0,865$	$K = 0,000737$
<i>Huile n° 4</i>		
$D_0 = 0,884$	$D_{50} = 0,854$	$K = 0,000724$
<i>Huile n° 5</i>		
$D_0 = 0,938$	$D_{50} = 0,907$	$K = 0,000681$

De la valeur relativement élevée de K , il résulte qu'un réservoir ou un fût ne doit jamais être rempli entièrement s'il doit être exposé à une température plus élevée que celle à laquelle il a été garni.

L'ignorance de ce fait a causé au début de l'industrie des pétroles de nombreux accidents dus à des ruptures de fûts.

Pouvoir calorifique. — Nos connaissances sur ce point sont également dues à Sainte-Claire Deville. Passant sous silence le mode de recherche, nous nous bornerons à indiquer la valeur du coefficient calorifique C en petites calories :

Lieux d'origine	Densité à 0°	Valeur de C en petites calories
Huile lourde de Virginie . .	0,873	10 180
" légère de Pensylvanie.	0,816	9 963
" lourde "	0,886	10 672
" de Parme	0,786	10 121
" de Java	0 923	10 831
" de Pechelbronn	0,892	10 020
" de Galicie	0,870	10 005
" de Roumanie	0,878	"
" de Caucase.	0,884	11 460
" de Bakou	0,938	10 800
" lourde de houille . . .	1,044	8 916

Les recherches de Sainte-Claire Deville

classent les huiles russes avant les huiles américaines au point de vue du pouvoir calorifique.

Chaleur spécifique. — Elle est comprise entre 0,45 et 0,50 petite calorie.

Chaleur latente. — Vers 130° C elle est d'environ 117 petites calories.

Tension de vapeurs. — Très variable d'un échantillon à l'autre, elle est relativement élevée, les huiles naturelles contenant des principes volatils à des températures inférieures à 0°.

Viscosité. — La connaissance de cet élément est très utile, car si l'huile est peu visqueuse elle sera bonne pour l'éclairage, et si elle l'est beaucoup, elle sera propre à fournir surtout des huiles de graissage.

Les huiles d'Amérique sont peu visqueuses et donnent principalement des produits pour éclairage tandis que les huiles russes, jouissant de la propriété inverse, fournissent surtout des huiles lubrifiantes.

Nous reproduisons ci-dessous les résultats obtenus par Boverton Redwood, en prenant comme terme de comparaison l'huile de navette.

Les chiffres de ce tableau représentent le temps que mit à s'écouler une quantité d'huile déterminée, toutes autres conditions de l'expérience égales. Une huile présente donc une viscosité d'autant plus grande que le nombre porté au tableau est lui-même plus élevé.

Température C de l'expérience	Huile de navette	Huile américaine $d = 0,885$	Huile américaine $d = 0,913$	Huile américaine $d = 0,923$	Huile russe $d = 0,909$	Huile russe $d = 0,915$	Huile russe $d = 0,884$
10°	712,5	145	425	1030	2040	2520	//
15,55	540	105	295,5	680	1235	1980	//
21,10	405	40	225	485	820	1320	//
26,65	326	73	171	375	580	900	//
32,21	260	63,5	136	262	426	640	//
37,80	213,5	54	111	200	315	440	1015
43,35	169	50	89,5	153	226	335	739,5
48,90	147	47	78	126	174	245	531
54,43	123,5	44,75	63,5	101	135,5	185	398,5
60	105,5	41	58	82	116	145	317,5
65,55	95,5	37,5	52	70,5	95	115	250
71,10	85	//	46	63,5	83,5	93,5	200
76,65	76	//	//	58	70,5	25	160
82,25	69	//	//	52,5	61,5	67,5	134,5
87,80	64,5	//	//	47	56,5	64	115,5
93,35	58,5	//	//	42	48,5	54	99,5
98,92	54	//	//	40	//	//	85
104,50	50	//	//	38	//	//	77
110	47,5	//	//	//	//	//	70,5
115,55	45,5	//	//	//	//	//	64,5
121,10	43,25	//	//	//	//	//	59,5
126,65	//	//	//	//	//	//	54
132,25	//	//	//	//	//	//	48,5
137,80	//	//	//	//	//	//	48,5
143,35	//	//	//	//	//	//	44,25
149	//	//	//	//	//	//	42

Propriétés organoleptiques. — Bien que le pétrole et ses dérivés aient été préconisés pour le traitement de certaines maladies, la respiration prolongée de leurs vapeurs procure un malaise et leur ingestion peut amener un empoisonnement.

Action de la chaleur. — Sous l'action d'une température croissante l'huile distille, et les produits qui passent successivement sont de plus en plus lourds. La température à laquelle une huile commence à distiller varie suivant la provenance (voir au chapitre suivant).

Action du froid. — L'huile laisse tout d'abord déposer les produits lourds, puis elle se prend en masse.

CHAPITRE V

COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES PÉTROLES

Composition chimique des pétroles. —

Nous ne pouvons nous dispenser d'indiquer sommairement la composition des gaz naturels et asphalté qui tiennent de si près au pétrole lui-même.

Gaz des puits de feu. — Ces gaz sont formés de formène et de ses homologues supérieurs, l'éthane, le propane, le butane, l'amine; ils renferment souvent de la vapeur d'eau et des acides gazeux.

Ils s'enflamment à l'approche d'un corps en ignition.

Voici la composition des gaz qui accompagnent le pétrole des puits jaillissants de Pechelbronn :

COMPOSITION DES GAZ

Gaz	I	II	III	Moyenne abstraction faite de l'oxygène
Formène	77,3	77,3	77,3	86,8
Hydrocarbures C^nH^{2n}	4,8	4,8	4,8	5,4
Acide carbonique . .	3,6	3,6	3,6	4
Oxyde de carbone . .	3,5	3,4	3,45	3,8
Oxygène	1,8	2	1,9	//
Azote	8,9	9	8,95	//

Les gaz qui accompagnent certains pétroles américains sont dépourvus d'oxyde de carbone.

Pétrole proprement dit. — En principe, les huiles de pétrole sont formées d'hydrocarbures appartenant pour la plupart à la série saturée C^nH^{2n+2} , du formène à l'hexadécane et au-delà, jusqu'aux paraffines, et d'une petite proportion de composés de la série aromatique C^6H^{2n-6} , benzène, etc.

Les hydrocarbures de la série non saturée C^nH^{2n} et de la série acétylénique C^nH^{2n-2} se rencontrent en faible proportion dans les huiles brutes, mais leur teneur est beaucoup plus élevée dans les produits de la distillation fractionnée.

A ces hydrocarbures s'ajoutent, dans l'une et l'autre série, des dérivés oxygénés, acides et phénols, des dérivés azotés et des dérivés sulfurés, et peut-être phosphorés.

La nature de ces trois classes d'impuretés est assez mal définie.

En outre, on a trouvé, dans certains pétroles, des composés organiques fort rares, mais en très faible quantité.

Asphalte. — A côté d'hydrocarbures très condensés, il renferme, toutes proportions gardées, une quantité d'oxygène bien supérieure à celle de l'huile.

Les lacs de pétrole étant toujours recouverts d'une couche d'asphalte, on a été conduit à les considérer comme des produits de décomposition et d'oxydation des huiles.

Boussingault a reconnu dans les asphaltes deux principes fondamentaux, l'un liquide, dénommé *pétrolène* $C^{20}H^{32}$ bouillant à 280° , et l'autre solide, l'*asphaltène* $C^{20}H^{32}O^3$.

D'une *asphalte de Chine*, Boussingault a retiré de la naphthaline, et il assigne la composition suivante à ses portions liquide et solide :

	C	H	O	Az
Partie fluide. . .	86,82	13,16	„	0,02 $\frac{0}{10}$
„ solide. . .	82,85	13,09	4,06	„

Asphalte d'Égypte

C	85,29
H	8,25
O	6,20
Az.	0,26

laisse, après incinération, une cendre ferrugineuse.

Bitume de Judée

C	77,84
H	8,95
O	11,57
Az.	1,70

Asphalte d'Auvergne

C	76,19
H	9,41
O	10,34
Az.	3,32
Cendres.	1,80

Cire minérale de la Nouvelle Grenade

C	82,70
H	10,80
O	6,50

Cire minérale d'Antioquia

C	71,89
H	6,51
O	21,57
Az.	0,03

Étude particulière des huiles de pétrole brut. — Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, l'huile de pétrole est principalement formée :

D'hydrocarbures de la série C^nH^{2n+2} auxquels viennent s'ajouter :

Les hydrocarbures des séries C^nH^{2n} , C^nH^{2n-2} , C^nH^{2n-6} ; et si l'on considère des huiles provenant de contrées très différentes, on trouvera, en plus des précédents, des hydrocarbures appartenant aux séries les plus diverses et des dérivés de ces carbures par oxydation, sulfuration, nitrification.

En un mot, on peut rencontrer dans un pétrole des hydrocarbures de séries quelconques.

Les résultats obtenus par Markownihoff sont d'un intérêt scientifique considérable; dans une huile russe étudiée par ce chimiste, une fraction bouillant entre 220 et 230° contenait $5,25\%$ d'oxygène. Même en admettant que, dans les produits résineux formés par oxydation d'hydrocarbures existant primitivement, une partie de l'oxygène passe à la distillation à l'état de combinaisons oxygénées organiques volatiles, et que de semblables combinaisons aient pu être formées directement par oxydation à l'air, la détermination de la nature chimique de ces produits n'en offre pas moins un point de départ sûr pour arriver à décider si l'oxygène préexistait ou ne préexistait pas dans l'huile. Notons encore que, d'après les recherches de Krämer, quand on a traité le pétrole distillé par une lessive de soude caustique, sa teneur en oxygène

devient extrêmement faible, bien qu'elle ne soit pas nulle. Il résulte de ce fait que, dans les produits de la distillation, il ne peut guère exister de produits acides ou phénoliques.

En ce qui concerne la teneur des pétroles en azote, les données actuelles sont peu nombreuses et très différentes. Toutefois, la présence de ce gaz a été bien constatée par divers chimistes. La teneur varierait entre 0,02 et 1,1 $\%$. Nous ne savons rien de précis sur la nature chimique des combinaisons azotées; il est cependant probable que quelques-unes sont constituées par des bases. Citons encore que Carnegie a trouvé dans les sources de gaz de Pittsburg des cristaux de carbonate d'ammoniaque.

Des recherches assez nombreuses ont été faites sur la teneur en soufre des différents pétroles.

C'est dans le pétrole de Terra di Lavoro (Italie), qu'Engler a trouvé le plus de soufre (1,08 à 1,30 $\%$). La nature des combinaisons sulfurées contenues dans le pétrole est, du reste, encore inconnue. Krämer est porté à croire qu'elles sont constituées par des dérivés thiophéniques, opinion qui serait appuyée par ce fait découvert par Friedel et Crafts, qu'un pétrole perd son soufre quand on le traite par le chlorure d'aluminium. Enfin il faut encore rappeler qu'Hagen a trouvé dans de l'éther de pétrole (probablement d'origine américaine?) de

notables quantités de sulfure de carbone. Les matières sulfureuses sont certainement très gênantes pour le raffinage du pétrole, car il est très difficile de les éliminer complètement; il suffit qu'il en reste la plus petite quantité dans les huiles d'éclairage pour qu'elles possèdent une odeur très désagréable; si la proportion est plus grande, on perçoit parfaitement, pendant la combustion, l'odeur d'acide sulfureux.

L'huile brute du Canada est noire, et son odeur fétide est due à des composés sulfurés. Il en est de même des huiles provenant de la Perse et des îles de la Sonde.

Les cendres données par les différents pétroles ont aussi été étudiées. On y a même trouvé de l'or. Nous n'insisterons pas sur ce sujet, qui ne nous paraît pas présenter un intérêt suffisant.

La nature des séries constituant un pétrole, et la proportion relative dans laquelle elles concourent à sa formation établissent la différence reconnue des huiles de provenance diverse.

Avant de montrer l'origine des propriétés dissemblables des principaux types d'huile, nous indiquerons tout d'abord, d'après Sainte-Claire Deville, Engler, Krämer, Bowerton-Redwood, etc., la composition centésimale d'un certain nombre d'huiles.

1. *Huile de Virginie.* — Puits Roger's Gulch.
Niveau 170 mètres. Huile brute :

$D_0 = 0,857$	$D_{50} = 0,824$	$K = 0,000788$
C		83,2
H		13,2
O		3,6

2. *Huile lourde de la Virginie occidentale.*
— White Oak. Terrain houiller inférieur; niveau 135 mètres; donne des huiles à graisser.

$D_0 = 0,873$	$D_{50} = 0,853$	$K = 0,00072$
C		83,5
H		13,3
O		3,2

3. *Huile légère de la Virginie occidentale.* —
Burning-Springs. Grès dévoniens supérieurs; niveau 220 mètres; donne des produits d'éclairage.

$D_0 = 0,845$	$D_{50} = 0,808$	$K = 0,000839$
C		84,3
H		14,1
O		1,6

4. *Huile légère de Pensylvanie.* — Oil Creek.
Grès dévoniens supérieurs; niveau 200 mètres; brun verdâtre, fluorescente; donne des produits d'éclairage.

$D_0 = 0,816$	$D_{50} = 0,784$	$K = 0,00084$
C		82
H		14,8
O		3,2

5. *Huile lourde de Pensylvanie*. — Franklin, Alleghany. Grès dévoniens supérieurs; niveau 200 mètres; donne des huiles de graissage.

$D_0 = 0,886$	$D_{30} = 0,853$	$K = 0,000721$
C	84,9	
H	13,7	
O	1,4	

6. *Huile américaine d'importation en France*. — Noire, fluorescence bleue.

$D = 0,820$	$D_{53} = 0,784$	$K = 0,000868$
Chaleur spécifique = 0,48		
C	83,4	
H	14,7	
O	1,9	

7. *Huile de Virginie*. — Roger's Gulch, puits Necook Wall, niveau 107 mètres, verdâtre; donne des huiles à graisser.

$D_6 = 0,897$	$D_{30} = 0,866$	$K = 0,000704$
C	83,6	
H	12,9	
O	3,5	

8. *Huile du Canada*. — Crude Petroleum Oil.

$D_0 = 0,844$	$D_{31} = 0,815$	$K = 0,001$
C	82,7	
H	13,5	
O	3,8	

9. *Huile du Canada.* — Crude Petroleum Oil, niveau 120 mètres.

$D_0 = 0,828$	$D_{52} = 0,801$	$K = 0,000883$
C		83,2
H		14
O		2,8

10. *Huile du Canada ouest.* — Bothwel, niveau 185 mètres; répand une odeur infecte à la distillation.

$D_0 = 0,857$	$D_{50} = 0,838$	$K = 0,000868$
C		84,3
H		13,4
O		2,3

11. *Huile de Bakou.*

	I	II	III	IV
C.	87,4	87,1	86,5	86,3
H.	12,5	11,7	12	13,6
O.	0,1	1,2	1,5	0,1

12. *Huile de Circassie.* — Noire, assez fluide.

$D_0 = 0,887$	$D_{58} = 0,850$	$K = 0,000750$
C		84,2
H		12,4
O		3,4

13. *Huile de Circassie.* — Noire, très visqueuse.

$D_{20} = 0,9405$	$D_{58} = 0,904$	$K = 0,000696$
C		85,3
H		13,6
O		5,9

14. *Huile de Parme.* — Salo, très limpide, fluide, couleur ambrée avec fluorescence bleue.

$$D_0 = 0,786 \quad D_{51} = 0,747 \quad K = 0,000106$$

Chaleur spécifique = $0^{\text{cal}},49$; Chaleur latente à $132^\circ = 115$ calories.

C	84
H	13,4
O	1,8

15. *Huile d'Alsace.* — Pechelbronn. L'huile ne perd rien à la température de 280° .

$$D_0 = 0,968 \quad D_{50} = 0,935 \quad K = 0,000697$$

C	85,6
H	9,6
Az	0,25
O	4,5
Cendres	0,05

16. *Huile d'Alsace.* — Pechelbronn.

$$D_0 = 0,892 \quad D_{50} = 0,857 \quad K = 0,000793$$

C	85,7
H	12
O	2,3

17. *Huile d'Alsace.* — Schwabwiller.

$$D_0 = 0,861 \quad D_{50} = 0,828 \quad K = 0,000858$$

C	86,2
H	13,3
O	0,5

18. *Huile du Piémont.* — Marne pliocénique.

Niveau 35 mètres, très liquide, blanc jaunâtre, fluorescente.

$D_0 = 0,919$	$D_{52} = 0,884$	$K = 0,000752$
C		86,4
H		12,2
O		1,4

19. *Huile de Gabian (Hérault)*. — Noire, visqueuse.

$D_0 = 0,894$	$D_{50} = 0,731$	$K = 0,000687$
C		86,1
H		12,7
O		1,2

20. *Huile de Hanovre*. — Aedesse. Noire, visqueuse, niveau très faible.

$D_0 = 0,892$	$D_{48} = 0,860$	$K = 0,000772$
C		80,4
H		12,7
O		6,9

21. *Huile de Hanovre*. — Witze. Noire, visqueuse, niveau de 50 mètres.

$D_0 = 0,955$	$D_{50} = 0,925$	$K = 0,000641$
C		86,2
H		11,4
O		2,4

22. *Huile de Galicie*.

$D_0 = 0,870$	$D_{50} = 0,836$	$K = 0,000813$
C		82,2
H		12,1
O		5,7

23. *Huile de Valachie.* — Noire, assez fluide.

$D_0 = 0,901$	$D_{50} = 0,868$	$K = 0,000748$
C		83
H		12,2
O		4,8

24. *Huile de Java.* — Rembang.

$D_0 = 0,923$	$D_{53} = 0,888$	$K = 0,000769$
C		87,1
H		12
O		0,9

25. *Huile de Java.* — Chéribon.

$D_0 = 0,827$	$D_{53} = 0,789$	$K = 0,000923$
C		83,6
H		14
O		2,4

26. *Huile de Chine.* — Hong-Kong. — Solide à 0°, liquide, peu colorée, fluorescente.

$D_0 = 0,860$	$D_{55} = 0,822$	$K = 0,000824$
C		83,5
H		12,9
O		3,6

27. *Huile de Birmanie.* — Rangoon.

$D_{28} = 0,875$	$D_{60} = 0,855$	$K = 0,000774$
C		83,8
H		12,7
O		3,5

Nous signalerons en passant que les analyses de certaines des huiles mentionnées ci-dessus,

auraient dû indiquer une teneur en *azole* et en *soufre*.

On peut admettre qu'en moyenne, une huile de pétrole brute présente la composition centésimale suivante :

C.	84
H.	13
O.	3
Total	<u>100</u>

Action de la chaleur. — Si l'on soumet à l'action de la chaleur une huile brute renfermée dans un alambic à réfrigérant, on observe deux séries de phénomènes :

1° Une distillation fractionnée de l'huile, c'est-à-dire que les composants les plus volatils passent d'abord à la distillation, puis des produits moins volatils, et ainsi de suite.

Mais il faut noter que la température à laquelle passera un des composés sera supérieure à sa température spécifique d'ébullition par suite du mélange de ce corps avec d'autres à point d'ébullition plus élevé.

2° La décomposition, quand on arrive à une température de 300 à 350°, des principes constituants de l'huile, et la formation de composés à point d'ébullition plus bas. En un mot, une dissociation des éléments de l'huile et la formation de composés qui n'existent pas tout formés dans l'huile brute.

Les Américains appellent *cracking* cette phase de la distillation.

Suivant leur provenance, le rendement des huiles en produits passant entre des températures T et T' est très variable : cet essai permet de discerner si l'huile examinée est propre à la fabrication des produits pour éclairage ou pour graissage.

D'une façon générale, les huiles américaines donnent une quantité de produits à point d'ébullition bas, supérieure à celle des huiles russes, comme on le voit dans les tableaux ci-dessous dont les chiffres sont empruntés à Sainte-Claire Deville, Engler et Bowerton Redwood.

Les numéros qui accompagnent l'indication de provenance de certaines huiles renvoient aux huiles dont nous avons présenté ci-dessus la composition brute, et complètent ainsi l'étude de chacune d'elles.

Huile brute de Bakou (Balakany)

Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

100°	1	220°	15,3
160	5	260	29
180	9,3	280	37
200	14	360	41,3

Huile brute de Bakou (usine Weyser)

Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

240°	1	280°	4,3
260	2,3	300	7,7

Huile brute de Bakou (légère)

Proportion % des produits volatils à

140°	3,7	240°	23,3
160	7	260	29,3
180	13,3	285	36,7
220	19	300	73,3

Huile brute de Bakou (visqueuse)

Proportion % des produits volatils à

200°	1	260°	3
220	1,3	280	6
240	1,7	300	9,7

Huile n° 1

Proportion % des produits volatils à

100°	1,4	200°	21,1
130	5,5	220	23,4
150	10,1	250	30,7
170	16,5		

Huile n° 2

Proportion % des produits volatils à

100°	1	180°	12
140	1,3		

Huile n° 3

Proportion % des produits volatils à

100°	1,3	160°	17,7
120	4,3	180	25,2
140	11	200	28,5

Huile n° 4

Proportion % des produits volatils à

100°	4,3	160°	23,7
120	10,7	180	28,7
140	16	200	31

*Huile n° 5*Proportion $\%$ des produits volatils à

230°	0	280°	12
------	---	------	----

*Huile n° 6*Proportion $\%$ des produits volatils à

100°	2,8	160°	19,8
120	5,3	180	25,4
140	12	200	30,3

*Huile n° 7*Proportion $\%$ des produits volatils à

250°	8,9
------	-----

*Huile n° 8*Proportion $\%$ des produits volatils à

170°	3	230°	20,2
190	9	250	28,2
210	14		

*Huile n° 9*Proportion $\%$ des produits volatils à

160°	6	220°	28,1
180	14,7	240	35,8
200	19,7		

*Huile n° 10*Proportion $\%$ des produits volatils à

150°	10,4	210°	19,6
170	14	230	21,6
190	19,2	250	32

Huile n° 12

Proportion %/0 des produits volatils à

100°	3,3	180°	24
120	8,7	200	27,7
140	15,7	220	32,7
160	19,3	250	34,7

Huile n° 13

Proportion %/0 des produits volatils à

160°	1	220°	2,7
180	1,3	250	10
200	2	280	21,3

Huile n° 14

Proportion %/0 des produits volatils à

100°	1,1	160°	39,5
120	9,3	180	60,5
140	33,3	200	69,3

Huile n° 16

Proportion %/0 des produits volatils à

170°	5,3	230°	30,7
190	10,3	250	37,3
210	20,7		

Huile n° 17

Proportion %/0 des produits volatils à

170°	7,7	230°	23
190	12	250	28,7
210	17,3		

Huile n° 18

Proportion %/0 des produits volatils à

200°	7,5	250°	29,7
220	19	270	52,3

*Huile n° 19*Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

292°	0,7	300°	14
------	-----	------	----

*Huile n° 20*Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

100°	0,5	200°	11
120	2,7	220	14
140	5	250	19

*Huile n° 21*Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

250°	5,4	300°	16,3
270	7,8		

*Huile n° 22*Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

100°	2,1	180°	14,3
120	4,6	200	21,7
140	8,7	220	25,3
160	13,7	250	32,3

*Huile n° 23*Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

120°	0,7	200°	15,3
140	3,3	220	19,3
160	6	250	26,7
180	10,7		

*Huile n° 24*Proportion $\frac{0}{100}$ des produits volatils à

100°	1	200°	15
120	1	220	22,3
140	3	240	24,3
160	5	250	28,3
180	7,7		

Huile n° 25

Proportion % des produits volatils à

100°	0,8	160°	16,3
120	3	180	22
140	9,3	200	27,8

Huile n° 26

Proportion % des produits volatils à

150°	1,6	210°	41,6
170	12,4	230	51,6
190	28	250	60,8

Huile n° 27

Proportion % des produits volatils à

130°	4,3	230°	8,7
150	5,3	250	13,3
190	6		

En général, la distillation de l'huile brute donne les hydrocarbures dans l'ordre suivant : séries éthylénique, acétylénique, aromatique ; et enfin il passe de l'hydrogène et il reste un résidu *goudron*, et, si l'on pousse plus loin, on obtient un *coke*. Le résidu de la distillation contient un corps très répandu aujourd'hui, la *vaseline*.

Les réactions que donnent les agents chimiques sont celles qui caractérisent les différentes classes d'hydrocarbures qui composent le pétrole ; nous n'insisterons pas sur ce point et signalerons seulement l'action de l'acide sulfurique.

Quand on soumet une huile de pétrole à l'action de cet agent, il se produit une élévation de température en même temps que l'huile s'éclaircit et se désodorise; un dépôt plus ou moins abondant de goudrons prend naissance et forme un déchet de peu de valeur dénommé *goudrons acides*.

La présence du soufre qui joua un rôle si important avant la découverte du procédé Frash de désulfuration est très souvent constatée, mais on est peu fixé sur la nature de la combinaison dans laquelle le soufre est engagé.

Les composés sulfurés du pétrole. — Nous sommes peu instruits sur le sujet, et il se pourrait que ces composés sulfurés fussent différents d'une huile à une autre.

A titre d'exemple, nous indiquerons le résultat des recherches de deux chimistes américains, Mabery et Smith, sur l'huile de Trenton, dont les poches sont enclavées dans le calcaire infra-silurien.

Les essais ont porté sur l'huile brute et sur un échantillon d'huile rectifiée.

Essais sur l'huile brute. — A 250 litres d'huile qui distillait presque complètement au dessous de 150° C, fut ajoutée une solution de sublimé HgCl_2 ; le précipité après séchage fut décomposé par H_2S en présence d'alcool.

Le liquide alcoolique filtré pour séparer le

sulfure de mercure, fut traité par l'eau qui précipita une huile de densité 0,8543.

De l'étude de cette huile, Mabery et Smith déduisirent que le soufre est engagé dans des combinaisons de la forme $(C^nH^{2n+1})_2S$ identiques avec les sulfures de diméthyle, méthyléthyle, diéthyle, éthylepropyle, propyle et d'isopropyle.

Essais sur l'huile rectifiée. — Après addition d'eau et neutralisation par la chaux, Mabery et Smith distillent 50 litres d'acide sulfurique ayant servi à l'épuration de l'huile brute. Il se sépara une couche huileuse formée d'un mélange d'hydrocarbures représentant 2 270 grammes.

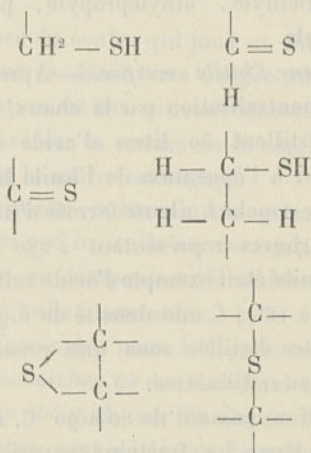
Cette huile était exempte d'acide sulfhydrique, possédait à 16°,4 C une densité de 0,9245 et ne pouvait être distillée sous une pression inférieure à 100 millimètres.

La fraction, passant de 80 à 90° C, renfermait de l'heptylène; les fractions supérieures renfermaient des composés sulfurés qui furent décomposés par le sublimé $HgCl^2$. Le précipité sulfuré fut dissous dans l'alcool, décomposé par Hg^2S et la solution alcoolique traitée par l'eau précipita les hydrocarbures disulfurés.

Mabery et Smith pensent avoir décelé la présence du pentasulfure d'éthyle, du sulfure d'isobutyle, du sulfure de butyle normal, du pentasulfure de butyle, du sulfure de dipentyle, du

sulfure de dihexyle, ces composés sulfurés correspondant à la formule générale $(C^nH^{2n+1})_2S$.

Des recherches de Mabery et Smith, il résulterait que les composés sulfurés préexistant dans l'huile brute représenteraient un noyau de l'une des formes suivantes :



Lors de la rectification de l'huile brute, il se formerait des composés thiophéniques.

On combine aisément le soufre aux hydrocarbures de l'huile sous la seule influence de la chaleur.

CHAPITRE VI

—

ÉTUDE PARTICULIÈRE DES HUILES SUIVANT LEUR PROVENANCE

Pétrole d'Amérique. — Les huiles brutes ont une densité comprise entre 0,790 et 0,903. Leur couleur varie du jaune ambré au jaune vert; quelques-unes sont rougeâtres. Elles présentent toutes la fluorescence verte.

Formées principalement d'hydrocarbures de la série C^nH^{2n+2} , elles sont très riches en produits volatils ainsi qu'en vaseline et en paraffine.

Les huiles d'Amérique ont le plus grand rendement en produits pour éclairage.

Pelouze et Cahours ont extrait de ces huiles tous les hydrocarbures de la série C^nH^{2n+2} depuis le butane jusqu'au palmityle inclus.

Schorlemmer a isolé des isomères des carbures C^nH^{2n+2} décrits par Pelouze et Cahours, et dont

voici, pour deux d'entre eux, les propriétés comparatives :

Carbures	Formule	Densité	Taux d'ébullition
Pentane normal	C^5H^{12}	0,628	37 à 39°
Son isomère	C^5H^{12}	0,626	30°
Heptane normal	C^7H^{16}	0,699	98°
Son isomère	C^7H^{16}	0,711	86°,5

En outre, il reconnut la benzine, le toluène, le xylène.

Beilstein et Kourbatoff firent réagir l'acide nitrique sur la fraction qui passe entre 95 et 100°, et obtinrent un composé $C^7H^{15}AzO^2$ bouillant entre 193 et 197°, soluble à chaud dans une solution de potasse.

L'action de l'acide azotique sur la fraction passant de 115 à 120° donna plusieurs produits acides et des dérivés aromatiques nitrés, et principalement le trinitroxylène $C^8H^7(AzO^2)^3$.

D'après Beilstein et Kourbatoff, on rencontrerait des carbures C^nH^{2n} présentant une constitution moléculaire analogue à celle de la série aromatique.

On y trouve aussi de l'acétylène et du crotonylène.

Le docteur Twelde a extrait des résidus de la

distillation de l'huile brute un corps cristallisé, d'un beau vert, qu'il a dénommé *pétrocène*.

Prunier et Varenne ont étudié le pétrocène et en ont retiré des hydrocarbures très curieux.

Le pétrocène se forme dans la redistillation des huiles qui ont fourni l'essence de densité 0,715 et l'huile lampante de densité 0,805. Il est formé d'hydrocarbures dont les points de fusion sont différents entre eux et tous supérieurs à celui des paraffines.

Sa densité est de 1,206 et son point de fusion est compris entre 190 et 200°.

Prunier en a extrait divers hydrocarbures parmi lesquels l'anthracène, le pyrène, le phénanthrène, le fluoranthrène et environ 15 % de paraffines fusibles entre 70 et 85°, et de densité 0,990.

La teneur du fluoranthrène en carbone est de 97 %, supérieure à celles de la houille et de l'anthracite qui sont respectivement de 80 à 90 % et de 94 %.

Ces carbures et d'autres analogues forment avec la benzine des composés qui correspondent aux formules :

$(C^4H^2)^n$	renfermant	96	%	de carbone
$(C^5H^2)^n$	"	96,77	"	"
$(C^6H^2)^n$	"	97,29	"	"
$(C^7H^2)^n$	"	97,67	"	"

dans lesquelles $n > 4$.

Si l'on pousse la distillation au point extrême, on obtient un résidu solide, le *coke de pétrole*.

Prunier et Varenne ont fait sur le coke des recherches fort intéressantes que nous résumons.

Le coke de pétrole est noir, à reflet rougeâtre, dur, cassant, pulvérisable; il est hygrométrique.

Incinéré, il laisse un faible résidu minéral.

Il contient 97 $\frac{0}{10}$ de carbone.

Mis en contact avec le sulfure de carbone CS^2 il se gonfle et forme avec lui une combinaison très stable qu'une température de 250° seule détruit; ce nouveau produit renferme 98 $\frac{0}{10}$ de carbone.

Si, après avoir épuisé le coke par le sulfure de carbone, on évapore la solution, on obtient une masse noire, rouge par transparence, qui renferme de 93 à 95 $\frac{0}{10}$ de carbone et fournit des réactions particulières.

Cette masse traitée par l'éther donne des produits cristallisés, de couleur rouge orangé et renfermant tous de l'oxygène.

L'acide acétique cristallisable lui enlève un composé oxydé, jaune brun, contenant 90 $\frac{0}{10}$ de carbone; c'est ce composé qui causerait la *fluorescence* des huiles de pétrole.

Le résidu insoluble renferme :

C.	97,7
H.	2,5

Si l'on distille ce résidu insoluble, on observe un dégagement de vapeurs verdâtres, sublimes. Les produits qui passent jusqu'à 400° sont fluorescents et solubles dans l'éther et le sulfure de carbone. Le résidu, à 450°, contient 97,7 à 98,1 % de carbone, et semble formé d'hydrocarbures répondant aux formules :

$(C^8H^2)^n$	à 97,95 %	de carbone
$(C^9H^2)^n$	98,18	''
$(C^{10}H^2)^n$	98,30	''

Vers 500° le produit n'est plus entièrement soluble dans le sulfure de carbone et la teneur en carbone devient voisine de 99 %.

Les huiles américaines donnent environ :

En huiles d'éclairage . . .	60 à 75 %
En paraffine	4 à 8 ''

Pétrole de Russie. — Les huiles russes ont une couleur foncée et sont moins fluorescentes que celles d'Amérique.

Leur densité varie de 0,845 à 0,972 ; elle est supérieure à celle des huiles d'Amérique et cette particularité se retrouve dans tous les produits qu'elles fournissent.

Elles contiennent, comparativement aux huiles américaines, moins de produits légers, d'où résulte que leur rendement en produits pour éclairage est moins élevé ; mais, par contre, elles

produisent une plus grande quantité de matières commerciales pour graissage. Elles donnent aussi de la vaseline.

Les huiles russes contiennent des hydrocarbures de la série C^nH^{2n+2} et de la série C^nH^{2n} , ces derniers en plus grande quantité que dans les huiles américaines.

A la distillation même dans le vide, les huiles russes laissent dégager une grande quantité de gaz, surtout quand la densité du résidu devient voisine de 0,850; et même si l'alambic est chauffé par la vapeur d'eau, elles donnent au moins 25 % de goudrons qui ne peuvent être distillés sans décomposition.

D'après Schutzenberger et Jonine, les hydrocarbures C^nH^{2n} forment la majeure partie des huiles russes.

Voici, d'après ces chimistes, la composition de fractions diverses :

Teneur	112 à 114°	128 à 132°	138 à 142°	220 à 224°	230 à 232°
Carbone	86,02	85,6	85,75	85,79	85,66
Hydrogène	14,10	14,4	14,30	14,42	14,70
Densité à 0°	//	//	//	0,8216	//
Densité des vapeurs par rapport à H	//	//	//	//	100,19

Les produits lourds distillés sous une pression

de 20 millimètres de mercure ont présenté la composition suivante :

	216 à 248°	250 à 270°	au-dessus de 270°
Carbone. . .	86,28	84,94 à 85,93	85,33°
Hydrogène. .	13,73	14,33 à 15,99	15,84

Les carbures C^nH^{2n} sont à peu près dépourvus d'affinités chimiques; ce seraient donc des isomères des carbures de la même formule de la série grasse.

Voici, du reste, d'après Wieden, les propriétés de trois de ces carbures :

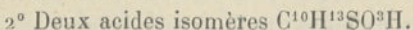
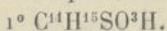
Carbures	Formule	Densité	Taux d'ébullition
Hexahydrobenzine . . .	C^6H^{12}	0,760	69
Hexahydrotoluène . . .	C^7H^{14}	0,772	97
Hexahydroxylène . . .	C^8H^{16}	0,771	187

Entre 180 et 200°, les huiles russes donnent le cymène, le xylène et leurs isomères, et de 240 à 255°, on recueille la naphthaline, l'anthracène, des carbures répondant aux formules $C^{11}H^{14}$, $C^{12}H^{14}$ et enfin du styrolène.

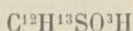
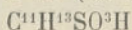
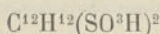
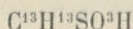
Sous l'action de l'acide nitrique, la fraction qui passe de 85 à 100°, a donné à Beilstein et Kourbatow de l'acide succinique et un corps $C^6H^4AzO^2$. La même fraction des huiles américaines donne un produit nitré répondant à la formule $C^7H^{15}AzO^2$.

La fraction passant de 180 à 200° a donné à Markownikow et Oglobin une série de dérivés sulfurés.

L'acide sulfurique fumant donne des produits résineux présentant les caractères de la série aromatique; ainsi la fraction 180 à 190° donne :



La fraction passant de 240 à 250° donne, dans les mêmes conditions, les corps :



Sous l'action du froid, les huiles russes ne laissent généralement pas déposer de paraffine, comme c'est le cas pour les huiles américaines : elles en contiennent environ 5 %.

Les huiles russes donnent un résidu de distillation d'environ 34 % tandis que celles d'Amérique n'en fournissent que 5 à 10 %.

Voici leur rendement en différents produits pour éclairage :

Parties très volatiles.	5 à 10 %
Huile lampante n° 1.	27 48 "
" " 2.	5 13 "
Résidu.	30 60 "

L'huile de Tiflis se rapproche des huiles

d'Amérique par sa teneur en carbone, des huiles de Galicie par sa richesse en produits de la série aromatique, et des huiles russes par sa teneur en hydrocarbures C^nH^{2n} .

Une huile de cette provenance a donné des fractions composées comme suit :

Fraction passant de 30 à 35°	formée de	}	Pentane
			Butane et isomères
" "	70 à 75°	}	Hexane
			Carbures aromatiques
" "	95 à 100°	}	Heptane
			Benzine
			Toluène

Traitée par l'acide nitrique, elle a donné du dinitrotoluène $C^6H^8(AzO^2)^2$.

Pétrole de Galicie. — Sa densité varie de 0,700 à 0,900. Elle renferme des carbures C^nH^{2n} , C^nH^{2n+2} et une proportion élevée de carbures aromatiques.

Très pauvres en produits légers, ce n'est guère qu'au-delà de 200° qu'il passe à la distillation des quantités appréciables de vapeurs utilisables.

Elles donnent en moyenne :

Essence légère	5 0/0
Huile lampante	60 "
Paraffine	4 "
Résidus	30 "

Si l'on tient compte de ce que, en 1891, on a consommé 500 000 tonnes de résidu pour le chauffage des appareils, soit 14 ‰, on voit que la perte *industrielle* n'a été que de 10 ‰ de l'huile brute amenée à l'usine.

Pétroles d'Allemagne. — Leur densité est comprise entre 0,895 et 0,944 ; leur couleur est généralement foncée.

Ils sont, en général, pauvres en produits légers, et il faut atteindre 150 à 200° pour que la distillation commence.

Les pétroles allemands renferment des carbures C^nH^{2n} , C^nH^{2n+2} et des carbures aromatiques ; ils sont presque tous souillés de produits oxygénés et asphaltiques, et, de tous, c'est celui de Pechelbronn qui est le plus pur.

CHAPITRE VII

MISE EN EXPLOITATION DES GISEMENTS ET EXTRACTION DE L'HUILE

Forage du puits. — Le pétrole, ainsi que l'avons exposé précédemment, remplit des poches ménagées dans le sol à des profondeurs très variables d'un champ à l'autre; ces poches sont souvent des fissures hermétiquement closes et remplies d'huile accompagnée de gaz et d'eau salée.

L'extraction du pétrole demande donc que nous l'on crève la poche, mais suivant que le coup de sonde tombe au niveau des gaz, de l'huile ou de l'eau, l'exploitation du puits devra être faite d'une façon différente (*fig. 1*).

A. — Les gaz sont sous pression :

1° Si la sonde tombe au niveau des gaz, ceux-ci s'échapperont avec violence, et l'huile devra être retirée avec une pompe d'épuisement.

2° Si la sonde tombe au niveau de l'huile,

celle-ci, refoulée par les gaz sous pression, jaillira comme une fontaine artésienne.

3° Si la sonde tombe au niveau de l'eau salée, celle-ci sera rejetée au dehors et suivie au besoin par l'huile. Mais il se peut que, dans ce cas comme dans le premier, on doive recourir à l'emploi de la pompe pour achever d'épuiser le puits.

B. — Si les gaz ne se trouvent pas sous pression, ou s'ils n'existent pas au-dessus de l'huile, le coup de sonde ne fera jaillir ni gaz, ni huile suivant le niveau de la perforation, et il faudra recourir à l'emploi des pompes pour extraire l'huile.

Généralement, en Russie, les gaz sont sous pression et le pétrole jaillit au dehors, tandis que, en Amérique, les gaz manquent ou ne se trouvent que sous une pression insuffisante à faire jaillir l'huile au-dessus du sol.

La profondeur au-dessous du sol à laquelle il faut attaquer la poche est, en Russie, quelquefois de 200 mètres seulement, tandis que, en Amérique, elle atteint 700 mètres.

Le mode de forage varie avec la constitution géologique du sol et la profondeur à atteindre; toutes autres conditions égales, l'aménagement du puits dépendra de l'état de pression des gaz et de la présence ou de l'absence de nappes d'eau sur le parcours du forage.

Nous examinerons ces différents cas.

Forage à faible profondeur. — Si le niveau de la poche n'exécède pas 100 mètres et si les couches à traverser ne sont pas trop dures, on pourra forer *à la corde*.

Le matériel de sondage à la corde est très simple :

Un trépan est suspendu à une corde *a* (fig. 2), fixée elle-même au tiers environ de la longueur du bras OY du fléau XY oscillant autour du point O.

Le fléau est fait d'une pièce de bois de section décroissante de X en Y, et, en Y, il porte

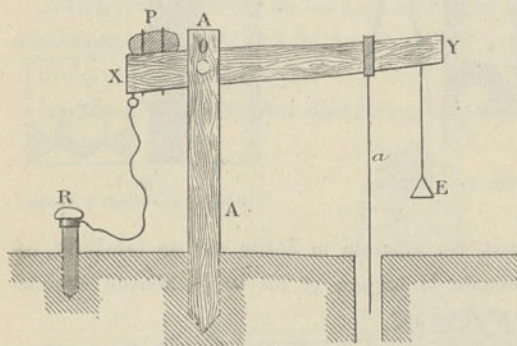


Fig. 2. — Forage d'un puits à la corde.

une corde terminée par un étrier E qui sert à l'animer d'un mouvement d'oscillation.

Le fléau est retenu en X par une corde XR et un contre-poids P sert à la ramener automatiquement à la position horizontale.

Le trépan (*fig. 3*), suspendu à la corde *a* tombe sur le sol et le désagrège; il s'enfonce peu à peu en forant un trou d'un diamètre égal au sien. L'accumulation des débris au fond du trou arrive à gêner l'action du trépan; à ce mo-

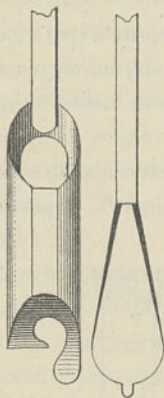


Fig. 3. — Trépons.

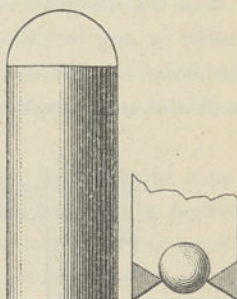


Fig. 4

Curette avec soupape à boulet.

ment, on enroule la corde sur un tambour, on remonte le trépan et on lui substitue une curette (*fig. 4*).

L'ouvrier laisse retomber la curette en place du trépan et quand il la juge pleine de débris, il la remonte, la vide et la fait retomber jusqu'à nettoyage suffisant du trou de sonde.

Ce mode de forage est de tous le plus économique; il nécessite 3 manœuvres au début et 4 au-delà des 30 premiers mètres.

Il est applicable quand les couches géologiques sont à peu près horizontales, comme en Amérique; en Russie, où les couches sont inclinées, le trépan serait rejeté en côté et il ne peut être employé avec le même avantage.

Forage profond. — Les procédés et matériel décrits ci-dessus ne sont pas usités quand le puits doit atteindre une grande profondeur, ou traverser des couches de roches dures ou inclinées.

Le forage des puits profonds nécessite un matériel plus important :

a) Une force motrice de 10 à 15 chevaux, généralement à vapeur et à faible vitesse.

b) Le matériel de forage.

La chaudière à vapeur doit être placée à une

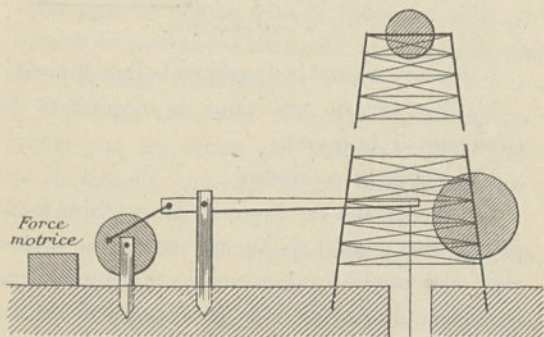


Fig. 5. — Derrick, élévation.

trentaine de mètres du puits pour éviter les in-

endies au cas où un jet de gaz ou d'huile surgirait tout à coup.

Les machines locomobiles demi-fixes sont les plus employées quand il s'agit de forages isolés ; si l'on fore simultanément plusieurs puits au même point, on aura intérêt à employer une chaudière tubulaire et une machine à vapeur fixe.

La machine doit être à changement de marche. Au-dessus du puits on établit un chevalement en bois dénommé *derrick* (fig. 5 et 6), portant deux poulies :

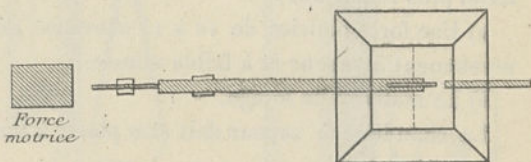


Fig. 6. — Derrick, plan.

L'une au sommet pour relever la tige de sonde.

L'autre sur le côté pour la manœuvre du changement de marche.

L'installation comprend :

Le générateur de vapeur ; la machine à vapeur ; une poulie pleine actionnant un balancier ; une poulie à gorge commandant par corde le robinet d'admission de la vapeur, et placée sous la main de l'ouvrier sondeur.

Une corde partant du derrick et commandant le changement de marche.

Une poulie calée sur l'arbre du volant et commandant par corde la poulie placée au sommet du derrick qui sert à retirer du puits les outils de forage.

Le balancier est relié à la partie pleine par un bouton de manivelle.

La poulie pleine commande aussi la pompe à sable.

Les outils de forage comprennent :

- 1° Un trépan.
- 2° Une tige de trépan.
- 3° Des allonges de trépan.
- 4° Une curette.

Le trépan peut être d'un des types que nous avons représentés (*fig. 3*) ; il pèse environ une tonne.

La tige de trépan dont la longueur peut atteindre 20 mètres est terminée par un étrier qui sert à la relier à l'allonge.

L'allonge est aussi une tige de métal terminée par un étrier qui s'emboîte dans celui de la tige de trépan avec un certain jeu vertical.

Un trépan et ses accessoires pèsent environ 1,5 tonne.

Au début, le trépan est fixé à un câble qui passe sur la poulie montée au sommet du derrick ; la corde s'enroule ensuite sur la poulie pleine et son bout libre est tenu à la main.

La machine en vapeur étant en marche, on peut, en maintenant à la main le bout de la corde et en le lâchant ensuite, élever et faire retomber le trépan.

Quand on atteint une profondeur de 80 mètres environ, il faut travailler au balancier.

La profondeur du puits augmentant, il faut allonger le trépan. A l'aide de la poulie supérieure du derrick, on remonte le tout et on ajoute une allonge.

Le travail reprend ensuite dans les mêmes conditions que précédemment.

Tubage. — Cette opération consiste à revêtir les parois du puits d'une surface pleine qui s'oppose à l'éboulement des terres.

On peut se servir de douves en bois, mais le mieux est de tuber en tôle de 1,5 à 4 millimètres d'épaisseur.

Les tubes sont enfoncés dans le puits au moyen d'un mouton.

Curage. — On emploie la curette; celle-ci mesure jusqu'à 7^m,50 de longueur. Elle est manœuvrée par le balancier après que l'on a retiré le trépan.

Voici la série des couches traversées à Ennis Killen, au Canada, dans le forage d'un puits de 90 mètres.

SÉRIE DES COUCHES

Nature de la couche	Puissance
Argile ordinaire jaune.	4,80
» bleue	11,75
Sable noir	0,65
Calcaire bleu	4,50
Talc	21,50
Schiste noir	0,40
Talc	7,10
Calcaire noir	1,30
Talc	3,90
Calcaire noir	1,65
Talc	5,25
Schiste noir	4,25
Calcaire noir	5,25
Talc	9,10
Grès	4,90

Précautions spéciales. — Dans le forage d'un puits on est exposé à rencontrer une nappe d'eau ou à subir les effets d'un dégagement de gaz très violent parfois.

On combattait jadis les infiltrations d'eau en garnissant l'espace compris entre le trou de sonde et le tubage d'une couche de *graines de lin* enfermée dans de la toile; aujourd'hui, on préfère garnir chaque section du tubage d'une bague portant un cuir embouti que l'eau applique d'elle-même sur les parois du trou de sonde.

La graine de lin est aussi employée avec succès pour combattre les fuites d'huile.

L'ouverture du puits est formée d'un coffre à soupape et l'extrémité inférieure du tubage peut être munie d'un dispositif analogue se manœuvrant de l'extérieur. La pression des gaz cale la soupape inférieure et s'oppose à leur dégagement.

Prix de revient de forage d'un puits. — Dans le cas d'un puits peu profond foré au balancier, il faut compter environ, frais de forage et de tubage compris, 7 500 francs.

Un puits de 150 mètres doit coûter environ 7 500 à 12 500 francs.

Un puits de grande profondeur revient à peu près, en moyenne, à 22 500 francs.

Extraction de l'huile. — En Amérique, les poches de pétrole ne renfermant pas de gaz sous pression, il faut *pomper* l'huile.

Quand la poche est vidée, on remplace la pompe à pétrole par une pompe à air et l'on fait le *vide*. Les couches voisines cèdent leur huile qui vient s'accumuler dans la poche et d'où elle peut être extraite avec bénéfice.

En Russie, les poches renferment presque toutes des gaz sous haute pression. Il en résulte qu'aussitôt que la poche est crevée par la sonde il jaillit des gaz entraînant du sable et de l'huile.

La force d'expansion des gaz brise parfois les

coffrets à soupape dont nous avons parlé et l'huile sort, inondant le voisinage. Un tel puits est souvent sans rendement car l'huile ne peut pas être recueillie pour la vente. Parfois l'huile s'enflamme en arrivant au contact de corps en ignition et il prend naissance un incendie qui dure des mois, que l'on ne peut maîtriser et qui souvent se propage aux puits et établissements voisins.

Lorsque par les coffrets à soupape on peut maintenir les gaz, on dispose d'un puits artésien à huile que l'on fera couler selon les besoins.

L'huile sortira par un ajustage à robinet et sera dirigée dans des réservoirs de dépôt.

CHAPITRE VIII

—

EXPLOITATION DES PUITES TRANSPORT ET CANALISATION DE L'HUILE BRUTE

Le forage du puits terminé dans ses détails : tubage, pose des coffrets à soupape, etc., l'exploitation peut commencer.

Si le puits n'est pas jaillissant, on retirera l'huile à l'aide d'une pompe actionnée par machine à vapeur ; dans le cas d'un puits jaillissant, on laissera venir l'huile selon les besoins des commandes.

A sa sortie du puits, l'huile contient toujours des débris de sable, de terre, de roche ; on l'en débarrasse par décantation.

A cet effet, elle est amenée par une canalisation dans des bacs de dépôt de 100 000 hectolitres, et après repos elle est expédiée.

Ces bacs sont, soit en tôle, soit en maçonnerie

et, dans ce dernier cas, ils constituent des citernes.

Le transport de l'huile brute au port d'embarquement ou à la raffinerie s'effectuait jadis, en Amérique, dans des tonneaux de bois, et en Russie dans des outres portées à dos de mulet. Aujourd'hui ces moyens seraient insuffisants.

On emploie des wagons-citernes, des bateaux-citernes, des réseaux de conduites en métal, suivant que le puits peut utiliser l'un ou l'autre de ces moyens.

Le wagon-citerne mesure 7^m,35 de long et 1^m,65 de diamètre ; il renferme 19 000 litres d'huile.

Le bateau-citerne mesure 40 × 6,70 × 4,80 et contient 345 000 litres de pétrole : il est divisé en huit compartiments avec pont étanche.

Nous reviendrons plus loin sur les réseaux de conduites en métal.

Le chargement des wagons se fait très simplement.

Un quai est aménagé, au-dessus duquel court une conduite principale reliée au puits, et portant à des intervalles égaux à la longueur d'un wagon, un branchement à robinet en plomb ou étain.

Le train est amené sur le quai et l'on abaisse dans le trou d'homme de chaque wagon un des branchements latéraux.

Une pompe aspirante et foulante prend l'huile du réservoir et l'envoie dans la conduite qui la déverse, simultanément, dans *tous* les wagons du train.

Le chargement d'un train s'effectue en une heure et demie.

Le déchargement dans les réservoirs de dépôts est opéré par une canalisation spéciale. Une pompe puissante doit décharger un train en une heure.

Transport par pipe-lines. — Sous le nom de *pipe-lines*, on désigne un réseau de conduites en métal destinées à transporter le pétrole du puits au point d'embarquement ou aux raffineries : le réseau de *pipe-lines*, toutes conditions de dimensions et de développement mises de côté, est tout à fait analogue à une distribution d'eau dans une ville.

Au centre du champ pétrolifère, reliés par des conduites à chaque puits, se trouvent une série de réservoirs dits centraux, de grande capacité, et une station de force motrice qui actionne des pompes aspirantes et foulantes.

Ces pompes aspirent des réservoirs le pétrole emmagasiné et le refoulent dans le réseau de *pipe-lines*.

Les *pipe-lines* sont constituées par des tuyaux en métal qui sont posés tantôt sous terre, tantôt à la surface du sol, parfois au-dessus, pour la

traversée de routes, rivières, villages, et qui viennent déboucher dans des réservoirs collecteurs.

La canalisation qui amène l'huile du puits aux réservoirs centraux est faite généralement de tuyaux de 50 à 60 millimètres de diamètre ; ces tuyaux sont munis de robinets et de vannes.

Des réservoirs centraux, près desquels se trouve une station de force motrice, l'huile est refoulée à la raffinerie, au quai ou port d'embarquement dans des conduites de métal dont le diamètre, variable avec l'importance du débit, est, en général, de 175 millimètres.

Les pompes de refoulement travaillent en moyenne à une pression de 100 atmosphères.

Cette puissance est nécessaire car il faut vaincre une grande résistance due à la viscosité de l'huile.

La ligne de Rixford à Williamsford, de 173 kilomètres de longueur, est faite de tuyaux de 150 millimètres ; la perte par frottement sur cette ligne est équivalente à la résistance qu'opposerait une différence de niveau de 700 mètres entre les deux extrémités.

Pour soulager la station centrale quand les deux terminus sont très éloignés, on établit des relais, c'est-à-dire que tous les 50 kilomètres on monte une station de force motrice intermédiaire qui vient aider l'usine centrale.

Les stations-relais comprennent comme matériel, des réservoirs de grande capacité pour emmagasiner l'huile qui arrive de la station précédente et des pompes aspirantes foulantes pour envoyer le pétrole au relai suivant.

Après un temps de service relativement court, les conduites sont encrassées. Leur nettoyage qui, au premier abord, semble difficile s'effectue d'une façon très simple à l'aide d'un *chat*. Le *chat* est formé d'une brosse cylindrique en fils d'acier montée sur une base munie d'un chapeau en cuir embouli. Le *chat* est engagé à l'origine de la conduite suspecte et, sous l'effet de la pression de la colonne d'huile, il est entraîné et nettoie la conduite ; on le recueille à la sortie, dans le réservoir de la *station-relai*.

Les indications suivantes permettront d'apprécier l'importance du réseau de pipe-lines qui dessert les champs pétrolifères de la Pensylvanie :

Ce réseau appartient à la *National Transit Co* et comprend :

Désignation	Longueur	Diamètre du tuyau
Pipe de Philadelphie	375km	150mm
// Cleveland	170	130
// New-York	475	150
// Baltimore	105	120
// Buffalo	100	120

La première est divisée en 7 sections : altitude maxima 460 mètres.

La seconde est divisée en 4 sections : altitude maxima 85 mètres.

La troisième est divisée en 11 sections : altitude maxima 300 mètres.

En 1884, la *National* utilisait :

1 780	kilomètres	de tuyaux de	150	millimètres
295	"	"	125	"
475	"	"	100	"
580	"	"	75	"
7 900	"	"	50	"
1 030	réservoirs	d'une capacité	5 600 000	litres chacun
475	"	"	3 200 000	"
125	"	"	792 000	"

En 1888, les Compagnies de pipe-lines américaines utilisaient une capacité de réservoirs centraux supérieure à 90 000 000 d'hectolitres.

A l'industrie de transporteurs de pétrole, les Compagnies de pipe-lines adjoignent deux autres industries, celles d'assureur et de négociant en huile : en peu de mots, leur fonctionnement est le suivant :

La société qui extraie le pétrole est créditée de la valeur de l'huile qu'elle confie à la Compagnie de pipe-lines et elle est débitée de la quantité que la dite Compagnie de pipe-lines délivre à la raffinerie ou à l'acheteur désigné.

En même temps, la Compagnie de pipe-lines

garantit la valeur de l'huile reçue moins 10 % pour pertes.

Le producteur peut aussi emprunter sur l'huile qu'il a confiée à la pipe-line.

Les frais de transport du puits au port d'embarquement sont :

1 franc par baril de 160 litres pour transport, plus 0^{fr},0025 pour magasinage, soit au total 1^{fr},0025.

Le producteur a droit à 20 jours de magasinage gratuit et l'acheteur à 10 jours.

L'assurance est mutuelle entre les producteurs, mais toute perte inférieure à 3 200 000 litres est à charge de la Compagnie de pipe-lines. En 1884, la prime d'assurance a été inférieure à 0,7 % de la valeur totale du pétrole lancé dans les pipe-lines.

Au Caucase, il n'existe pas de pipe-lines de Bakou à Batoum, mais seulement une voie ferrée qui fonctionne dans de très mauvaises conditions, tant au point de vue du tarif par hectolitre d'huile, qu'au point de vue des difficultés résultant du profil très accidenté de la ligne.

CHAPITRE IX

—

PRODUITS DE LA DISTILLATION DES HUILES BRUTES DE PÉTROLE

Si l'on soumet une huile brute, de composition moyenne, à la distillation fractionnée, on obtient une série de produits industriels susceptibles d'être classés comme suit :

1. *Gaz non condensables* formés de propane, de butane et d'amane.

2. *Éther de pétrole*, liquide incolore formé d'amane, d'hexane et d'heptane : à la température ordinaire, il possède une tension de vapeurs très forte et il est d'un maniement dangereux.

Le point d'ébullition des hydrocarbures constituants est compris entre 45 et 70°.

3. *Essence minérale*, liquide incolore formé d'hexane, d'heptane et d'octane ; c'est l'essence brûlé dans les lampes à gaz Mill, les lampes Pigeon et, en général, les lampes à éponge.

Le point d'ébullition des hydrocarbures constituants varie de 70 à 120°.

4. *Huile lampante*, dite *pétrole*, liquide légèrement coloré en jaune, fluorescent, est formé de nonane, décane et hexadécane. Il n'émet pas de vapeurs sensibles à 35°.

Les constituants ont des points d'ébullition compris entre 150 et 280°.

5. *Huile lourde*, liquide visqueux, généralement à fluorescence verte, formé d'hydrocarbures bouillant de 300 à 400°.

6. *Paraffine*, substance blanche que chacun connaît, fusible de 55 à 65°. Elle comprend des carbures dont le point de fusion est de 80°.

7. *Goudrons*, liquide visqueux, noirâtre, de composition très complexe.

8. *Coke de pétrole*, substance solide, à reflet brillant, à poussière rougeâtre, renfermant des principes divers (voir précédemment).

9. *Vaseline*, substance molle, onctueuse, incolore, obtenue comme résidu si l'on dirige d'une certaine façon la rectification de l'huile.

Voici les densités de ces différents produits :

<i>Éther de pétrole ou gasoline</i>	0,645 à 0,650
<i>Essence minérale</i>	0,680 0,730
<i>Huile lampante</i>	0,770 0,800
<i>Huile lourde</i>	0,895 0,910

Composition des huiles lampantes. —

Les indications ci-dessous se rapportent à la

composition de l'huile lampante obtenue avec les huiles brutes que nous avons précédemment mentionnées. Pour faciliter les comparaisons, nous rappelons le numéro d'ordre de ces huiles dans les tableaux antérieurs.

1. *Huile de la Virginie orientale.*

$$D_{20} = 0,781;$$

$$D_{21} \text{ du résidu de distillation} = 0,874.$$

C	81,9
H	13,8
O	4,3

2. *Huile de la Virginie occidentale.*

$$D_{13} = 0,819;$$

$$D_{13} \text{ du résidu de distillation} = 0,864.$$

C	85,3
H	13,9
O	0,8

3. *Huile de la Virginie occidentale.*

$$D_{14} = 0,762;$$

$$D_{15} \text{ du résidu de distillation} = 0,860.$$

C	84
H	14,4
O	1,6

4. *Huile de Pensylvanie.*

$$D_{13,5} = 0,735;$$

$$D_{13,5} \text{ du résidu de distillation} = 0,845.$$

C	85,1
H	14,3
O	0,6

5. *Huile de Pensylvanie.*

$D_{13} = 0,802;$

D_{13} du résidu de distillation = 0,875.

C	85,4
H	13,8
O	0,8

6. *Huile américaine rectifiée en France.*

$D_{13,5} = 0,736;$

$D_{13,5}$ du résidu de distillation = 0,845 ;

Chaleur spécifique = 0,50.

C	84,2
H	14,5
O	1,3

7. *Huile de la Virginie occidentale.*

$D_{21} = 0,855;$

D_{21} du résidu de distillation = 0,893.

C	84
H	12,3
O	3,7

8. *Huile du Canada ouest.*

$D_{20} = 0,782;$

D_{20} du résidu de distillation = 0,864.

C	85,2
H	14,1
O	0,7

9. *Huile du Canada ouest.*

$D_{19} = 0,778;$

D_{20} du résidu de distillation = 0,846.

C	83,3
H	16,1
O	0,6

10. *Huile du Canada ouest.*

$$D_{24} = 0,773;$$

$$D_{20,5} \text{ du résidu de distillation} = 0,879.$$

C	85,3
H	14,2
O	0,5

12. *Huile de Circassie.*

$$D_{20} = 0,787;$$

$$D_{22} \text{ du résidu de la distillation} = 0,936.$$

C	83,5
H	13,5
O	3

14. *Huile de Parme.*

$$D_{13} = 0,775;$$

$$D_{11} \text{ du résidu de distillation} = 0,850.$$

C	85
H	13,7
O	1,3

15. *Huile de Circassie.*

$$D_{20} = 0,857;$$

$$D_{22} \text{ du résidu de distillation} = 0,944.$$

C	83,1
H	12,8
O	4,1

16. *Huile d'Alsace.*

$$D_{21,5} = 0,816;$$

$$D_{21} \text{ du résidu de distillation} = 0,914.$$

C	84,5
H	12,6
O	2,9

17. *Huile d'Alsace.*

$D_{22} = 0,776;$

D_{21} du résidu de distillation = 0,882.

C	84,3
H	13,6
O	2,1

18. *Huile du Piémont.*

$D_{21} = 0,880;$

D_{22} du résidu de distillation = 0,936.

C	84,7
H	12,3
O	3

19. *Huile de Gabian.*

$D_{20,6} = 0,860;$

$D_{20,4}$ du résidu de distillation = 0,888.

C	86,5
H	12,4
O	1,1

20. *Huile de Hanovre.*

$D_{21} = 0,775;$

D_{22} du résidu de distillation = 0,908.

C	83,2
H	13,6
O	3,2

21. *Huile de Hanovre.*

$D_{21} = 0,842;$

D_{21} du résidu de distillation = 0,959.

C	84,3
H	12,5
O	3,2

22. *Huile de Galicie.*

$$D_{21} = 0,778;$$

$$D_{21} \text{ du r\u00e9sidu de distillation} = 0,901.$$

C	80,5
H	13,6
O	5,9

23. *Huile de Valachie.*

$$D_{20} = 0,804;$$

$$D_{22} \text{ du r\u00e9sidu de distillation} = 0,924.$$

C	83,5
H	13,2
O	3,3

24. *Huile de Java.*

$$D_{13} = 0,811;$$

$$D_{13} \text{ du r\u00e9sidu de distillation} = 0,931.$$

C	86,2
H	12,2
O	1,6

25. *Huile de Java.*

$$D_{13} = 0,778;$$

$$D_{13} \text{ du r\u00e9sidu de distillation} = 0,914.$$

C	83,9
H	14,1
O	2

26. *Huile de Chine.*

$$D_{26} = 0,884;$$

$$D_{30} \text{ du r\u00e9sidu de distillation fusible \u00e0 } 28^{\circ} \\ = 0,881.$$

C	83,8
H	12,9
O	3,3

27. *Huile de Rangoon.*

$D_{28} = 0,795$;

D_{28} du résidu de distillation = $0,890$.

C	80,9
H	13,9
O	5,2

CHAPITRE IX

—

RAFFINAGE DU PÉTROLE. ÉPURATION CHIMIQUE PROCÉDÉS AMÉRICAINS ET RUSSES

Le but du raffinage du pétrole est la fabrication industrielle des produits commerciaux que nous avons désignés au chapitre précédent :

Éther de pétrole; essence minérale; huile lampante; huile lourde; paraffine et vaseline.

Il est peu d'usines qui soient outillées pour fabriquer toute la série et généralement elles fabriquent soit les produits légers : éther de pétrole et essence minérale; soit le produit intermédiaire : huile lampante; soit les produits lourds : huile lourde; paraffine et vaseline.

Lorsque l'industriel a extrait les produits de son choix, il vend le résidu de sa fabrication à un autre industriel qui en tire ceux dont il a la spécialité.

Les diverses phases du traitement de l'huile

brute qui conduit à la fabrication de ces produits étant les mêmes, que l'industriel extraie un de ces produits ou leur totalité, nous supposerons, pour simplifier, ce dernier cas, et indiquerons les méthodes de raffinage usitées en Amérique et en Russie.

Méthode américaine. — A son arrivée à la raffinerie, le pétrole est emmagasiné dans des réservoirs d'une capacité atteignant quelquefois 100 000 hectolitres.

Là, il dépose quelques jours pour permettre la séparation de l'eau, 2 % et du sable et autres corps solides qu'il tient en suspension.

L'huile est conduite aux chaudières de distillation et par un fractionnement méthodique elle se scindera en ses éléments.

Les chaudières de distillation se font sur deux

types que nous décrirons brièvement :

Chaudière à 16 foyers (fig. 7 et 8).

— La chaudière proprement dite est faite en tôle de première qualité épaisse de 10 millimètres. Le fond, à double courbure, est en tôle d'acier de

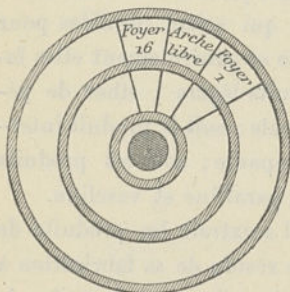


Fig. 7.

Plan de la chaudière à 16 foyers.

même épaisseur, et comme le couvercle, il est

réuni au corps de la chaudière par des boulons. Elle mesure 10 mètres de diamètre et 3,33 mètres de hauteur.

Deux trous d'homme sont ménagés, l'un dans

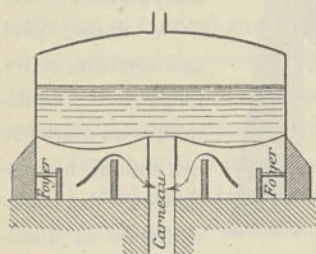


Fig. 8.

Coupe de la chaudière à 16 foyers.

le corps cylindrique et au bas pour évacuer les goudrons et le coke; le second dans le couvercle. La chaudière repose sur un massif de maçonnerie cylindrique comportant 16 foyers, de façon à assurer une égale répartition de la chaleur : les produits de la combustion s'écoulent dans le sens des flèches.

Au-dessus de la chaudière est un tambour recevant par 3 tuyaux de fer forgé les produits de la distillation et évacuant sur les condenseurs par 40 tuyaux de même matière et de soixante-quinze millimètres de diamètre. Sa capacité est de 60 000 hectolitres.

Chaudière cylindrique. — Elle rappelle la forme d'une chaudière à bouilleur (*fig. 9 et 10*) : de forme cylindrique, elle mesure 10 mètres de longueur et 3^m,80 de diamètre et contient 1200 hectolitres.

Elle est construite en tôle forte comme la pré-

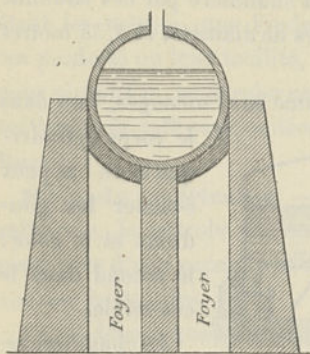


Fig. 9. — Coupe perpendiculaire à l'axe de la chaudière cylindrique.

la chaudière cylindrique brûle moins de combu-

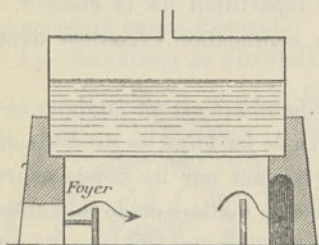


Fig. 10. — Coupe suivant l'axe de la chaudière cylindrique.

cédente, et repose sur un massif de maçonnerie contenant un seul foyer.

Du dôme, part une conduite en fer forgé de 37 centimètres de diamètre qui conduit au condenseur les produits de la distillation.

Remarque. — Si

la chaudière cylindrique brûle moins de combustible et présente des facilités de réparation, la chaudière à 16 foyers, inférieure sous ces deux rapports, fournit des produits plus purs et moins colorés.

Chaudières pour distillation continue. —

Une unité est formée d'une batterie de 18 chaudières de 250 hectolitres de capacité.

L'huile coule, d'une façon continue, dans la première chaudière, d'où elle passe dans la deuxième et ainsi de suite, en laissant partir les produits

de moins en moins volatils, la température augmentant d'une chaudière à l'autre. La dix-huitième chaudière ne donne que des résidus.

De chaque chaudière, les produits de la distillation se rendent aux condenseurs.

Condenseurs. — Ces appareils sont formés d'une bache en tôle renfermant non pas un seul serpentín comme dans les condenseurs de flegmes alcooliques, mais bien un nombre de serpentíns égal à celui des tuyaux d'écoulement qui partent de la chaudière; si cette dernière n'a qu'une conduite d'écoulement, on la subdivise à son arrivée au condenseur; à cet effet, à la bache du condenseur est accolé un collecteur en fer forgé d'où partent les extrémités des serpentíns.

Le nombre des serpentíns réunis dans une seule bache est souvent de 60, la longueur de chaque série de tuyaux immergés varie de 1^m,75 à 3 mètres, et le diamètre de 12 à 30 centimètres.

A leur sortie de la bache, les serpentíns débouchent dans un second collecteur en relation directe avec les réservoirs de dépôt.

Une chaudière de 100 hectolitres exige un serpentín de 350 mètres de longueur et de 16 centimètres de diamètre.

Pendant toute la durée de la distillation, la bache reste remplie d'eau constamment renouvelée et il est très important que la température

de cette eau ne s'élève pas et reste inférieure à celle des produits qui se condensent à la sortie, et doivent être *froids*.

Si les produits de la distillation sortent chauds ils fonceront en s'oxydant et fourniront des produits épurés de qualité inférieure.

Les différents tuyaux serpentins des condenseurs se réunissent à leur sortie dans un collecteur central muni d'un tuyau d'échappement pour l'évacuation des gaz incondensables qui font retour sous les foyers des chaudières.

Quel que soit le but proposé, la disposition de la chaudière et du condenseur reste la même; le même matériel sert pour la préparation des produits légers et pour celle des produits lourds.

Les chaudières sont chargées à l'aide de pompes, et l'on allume les feux.

Un ouvrier surveille le feu, un autre se tient à la sortie du condenseur et étalonne la qualité des produits de la distillation.

Ceux-ci sont reçus dans un bac en tôle et évacués par une canalisation souterraine sur le réservoir correspondant.

C'est ainsi que l'on sépare sans difficulté, suivant leur nature, les produits de la distillation.

Les benzines passent tout d'abord, et sous ce nom impropre, car le produit n'a rien de commun avec C^6H^6 , on recueille les fractions de

densité maxima 70° Baumé qui passent jusqu'à 120° C.

Elles sont conduites dans des réservoirs spéciaux pour être ensuite distillées à nouveau, car on les fractionnera en différents produits en même temps qu'on reprendra la portion d'huile lampante qu'elles ont entraînée.

Les benzines sont reprises et distillées dans un alambic chauffé à la vapeur (*fig. 11*), d'une capacité moyenne de 2 000 hectolitres, et on obtient :

Éther de pétrole ou gazoline	3 à 5 %
Cymogène et rhigolène incondensables.	0,1 "
Essence minérale, environ.	75 à 80 "

L'excédent est constitué par des produits de densité supérieure à 62° Baumé que l'on envoie dans les réservoirs à huile lampante.

On recueillera ensuite l'huile lampante en élevant progressivement la température de la chaudière ; l'huile passe et représente environ les $\frac{2}{3}$ de la quantité totale.

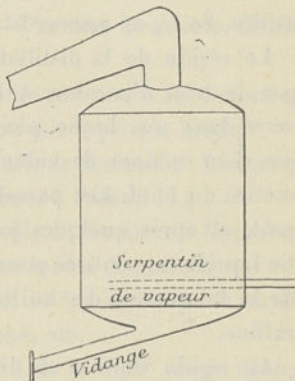


Fig. 11. — Alambic pour rectification des produits légers.

Son *point d'éclair* (voir plus loin) sera à 50°

C si l'on a pris comme benzine les produits de densité inférieure à 60° Baumé ; il sera de 64° C si l'on a rejeté comme benzines les produits de densité moindre que 55° Baumé.

La fraction d'huile lampante que l'on recueille en premier lieu de 120 à 220° s'appelle le *cœur de l'huile*.

Le cœur obtenu, on pousse les feux ; les hydrocarbures restés dans l'alambic se dissocient et donnent une nouvelle fraction d'huile lampante.

En même temps, il se dégage des gaz incondensables qui sont renvoyés sous les foyers des chaudières.

On obtient souvent, avec les huiles américaines, 80 % en essence et huile lampante.

Le résidu de la distillation est enlevé chaud par le trou d'homme, à l'aide de pompes, et versé dans une bache pleine d'eau froide munie d'un robinet de vidange placé à 35 centimètres du fond. Les parcelles de coke se séparent, et après quelques jours de repos la partie liquide est soutirée pour être traitée en vue de la fabrication des huiles lourdes et de la paraffine.

Ce résidu liquide est distillé de 220 à 300° C dans des chaudières cylindriques de 500 hectolitres de capacité, munies de condenseurs à eau susceptibles d'être réchauffés pour éviter les con-

densations et les engorgements — ou de condenseurs à air.

Le premier quart de la masse est renvoyé aux réservoirs à huile brute, le reste donne l'huile de paraffine dont la couleur fonce en même temps que la température de la chaudière s'élève, et d'où l'on séparera la paraffine des huiles lourdes pour graissage, par un traitement approprié.

L'huile de paraffine, tel est le nom de ce produit complexe, est d'abord épurée (voir *Épuration*) puis traitée pour paraffine (voir *Paraffine*). Il en résulte une séparation de cette huile en deux parties :

Paraffine ; huile lourde.

Huile lourde. — Par une première distillation on obtient :

1° 21 % d'une huile marquant 38° Baumé qui est renvoyée au réservoir à pétrole brut ;

2° 24 % d'une huile de densité 32° Baumé qui sera de nouveau passée à l'alambic ;

3° 40 % d'une huile de densité 23° Baumé qui servira à préparer les huiles de graissage ;

4° L'excédent, soit 15 %, constitue la perte en gaz permanents, coke, etc.

L'huile lourde n° 3 de couleur rouge orangé, peu intense, est filtrée au noir, exposée à l'air dans des réservoirs peu profonds ; cette dernière opération abaisse sa densité. Elle est bonne alors

pour les pièces tournant à grande vitesse, sous faible pression.

Les pièces tournant à faible vitesse, mais sous grande pression, exigent une huile beaucoup plus dense.

Cette huile est obtenue en forçant le rendement de la chaudière en huile n° 3; elle marque 20° Baumé et présente une viscosité très grande.

On peut encore fabriquer cette huile en prenant l'huile séparée de la paraffine et en la distillant à la vapeur.

L'huile est ensuite blanchie et séparée de l'eau qu'elle renferme par l'application d'une température peu élevée.

Épuration. — Tous les produits obtenus directement par la distillation de l'huile brute doivent être *épurés*.

Cette opération consiste en un traitement à l'acide sulfurique suivi d'un traitement à la soude pour enlever les dernières traces d'acide.

Le résultat de l'opération est d'enlever à ces produits leur odeur désagréable, et de les décolorer.

Il importe que le produit soit traité à *froid*, sans quoi on obtient un résultat négatif et des pertes très importantes.

L'épuration se fait dans des appareils spéciaux, à grande capacité, 10 000 hectolitres, ayant la forme d'un cylindre terminé en bas par un tuyau

muni d'un robinet pour la vidange des impuretés.

L'huile doit être ramenée à la température de 15° C ; elle est conduite par une canalisation dans l'épurateur et l'on ajoute $\frac{1}{10}$ de la quantité d'acide prévue, suivant la densité et la couleur de l'huile.

Un tuyau relié à un compresseur d'air (*fig. 12*) plonge dans l'huile et, par l'adduction d'air comprimé, on bat l'huile qui se mélange à l'acide.

Cette opération a pour but d'éliminer l'eau en suspension dans l'huile; on soutire l'acide impur par le robinet de vidange.

On ajoute ensuite la moitié de l'acide à

employer et l'on bat à l'air comprimé.

L'acide s'empare des impuretés et, par un regard, on suit la décoloration de l'huile, et le dépôt de matières goudroneuses, en même temps que

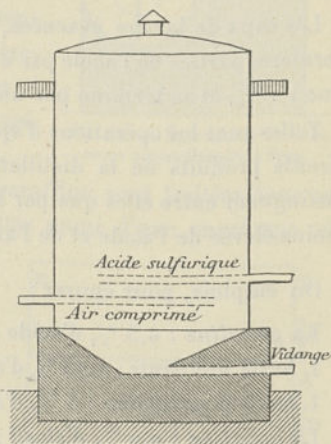


Fig. 12.
Épurateur de grande capacité.

l'on constate une notable élévation de température. On maintient le contact intime pendant 1 heure environ, puis l'on soutire.

La seconde moitié de l'acide est ajoutée et l'on renouvelle l'opération précédente.

Après soutirage de l'acide et des goudrons qui se sont formés, l'huile est battue avec de l'eau amenée sous pression dans une couronne placée au bas du réservoir; le battage à l'eau dure de 4 à 5 heures.

Les eaux de lavage évacuées, on neutralise les dernières parties de l'acide par une solution alcaline à 1 $\%$, et on termine par un battage à l'eau.

Telles sont les opérations d'épuration des différents produits de la distillation et elles ne se distinguent entre elles que par la teneur plus ou moins élevée de l'acide et de l'alcali employés.

On emploie, pour épurer :

La *gazoline* : 0,5 $\%$ d'acide sulfurique ;

L'*huile lampante* : 1,75 $\%$ d'acide sulfurique ;

L'*huile à paraffine* : 5 $\%$ d'acide sulfurique ;

La *gazoline* : 0,2 $\%$ d'alcali ;

L'*huile lampante* : 1 $\%$ d'alcali ;

L'*huile à paraffine* : 1, $\%$ d'alcali.

L'épuration de la gazoline ne peut être faite par un battage à l'air comprimé, le produit étant trop volatil.

On se sert d'un agitateur à palettes formé d'une caisse cylindrique contenant un arbre à palettes mis en mouvement par courroie.

La saturation de l'alcali s'effectue généralement dans une seconde caisse semblable à la première, placée en dessous et munie aussi d'un agitateur à palettes.

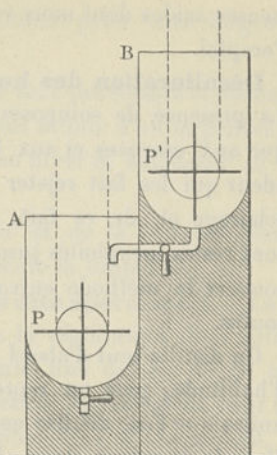


Fig. 13. — Épurateur à palettes, coupe perpendiculaire à l'axe.

Les huiles à paraffine sont traitées dans un épurateur à palettes muni d'une enveloppe où l'on fait circuler de la vapeur pour empêcher la congélation de l'huile par les temps froids.

Dans tous les cas, l'épuration à l'acide est accom-

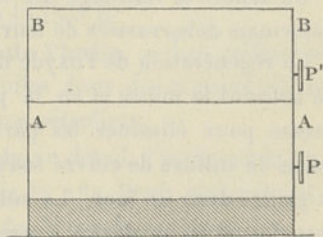


Fig. 14. — Épurateur à palettes, — Vue perspective.

compagnée d'un dégagement d'acide sulfureux très intense et du dépôt de matières goudron-

neuses acides dont nous verrons ultérieurement l'emploi.

Désulfuration des huiles et essences. —

La présence de composés sulfureux communiquée aux essences et aux huiles lampantes, une odeur qui les fait rejeter comme produits pour éclairage et, de ce fait, nombre de gisements sont restés inexploités jusqu'à ce que l'on ait découvert la méthode suivante d'élimination du soufre.

On distille tout d'abord l'huile brute, comme d'habitude, puis on reprend les essences et les huiles que l'on distille en présence d'un excès d'oxyde de cuivre, dans un alambic muni d'un agitateur à palettes.

Le soufre des composés organiques se porte sur l'oxyde de cuivre qu'il transforme en sulfure.

On achève le raffinage des essences et huiles désormais débarrassées de leur soufre.

La régénération de l'oxyde de cuivre s'obtient en broyant la masse et en la passant au filtre-pressé pour éliminer les parties liquides. Les pains de sulfure de cuivre sont broyés à nouveau et grillés dans un four. Le sulfure de cuivre se transforme en oxyde prêt à servir à une nouvelle opération.

Décoloration de l'huile lampante. — Après avoir subi l'épuration chimique, l'huile est mise dans des réservoirs de tôle peu profonds, 3 mètres

de profondeur environ pour une largeur de 12 mètres.

Ces réservoirs ne sont pas fermés et restent exposés à l'air ; ils sont munis d'un serpentín pour réchauffer l'huile en hiver et empêcher sa congélation.

L'action de l'air et de la lumière décolore l'huile et en augmente la limpidité.

Huile minérale dite spermaceti. — La fraction qui passe dans la distillation de l'huile de paraffine et présente une densité de 30 à 40° Baumé peut être traitée spécialement pour huile de phare et huile pour feux de locomotive.

La fraction est épurée à l'aide de 4 % d'acide sulfurique, lavée, neutralisée à la soude, puis redistillée sur une lessive de soude.

Sa densité est de 36 à 37° Baumé. Son point d'éclair est à 145-150° B.

Logement de l'huile. — Les raffineries expédient les huiles dans des wagons-citernes ou dans des navires pétroliers.

Pour la vente au détail, l'huile est logée dans des fûts en bois de 180 litres environ ou dans des bidons de fer blanc de 20 litres.

Rendement. — Si l'on suppose que l'on traite une huile brute ayant pour densité de 43 à 46° Baumé, on obtiendra :

Produits légers

1. Gazoline brute :			
à 78° Baumé environ	0,5	‰	
2. Essence brute :			
à 74° Baumé environ	11	''	
3. Essence brute :			
à 66° Baumé environ	2	''	
4. Essence brute :			
à 62° Baumé environ	2	''	

Produits moyens et lourds

5. Huile lampante :			
à 49° Baumé environ	50	''	du résidu
6. Huile lourde :			
à 38° Baumé environ	18	''	''
7. Huile lourde :			
à 33° Baumé environ	26	''	''
8. Résidus	5	''	''
9. Pertes.	1	''	''

Après épuration et distillations nouvelles, les produits ci-dessus, pour être commerciaux, devront marquer :

La gazoline 1.	85°	Baumé environ
L'essence 2.	68 à 72°	''
" 3.	65°	''
" 4.	60°	''
L'huile lampante 5.	45°	''
" lourde 6.	30 à 34°	''
" " 7.	28°	''

Les raffineries européennes qui traitent des huiles américaines, obtiennent en général les résultats suivants que nous donnons comme moyenne seulement :

Nature du produit	Densité	Proportion par rapport à la quantité d'huile brute
Gazoline (a)	0,640 environ	2 %
" (b)	0,670 "	10 "
Essence minérale	0,700 "	
Benzine	0,730 "	7
Huile lampante	0,800 à 0,810	70 "
TOTAL		89 %

Nous ferons remarquer que l'huile lourde ne figure pas dans ce tableau, car, généralement, les raffineries d'Europe la décomposent pour fabriquer l'huile lampante de densité 0,805 à 0,810.

Tous traitements effectués, l'huile américaine donne de 80 à 94 % de produits éclairants légers et lourds.

Pertes. — Voici quels sont, à peu près, les pertes effectuées dans le raffinage du pétrole brut américain :

Eau, pertes par évaporation et déperdition dans les conduites. . .	1,20 %
Perte dans la première distillation	2,10 "
» » deuxième »	1 »
» » redistillation des produits légers	0,75 "
Perte dans la redistillation des huiles lourdes.	2,35 "
Perte dans le travail d'épuration.	1,85 "
Coke	2 »
TOTAL	11,25 %

Traitement des huiles russes. — Les huiles de cette contrée produisant une proportion plus grande de produits lourds que les huiles américaines, il y a nécessité d'adjoindre une injection de vapeur dans les appareils de distillation, tant pour entraîner les parties réduites en vapeur et qui séjournent dans la panse des appareils, que pour les protéger contre le contact direct des parois surchauffées.

Ce point est la différence essentielle avec le mode de traitement des huiles américaines ; pour le reste, les opérations sont conduites d'une manière analogue.

Les appareils de distillation sont des chaudières en tôle épaisse à fond d'acier, d'une capacité d'environ 200 à 300 hectolitres ; ils sont reliés à des condenseurs analogues à ceux que nous avons précédemment décrits. L'injection de vapeur est faite par des tubes, débouchant dans le haut de la chaudière et préalablement surchauffés à une température convenable.

La chaudière est remplie d'huile aux $\frac{2}{3}$ et chauffée à feu nu, jusqu'à ce que les produits de condensation commencent à se montrer.

On recueille :

Gazoline et essence ; huile lampante, et il reste dans la chaudière un résidu qui servira à fabriquer les huiles de graissage.

La première fraction qui fournira la gazoline

et l'essence est épurée à l'acide sulfurique et à la soude puis rectifiée à nouveau. Il reste un résidu représentant environ 35 à 45 % de la matière primitive et qui est renvoyé à l'huile lampante brute.

L'huile lampante, qui passe après la gazoline et les essences est recueillie jusqu'à la température de 250° C environ.

Elle est épurée à l'acide sulfurique et à la soude dans des batteuses à air comprimé qui donnent un rendement meilleur que les batteuses mécaniques.

La batteuse à air comprimé est formée d'un réservoir cylindrique revêtu de plomb à l'intérieur ; au fond, se trouve une couronne percée de trous en communication avec la canalisation d'air comprimé.

L'huile est introduite et on la brasse vigoureusement à l'aide de l'air comprimé, injecté par la couronne, puis on ajoute 1 % d'acide sulfurique.

L'épuration est terminée quand l'huile neutralisée à la soude est d'une couleur franchement blanche : si elle conserve une teinte jaune, on ajoute de l'acide.

Le contact avec l'acide doit être maintenu au moins une demi-heure.

L'épuration terminée, on soutire l'acide et l'huile est conduite dans un autre bac muni

d'agitateurs à ailettes où elle est traitée par 0,6 % de lessive de soude à 34° Baumé.

On arrête l'action de la soude, quand il se dépose à la surface des flocons blancs ; l'huile doit être alors claire et limpide.

Après élimination de la lessive alcaline, l'huile est lavée à l'eau, puis à l'eau légèrement acidulée, puis à l'eau pure.

Les huiles lourdes sont extraites du résidu de distillation de l'huile lampante.

Le résidu est distillé sous l'action combinée d'un foyer à feu nu et de la vapeur surchauffée ; l'intervention de cette dernière est nécessaire pour les raisons que nous avons indiquées plus haut, et pour éviter la production de composés d'odeur repoussante. Cette distillation s'opère en trois temps. Pendant le premier, à l'aide de vapeur surchauffée à 155° C, on obtient des produits de densité 0,855 environ à 0,880.

On fait alors intervenir de la vapeur surchauffée à 250° C et l'on recueille les produits de densité maxima 0,900.

Le troisième temps comprend la récupération, sous l'action de vapeur à 300° C des produits de densité supérieure à 0,900.

La distillation est arrêtée quand la paraffine commence à passer à la distillation.

Les huiles sont épurées à l'acide sulfurique et à la soude.

Rendement. — Les huiles russes donnent environ :

Gazoline et essences	5 à 10 %
Huile lampante	32 à 53
Huile lourde	10 à 30

Toutes autres conditions égales comparativement aux huiles américaines, l'huile de Russie :

1° Donne à une même température de distillation une plus grande proportion de produits lourds, et les produits d'égale densité passent à une température plus basse ;

2° La teneur en carbone de fractions identiques est plus élevée dans l'huile russe d'où résulte un plus grand pouvoir éclairant et lubrifiant ;

3° La teneur de l'huile lampante en hydrocarbures légers étant moindre, l'huile russe présenterait moins de dangers ;

4° En général, l'huile russe de densité 0,870 à 0,880, fournit de 25 à 30 % de son poids en kérosène de densité 0,810 à 0,830, dont le point d'éclair est à 25 à 30° C ;

5° Elle donne de 40 à 50 % de son poids en huile lampante de densité 0,820 à 0,840, exigeant pour brûler des lampes spéciales : point d'éclair : 40 à 60° C ;

6. Elle donne, en outre, de 10 à 30 % d'huile solaire de densité 0,840 à 0,880, exigeant pour son emploi des lampes appropriées : point d'éclair : 60 à 100° C ;

7° Si l'on continue la distillation à la vapeur surchauffée, on obtient de 10 à 30 % d'huile de graissage. Ces huiles, après traitement à l'acide sulfurique et à la soude, ont une densité de 0,870 à 0,910, et ne se prennent pas en masse sous l'influence d'un abaissement de température ; point d'éclair : 100° C.

8° Si l'on pousse à 400° C la température de la distillation, on obtient des hydrocarbures volatils, renfermant de la paraffine et de la vaseline, cette dernière représente 5 à 10 % du poids de l'huile brute — des hydrocarbures légers susceptibles de brûler dans les lampes à kérosène, — enfin des gaz permanents.

Le raffinage du pétrole à Bakou produit chaque année environ 2 240 000 tonnes de résidus impropres à un traitement quelconque.

Ces résidus sont utilisés tant sur place que dans les contrées de la Russie privées de combustibles minéraux.

Rendement moyen pour cent de pétroles de provenances diverses. — Nous donnons ci-dessous le rendement moyen d'un certain nombre d'huiles de diverses provenances.

Ces chiffres n'ont rien d'absolu, mais ils peuvent néanmoins fournir d'utiles indications.

Huile du Canada. — Naphte brut à 60° B : 12,5 + huile lampante à 41° B : 55,6 + huile de

graissage 44 + paraffine 3 + coke 5 + perte 2.

Huile de Pensylvanie. — Naphte à 75° B :
5 à 20 + huile lampante à 43° B 70.

Huile d'Ædesse (Hanovre). — Gazoline 13 +
huile lampante à 48° B : 32 + huile lourde 33.

Huile de Sehnde (Hanovre). — Gazoline 20
+ huile lampante 60 + huile lourde 15 + pa-
raffine 3.

Huile de Galicie. — Benzine 20 + huile
lampante 50 + paraffine 8 + goudron 8 +
résidu 10 + perte 2,75.

Huile de Galicie. — Huile lampante à 41° B :
50 + huile solaire 10 + huile lourde 10 +
goudron 10.

Huile de Moldavie. — Huile lampante 36 +
huile lampante de mauvaise qualité 30.

Huile de Valachie. — Huile lampante 40 +
huile lampante de mauvaise qualité 30.

Huile de Roumanie — Huile lampante 30 à
40.

Huile de Tiflis. — Huile lampante 22.

Huile de Kouban. — Huile lampante 40 à 45.

Huile de Schwabwiller. — Essence 5 +
huile lampante légère 1,4 + photogène 17,1 +
huile solaire 23 + huile de graissage 34 + pa-
raffine et goudrons 10.

Huile du Japon. — Huile lampante 41 +
huile de graissage 40 + paraffine 6.

Le pétrole brut donne par distillation :

<i>Produits légers</i>	}	Gazoline, éther de pétrole.	}	
		Essence minérale.		
<i>Produits moyens</i>	}	Huile lampante.	}	
		Goudrons acides.		
	}	Acide sulfurique et lessive alcaline régénérables.	}	
<i>Produits lourds</i>	}	à épurer à l'acide et à la soude	}	paraffine
				Huile lourde
				huile lourde
				Huile lourde
<i>Résidus</i>	}		}	Goudrons décomposables en produits plus légers.
				Coke.
				Gaz permanents.

CHAPITRE XI

ÉTUDES PARTICULIÈRES DU GOUDRON ACIDE, DE LA PARAFFINE ET DE LA VASELINE

Goudrons acides. — Les raffineries de pétrole produisant de grandes quantités de goudrons acides, déchet des opérations d'épuration par l'acide sulfurique, on a naturellement songé à tirer partie de cette matière en séparant l'acide du goudron.

Cette opération est connue depuis fort longtemps et elle consiste à ajouter au goudron acide 10 % d'eau, à le battre et à laisser reposer : on soutire avec des siphons la couche liquide qui surnage et on recommence jusqu'à ce que l'on ait épuisé le produit.

On obtient ainsi un acide de plus en plus faible, très impur, propre seulement à la fabrication de l'alun, du sulfate de fer, des engrais.

Le goudron, dit alors neutralisé, pourra être

employé comme combustible après avoir été mélangé de chaux pour neutraliser l'acide restant et s'opposer à la corrosion des chaudières.

Paraffine. — Nous insisterons davantage ici sur les opérations de raffinage de cette matière.

L'huile de paraffine obtenue comme nous l'avons indiqué précédemment, est mise à refroidir dans une glacière pendant deux jours : elle se prend en masse.

Le pain, de couleur foncée, est enfermé dans un sac et passé à la presse hydraulique ; la pression doit être menée doucement et progressivement, pour éviter que des cristaux ne passent au travers des mailles du tissu.

Il coule de l'huile lourde pour graissage, et il reste dans le sac de la paraffine à rectifier.

On obtient environ 10 % en paraffine du poids du pain d'huile de paraffine.

La paraffine brute, d'une couleur vert brun foncé, est fondue sous l'action de la vapeur d'eau et brassée avec une lessive de soude caustique : il faut environ 1 % de lessive.

La paraffine égouttée est dissoute dans 25 % de son poids de benzine, brassée, puis portée à la glacière où elle se congèle et se prend en une masse fusible à 54° C, de couleur sale.

Le blanchiment de la paraffine est obtenu par l'action de 5 % de noir animal sur le produit en fusion. Il faut avoir soin, pendant cette

phase de l'opération, de brasser vigoureusement ; ensuite on passe au filtre-presse.

La paraffine s'écoule en un liquide clair que l'on fait solidifier dans des moules.

La paraffine doit être d'un blanc franc : elle est alors vendable.

La paraffine peut être épurée et blanchie par l'action successive de 5 % d'acide sulfurique et de 5 % de soude caustique.

Vaseline. — Ce corps, d'un usage si répandu aujourd'hui, est extrait du pétrole par l'un des deux procédés suivants :

1. L'huile brute est décolorée soit au noir animal, soit par l'acide sulfurique et le bichromate de potasse ; l'huile épurée est alors distillée à la vapeur et l'on recueille les produits légers.

Le résidu de la distillation est rougeâtre ; c'est de la vaseline brute.

On la décolore au noir.

2. La seconde méthode préférable à la première consiste à traiter le résidu de la distillation du pétrole par le noir animal et à distiller à la vapeur surchauffée. Il reste la vaseline que l'on épure comme ci-dessus.

La vaseline purifiée est blanche, fluorescente, de consistance graisseuse.

Chauffée à 30°, elle se ramollit et passe progressivement à l'état liquide. Par refroidissement, elle reprend son état primitif sans modification.

La viscosité de l'eau étant prise pour unité, la vaseline présente une viscosité :

à 45° C	de 5
// 50° C	// 4
// 75° C	// 2
// 100° C	// 1,1

C'est un corps neutre, insoluble dans l'eau, l'alcool, soluble dans l'éther, le sulfure de carbone et le chloroforme.

La vaseline est inattaquable par les acides ou les alcalis.

La vaseline dite *artificielle* est une pâte de paraffine et d'un hydrocarbure liquide.

La vaseline *naturelle* s'oxyde moins que la vaseline *artificielle* et que les graisses animales comme le montre le tableau ci-dessous :

Désignation	Quantités employées		Oxygène absorbé	Quantité d'acide formé
	Vaseline	Oxygène		
Vaseline naturelle	13	59,5	35	5,5
// //	11,6	71,5	46,5	9,1
// artificielle	15,5	74	4,5	0,7
// //	11,7	69,1	4,7	0,7
Graisse animale	14,5	71,2	49,6	31,1
// //	14,9	57,3	42	39,4
Paraffine	11,4	52,7	3	//

La vaseline naturelle est un mélange d'hydrocarbure C^nH^{2n} et C^nH^{2n+2} , très condensés.

DEUXIÈME PARTIE

HUILE DE SCHISTE

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE — DÉFINITIONS

L'origine de l'industrie des huiles minérales de schistes date de 1830 : elle fut la conséquence des expériences du célèbre chimiste Laurent qui découvrit qu'en distillant en vase clos les schistes dits *bitumineux*, on obtient un liquide susceptible de donner, après un traitement approprié, des produits pour éclairage genre gazoline et huile lampante de pétrole, ainsi que des huiles lourdes pour graissage et de la paraffine.

Les *schisteries*, c'est le nom donné aux usines qui distillent le schiste, se sont créées dans les bassins producteurs de la matière première, à Autun (Saône-et-Loire), à Buxières-la-Grue (Allier), en France ; près du Golfe de la Forth en Écosse.

L'extension de l'usage du pétrole porta un coup sérieux à l'industrie de l'huile de schiste, mais des régimes intérieurs protecteurs et le paiement aux schisteries d'une prime par hectolitre d'huile ont à peu près rétabli l'équilibre.

CHAPITRE II

GISEMENTS ET ÉTUDE DU SCHISTE

Gisements. — La plupart des étages géologiques présentent des couches de schiste, mais ce n'est que dans le dévonien, le silurien et surtout dans le permien que les couches présentent une puissance suffisante pour autoriser une exploitation importante.

Le bassin schistier d'Autun a une superficie de 19 000 hectares; il est dans le permien. Le schiste y forme 9 couches distinctes dont 7 seulement sont exploitées; la puissance moyenne des couches est de 2^m,25 et elle n'est que de 1 mètre pour la couche supérieure où cette infériorité est compensée par la juxtaposition d'un banc de boghead de 30 centimètres de puissance.

En 1890, le bassin d'Autun produisit 156 000 tonnes de schiste et 9 000 tonnes de boghead. Dans l'Allier, à Buxières-la-Grue, le gisement est

aussi permien et l'on exploite une couche sur deux, celle intercalée entre la houille et un lit de silex et de calcaire fétide.

Ce bassin a produit en 1890, 51 000 tonnes de schiste.

En Écosse, le schiste est représenté par quatre couches puissantes voisines de bancs de boghead, aujourd'hui épuisés.

Une seule de ces couches est encore en exploitation. A Boxburn, elle mesure 1^m,50 de puissance. Les schisteries écossaises ont extrait en 1890, 2 000 000 de tonnes de schiste.

Le schiste bitumineux se présente sous la forme d'une masse noire, amorphe, clivable suivant la direction des strates; sa poussière est brune.

Certains schistes blanchissent ensuite d'une exposition prolongée à l'air.

La densité du schiste est voisine de 2.

Il est insoluble dans les solvants ordinaires; certaines variétés abandonnent cependant à la benzine des principes colorants.

Le schiste forme des bancs de puissance variable de quelques centimètres à plusieurs mètres; les fissures sont fréquemment tapissées de cristallisation de pyrite, de calcite rhomboédrique, d'aragonite; les remplissages sont donc d'origine thermale et ils ont été faits en plusieurs temps, la calcite à une température inférieure à 70° et

l'aragonite à une température supérieure à ce chiffre.

Il est très riche en débris fossiles animaux et végétaux. Celui d'Autun contient des cypriïdes, des amphipodes, des poissons, des amphibiens, des sauriens, des batraciens, des salamandres; des débris végétaux de nature très diverse, algues, fougères, etc.

Le schiste bitumineux présente une composition rappelant celle des argiles, si l'on ne tient pas compte naturellement de la présence des éléments hydrocarbonés : des variations très grandes de composition sont constatées entre des schistes de provenance différente.

Certains schistes renferment des substances minérales susceptibles de donner lieu à une exploitation particulière : le cuivre, le mercure.

Voici des indications sur la composition de différents schistes d'après Chandler, Kimball et autres :

Désignation du schiste	Argile et sable	Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	CaCo ^s	MgCo ^s	C	H	O	Az	Total
1	73,57	1,79	1,29	0,76	15,03	1,65	5,39	»	100,48
2	80,65	1,99	4,77	3,40	3,97	0,63	4,87	»	100,28
3	48,27	7,99	20,30	11,48	6,99	1,13	3,39	»	99,55
4	37,26	3,29	52,60	3,42	0,61	0,83	1,71	»	99,72
5	»	59	»	»	20,30	4,90	14	»	98,20
6	»	75,3	»	»	20	3	»	1,7	100

Ces schistes appartiennent au silurien inférieur de l'Utica (Hudson).

Le n° 1, siliceux, couleur chocolat foncé, est voisin d'un gisement de plomb.

Le n° 2, de couleur grise, contient des grapholites.

Le n° 3 est noir et plein de trilobites et de crinoïdes.

Le n° 4 est imparfaitement clivable et contient des grapholites.

On constatera que les analyses ci-dessus ne mentionnent pas la présence du soufre ni de l'azote qui, cependant, existent dans tous les schistes et produisent le premier, lors de la distillation, des composés sulfurés nauséabonds et le second des sels ammoniacaux.

Le n° 5 appartient au permien de Buxières-la-Grue.

Le n° 6 est un schiste de Boxburn, Écosse. Le schiste renferme de 3 à 7 % d'eau interposée mécaniquement.

Un schiste calcaire traité par la benzine bouillante a abandonné environ 1 % de son poids de produits organiques.

Soumis à l'action de la chaleur, en vase clos, le schiste distille.

Il passe des gaz permanents et un liquide noirâtre fluorescent formé d'hydrocarbures et d'eau ammoniacale de densité 0,870 à 0,910.

Ces hydrocarbures traités convenablement donneront les produits pour éclairage dont nous parlons plus loin ; l'eau ammoniacale servira à fabriquer le sulfate d'ammoniaque.

Le schiste perd à la distillation de 10 à 25 % de son poids représenté par :

Huile brute	4 à 15 %
Eau ammoniacale.	3 à 6 %
Gaz permanents.	3 à 5 %

La distillation terminée, il reste, dans la cornue, un résidu solide, blanc gris, ayant conservé la forme du schiste primitif.

Ce résidu, presque exclusivement composé de matières minérales, peut, si la distillation a été faite dans des conditions que nous signalerons ultérieurement, retenir une proportion de produits organiques suffisante pour lui permettre de brûler.

Mais si le schiste a été distillé dans les appareils écossais ou s'il a été brûlé sur une grille, il ne renferme plus que des matières minérales.

Voici la composition des résidus après combustion à l'air :

(1)	C	5,65
	Fe ² O ³	3,50
	Al ² O ³	27,85
	SiO ²	57,70
	MgO	1
	K ² O	4,50
	TOTAL.	<hr/> 100,20

Schistes du lias de Vesoul :

	CaO	MgO	Fe ² O ³ Al ² O ³	K ² O	PO ⁴	Partie insoluble	Pertes
(2)	21,50	0,90	7,40	2,40	0,15	43,35	24,80
(3)	20,90	0,55	8,30	2,65	0,25	42,40	24,95

Schiste du lias de Châtillon (Doubs) :

	PO ⁴	K ² O	Na ² O	H ² O	Matières organiques
	1,10	0,59	0,50	5,6	12,10

Schiste d'Allemagne :

	Al ² O ³	Fe ² O ³	CaO	MgO	Na ² O et K ² O
	6,85	7,30	16,95	1	5,75

(5) Schiste de Lofoden (Norvège) :

	C	H	Az + O
	63	8,4	28,7

Abandonné à l'air, le résidu de schiste distillé blanchit, s'effrite et devient un engrais pour acacias et dans la suite pour pommes de terre.

Le boghead. — Le boghead est si souvent associé au schiste bitumineux, et sa valeur commerciale est telle que nous ne pouvons nous dispenser de lui consacrer quelques lignes.

C'est une substance noire, lisse, d'aspect gras, à cassure conchoïdale, sectionnable au couteau; sa poussière est brune. Il brûle facilement avec une flamme fuligineuse.

Il a une origine analogue à celle de la houille mais avec cette différence qu'au lieu de provenir de la transformation de végétaux divers, et

principalement d'arbres, il est le résultat, comme l'a démontré M. Renault, président de la *Société d'histoire naturelle d'Autun*, de la décomposition d'une algue.

Nous avons eu la bonne fortune, grâce à l'amabilité de M. Cambray, directeur des usines de la *Société Lyonnaise*, à Autun, de trouver en outre de débris fossiles divers, un spécimen de bois cylindrique de 10 centimètres de diamètre environ, complètement transformé en houille et entouré d'une gaine de boghead. La différence d'origine de la houille et du boghead y est nettement caractérisée.

Examinée au microscope, une lame mince de boghead paraît formée de lentilles de forme variable, à l'intérieur desquelles sont des linéaments grêles rayonnant de quelques centres pour se perdre à la périphérie au milieu de spores.

La densité du boghead = 1,18 et sa dureté = 2.

Ce boghead est vendu pour enrichir le gaz et fabriquer le gaz riche.

Son prix élevé, 50 francs la tonne sur le carreau de la mine, entraîne une exploitation très rémunératrice parallèle à celle du schiste.

Voici les résultats d'une analyse de bogheads de France :

C	H	O	Az	S	Cendres
61	9	4,30	0,70	0,30	24,5
65,50	9,15	5,40	0,72	0,15	14,70
64	8,75	4,75	0,10	0,30	21,30
75,50	8,85	16	»	»	»

Le boghead abandonne des principes aux dissolvants.

Ainsi, traité par l'alcool, il cède une matière brune, résineuse qui, après décoloration par le noir et ébullition dans une lessive alcaline, donne un dépôt de paraffine.

L'éther dissout une faible fraction de boghead et la térébenthine en sépare une résine semblable au copal.

Distillé en vase clos, le boghead donne une huile renfermant des hydrocarbures des séries C^nH^{2n} et C^nH^{2n-6} ; cette huile renfermerait aussi des carbures attaquables par l'acide sulfurique et l'acide azotique.

Les goudrons de boghead renferment de la benzine C^6H^6 , de la naphthaline et de l'antracène mélangées à du toluène, du cymène et à quelques dérivés phénoliques.

CHAPITRE III

PRODUITS DE LA DISTILLATION DU SCHISTE

Produits de distillation du schiste. —
Nous avons vu que le schiste soumis à une distillation en vase clos donnait naissance :

- à des gaz permanents,
- à un produit liquide,
- à un résidu fixe.

Nous ne reviendrons pas sur la composition du résidu fixe qui a été suffisamment élucidée.

Les gaz permanents de la distillation comprennent de l'oxyde de carbone, du méthane, du pentane, du gaz des marais, de l'éthylène, des amines.

La fraction liquide est formée, en principe, de trois couches :

1. Une couche aqueuse tenant en solution du carbonate d'ammoniaque, du sulfhydrate d'ammoniaque et des traces de sulfocyanure d'ammonium.

2. Une couche d'huile proprement dite sur la nature de laquelle nous insisterons plus loin.

3. Une couche de goudron formée d'hydrocarbures très condensés renfermant, à côté de carbures aromatiques, de la paraffine en notable proportion.

Ces trois couches sont l'objet de traitements industriels pour la fabrication de produits commerciaux qui sont :

a) Pour la couche 1 : le sulfate d'ammoniaque.

b) Pour la couche 2 : la gazoline, l'huile lampante, l'huile lourde pour graissage.

c) Pour la troisième : la paraffine.

Le résidu de traitement des goudrons est vendu pour la fabrication de l'asphalte.

L'huile de schiste. — La couche huileuse fournit, par distillation fractionnée et après épurations convenables :

De la gazoline

De l'huile lampante légère

» » lourde

» lourde de graissage

» verte à gaz

Du goudron.

L'huile brute de schiste est analogue au pétrole brut, et les produits qui en dérivent conservent cette analogie avec les dérivés du pétrole.

Elle renferme des hydrocarbures C^nH^{2n} , C^nH^{2n+2} , C^nH^{2n-6} et des hydrocarbures des dif-

férentes séries aromatiques tels que la naphthaline; la présence des phénols a été constatée. Sa densité est de 0,870 à 0,900 suivant la provenance.

On a reconnu nettement la série C^nH^{2n} depuis C^8H^{18} jusqu'à $C^{17}H^{36}$, et les hydrocarbures de cette série semblent constituer à peu près la moitié de l'huile; on les rencontre surtout dans les fractions légères.

La fraction distillant de 80 à 350° C semble principalement formée de carbures C^nH^{2n} . Traitée par l'acide azotique, elle a fourni à Laurent de l'acide ampélique solide.

La fraction qui passe de 200 à 280° C traitée par l'acide sulfurique produit une huile grasse dénommée *ampéline*, soluble dans l'eau froide.

L'acide sulfurique exerce sur l'huile de schiste un pouvoir absorbant considérable qui atteint quelquefois 50 %.

Le résidu du traitement par l'acide sulfurique d'une huile passant de 150 à 200° C a donné, sous l'influence de l'acide azotique, du décylène et du laurylène nitrés.

L'acide azotique donne des produits nitrés, parmi lesquels la nitrobenzine est facilement décelable; mais l'eau régale reste sans action sensible sur le résidu du traitement de l'huile par l'acide sulfurique fumant.

La fraction bouillant à 150° C, dont les pre-

mières gouttes passent à la distillation à 100° C et les dernières à 220° C, contient :

C de 88,50 à 88,30 0/0
H de 11,70 à 13,30 0/0.

Sa densité de vapeur D varie comme suit avec la température :

T	D
150	3,10
160	3,33
170	3,34
180	3,68

La composition d'une huile brute, comme celle de ses produits dérivés, varie avec l'origine du schiste et le mode de traitement. Il en résulte des rendements variables d'une usine à l'autre, et une marche différente du fonctionnement comme le montre le tableau ci-dessous :

Température de distillation	Huile originaire de Bavière $d = 0,815$	Huile originaire d'Autun $d = 0,800$
140° C	0,5 0/0	0,1 0/0
160	5,3	2
180	25,2	24,3
200	45,5	71,5
220	63,3	91,5
240	78,7	96

Goudron de schiste. — Le goudron forme pendant la distillation du schiste est noir, visqueux.

Il renferme des alcaloïdes, des dérivés pyridiques, des phénols et des produits sulfureux.

Rendement du schiste. — Suivant son origine et la façon dont il a été traité, le schiste présente des rendements variables en ses différents produits de distillation.

Voici quelques indications à cet égard, les schistes ayant tous été distillés sans l'intervention de la *vapeur d'eau*, dans la cornue française :

Schiste dévonien du Canada. — Pas de calcaire; 4,3 d'huile et grande quantité de gaz permanents.

Schiste de Vendée (Feymoreau). — 15 d'huile.

" (Vouvant) :

Huiles.	14,5
Eau	3,5
Gaz	10

Résidu non brûlé

Matières minérales	61
Carbone	7,7

Schiste de Bozon (Al. Mar).

Couleur	Huile	Résidu	
		mat. minérales	Carbone
Schiste brun . .	40	48	10
" noir . .	28	39	33

Le schiste de Boxburn distillé dans la cornue

écossaise, en présence d'un excès de vapeur d'eau, a donné $\frac{\circ}{\circ}$ les résultats suivants :

Partie volatile. — Huile brute, 12 ; ammoniaque, 8 ; gaz permanents, 4. Total : 24 $\frac{\circ}{\circ}$.

Partie fixe. — Carbone 9 ; cendres 67. Total : 76 $\frac{\circ}{\circ}$.

Influence de la vapeur d'eau sur le rendement. — Les expériences classiques de M. Chesneau, professeur à l'École des Mines, ont démontré l'influence de la vapeur d'eau sur le rendement du schiste et donné l'explication de la supériorité des procédés de traitement écossais.

Un schiste distillé en présence d'un excès de vapeur d'eau aura un *rendement double en huile et eau ammoniacale* de son rendement en distillation sèche.

C'est ainsi que l'on a vu le rendement d'un schiste porté par cet artifice de 40 à 79 litres à la tonne.

On trouvera plus loin l'application qui a été faite de cette propriété.

CHAPITRE IV

BUT DE L'INDUSTRIE DU SCHISTE AMÉNAGEMENT D'UNE SCHISTERIE

But. — Nous avons indiqué, dans ses grandes lignes, la nature des produits dérivés du schiste par distillation en vase clos, et nous avons donné sur leur composition chimique des notions générales; ajoutons, en passant, que l'huile de schiste n'a pas été, comme le pétrole, l'objet d'études de la part des chimistes, et que l'on est peu éclairé sur sa composition intime.

Quoi qu'il en soit, voici la nomenclature des produits commerciaux fabriqués par une schisterie :

Sulfate d'ammoniaque.		
Gazoline.	densité	0,660
Essence	»	0,730
Huile lampante	»	0,800 à 0,830
Huile lampante pour phare.	»	0,870

Huile lourde

Huile pour graissage . . .	»	0,870 à 0,880
Huile claire pour gaz . . .	»	0,900 à 0,910
Huile verte » » . . .	»	0,915 à 0,930
Paraffine.		
Goudron.		
Coke.		

Le rendement moyen d'un schiste en ces différents produits étant :

En huile	de 4 à 15 %
En eau ammoniacale	de 3 à 15 %
En gaz permanents.	de 3 à 5 %
Total.	$\frac{10}{35}$ %

Aménagement d'une schisterie. — On conçoit que l'usine de distillation doive être proche du point d'extraction pour éviter le transport d'un poids mort de 65 à 90 % représentant le résidu fixe.

Par contre, l'usine de raffinage pourra n'être pas contiguë à la distillerie ; une seule raffinerie établie en un point central pourra desservir plusieurs schisteries.

Une exploitation de schiste comprend donc :

1. L'exploitation minière du gisement.
2. La distillation du schiste.
3. Le raffinage des produits bruts.

Nous décrirons le matériel nécessaire à ces trois opérations et les traitements que subissent les différents produits.

En général, la distillerie est établie sur la mine ; au sortir du puits, le schiste est trié,

concassé, puis distillé dans des appareils spéciaux; les gaz permanents sont ramenés sous les foyers des appareils de distillation et la fraction liquide recueillie dans des condenseurs à réfrigérants; l'huile brute est accumulée dans des réservoirs et conduite à la raffinerie.

CHAPITRE V

EXPLOITATION DES GISEMENTS DE SCHISTE PROCÉDÉS FRANÇAIS, ÉCOSSAIS DE DISTILLATION DU SCHISTE

Les bancs de schiste se rencontrent à des profondeurs variables, 60 mètres, 100 mètres et quelquefois plus au-dessous du niveau du sol.

Leur exploitation ressort donc de la technique des mines, aussi serons-nous très brefs sur ce point.

En France, on fonce un puits de 4 à 6 mètres de diamètre, maçonné, muni d'un chevalement recouvrant le treuil à double benne pour l'extraction.

Du pied du puits partent des galeries d'extraction aux différents niveaux, galeries qui sont ou non boisées, suivant la nature des couches adjacentes aux bancs de schiste. La largeur des galeries est de 3 à 4 mètres.

En Écosse, on exploite les gisements par puits

inclinés et les galeries sont dirigées suivant deux axes rectangulaires jusqu'aux limites de la concession. On donne aux piliers de croisement une épaisseur de 20 mètres.

Quand on a tracé toute la concession, on abat le plafond en revenant en arrière.

L'abatage se fait au pic et à la dynamite, suivant la dureté et les circonstances, et les blocs sont chargés sur des wagonnets qui seront poussés au pied du puits d'extraction.

Là, ces wagonnets sont chargés sur le treuil, amenés à la surface et dirigés au parc de triage où l'on sépare le schiste du boghead et de la gangue.

Le monte-charge est à double effet et comprend deux cages dont l'une monte, chargée, quand la seconde descend vide : il est actionné par une machine à vapeur à basse pression.

L'arbre de la machine entraîne un tambour sur lequel s'enroulent, en sens contraire, deux câbles d'acier généralement plats dont l'extrémité libre est fixée, pour chacun, à l'une des cages du treuil.

Le mécanicien commande le sens de la marche par la manœuvre du tiroir, au moyen d'un levier placé à portée de sa main, et il a sous les yeux une réduction du puits où circulent deux wagonnets minuscules. Il se rend ainsi compte, à chaque instant, de la position des cages du treuil,

et une sonnette retentit quand les wagonnets arrivent au terminus. L'emploi de vapeur à haute pression rendrait difficile la manœuvre du tiroir à la main.

La machine à vapeur du puits d'extraction peut commander simultanément les ventilateurs pour aération des galeries et les pompes d'épuisement des eaux.

Conduit sur rails au parc de triage, le wagonnet est basculé et ramené au puits.

Le triage se fait à la main et a pour but l'élimination des quartiers de roche accolés au schiste et la séparation du boghead.

Ce dernier est mis en tas et envoyé tel quel.

Le schiste subit un dernier traitement avant la distillation : il est concassé en morceaux cubant 0,5 à 1 décimètre cube, et conduit par un distributeur au pied des appareils distillatoires.

Un seul concasseur à mâchoire suffit pour broyer 112 tonnes par jour.

Le distributeur est fait d'une courroie de cuir horizontale de 40 centimètres de largeur, tendue sur deux tambours qui lui impriment une vitesse d'environ 50 centimètres à la seconde. La courroie circule devant les batteries de cornues et le schiste déposé à sa surface est rejeté au pied de la cornue désignée par le choc contre un bec de bois de 90° d'angle, que l'on déplace suivant les besoins.

Les batteries de cornues, quel que soit leur système, sont disposées sur une ou deux lignes parallèles entre lesquelles circule le distributeur.

Les cornues de distillation se construisent suivant trois types distincts :

1° La cornue Malo, presque abandonnée aujourd'hui.

2° La cornue française, que l'on rencontre dans toutes les schisteries.

3° La cornue écossaise, très employée en Écosse, et qui est appelée à remplacer partout la cornue française.

Cornue Malo. — Nous ne dirons que peu de mots de cet appareil qui n'a plus qu'un intérêt rétrospectif, bien qu'il présente sur la cornue française l'avantage de donner un rendement en huile plus élevé; par contre, il procure une dépense en combustible supérieure et il est d'un maniement délicat.

Il est formé d'un four tournant ordinaire, en fer, chauffé à la houille par un foyer latéral. La distillation d'une charge effectuée, on vide la cornue portée au rouge et l'on enfourne une charge fraîche.

Cornue française. — La cornue française est fixe et enclavée dans un massif épais en maçonnerie.

La cornue est en fonte et présente la forme d'un parallépipède mesurant 3^m,50 de hauteur,

1^m,56 de longueur et 0^m,40 de largeur (*fig.* 19); son épaisseur est de 3 centimètres, et sa contenance de 1^m³,5.

Elle porte trois orifices; deux à la partie supérieure dont l'un sert pour la charge, et l'autre, relié à la canalisation des condenseurs, évacue les produits de la distillation; le troisième, placé à la partie inférieure, sert à la décharge.

Chaque cornue a un foyer indépendant placé directement au-dessous d'elle, et une cheminée d'appel particulière. Cette dernière est en tôle et de quelques mètres de hauteur.

Le foyer, en maçonnerie réfractaire, a 1^m,50 de hauteur et une section de 1^m,10 × 1 mètre.

Le fond est fait d'une porte *pp* en fer à double vantail s'ouvrant sur une galerie souterraine parcourue par des wagonnets sur rails.

Le foyer est alimenté simultanément par les gaz incondensables de la distillation et par le schiste distillé, résidu de l'opération précédente, de telle sorte qu'une fois en feu, une cornue se chauffe d'elle-même pendant des mois.

Quand une distillation est achevée, on amène un wagonnet de 1^m³,5 sous le foyer correspondant et l'ouvrier ouvre la porte-fond du foyer. Le schiste qui a fini de brûler tombe dans le wagonnet et est aussitôt conduit au dehors pour être versé sur la décharge.

Le fond du four refermé, un ouvrier placé au

deuxième étage ouvre le registre E qui ferme la cornue et le schiste distillé, mais qui contient

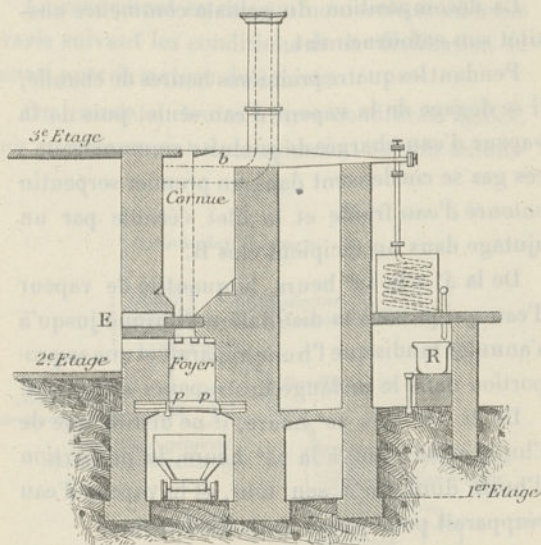


Fig. 15. — Coupe de la cornue française.

encore 5 à 8 % de carbone, tombe dans le foyer dont toutes les parois sont au rouge.

Par la porte de charge située au troisième étage un ouvrier remplit la cornue de schiste frais. Sous l'influence de la haute température développée par les parois du foyer, le schiste incomplètement brûlé entre en ignition, et, aidé des gaz ramenés des condenseurs, assure la distillation de la charge suivante.

Marche de la distillation — La durée d'une distillation est de 24 heures.

La décomposition du schiste commence aussitôt son enfournement.

Pendant les quatre premières heures de chauffe, il se dégage de la vapeur d'eau seule, puis de la vapeur d'eau chargée de produits ammoniacaux : ces gaz se condensent dans un premier serpentin entouré d'eau froide et le filet s'écoule par un ajutage dans un récipient clos R.

De la 4^e à la 12^e heure, la quantité de vapeur d'eau qui passe à la distillation diminue jusqu'à s'annuler tandis que l'huile apparaît et que sa proportion dans le mélange des vapeurs augmente.

De la 12^e à la 20^e heure, il ne distille que de l'huile et de la 20^e à la 24^e heure, la proportion d'huile diminue à son tour, et la vapeur d'eau réapparaît pour passer seule finalement.

A ce moment, l'opération est terminée et la cornue vidée est rechargée.

Les huiles sont condensées dans des serpentins plongés dans des bacs d'eau et s'écoulent dans des réservoirs clos, tandis que les gaz incondensables sont conduits du réfrigérant à huile aux foyers des cornues par une canalisation étanche.

A chaque cornue sont donc adjoints deux condenseurs, l'un pour l'eau ammoniacale et l'autre pour l'huile.

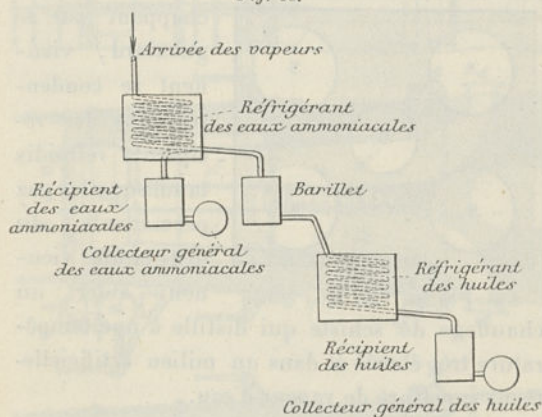
Deux conduites générales aboutissant à des bacs

de dépôt guident les eaux ammoniacales et l'huile brute.

Le rendement en eau ammoniacale et en huile varie suivant les conditions de la distillation et aussi avec la nature du schiste.

On constate, toutes autres conditions égales, un accroissement du rendement en eau ammo-

Fig. 16.



niacale au détriment du rendement en huile dont la densité s'élève, — si l'on distille à des températures croissantes.

Une diminution des rendements en eau ammoniacale et en huile sera la conséquence de la dessiccation d'un schiste par une exposition à l'air trop prolongée.

Cornue écossaise. — Nous décrirons celle

imaginée par Yung, Bilby d'Edimbourg, qui a fait son apparition en France.

Si l'on imagine un four à chaux du type courant chauffé par un gazogène indépendant, on aura une physionomie exacte de l'appareil Yung Bilby et de son fonctionnement.

Le schiste introduit par le haut est déchargé par le bas et les produits de la distillation, s'é-

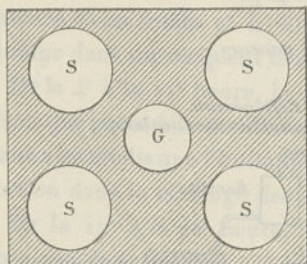


Fig. 17.

Schéma du four Yung Bilby (plan).

chappant par le gueulard, viennent se condenser dans des récipients refroidis tandis que les gaz permanents du distillatum viennent aider au chauffage du schiste qui distille à une température très élevée et dans un milieu artificiellement sursaturé de vapeur d'eau.

Le four Yung Bilby est à marche continue et produit un schiste calciné complètement débarrassé de ses éléments organiques et, par suite, incapable d'être ultérieurement employé comme combustible.

En principe, une unité Yung Bilby est formée de quatre fours à schiste S entourant le gazogène G (*fig. 17*) : les cinq appareils sont bloqués dans un même massif en maçonnerie.

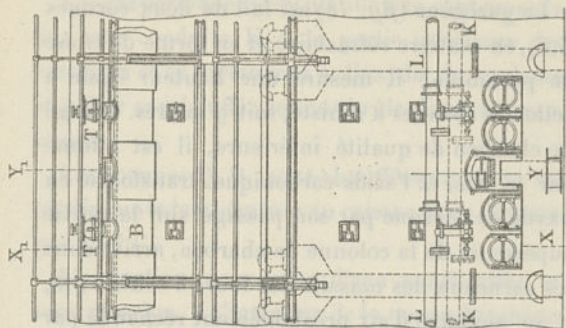


Fig. 20.
Elevation d'un four Yung Billy.

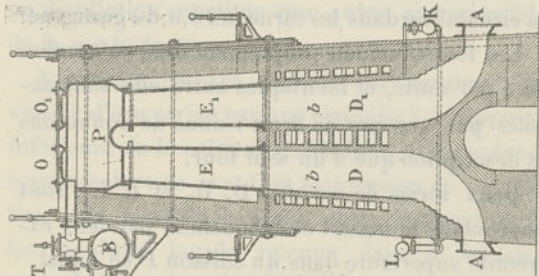


Fig. 19.
Coupe du four à schiste.

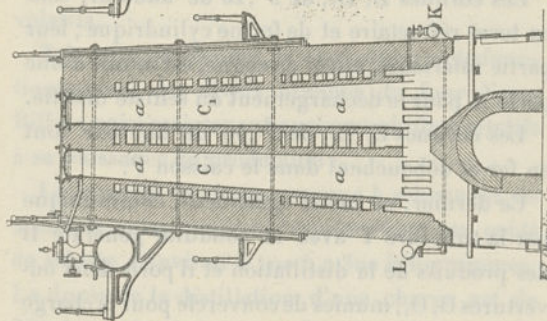


Fig. 18.
Coupe du gazogène.

Le gazogène (*fig.* 18) est fait de deux cornues C, C₁, en matière réfractaire et en forme de tronc de pyramide ; il mesure une hauteur égale à celle des cornues à schiste, soit 9 mètres. Chargé de charbon de qualité inférieure, il est allumé par le bas, et l'acide carbonique, transformé en oxyde de carbone par son passage sur la partie supérieure de la colonne de charbon, arrive dans les carneaux des massifs des fours à schiste ; là, il se mélange d'air préalablement réchauffé par sa circulation dans les carneaux *a, a*, du gazogène.

Les fours à schiste proprement dits, au nombre de 4 par unité, et identiques entre eux sont accolés par groupes de deux : nous ne donnerons la description que d'un seul four.

Deux séries de cornues D, D₁ et E, E₁, sont noyées dans le massif et débouchent par leur extrémité supérieure dans un caisson P en métal.

Les cornues D, D₁, de 5^m,20 de hauteur, sont en terre réfractaire et de forme cylindrique ; leur partie inférieure, en col de cygne, est munie d'une porte A pour le déchargement du schiste distillé.

Les cornues E, E₁, de 3^m,80 de hauteur sont en fer et débouchent dans le caisson P.

Ce dernier, en métal également, communique par la tubulure T avec la conduite générale B des produits de la distillation et il porte deux ouvertures O, O₁, munies de couvercle pour la charge du schiste frais.

Les gaz permanents du distillatum sont amenés par une conduite K à la partie inférieure des carneaux et se mélangent à l'oxyde de carbone et à l'air surchauffé ; le tout brûle dans les carneaux.

Les cornues D, D₁, sont chauffées au rouge vif tandis que la température au caisson P ne dépasse pas 500° C.

L'adduction de vapeur d'eau surchauffée et sous pression, à l'intérieur de la masse de schiste en distillation constitue une autre particularité de la méthode.

Après son passage dans un *surchauffeur*, la vapeur d'eau arrive par une conduite L à la partie inférieure de la colonne de schiste ; sa température est alors de 107° C et sa pression de 1^{atm},5. Son rôle consiste à réagir chimiquement sur les produits lourds retenus dans le schiste et à balayer les dernières traces de produits volatils.

Tels sont, en résumé, la disposition et le fonctionnement des divers organes du four Yung Bilby ; voici maintenant quelques chiffres relatifs à sa puissance de production :

La capacité de chaque cornue à schiste est de 2 mètres cubes environ, représentant un poids de schiste d'environ 2 100 à 2 300 kilogrammes. La durée de la distillation d'une charge est de 36 heures, et correspond au traitement de

1 500 kilogrammes de schiste par jour et par cornue.

Les consommations en eau et charbon pour combustible, par *tonne* de schiste distillé, sont les suivantes :

Eau : 380 litres à 107° C sans tenir compte des 60 litres d'eau environ contenus dans le schiste frais.

Charbon : 180 kilogrammes.

Le four mis en feu est entretenu de charbon dans le gazogène et de schiste frais dans les cornues ; cette dernière manœuvre s'effectue toutes les vingt-quatre heures et coïncide avec une décharge partielle du schiste distillé. La surveillance de la marche du four est facilitée par des regards percés dans la maçonnerie, à diverses hauteurs, et fermés en temps ordinaire par un tampon luté.

La condensation des produits de la distillation est faite dans des conditions plus parfaites qu'en France.

De la conduite générale, les vapeurs passent dans un réfrigérant à air présentant une surface de refroidissement de 20 mètres carrés par tonne de schiste distillé en vingt-quatre heures, puis dans un premier condenseur où l'on recueille les produits les plus lourds, de densité 0,875 environ.

Après avoir circulé dans un second réfrigérant à air, les vapeurs arrivent dans un condenseur

et y déposent les produits légers de densité 0,775 environ.

Les gaz permanents, sous l'influence d'un aspirateur, sont alors lancés dans deux tours à coke de 10 mètres de hauteur et de 2^m,50 de diamètre et arrosés dans l'une d'eau pour reprendre les vapeurs ammoniacales et dans l'autre d'huile lourde de densité 0,865 qui absorbe les hydrocarbures légers.

A la sortie de la seconde tour, les gaz permanents sont considérés comme ayant cédé tous les produits utilisables et dirigés dans un gazomètre d'où part la canalisation des fours.

Rendement industriel. — Traité dans la cornue française, un schiste donnera par mètre cube de 1 100 à 1 200 kilogrammes.

Huile brute	40 à 70 litres
Eau ammoniacale	30 à 65 »
(soit, en sulfate d'ammoniaque)	5 à 6 kil.
Gaz permanents	25 à 30 m ³
Paraffine	pour mémoire

Les schistes de l'Autunois ont un rendement moyen de 40 litres d'huile, tandis que ceux de Buxières-la-Grue produisent, dans les mêmes conditions, jusqu'à 65 litres d'huile.

Comme on le verra plus loin, il passe à la distillation une quantité notable de paraffine, trop faible cependant pour justifier de son extraction, mais assez élevée pour gêner lors de la rectification de l'huile brute.

Le même schiste, traité dans la cornue écossaise, produira par mètre cube :

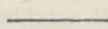
Huile brute.	100 à 125 litres
Eau ammoniacale	70 à 150 »
Soit en sulfate d'ammo-	
niaque.	10 à 11 kil.
Paraffine	10 »

Emmagasinage et transport de l'huile brute. — A la sortie des condenseurs, le liquide brut est conduit dans des réservoirs de dépôt où il séjournera plusieurs jours si la raffinerie est contiguë à la distillerie, pour permettre la séparation entre eux des eaux ammoniacales, de l'huile et du goudron.

Les liquides sont soutirés et refoulés par une canalisation souterraine dans les bacs de la raffinerie.

Lorsque la raffinerie est éloignée, il n'est pas besoin de laisser déposer le liquide brut ; on l'envoie tout de suite à la raffinerie dans des voitures-citernes en métal.

L'huile séparée du goudron et de l'eau ammoniacale est prête à subir les opérations du raffinage.



CHAPITRE VI

RAFFINAGE DE L'HUILE DE SCHISTE PROCÉDÉS FRANÇAIS — PROCÉDÉS ÉCOSSAIS

Les méthodes françaises diffèrent des méthodes écossaises, en ce que nos huiles contiennent de la paraffine en trop minime quantité, pour donner lieu à une fabrication de ce corps, et en quantité suffisante cependant, pour causer une gêne dans le raffinage proprement dit du lampant.

Les huiles écossaises, au contraire, renferment environ quatre fois plus de paraffine et permettent une extraction rémunératrice de ce corps.

Première méthode française. — Elle est employée à Saint-Léger, près Autun, où la *Société Lyonnaise* raffine environ 60 000 hectolitres d'huile brute par an.

Le matériel comprend :

- 12 Chaudières de 6^m pour la distillation du brut.
- 5 » » 10 » les rectifications.
- 3 » » 1,8 » le traitement des résidus
- 8 Batteuses à acide.
- 7 » à soude.
- 3 Réservoirs à circulation d'eau pour l'emmagasinage des huiles représentant 13 000 hectolitres.

Force motrice, pompes, etc.

Les chaudières sont horizontales, chauffées à feu nu et protégées contre l'action directe des flammes par une voûte en maçonnerie.

Un robinet de vidange, un trou d'homme et un orifice de chargement facilitent les manœuvres ; les produits de la distillation s'échappent par un col de cygne.

Les produits de la distillation arrivent dans un réfrigérant à serpentín de plomb de 60 millimètres de diamètre, et sont reçus dans un bac communiquant par une tuyauterie avec les différents réservoirs des produits de première distillation.

Les batteuses à acide sont de forme cylindrique et d'une capacité de 3 mètres cubes. Elles sont construites en tôle d'acier de 6 millimètres d'épaisseur, et portent 2 robinets placés l'un au fond pour enlever les résidus acides, et l'autre à 20 centimètres au-dessus, pour vidanger l'huile.

Deux tambours à ailettes hélicoïdales, tournant

en sens inverse l'un de l'autre, servent à agiter le liquide.

Les batteuses à soude sont construites sur le même modèle.

Les batteuses sont divisées en deux séries superposées : les batteuses à acide sont placées au niveau supérieur.

Les opérations de raffinage sont identiques à celles du pétrole.

Par distillation, on sépare les produits divers entre eux, puis on les épure à l'acide sulfurique et à la soude pour les décolorer et détruire des composés probablement sulfurés qui leur communiquent une odeur repoussante.

L'huile est versée dans la batteuse, l'agitateur mis en mouvement, et l'on ajoute la moitié, soit 30 litres, de la quantité prévue d'acide sulfurique à 66° Baumé.

Après 30 minutes de réaction, on soutire les goudrons acides, et l'on verse 25 litres d'acide frais.

On laisse réagir encore 30 minutes, après quoi, on soutire les goudrons et l'on envoie l'huile dans la batteuse inférieure où elle est d'abord lavée avec de l'eau injectée sous forte pression. L'eau de lavage est décantée, renouvelée, décantée à nouveau, après quoi on injecte 40 litres d'une solution de soude caustique à 33° Baumé.

La durée totale d'une opération d'épuration est de 3 heures.

Voici, d'après une communication de M. Chesneau dans les *Annales des Mines*, le rendement des différentes phases du raffinage :

L'huile brute est chargée dans une chaudière de 6 mètres cubes ; sa distillation durera 48 heures dont 36 de filet et procurera :

1. Huile de densité . . .	0,830	58 litres	0/0
2. » verte à gaz . . .	0,895	23	»
3. Goudron	0,960	17	»
4. Pertes		2	»

L'huile verte et le goudron sont vendables sans avoir à subir d'autres traitements.

L'huile 1 est épurée à l'acide sulfurique et à la soude, puis distillée dans une chaudière de 10 mètres cubes : la distillation durera 60 heures.

L'épuration lui a fait subir une perte de 14 0/0.

On obtiendra à la distillation :

5. Huile lampante densité	0,810	68 litres	0/0
6. » lourde	»	0,868	21
7. Goudron	»	0,905	10
Pertes	»		1

L'huile 5 est épurée à l'acide et à la soude, avec une perte de 5 0/0 ; l'huile 6 subit le même traitement mais avec une perte de 10 0/0.

L'huile 5 épurée peut-être vendue ; l'huile 6,

est distillée dans les chaudières de 6 000 litres et fournit :

8. Huile lourde .	densité	0,840	43 litres 0/0
9. » » .	»	0,860	30 »
10. » » .	»	0,870	16 »
11. » » .	»	0,960	10 »
Pertes	»		1 »

L'huile 8, après épuration chimique et perte de 6 0/0, est mélangée pour la vente avec l'huile 5 et fournit un lampant de densité 0,815.

L'huile 9 est vendue pour les lampes à niveau constant.

L'huile 10 est épurée avec une perte de 5 0/0 et fournit une huile lourde de graissage, densité 0,868.

En résumé, cette méthode fournit par hectolitre d'huile brute de schiste autoinois.

Huile lampante	densité	0,815	36,48 litres
» lourde	»	0,860	2,88 »
» de graissage . .	»	0,868	1,49 »
» à gaz verte . .	»	0,895	25 »
Goudron	»	0,960	20 »
Pertes	»		14,15 »
TOTAL.			<u>100 litres</u>

Ces opérations entraînent par hectolitre d'huile brute une dépense de :

Charbon	21,5 kilogr.
Acide sulfurique	3,2 »
Soude	0,4 »

Deuxième méthode française. — Elle est utilisée à Buxières-la-Grue.

Le matériel comprend :

2	Chaudières de 8 ^m 3,5	chaque	pour la 1 ^{re}	distillation	
7	»	»	2,2	»	2 ^e »
10	»	»	1,8	»	3 ^e »

10 batteuses de 2 mètres cubes chaque pour l'épuration chimique ; une force motrice de 25 chevaux ; une série de bacs représentant 10 000 hectolitres.

Les chaudières de distillation sont du type cylindrique horizontal, et aménagées comme celles de l'usine de Saint-Léger. Il en est de même des batteuses.

Voici, d'après M. Chesneau, le rendement obtenu dans cette usine, et rapporté à l'hectolitre d'huile brute :

1.	Huile de densité	.	0,830	51,61	litres
2.	»	»	0,880	9,53	»
3.	»	verte à gaz	0,925	18,11	»
4.	Goudron	.	1	19,13	»
	Pertes	.		1,62	»

Le goudron est vendu pour asphalte.

L'huile 2 distillée à nouveau donne :

5.	Huile de densité	.	0,835	4,76	litres
6.	»	»	0,880	85,85	»
7.	Résidu	.	1	8,31	»
	Pertes	.		1,08	»

Les huiles 1 et 5 sont épurées à l'acide sulfu-

rique et à la soude, avec une perte de 12,37 % ;
le produit épuré 8 est distillé et l'on obtient :

9. Huile de densité	0,810	60,49 litres
10. »	0,865	30,25 »
11. »	0,960	7,89 »
Pertes		1,37 »

L'huile 6, après épuration chimique où elle
perd 15,44 %, est distillée et fournit :

12. Huile de densité	0,870	44,23 litres
13. »	0,890	46,55 »
14. Résidu	0,940	7,52 »
Pertes		1,97 »

On mélange les huiles 10 et 12, on épure, ce
qui entraîne une perte de 8 % et l'on rectifie le
produit. On obtient :

15. Huile de densité	0,835	60,64 »
16. » lourde pour éclairage	0,870	8,27 »
17. Huile lourde pour éclairage	0,885	21,66 »
18. Résidus	0,940	7,70 »
Pertes		1,73 »

L'épuration des huiles 9 et 15 entraîne une
perte de 5,15 %, et produit une huile de den-
sité 0,810 à 0,815.

On épure aussi les huiles 17 et 13 et l'on
obtient avec 5,84 % de perte une huile de
graisseage de densité 0,880.

Les résidus 11, 14 et 17 sont mélangés et distillés. On obtient alors :

19. Huile à gaz de densité	0,905	84,98 litres
20. Goudrons.	1	12,81 »
Pertes.		2,21 »

On peut préparer une huile claire à gaz 21 en distillant à nouveau les huiles vertes 3. Cette opération fournit :

21. Huile claire à gaz de densité	0,917	83 litres
22. Goudrons.		14 »
Pertes.		3 »

La rectification d'un hectolitre d'huile brute entraîne une consommation de :

Charbon	35	kilogrammes
Acide sulfurique	4,85	»
Soude	1	»

Un hectolitre d'huile brute de densité 0,895 produit :

Huile lampante de densité moyenne	0,812	35 litres
Huile lourde pour éclairage moyenne	0,870	1,30 »
Huile lourde pour graissage moyenne	0,880	6,25 »
Huile claire à gaz moyenne.	0,905	4,50 »
» verte à gaz »	0,925	18,10 »
Goudrons.		20,60 »
Pertes		14,25 »
TOTAL		<hr/> 100 litres

La durée totale d'une distillation est :

Pour les chaudières de	1 ^m 3,8	de 30 heures
»	»	8,5 » 82 »
»	»	2,1 » 50 »

Méthode écossaise. — Les procédés employés en Écosse diffèrent des nôtres par l'emploi d'un chauffage combiné des chaudières de distillation à feu nu et à la vapeur surchauffée.

En outre, les huiles écossaises fournissent de la paraffine, alors que les nôtres en sont trop pauvres pour justifier une fabrication spéciale de ce produit.

Les chaudières écossaises d'une capacité de 10 000 litres, sont verticales : le fond, en forme de calotte hémisphérique, est en acier et de 10 centimètres d'épaisseur, et les parois en tôle de 7 millimètres d'épaisseur.

Un foyer chauffe directement le fond, tandis qu'une injection de vapeur surchauffée est faite dans l'huile, à la partie inférieure de la chaudière.

Les opérations d'épuration s'effectuent comme en France.

L'huile brute subit une première distillation qui dure 24 heures, et l'on pousse la température jusqu'à formation de coke. Les produits lourds se trouvent dissociés en produits plus légers.

La perte est de 3 % en moyenne.

Après une première épuration à l'acide sulfurique et à la soude, l'huile est distillée à nouveau, et l'on obtient :

1. Huile de densité . . .	0,810	50 litres
2. » lourde de densité	0,860	49 »
Perte		1 »

L'huile 1 est épurée, distillée sans fractionnement, épurée à nouveau et enfin fractionnée en :

3. Huile lampante cristal.
4. » » pour phare.
5. » à gaz à dissocier à haute température en coke et produits légers.

L'huile 2 est traitée pour paraffine et huile de graissage.

Les huiles déparaffinées sont épurées et distillées sur de la soude caustique. Elles fournissent :

6. Huile lampante.	
7. » lourde de densité	0,865
8. » » »	0,890

L'huile 6 est ajoutée à l'huile 1 .

Les huiles 7 et 8 sont épurées et vendues comme huiles de graissage.

Nous donnons plus loin la marche suivie pour la fabrication de la paraffine.

Le traitement d'un hectolitre d'huile brute entraîne la consommation de :

Charbon	83	kil.
Acide sulfurique	3,15	»
Soude	1	»

Les huiles écossaises donnent en moyenne,
par hectolitre d'huile brute :

Gazoline. Essence de densité	0,660 à 0,730	4,6 litres
Huile lampante »	0,800 à 0,830	38,5 »
» lourde »	0,840 à 0,885	24,5 »
Paraffine raffinée		10 kil.
Eau ammoniacale		290 litres
(soit sulfate d'ammoniaque).		10 kil.
Gaz		30 m ³

CHAPITRE VII

PARAFFINE — SULFATE D'AMMONIAQUE GOUDRONS

Fabrication de la paraffine. — Nous insisterons sur la fabrication de ce produit parce que cette branche de l'industrie du schiste est la plus rémunératrice, quand, bien entendu, la teneur de l'huile autorise cette extraction. Ainsi, les schisteries écossaises *perdent* sur leurs huiles mais *gagnent* sur la paraffine.

Nous avons vu au chapitre précédent que l'huile 2 renfermait en solution la paraffine de l'huile brute. Voici les modes de traitement que l'on peut lui faire subir :

1° La séparation de la paraffine solide est faite en deux opérations ; l'huile lourde est refroidie et pressée ; une nouvelle distillation concentre la paraffine qu'on obtient par un refroidissement nouveau et une compression. Dans les deux cas, le refroidissement est dû d'abord à l'atmosphère, puis à des machines réfrigérantes. Le refroidis-

sement atmosphérique s'obtient soit dans des réservoirs de peu de profondeur 0^m,30 disposés dans un hangar où circulent des courants d'air, soit dans de longs tubes de 0^m,90 de diamètre dans lesquels la masse est mélangée au moyen d'un ringard de la longueur du tube. La masse est ensuite aspirée pour être conduite dans les appareils réfrigérants. Pour la première compression, on se sert de machines à éther et pour la seconde, de machines à ammoniacque ; ces machines agissent sur du chlorure de calcium, qui, conduit au réfrigérant, alterne avec la masse de paraffine pour en remplir les compartiments. Anciennement, on refroidissait brusquement en quelques secondes la masse de paraffine qui prenait une forme amorphe, rendant difficile sa séparation de l'huile.

Le froid obtenu plus lentement dans l'appareil actuel permet aux cristaux de se former et de grossir. Au premier refroidissement, la masse séjourne 3 heures et demie dans les appareils, 8 et 9 heures dans le deuxième. Comme elle est mauvaise conductrice de la chaleur, elle serait longue à se refroidir si on ne la brassait pas avec une râclette, qui renouvelle constamment la surface exposée au froid. La paraffine obtenue en cristaux est facilement séparée de l'huile.

Il reste à raffiner le produit ainsi obtenu.

L'opération peut être effectuée par un traite-

ment chimique, la fusion ou un traitement au naphte. On écarte souvent le premier procédé qui exigerait une grande quantité d'acide, demanderait une température élevée, occasionnerait d'assez grandes pertes et ne donnerait pas une bonne couleur. Le traitement à la soude, a l'inconvénient de rendre la paraffine grasse, amorphe et difficile à séparer.

2° Dans le procédé par fusion, qui est préférable, la masse est fondue et coulée dans des boîtes peu profondes mesurant $0,60 \times 0,25 \times 0^m,03$. En refroidissant, la paraffine à haut point de fusion se sépare d'abord et forme des noyaux de cristallisation pour la paraffine à point de fusion moins élevé. Les matières colorantes se concentrent dans l'huile et les paraffines douces. Les pains de paraffine sont étendus sur une natte de coco et le tout, placé dans des chambres chauffées à 50°C , les cristaux restent seuls à l'état solide ; les autres produits coulent, entraînant dans la solution les matières colorantes.

3° Les cristaux de paraffine sont soumis plusieurs fois de suite au *suage*, et l'huile qui s'écoule est à nouveau refroidie et comprimée ; dans le raffinage au naphte, la masse est fondue et mélangée à 25 à 30 % d'essence minérale ; le mélange coule dans des boîtes carrées peu profondes, où il se solidifie en gâteaux faciles à

comprimer par des presses plates. Cette compression fait couler le naphte qui entraîne toutes les matières colorantes. Les presses sont enveloppées d'un mince capuchon de métal qu'on abaisse ou qu'on monte au moyen d'un contrepoids, ce qui empêche toute perte de naphte par évaporation.

On recommence deux fois le traitement au naphte, puis la cire fondue est passée à la vapeur pour enlever les dernières traces d'huile, et lavée dans l'eau. Après quoi, elle est traitée légèrement avec des scories provenant d'usines à prussiate (pour la décoloration), filtrée et enfin refroidie en blocs, prête à être livrée.

Le raffinage de la paraffine entraîne une perte de 15 %.

Préparation du sulfate d'ammoniaque. —

Le traitement des eaux ammoniacales est le même en France et en Écosse.

L'eau-mère est lancée dans de longs cylindres où elle est pulvérisée par des jets de vapeur qui l'entraînent dans des récipients renfermant une solution d'acide sulfurique de densité 1,22.

Le sulfate d'ammoniaque est mis à cristalliser et titre 91 %.

On peut aussi traiter l'eau-mère par la chaux, dans un appareil à colonnes, et recevoir le produit de la réaction dans un vase renfermant de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Une tonne de schiste fournit :

Distillée dans la cornue française.	5 ^{ks}	de sulfate d'ammoniaque	
Distillée dans la cornue écossaise.	10,8	"	"

Le traitement des eaux ammoniacales entraîne une dépense de 2 kilogrammes de charbon par kilogramme de sulfate d'ammoniaque obtenu.

Goudrons. — Les goudrons neutres recueillis dans les différentes phases du raffinage de l'huile brute sont vendus pour la fabrication de l'asphalte.

Les goudrons acides peuvent être traités comme nous l'avons indiqué pour les goudrons acides de pétrole, pour la récupération de l'acide sulfurique ; après quoi, ils ne peuvent guère être utilisés que comme combustible.

TROISIÈME PARTIE

HUILE DE LIGNITE

GISEMENTS

Historique. — Cette industrie a été créée en Allemagne à Weissenfels, aux confins de la Thuringe et de la Saxe; nous possédons, en France, de petites usines qui l'exploitent.

But. — Elle a pour objet la distillation du lignite pour la fabrication de :

1. L'huile de lignite lampante légère
de densité 0,790 à 0,800
2. L'huile lampante ordinaire 0,815 à 0,830
3. » pour nettoyage 0,850 à 0,860
4. » à gaz 0,860 à 0,880
5. » pour graisses à voitures 0,880 à 0,925
6. » de graissage fine 0,880 à 0,900
7. Créosote.
8. Poix.
9. Goudron.

Les huiles 4 et 5 peuvent être traitées pour la fabrication de la paraffine.

Le lignite. — Cette substance est amorphe, à cassure conchoïdale ou terreuse; son éclat est cireux et sa couleur varie du jaune au noir.

Il a pour densité 0,5 à 1,25 et sa dureté est comprise entre 1 et 2,50.

Il brûle avec flamme en répandant une odeur désagréable et il est soluble dans les alcalis.

Sa composition chimique moyenne est :

C.	56 à 74
H.	5 à 7
O + Az	14 à 36
Cendres	2 à 5

Le lignite possède ordinairement la structure du bois et forme d'abondants dépôts dans les terrains tertiaires.

Exploitation du gisement de Weissenfels. — La couche de lignite présente à Weissenfels une épaisseur de 20 mètres environ; la partie supérieure, dont le rendement en huile est le plus élevé, 7 %, est de couleur jaune clair, sans consistance, analogue à du bois pourri.

L'exploitation se fait soit à ciel ouvert, par gradins, soit par puits de 10 mètres de profondeur.

Distillation du lignite. — Le lignite est distillé dans un four à cuve, du genre repré-

senté par la *fig. 21*; on charge par le haut, en couronne, sur les chapeaux de tôle.

Les produits de la distillation sont aspirés par la tubulure T et le résidu de lignite est éliminé par les clapets *c, c*. Le four est chauffé, partie avec du lignite et partie avec les gaz permanents de la distillation ramenés par la tubulure *t*.

Un four à 7^m de hauteur et 1^m,60 de diamètre.

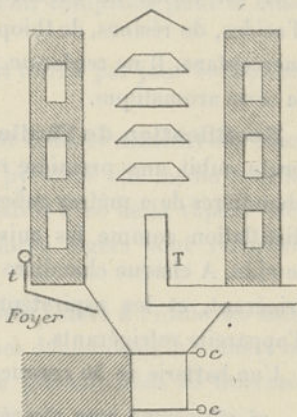


Fig. 21. — Coupe d'un four à lignite.

Un four jauge 3 mètres carrés et peut traiter 3 tonnes de lignite par jour.

Toutes les heures, on retire le résidu de la distillation.

En distillant dans le *vide*, on double la production des fours; les produits légers se forment en moindre proportion, mais le rendement en paraffine augmente.

Les produits de la distillation sont recueillis dans un condenseur à réfrigérants.

Les gaz permanents sont lavés pour l'extraction de leur ammoniaque.

L'huile brute de lignite. — C'est un liquide noir, de densité 0,870, demi-solide à la température ordinaire.

Il est formé de carbures C^nH^{2n} . C^nH^{2n+2} , d'acides, de résines, de thiophènes supérieurs, de mercaptans. Il ne renferme pas de carbures de la série aromatique.

Rectification de l'huile brute. — L'huile brute subit une première rectification dans des chaudières de 2 mètres cubes de capacité; cette distillation comme les suivantes est faite dans le vide. A chaque chaudière est adjointe un réfrigérant, et les aspirateurs sont aussi munis d'appareils réfrigérants.

Une batterie de 32 cornues utilise :

26 réfrigérants pour récupération des produits	
4 » pour les aspirateurs.	

Les produits de la distillation sont reçus alternativement dans deux récipients de 150 litres.

La distillation s'opère sous une pression de 40 centimètres de mercure et dure huit heures.

Elle consomme, par tonne d'huile brute, 250 kilogrammes de houille et produit

Huile de densité 0,860	30 %
» paraffinée	55 %
Résidu.	15 %

Épuration chimique. — Les produits de première distillation sont épurés à l'acide sulfu-

rique à 68° Baumé et à la soude caustique en solution à 36° Baumé.

Les épurateurs, d'une capacité de 20 mètres cubes, travaillent à l'air comprimé pour le brassage de la masse.

Un épurateur peut traiter par jour 300 tonnes d'huile.

Le résidu noir est épais et contient des bases pyridiques, mais la pyridine elle-même semble manquer. On le distille avec de la vapeur surchauffée, et les produits légers sont recueillis dans un réfrigérant.

La solution de soude enlève à l'huile des combinaisons phénoliques dénommées *créosote* : on n'y rencontre pas le phénol, mais les trois crésols et le créosol.

L'épuration n'enlève que partiellement le soufre que renferme toujours l'huile brute (teneur de 0,5 à 4 %).

Raffinage. — L'huile épurée est soumise à une série de distillations et d'épurations qui conduisent à la fabrication des produits que nous avons énumérés au début. Le raffinage utilise 500 kilogrammes de houille par tonne d'huile brute.

Paraffine. — L'extraction de la paraffine se fait d'après les mêmes méthodes que dans les usines de pétrole ou de schiste.

Rendement. — Une tonne de lignite rend de

60 à 70 litres d'huile brute. Une tonne d'huile brute rend de 700 à 800 kilogrammes de produits marchands parmi lesquels :

Huiles d'éclairage	50 à 200 kilogrammes	
» lourdes	20 à 50	»
Paraffine	150 à 200	»
Créosote	50 à 150	»
Coke et Gaz	300 à 200	»

NOTA. — L'ensemble des usines de Weissenfels traitait en 1892 plus de 1 000 000 de tonnes de lignite produisant 60 000 tonnes d'huile brute.

L'usine de Webar travaillait annuellement 18 000 tonnes d'huile brute avec

- 35 Fours à lignite.
- 9 Cornues de 2 mètres cubes pour distillation du brut dans le vide.
- 6 Cornues de 2 mètres cubes pour distillation des huiles lourdes.
- 11 Cornues de 2 mètres cubes pour distillation des résidus premiers.
- 7 Cornues de 2 mètres cubes pour distillation des huiles légères.
- 2 Cornues de 2 mètres cubes pour distillation des résidus.
- 4 Cornues de 2 mètres cubes pour distillation des résidus d'épuration.
- 26 Réfrigérants pour cornues.
- 4 » aspirateurs.

APPENDICE

—

ESSAI DES HUILES MINÉRALES
DENSITÉ. — CAPILLARITÉ. — FLUIDITÉ
CONGÉLATION. — INFLAMMABILITÉ
HUILES POUR ÉCLAIRAGE
HUILES POUR GRAISSAGE

Densité. — La densité des huiles peut être prise à l'aide des aréomètres de Baumé, de Gay-Lussac ou autres.

Une table indique la densité correspondant à l'indication de l'aréomètre Baumé, si l'on se sert de l'aréomètre de Gay-Lussac, on obtiendra le résultat cherché en divisant 100 par la division n indiquée par l'appareil.

Capillarité. — Il est intéressant de connaître le coefficient de capillarité d'une huile, car l'ascension de l'huile dans la mèche est due à un phénomène de cette nature.

A ce point de vue, l'étude d'une huile consiste à mesurer le temps que le liquide met à s'élever

dans la mèche d'une hauteur déterminée, de 10 centimètres.

Engler a obtenu les résultats suivants :

Origine de l'huile	Densité	Viscosité	Durée en minutes de l'ascension à 10 cent.
Huile lampante du Caucase. . . .	0,820	1,04	3,5
// d'Amérique	0,800	1,08	4
// d'Allemagne	0,830	1,09	3,5
// de Pechelbronn	0,809	1,17	4

La durée de l'ascension dépend de la viscosité et non de la densité.

Fluidité. — Très important à connaître au point de vue des applications industrielles, cet élément est déterminé par la vitesse d'écoulement de l'huile à la température de 35° C au travers d'un orifice de section déterminée.

Le coefficient de fluidité est indépendant de la densité.

Il est la moyenne des coefficients spécifiques des huiles qui, mélangées, constituent le mélange essayé.

Congélation. — L'action du froid peut séparer l'huile en deux parties dont l'une est solide tandis que l'autre reste liquide : elle peut aussi amener la congélation de la masse entière.

Cet essai se fait en soumettant à une température progressivement décroissante quelques centimètres cubes d'huile versés dans un tube à essai.

L'huile pour C^{ies} de chemins de fer ne doit pas se congeler avant — 20 C.

Point d'éclair. — On désigne ainsi la température à laquelle une huile émet des vapeurs inflammables au contact d'un corps en ignition.

On détermine cet élément à l'aide d'appareils basés sur des principes différents mais qui peuvent être répartis en deux grandes catégories.

1° Appareils donnant la température d'émission de vapeurs inflammables.

2° Appareils manométriques.

La détermination du point d'éclair ayant une grande importance au point de vue des dangers que présente l'emploi d'une huile, nous indiquerons le principe des appareils les plus usités dans les deux catégories.

Appareils de la première catégorie. —

Le principe même de leur fonctionnement : inflammation des vapeurs émises par le pétrole à une température convenable rapproche leurs indications des conditions dans lesquelles l'huile essayée ferait explosion dans les appareils d'utilisation. Mais les indications des appareils de cette catégorie ne sont comparables entre elles qu'autant que :

1° Le récipient est rempli d'une quantité d'huile toujours la même ;

2° Que la flamme qui provoque l'explosion a la même étendue et se trouve à une même hauteur au-dessus du niveau de l'huile ;

3° Que la chaleur dégagée par la flamme est la même, d'où nécessité d'avoir une lampe alimentée toujours avec la même huile ;

4° Que l'échauffement de l'huile est obtenu graduellement.

Le plus précis de ces appareils est celui de

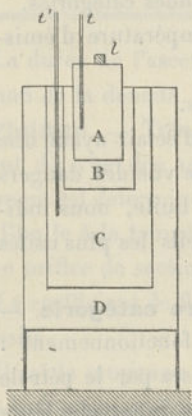


Fig. 22.
Coupe de l'appareil
d'Abel.

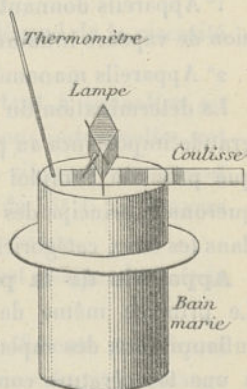


Fig. 23.
Perspective de l'appareil d'Abel.
La lampe est renversée.

Abel représenté en coupe par la *fig. 22* et en perspective par la *fig. 23*.

Il comprend :

1° Un vase A cylindrique, en laiton étamé, mesurant 58 millimètres de hauteur et 51 millimètres de diamètre, qui recevra l'huile à essayer. Une tige métallique sert de repère au niveau de l'huile.

Ce vase est muni d'un couvercle portant :

Un thermomètre ;

Une coulisse ;

Une lampe pouvant basculer.

2° Le vase A est dans l'axe d'une triple enveloppe métallique BCD ; le milieu BC est rempli d'eau et formera bain-marie à eau dont un thermomètre t' indiquera la température.

3° Une lampe l chauffe l'ensemble.

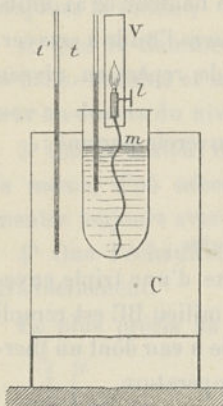
L'emploi de l'appareil d'Abel exige que de temps à autre, et à des intervalles de plus en plus rapprochés, au fur et à mesure que la température monte, on tire la coulisse pour démasquer le récipient à huile et faire basculer la lampe.

Quand la température de l'huile est telle que des vapeurs inflammables sont émises, la flamme de la lampe les allume et une explosion se produit qui éteint la lampe. On lit la température indiquée par le thermomètre t , qui est celle à laquelle l'huile émet des vapeurs inflammables.

Un autre appareil, un peu moins précis, mais d'un emploi plus commode, est le suivant :

Un récipient cylindrique C plongé dans un bain-marie reçoit l'huile à essayer (*fig. 24*).

Fig. 24.



Dans l'huile, pénètre un thermomètre *t* et la mèche *m* d'une lampe *l* entourée d'une cheminée de verre *V*.

Le vase *C* plonge dans l'eau d'un bain-marie chauffé par une lampe à alcool.

Quand l'huile émet des vapeurs inflammables une explosion se produit dans la cheminée *V* et éteint la lampe.

On lit la température indiquée par le thermo-

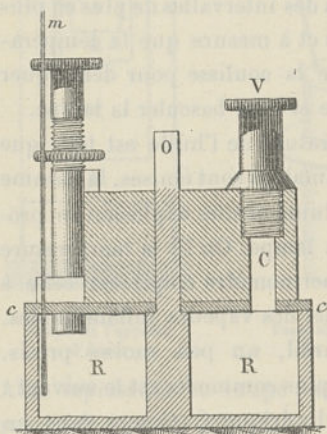


Fig. 25. — Appareil Salleron et Urbain.

mètre qui indique à laquelle l'huile émet des vapeurs inflammables.

Appareils de la seconde catégorie. — Si l'on admet que le danger présenté par une huile, à une température donnée, est proportionnelle à sa

tension de vapeurs, on pourra utiliser l'appareil de Salleron et Urbain représenté par la *fig. 25*.

Température C	Tension de la vapeur en millimètres d'eau	Température C	Tension de la vapeur en millimètres d'eau
0	34,5	18	73
1	36	19	76
2	37,5	20	79
3	39	21	82,5
4	41	22	86
5	43	23	90
6	45	24	95
7	47	25	100
8	49	26	105
9	51	27	110
10	53	28	116
11	55	29	122
12	57	30	129
13	59	31	136
14	61,5	32	144
15	64	33	155
16	67	34	163
17	70	35	174

L'huile est versée dans le récipient R qu'un couvercle *c* maintenu par une vis *V* ferme hermétiquement.

Ce couvercle supporte :

Un manomètre *m*;

Un thermomètre *t* non figuré.

Le récipient R peut être mis, au moyen d'une coulisse, en communication avec la chambre C,

L'appareil est chauffé au bain-marie.

Les inventeurs ont mesuré la tension de vapeurs à des températures comprises entre 0° et 35° C, d'une huile exempte de produits de densité inférieure à 0,755 ou supérieure à 0,820.

Essai des produits pour éclairage. ---

Les essences et huiles lampantes de schiste, de pétrole de lignite doivent remplir certaines conditions pour avoir droit à la vente :

Les essences ne doivent pas émettre de vapeurs inflammables à une température inférieure à 25° C.

Les huiles ne doivent pas émettre de vapeurs inflammables à une température inférieure à 35° C : leur densité doit être de 0,800 environ pour le pétrole et de 0,815 pour l'huile de schiste. Il est accordé une tolérance de 2° C dans la température d'émission de vapeurs inflammables.

Nous avons indiqué les modes de détermination de la densité et de la température d'émission des vapeurs inflammables.

L'absence de produits sulfurés est reconnu quand, après avoir mélangé et enflammé un mélange de 5 centimètres cubes d'huile, 2 centimètres cubes d'ammoniaque et de quelques gouttes de nitrate d'argent, le liquide ne noircit pas.

Si l'on mélange de l'huile de pétrole à son volume d'acide sulfurique, la température du

liquide ne doit pas s'élever de plus de 5 à 10° C ; si l'huile est additionnée d'huile de tourbe ou de schiste, l'élévation de température peut atteindre 50° C.

DENSITÉ ET TEMPÉRATURE D'INFLAMMATION
DES HUILES DE PÉTROLE

Densité	Température d'inflammation	Densité	Température d'inflammation
Pétrole brut			
0,802	+ 15	0,775	+ 45
0,685	- 21	0,783	+ 50
0,700	- 19	0,792	+ 75
0,740	+ 15	0,805	+ 90
0,750	+ 17	0,822	+ 110
0,760	+ 35	//	//

DENSITÉ ET TEMPÉRATURE D'INFLAMMATION
DE L'HUILE DE SCHISTE

Densité	Température d'inflammation	Densité	Température d'inflammation
Huile brute			
0,882	+ 28	0,823	+ 60
0,769	- 12	0,841	+ 80
0,791	+ 19	0,851	+ 86
0,805	+ 35	0,880	+ 98
0,814	+ 48	//	//

Essai des huiles de graissage. — Cet essai porte sur les points suivants :

1° *Densité.* — On se sert d'un aréomètre.

La densité d'une huile russe varie de 0,890 à 0,920 et celle d'une huile américaine de 0,805 à 0,905.

2° *Inflammabilité.* — On constate l'absence d'hydrocarbures légers en chauffant l'huile au bain-marie, dans une capsule, dont on approche un corps en ignition, au fur et à mesure que la température monte de 5° C. L'huile ne doit pas dégager de vapeurs inflammables au-dessous de 180° C; la flamme doit persister.

3° *Action du froid.* — La congélation de l'huile ne doit pas se produire à une température inférieure à — 5° C.

Certaines huiles russes résistent à — 30° C.

4° *Corps insolubles.* — On dissout 10 centimètres cubes d'huile dans 10 centimètres cubes d'éther, on filtre et l'on pèse le résidu après lavages à l'éther.

5° *Résines.* — L'huile ne doit pas renfermer de résines. On le vérifie en chauffant ensemble 10 centimètres cubes d'huile et 5 centimètres cubes d'une solution de soude de densité 1,40. La couche de solution sodique doit être claire après 5 minutes d'action.

6° *Huiles de houille.* — Dans un tube, on verse successivement 7^{cm³},5 d'huile et un égal volume d'acide nitrique de densité 1,45. Les deux liquides doivent avoir été portés au préalable exactement à la même température

15° C. On agite et l'on constate l'élévation de la température; si la variation est supérieure à 20° C, l'huile contient des huiles de houille.

7° *Acides et acidité.* — On dépose quelques gouttes d'huile sur une plaque de cuivre et l'on porte à l'étuve à 50° C pendant 24 heures.

L'huile ne doit pas attaquer le cuivre.

8° L'huile agitée avec de l'eau doit laisser la couche claire et neutre et sans action sur une solution de tanin.

9° 10 centimètres cubes d'huile et 10 centimètres cubes d'acide sulfurique de densité 1,53 sont mélangés à la température de 15° C, l'acide doit se teinter tout au plus en jaune clair.

Essai des huiles de graissage au point de vue de leurs applications mécaniques. — L'interposition des huiles de graissage entre deux pièces animées d'une vitesse différentes a pour but de réduire le coefficient de frottement de ces pièces entre elles.

L'étude d'une huile doit tenir compte de la pression des pièces frottantes entre elles, de la température à laquelle l'huile sera portée en pratique et indiquer la propension de l'huile à s'épaissir, à se résinifier, la variation de son pouvoir lubrifiant, la quantité de matières dépensées.

Il a été créé de nombreux types d'appareils pour effectuer ces déterminations, mais il en est

peu, pour ne point dire aucun, qui fournisse toutes les réponses aux questions ci-dessus.

La description de ces appareils et l'indication de leur mode d'emploi nous entraînerait trop loin et nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spéciaux.

BIBLIOGRAPHIE

- BOVERTON-REDWOOD. — *Petroleum and its use.*
H. DEUTSCH. — *Le Pétrole et ses applications.*
CHESNEAU. — *Industrie des huiles de schiste*, Annales
des Mines.
FUCHS et DE LAUNAY. — *Gites minéraux et métalli-
fères*, passim.
Revue technique, passim.
Moniteur Scientifique de Quesneville, passim.
Industries of Russia, passim.
Comptes rendus de l'Académie des Sciences, passim.
-

The first part of the work is devoted to a general history of the
 world, from the beginning of time to the present day. It is
 divided into three parts: the first part is devoted to the
 history of the world from the beginning of time to the
 present day. The second part is devoted to the history of
 the world from the present day to the future. The third
 part is devoted to the history of the world from the future
 to the end of time.

The second part of the work is devoted to a general history of the
 world, from the beginning of time to the present day. It is
 divided into three parts: the first part is devoted to the
 history of the world from the beginning of time to the
 present day. The second part is devoted to the history of
 the world from the present day to the future. The third
 part is devoted to the history of the world from the future
 to the end of time.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

PÉTROLE

	Pages
L'huile de pétrole	5
Historique du pétrole	6
Distribution du pétrole à la surface du globe	11
Les gisements de pétrole	18
Sur l'origine du pétrole	24
Propriétés physiques du pétrole	33
Composition chimique du pétrole	40
Propriétés chimiques du pétrole	43
Étude des pétroles de diverses provenances	63
Mise en exploitation des gisements	73
Extraction de l'huile du sol	82
Exploitation des puits	84
Transport de l'huile.	85
Produits de la distillation des huiles brutes	91
Composition chimique des huiles lampantes	92
Raffinage du pétrole	99
Épuration chimique des produits	108
Rendement moyen des pétroles de diverses provenances	120
Goudron de pétrole	123
Paraffine.	124
Vaseline.	125

DEUXIÈME PARTIE

HUILE DE SCHISTE

	Pages
Historique et définition.	127
Gisements de schiste.	129
Étude du schiste	130
Produits de la distillation du schiste.	137
Aménagement d'une schisterie	144
Exploitation des gisements de schiste	146
Procédés français de distillation du schiste	149
Procédés écossais de distillation du schiste	153
Rendement en huile brute	159
Raffinage de l'huile de schiste	161
Paraffine, sulfate d'ammoniaque, goudrons	172

TROISIÈME PARTIE

HUILE DE LIGNITE

Historique, but.	177
Gisements de lignite.	178
Distillation du lignite	179
Raffinage de l'huile brute.	180
Rendement en produits commerciaux	181
Essai des huiles minérales	183
Essai des huiles pour éclairage.	185
Essai des huiles pour graissage.	194

ST-AMAND (CHER), IMPRIMERIE DESTENAY BUSSIÈRE FRÈRES.



LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

—

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE RATIONNELLE

PAR
PAUL APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT
SÉPARÉMENT :

- TOME I : Statique. Dynamique du point, avec 178 figures; 1893..... 16 fr.
TOME II : Dynamique des systèmes. Mécanique analytique, avec 99 figures;
1896..... 16 fr.
TOME III : Hydrostatique. Hydrodynamique..... (*Sous presse.*)

—

Ce Traité est le résumé des Leçons que l'Auteur fait depuis plusieurs années à la Faculté des Sciences de Paris sur le programme de la Licence. Comme la Mécanique était, jusqu'à présent, à peine enseignée dans les Lycées, on ne suppose chez le lecteur aucune connaissance de cette science et l'on commence par l'exposition des notions préliminaires indispensables, théorie des vecteurs, cinématique du point et du corps solide, principes de la Mécanique, travail des forces. Vient ensuite la Mécanique proprement dite, divisée en Statique et Dynamique.

Ce qui fait le caractère distinctif de cet Ouvrage et ce qui justifiera la publication d'une nouvelle Mécanique rationnelle après tant d'autres excellents Traités, c'est l'introduction de la Mécanique analytique dans les commencements mêmes du Cours. Au lieu de reléguer les méthodes de Lagrange à la fin et d'en faire une exposition entièrement séparée, l'Auteur a essayé de les introduire dans le courant de l'Ouvrage.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LEÇONS DE CHIMIE

(à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales)

(NOTATION ATOMIQUE)

PAR

Henri GAUTIER et **Georges CHARPY**,
Docteurs ès Sciences, anciens Élèves de l'École Polytechnique.

2^e édition entièrement refondue.

Un beau volume grand in-8, avec 92 figures; 1894..... 9 fr.

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

LEÇONS

SUR LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES

DE L'ANALYSE

(ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES COURBES ET DES SURFACES),

Par **Louis RAFFY**,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences,
Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

1 VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897..... 7 FR. 50 C.

LEÇONS NOUVELLES D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par **M. MÉRAY**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

(Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.)

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- | | |
|--|----------------|
| I ^{re} PARTIE: Principes généraux; 1894..... | 13 fr. |
| II ^e PARTIE: Étude monographique des principales fonctions d'une variable;
1895..... | 14 fr. |
| III ^e PARTIE: Questions analytiques classiques; 1897..... | 6 fr. |
| IV ^e PARTIE: Applications géométriques..... | (Sous presse.) |

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ D'OPTIQUE

Par M. E. MASCART,

Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau
Central Météorologique.

3 BEAUX VOLUMES, GRAND IN-8, AVEC ATLAS, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : Systèmes optiques. Interférences. Vibration. Diffraction. Polarisation. Double
réfraction. Avec 199 figures et 2 planches; 1889..... 20 fr.

TOME II et ATLAS : Propriété des cristaux. Polarisation rotatoire. Réflexion vitrée.
Réflexion métallique. Réflexion cristalline. Polarisation chromatique. Avec 113 figures
et Atlas contenant 2 belles planches sur cuivre dont une en couleur (Propriété des cris-
taux. Coloration des cristaux par les interférences); 1891..... 25 fr.

TOME III : Polarisation par diffraction. Propagation de la lumière. Photométrie.
Réfractions astronomiques. Un très fort volume avec 83 figures; 1893... 20 fr.

LEÇONS

SUR L'ÉLECTRICITÉ ET LE MAGNÉTISME

Par M. DUHEM,

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

3 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Conducteurs à l'état permanent, avec 112 figures; 1891..... 16 fr.

TOME II : Les aimants et les corps diélectriques, avec 32 figures; 1892. 14 fr.

TOME III : Courants linéaires, avec 71 figures; 1892..... 15 fr.

LEÇONS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

COURS PROFESSÉ A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ET COMPLÉTÉ SUIVANT LE PROGRAMME DE LA LICENCE ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

J. CHAPPUIS,

Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale.

A. BERGET,

Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

3 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Instruments de mesure. Chaleur. Avec 175 figures; 1891..... 13 fr.

TOME II : Électricité et Magnétisme. Avec 305 figures; 1891..... 13 fr.

TOME III : Acoustique. Optique; Électro-optique. Avec 193 figures; 1892... 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

PAR

ÉMILE PICARD,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 1891..... 15 fr.

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... 15 fr.

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... 18 fr.

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (En préparation.)

Le premier Volume commence par les parties les plus élémentaires du Calcul intégral et ne suppose chez le lecteur aucune autre connaissance que les éléments du Calcul différentiel, aujourd'hui classiques dans les Cours de Mathématiques spéciales. Dans la première Partie, l'Auteur expose les éléments du Calcul intégral, en insistant sur les notions d'intégrale curviligne et d'intégrale de surface, qui jouent un rôle si important en Physique mathématique. La seconde Partie traite d'abord de quelques applications de ces notions générales; au lieu de prendre des exemples sans intérêt, l'Auteur a préféré développer la théorie de l'équation de Laplace et les propriétés fondamentales du potentiel. On y trouvera ensuite l'étude de quelques développements en séries, particulièrement des séries trigonométriques. La troisième Partie est consacrée aux applications géométriques du Calcul infinitésimal.

Les Volumes suivants sont consacrés surtout à la théorie des équations différentielles à une ou plusieurs variables; mais elle est entièrement liée à plus d'une autre théorie qu'il est nécessaire d'approfondir. Pour ne citer qu'un exemple, l'étude préliminaire des fonctions algébriques est indispensable quand on veut s'occuper de certaines classes d'équations différentielles. L'Auteur ne se borne donc pas à l'étude des équations différentielles; ses recherches rayonnent autour de ces centres.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — **Chaleur. Acoustique. Optique**, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

D^r H. EBERT,

PROFESSEUR ORDINAIRE DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ DE KIEL.

GUIDE POUR LE SOUFFLAGE DU VERRE,

TRADUIT SUR LA DEUXIÈME ÉDITION ET ANNOTÉ,

Par P. LUGOL,

Professeur de Physique au Lycée de Clermont-Ferrand,
Chargé de conférences à la Faculté des Sciences.

Un volume in-18 jésus, avec 63 figures; 1897..... 3 fr.

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore.

5^e ÉDITION, REFONDUE ET COMPLÉTÉE.

TOME I : Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, avec 381 figures; 1897..... 12 fr.

TOME II : Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la télégraphie et à la téléphonie, à l'éclairage et à la métallurgie..... (Sous presse.)

MESURES ÉLECTRIQUES

LECONS PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

Grand in-8, 450 pages, 198 figures; cartonné toile anglaise... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LES RADIATIONS NOUVELLES.

LES RAYONS X

ET LA PHOTOGRAPHIE A TRAVERS LES CORPS OPAQUES,

PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME,

Docteur ès Sciences,

Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures.

DEUXIÈME ÉDITION.

UN VOLUME IN-8 DE VIII-150 PAGES, AVEC 22 FIGURES ET 8 PLANCHES ;
1897..... 3 fr.

Les Rayons X sont toujours à l'ordre du jour et notre curiosité est loin d'être satisfaite à leur égard. La première édition de l'Ouvrage de *M. Ch.-Éd. Guillaume* a été épuisée en quelques jours. La deuxième, qui vient de paraître, sera bien accueillie des Physiciens et des Photographes. L'Auteur fait connaître en détail la genèse de cette merveilleuse découverte, ainsi que les résultats qu'on en a tirés. Il décrit minutieusement le manuel opératoire à employer pour obtenir des résultats satisfaisants. Cette brochure servira de guide aux opérateurs désireux d'arriver sans trop de tâtonnements à de bons résultats.

Le côté théorique de la question n'est point négligé, et M. Ch.-Éd. Guillaume a rappelé un grand nombre d'expériences antérieures, de « faits contingents » sans lesquels les nouveaux phénomènes resteraient isolés et incompréhensibles.

L'Ouvrage in-8°, de 150 pages, contient de nombreuses reproductions en photographie de clichés originaux obtenus par MM. J. Chapuis, V. Chabaud, Londe, Imbert et Bertin-Sans, qui ont bien voulu les prêter à l'Auteur.

L'ensemble forme un Volume qui intéressera tous ceux qui aiment à se « rendre compte » de tout de qui se passe autour des *Rayons X*.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

EXERCICES DE PHYSIQUE

ET APPLICATIONS.

PRÉPARATOIRES A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ,**

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 114 figures ; 1889..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS ÉLÉMENTAIRE
DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE,

Par M. Aimé WITZ,

Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille,

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES ET AU CERTIFICAT DES ÉTUDES
PHYSIQUES, CHIMIQUES ET NATURELLES. (P. C. N.)

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 77 FIGURES; 1895. 5 FR.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS SUPÉRIEUR
DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE

PRÉPARATOIRE AUX CERTIFICATS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ET A LA LICENCE.

Par M. Aimé WITZ,

Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille.

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 138 FIGURES; 1897. 10 FR.

PRINCIPES

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES
ET APPLICATIONS,

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur
à l'Université de Paris.

E. LACOUR,

Maître de Conférences à l'Université
de Nancy.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897. 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,
Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,
Ancien Ingénieur de la Marine.

2 BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures; 1895. 20 fr.

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures; 1895. 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX,
Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.). . . . 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **M. C. BRICKA**,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de VIII-634 pages avec 326 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages, avec 177 figures; 1894..... 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferrements des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894..... 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. Al. GOUILLY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. T. P.)... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1895 (E. I.) 12 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **M. A. CRONEAU**,

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

2 VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4^e doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouvrages pratiqués dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. — Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.). 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS: 1893 (E. I.)..... 30 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par M. A. JOANNIS,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

2 VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes. Cétones.
Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone. Acides monobasiques à fonction simple. Acides
polybasiques, à fonction simple. Acides à fonctions mixtes. Alcalis organiques. Amides.
Nitriles. Carbylamines. Composés azoïques et diazoïques. Composés organo-métal-
liques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Conservation des matières alimentaires.
Volume de 718 pages, avec figures; 1896..... 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par M. Georges LECHALAS,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT. (E. T. P.)

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principes
d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages
et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889..... 20 fr.

TOME II (I^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics.
Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-
399 pages; 1893..... 10 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE
ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par M. Maurice D'OCAGNE,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896
(E. T. P.)..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE PAR LES PROCÉDÉS PELLICULAIRES,

Par M. George BALAGNY, Membre de la Société française de Photographie,
Docteur en droit.

2 volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone..... 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contretypes. Transparents..... 4 fr.

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE A LA MÉDECINE.

Par le Dr A. BURAIS.

In-4, avec figures et 6 planches, dont 1 en couleurs; 1896..... 4 fr.

CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR EN PHOTOGRAPHIE.

Par A. COURRÈGES, Praticien.

2^e édition, revue et augmentée. Petit in-8, avec 1 planche en photocollographie; 1896..... 2 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens.. 32 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches spécimens et 120 figures; 1886..... 16 fr.

II^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie, vocabulaire. Avec 2 planches spécimens et 114 figures; 1888..... 16 fr.

Un Supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

**LA TRIPLICE PHOTOGRAPHIQUE DES COULEURS
ET L'IMPRIMERIE.**

Système de Photochromographie LOUIS DUCOS DU HAURON.
Par ALCIDE DUCOS DU HAURON.

In-18 jésus de v-488 pages; 1897..... 6 fr. 50 c.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE.

Théorie et pratique; par M. A.-L. DONNADIEU, Docteur ès Sciences,
Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Grand in-8, avec Atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollographie; 1892..... 9 fr.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

Les 5 volumes se vendent ensemble..... 60 fr.

DICTIONNAIRE PRATIQUE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,

Contenant une *Étude méthodique des divers corps usités en Photographie*, précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une description détaillée des *Manipulations photographiques*;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... 8 fr.

LES POSITIFS SUR VERRE.

Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... 4 fr. 50 c.

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

LES LUMIÈRES ARTIFICIELLES EN PHOTOGRAPHIE.

Étude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lumières, suivie de recherches inédites sur la puissance des photopoudres et des lampes au magnésium;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec 19 figures et 8 planches; 1895..... 4 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,
THÉORIE ET PRATIQUE,

Par Ch. FÉRY et A. BURAIS.

In-18 jésus, avec 94 figures et 9 planches; 1896..... 5 fr.

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties: *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série; 1892..... 4 fr.

Deuxième Série; 1894..... 3 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE MÉDICALE.

Applications aux Sciences médicales et physiologiques;

Par M. A. LONDE.

Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches; 1893..... 9 fr.

VIRAGES ET FIXAGES.

Traité historique, théorique et pratique;

Par M. P. MERCIER,

Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

2 volumes in-18 jésus; 1892..... 5 fr.

On vend séparément:

I^{re} PARTIE: Notice historique. Virages aux sels d'or..... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE: Virages aux divers métaux. Fixages..... 2 fr. 75 c.

OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

SANS DÉVELOPPEMENTS MATHÉMATIQUES,

Par le D^r A. MIETHE.

Traduit de l'allemand par A. NOAILLON et V. HASSREIDTER.

Grand in-8, avec 72 figures et 2 Tableaux; 1896..... 3 fr. 50 c.

NOTES SUR LA PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE.

TEXTE ET ILLUSTRATIONS

Par M. C. PUYO.

Plaquette de grand luxe, in-4^o raisin, avec 11 héliogravures de DUJARDIN et 39 phototypogravures dans le texte; 1896..... 10 fr.

Il reste quelques exemplaires numérotés, sur japon, avec planches également sur japon..... 20 fr.

Une planche spécimen est envoyée *franco* sur demande.

LA LINOTYPIE

ou Art de décorer photographiquement les étoffes pour faire des écrans, des éventails, des paravents, etc., menus photographiques;

Par M. L. TRANCHANT, rédacteur en chef de la *Photographie*.

In-18 jésus; 1896..... 1 fr. 25 c.

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 112 figures 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Obtention des petits clichés ; avec 52 figures ; 1891..... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE : Agrandissements. 2^e édition, avec 60 figures ; 1897..... 2 fr. 75 c.

LES ÉPREUVES POSITIVES SUR PAPIERS ÉMULSIONNÉS.

Papiers chlorurés. Papiers bromurés. Fabrication. Tirage et développement.
Virages. Formules diverses.

Par M. E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus ; 1896..... 2 fr.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre ;

Par M. Julius VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches ; 1895..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution de clichés et de tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs ;

Par M. LÉON VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 10 figures et 5 planches en couleurs ; 1897..... 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOLITHOGRAPHIE.

Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver. Tours de main et formules diverses ;

Par M. LÉON VIDAL.

In-18 jésus, avec 25 fig., 2 planches et spécimens de papiers autographiques ; 1893..... 6 fr. 50 c.

MANUEL PRATIQUE D'ORTHOCHROMATISME.

Par M. LÉON VIDAL.

In-18 jésus, avec figures et 2 planches, dont une en photocollographie et un spectre en couleur ; 1891..... 2 fr. 75 c.

NOUVEAU GUIDE PRATIQUE DU PHOTOGRAPHE AMATEUR.

Par M. G. VIEUILLE.

3^e édition, refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus, avec figures ; 1892..... 2 fr. 75 c.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, Paris

P. n° 48.

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Avril 1897)

VIENT DE PARAÎTRE

DEUXIÈME ÉDITION

ENTIÈREMENT REFOUNDUE

DU

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Secrétaire général
de la Société de Chirurgie
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, DELBET, DELENS, DEMOULIN, FORGUE
GÉRARD-MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER, KIRMISSON
LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON
PEYROT, PONCET, QUÉNU, RICARD, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

8 vol. grand in-8 avec nombreuses figures dans le texte
En souscription. . . 150 fr.

Au 15 Février 1897, les deux premiers volumes sont en vente

EXTRAIT DE LA PRÉFACE DES DIRECTEURS

...Notre succès auprès du public médical a été grand, puisque, malgré trois importants tirages, une deuxième édition est devenue nécessaire. Nous avons apporté tous nos soins à cette œuvre nouvelle. Certaines parties que les auteurs, trop pressés par le temps, avaient dû négliger, ont été complètement reprises, et il ne reste plus une ligne du travail primitif. Tous les articles, même les meilleurs, ont été remis au courant de la science. Et, malgré l'étendue de la tâche, ce n'est plus en trente mois, c'est en douze que nous nous engageons à publier nos huit nouveaux volumes...

(Voir ci-contre les conditions de publication et les divisions
de l'ouvrage.)

LES DIVISIONS

DE LA Deuxième édition DU Traité de Chirurgie
ONT ÉTÉ FIXÉES COMME IL SUIT :

TOME I (MIS EN VENTE EN FÉVRIER 1897)

1 vol. grand in-8° de 912 pages, avec 218 figures dans le texte. 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.

BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.

LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II (MIS EN VENTE EN FÉVRIER 1897)

1 vol. grand in-8° de 996 pages, avec 361 figures dans le texte. 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.

MICHAUX. — Artères.

QUÉNU. — Maladies des veines.

RIGARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.

PONCET. — Affections non traumatiques des os.

POUR PARAÎTRE EN MAI 1897.

TOME III

1 vol. grand in-8° avec nombreuses figures dans le texte.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.

QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.

GÉRARD-MARCHANT. — Crâne.

KIRMISSON. — Rachis.

S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV

1 vol. grand in-8 avec nombreuses figures dans le texte.

GÉRARD-MARCHANT. — Nez, fosses nasales, pharynx nasal et sinus.

HEYDENREICH. — Mâchoires.

DELENS. — Œil et annexes.

Les tomes V et VI, VII et VIII, paraîtront à intervalles rapprochés, de façon que l'ouvrage soit complet au commencement de l'année 1898.

Dictionnaire usuel des Sciences médicales

PAR MM.

A. DECHAMBRE, Mathias DUVAL, L. LEREBoullet

Membres de l'Académie de médecine

Ouvrage accompagné de Notions sur la Prophylaxie et sur l'Hygiène
d'un choix de Formules nouvelles
et d'un Appendice sur la formation des mots usités en médecine

VIENT DE PARAÎTRE

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. gr. in-8 de xxxii-1782 pages, avec 450 figures dans le texte.
Relié toile. 25 fr.

La chirurgie et la pathologie générale ont dû, dans cette troisième édition, recevoir les développements et subir les modifications que le progrès impose; il a fallu, pour la rendre plus précise et plus moderne, la réviser et la compléter encore. C'est ainsi que tous les articles relatifs à l'**Obstétrique** et plusieurs articles de chirurgie ont été refondus. En médecine, les mots **Diphthérie**, **Fièvre typhoïde**, **Sérum** et **Sérothérapie** ont reçu les développements nécessités par de nouvelles découvertes. Plusieurs formules ont été ajoutées. Enfin on a indiqué à l'introduction qui traite de la prophylaxie des maladies infectieuses les modifications que la loi de 1892 impose à l'attention de tous les médecins.

VIENT DE PARAÎTRE

Traité élémentaire de Clinique thérapeutique

Par le **D^r G. LYON**

Ancien interne des hôpitaux de Paris
Ancien chef de clinique à la Faculté de médecine

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE, AUGMENTÉE

1 volume in-8° de 1154 pages 15 fr.

Profitant du réel succès obtenu par cet ouvrage dont la première édition avait été épuisée en moins de deux années, l'auteur a refondu complètement certains chapitres de son livre (celui des dyspepsies chimiques par exemple) et l'a en outre augmenté d'un certain nombre de chapitres nouveaux, tels que ceux relatifs à la diphthérie, à l'entéralgie, à la péritonite tuberculeuse, à l'albuminurie, à l'actinomycose, aux empoisonnements, etc., etc. Les praticiens seront heureux de trouver dans cette seconde édition un important *appendice contenant la liste des médicaments les plus usuels avec l'indication de leur mode d'emploi et de leur dosage.*

VIENT DE PARAÎTRE

Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin
de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,
Médecin des hôpitaux.

5 volumes grand in-8 en souscription 90 fr.

L'ouvrage dont nous commençons aujourd'hui la publication, et qui sera complet en 5 volumes in-8°, vient fort heureusement combler une lacune. Si les manuels de médecine infantile ne manquaient pas, on souffrait de l'absence d'une œuvre de longue haleine embrassant, dans son ensemble, toute la pédiatrie. Cette œuvre, MM. Grancher, Comby et Marfan ont voulu l'entreprendre, encouragés qu'ils étaient par les collaborations précieuses qui s'offraient à eux, tant de la France que de l'étranger.

Les directeurs de cette publication ont pensé qu'on leur saurait gré d'avoir réuni, dans le même ouvrage, toutes les branches de la pathologie infantile : médecine, chirurgie, spécialités ; d'autant plus qu'ils ont fait appel, pour la réalisation de ce plan nouveau, aux maîtres les plus renommés dans ces diverses branches de la pédiatrie. Le lecteur trouvera donc, dans cet ouvrage, des réponses à toutes les questions qui intéressent la pratique médico-chirurgicale des enfants.

Conçu dans cet esprit, exécuté avec une compétence dont le public médical sera juge, le nouveau *Traité des Maladies de l'Enfance* est appelé à rendre les plus grands services aux praticiens.

Le Traité des Maladies de l'Enfance est publié en cinq volumes qui paraissent à des intervalles rapprochés. Chaque volume est vendu séparément, et le prix en est fixé selon l'étendue des matières.

Les tomes I et II sont en vente (Mars 1897). Les autres paraîtront prochainement à intervalles rapprochés.

Il est accepté des souscriptions au Traité des Maladies de l'Enfance à un prix à forfait quels que soient l'étendue et le prix de l'ouvrage complet. Ce prix est, quant à présent et jusqu'à la publication du tome III, fixé à 90 francs.

TOME I

1 vol. in-8° de xvi-816 pages avec figures dans le texte. . . 48 fr.

Préface (GRANCHER). *Physiologie et hygiène de l'enfance* (COMBY). *Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance. Table de posologie infantile* (MARFAN). — MALADIES INFECTIEUSES : *Scarlatine* (MOIZARD). *Rougeole* (COMBY). *Rubéole* (BOULLOCHE). *Variole* (COMBY). *Vaccine et vaccination* (DAUCHEZ). *Varicelle* (COMBY). *Oreillons* (COMBY). *Coqueluche* (COMBY). *Fièvre typhoïde* (MARFAN). *Fièvre éphémère* (COMBY). *Fièvre ganglionnaire* (COMBY). *Grippe* (GILLET). *Suette miliaire* (HONTANG). *Choléra asiatique* (DUFLOCO). *Malaria* (CONCETTI). *Fièvre jaune* (COMBY). *Tétanos* (RENAULT). *Rage* (GILLET). *Erysipèle* (RÉNON). *Infections septiques du fœtus, du nouveau-né et du nourrisson* (FISCHL). *Rhumatisme articulaire et polyarthrites* (MARFAN). *Diphthérie* (SEVESTRE et LOUIS MARTIN). *Syphilis* (GASTOU). *Tuberculose. Scrofule* (AVIRAGNET).

TOME II

1 vol. in-8° de 816 pages avec figures dans le texte. . . . 48 fr.

MALADIES GÉNÉRALES DE LA NUTRITION : *Arthritisme, obésité, maigreur, migraine, asthme* (COMBY). *Diabète sucré* (H. LEROUX). *Maladies du sang* (AUDÉOUD). *Pémophilie* (COMBY). *Hémorragie des nouveau-nés* (DEMELIN). *Purpura et syndromes hémorragiques* (MARFAN). *Scorbut infantile* (BARLOW). *Rachitisme* (COMBY et BROCA). *Croissance* (COMBY). *Alhropsie* (THIERCELIN). — MALADIES DU TUBE DIGESTIF : *Développement du tube digestif chez l'enfant* (VARIOT). *Dentition* (MILLON). *Bec-de-lièvre, macroglossie, tumeurs du plancher de la bouche* (BROCA). *Stomatites* (COMBY). *Angines aiguës* (DUPRÉ). *Abcès rétro-pharyngiens et adénite rétro-pharyngienne* (BOKAY). *Hypertrophie des amygdales, pharyngite chronique, végétations adénoïdes* (CUVILLIER). *Polypes nasopharyngiens* (BROCA). *Maladies de l'œsophage, de l'estomac et de l'intestin dans la seconde enfance* (COMBY). *Infections et intoxications digestives chez le nourrisson, gastro-entérites* (LESAGE). *Dysenterie* (SANNÉ). *Tuberculose de l'estomac et des ganglions mésentériques, constipation* (MARFAN). *Vers intestinaux* (FILATOFF). *Invagination* (JALAGUIER). — *Prolapsus du rectum* (BROCA). *Polypes du rectum, corps étrangers des voies digestives, fissures à l'anus* (FÉLIZET et BRANCA). *Malformations ano-rectales, abcès, fistules ano-rectales* (FORGE).

TOME III (SOUS PRESSE)

ABDOMEN ET ANNEXES : ombilic, hernies, foie, rate, reins et organes génitaux. — MALADIES DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE. — NEZ, LARYNX : thymus, glande thyroïde.

TOME IV (EN PRÉPARATION)

MALADIES DES BRONCHES, DU POUMON, DES PLÈVRES, DU MÉDIASTIN. — MALADIES DU SYSTÈME NERVEUX : méninges, cerveau, moelle, amyotrophies, névroses, paralysies, etc.

TOME V (EN PRÉPARATION)

APPAREIL LOCOMOTEUR : os, articulations, etc. — ORGANE DES SENS : yeux, oreilles. — MALADIES DE LA PEAU. — MALADIES DU FŒTUS.

Table des matières des cinq volumes.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

L'Hygiène du Goutteux

PAR

A. PROUSTMembre de l'Académie de Médecine
Médecin de l'Hôtel-Dieu.**A. MATHIEU**Médecin des Hôpitaux
de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-340 pages). 4 fr.

La goutte n'est-elle pas, de toutes les maladies chroniques, une de celles dans lesquelles l'hygiène peut être appelée à jouer un rôle prépondérant? L'oubli des règles de la sobriété, le surmenage nerveux, l'hérédité en sont les principaux facteurs pathogéniques. N'est-il pas démontré qu'il appartient à l'hygiène plus qu'à la thérapeutique d'en enrayer l'action et d'en corriger les effets? — Obligés de se prononcer entre ces doctrines séculaires et des théories trop récentes pour que l'expérience ait pu justifier leurs prétentions révolutionnaires, les auteurs ont pris parti pour la tradition clinique; l'observation peut seule, en effet, donner une réelle sanction aux hypothèses pathogéniques et aux pratiques thérapeutiques qui en dérivent.

L'Hygiène des Asthmatiques

PAR

E. BRISSAUDProfesseur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-214 pages). 4 fr.

L'asthme vrai est une pure névrose, comme l'avait soutenu Avicenne, et il ne sera ici question que de celui-là, attendu que l'hygiène thérapeutique de l'asthme n'ayant d'unité qu'autant qu'elle vise une condition morbide définie, ses lois ne sont pas applicables aux pseudo-asthmes accidentels, syndromes variables et disparates. En résumé, l'hygiène des asthmatiques consiste surtout en une sorte de discipline fonctionnelle que chacun de nous peut et doit s'imposer; elle emprunte bien moins à la thérapeutique qu'à ce régime de vie ponctuel et mesuré qui assure le maximum de sécurité à un organisme en souffrance. Dans le programme qu'elle se propose, la part de collaboration du malade l'emporte sur celle du médecin.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène de l'Obèse

PAR

A. PROUSTMembre de l'Académie de Médecine,
Médecin de l'Hôtel-Dieu.**A. MATHIEU**Médecin
de l'hôpital Andral.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-344 pages). 4 fr.

Des diverses maladies de la nutrition, l'obésité est certainement celle dont le traitement est le plus directement du ressort de l'hygiène. La médication ne vient qu'en seconde ligne : il ne suffit pas du reste de devenir maigre plus ou moins rapidement, il faut ne pas engraisser de nouveau et c'est encore à l'hygiène qu'il faut faire appel pour conserver les résultats acquis. — Après des considérations sommaires de pathologie et une étude plus étendue de l'étiologie et de la pathogénie, les auteurs exposent dans tous leurs détails les plus importantes des méthodes hygiéniques conseillées pour le traitement de l'obésité; ils donnent le tableau complet des tentatives faites et des systèmes encore en présence actuellement. MM. Proust et Mathieu donnent ensuite le traitement hygiénique de l'obésité; contrairement à Pfeiffer, ils conseillent la méthode lente et progressive, appropriée à la taille, à l'âge, au tempérament et au sexe. Le volume se termine par un exposé du traitement médicamenteux et thermal de l'obésité, et étudie surtout la médecine thyroïdienne, la dernière venue et la plus intéressante.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène du Syphilitique

PAR

H. BOURGESAncien interne des hôpitaux et de la clinique dermatologique de la Faculté,
Préparateur du Laboratoire d'hygiène à la Faculté de Médecine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-294 pages). 4 fr.

L'hygiène considère à juste titre la syphilis comme un danger public contre lequel il faut toujours se tenir en garde, et elle s'efforce d'y parer par l'application d'importantes mesures de police sanitaire et de prophylaxie générale. Partant de cette idée que l'ignorance du danger syphilitique, des formes sous lesquelles il se présente et des moyens de l'éviter, est un des principaux facteurs de dissémination de la maladie, le professeur Proust a pensé qu'il y aurait quelque utilité à publier un livre dans lequel ces notions seraient mises à la portée de tous, dans un exposé simple et bref, dépourvu de termes techniques. — Ce traité est divisé en trois parties. Dans la première, sont examinées les conditions de propagation et les modes de transmission de la syphilis; la seconde est consacrée à la prophylaxie et à l'hygiène du syphilitique; enfin sont indiquées brièvement, dans la troisième, les mesures de police sanitaire qui sont actuellement opposées à l'envahissement de la syphilis.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

Hygiène

et

Thérapeutique thermales

PAR

G. DELFAU

Ancien interne des Hôpitaux de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-456 pages). 4 fr.

Ce serait une conception bien étroite et bien incomplète de ne voir dans une cure thermale que l'action de l'eau minérale elle-même : le climat, l'altitude, l'exposition de la localité, l'abandon momentané des affaires, des plaisirs ordinaires, du régime habituel, la vie au grand air, l'exercice, sans parler des agents annexes du traitement proprement dit, tels sont les principaux éléments adjuvants dont on sait de plus en plus apprécier l'action puissante, profonde et durable. A elles seules, ces quelques considérations suffisent pour rappeler que la cure thermale ressortit à la fois à la thérapeutique proprement dite et à l'hygiène, et encore plus à cette dernière telle qu'on tend de plus en plus à l'envisager aujourd'hui.

Le volume de M. Delfau est un véritable dictionnaire des Eaux minérales connues : il contient en effet des renseignements sur 358 stations de France et de l'Étranger, et, pour chacune, il donne des indications sur les voies d'accès, la situation, l'aspect général, l'altitude, le climat, la saison, les ressources, les établissements thermaux, les sources, leur débit, leur température, leurs particularités physiques, leurs modes d'emploi, leurs applications thérapeutiques, leur analyse et leur composition chimique. Indispensable aux médecins, pharmaciens et chimistes, ce livre sera consulté avec fruit par toutes les personnes qui fréquentent les villes d'eaux.

VOLUMES A PARAÎTRE ULTÉRIEUREMENT :

L'Hygiène du Neurasthénique (P^r PROUST et D^r BALLET).

L'Hygiène des Dyspeptiques (D^r LIROSSIER).

L'Hygiène du Tuberculeux (D^r DAREMBERG).

L'Hygiène des Albuminuriques (D^r SPRINGER).

L'Hygiène du Diabétique (P^r PROUST et D^r MATHIEU).

Hygiène thérapeutique des maladies de la peau (D^r BROCCQ).

VIENT DE PARAÎTRE

Manuel de Pathologie interne

Par G. DIEULAFOY

Professeur de clinique médicale de la Faculté de Médecine de Paris,
Médecin de l'Hôtel-Dieu, Membre de l'Académie de Médecine.

DIXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

4 volumes in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs,
cartonnés à l'anglaise, tranches rouges, 28 fr.

Par des additions et des refontes partielles, le Manuel de Pathologie interne, publié d'abord en deux volumes, puis en trois, forme aujourd'hui quatre volumes. M. Dieulafoy a développé principalement, dans cette dixième édition, les chapitres consacrés à l'Appendicite, à la Diphtérie et à la Fièvre typhoïde. Pour la première fois le lecteur y trouvera quelques planches et figures en noir et en couleurs intercalées dans le texte et se rapportant aux sujets les plus nouveaux traités dans cette édition. Toutes ces figures ont été reproduites d'après les dessins du Dr Bonnier, qui avait déjà sur les mêmes sujets exécuté les schémas qui ont servi au cours du professeur Dieulafoy.

VIENT DE PARAÎTRE

Précis d'Histologie

PAR

MATHIAS DUVAL

Professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine de Paris.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ DE 408 FIGURES DANS LE TEXTE

1 volume in-8 de xxxii-956 pages. 18 fr.

On retrouve dans ce volume les qualités qui ont fait le succès de l'enseignement du savant professeur : clarté et précision dans l'exposé des faits; haute portée philosophique dans les vues générales; soin extrême de suivre les progrès de la science, mais en n'acceptant les faits nouveaux qu'à la lumière d'une sévère critique. Des nombreuses figures qui illustrent ce volume, les unes sont empruntées aux maîtres les plus autorisés, les autres, nouvelles, originales, sont pour la plupart des dessins schématiques reproduisant les dessins que M. Mathias Duval a composés pour son enseignement. L'auteur les a dessinés lui-même, et cela ne sera pas un des moindres mérites de cette œuvre magistrale.

VIENT DE PARAÎTRE

Éléments de Commerce et de Comptabilité

Par **Gabriel FAURE**Professeur à l'École des Hautes-Études commerciales et à l'École commerciale,
Expert-comptable au Tribunal de la Seine.

1 volume petit in-8 de 460 pages, cartonné à l'anglaise. 4 fr.

Exposer avec méthode les questions qui forment la base de tout enseignement commercial, tel est le but de l'auteur. Ce volume renferme le développement complet du programme suivi à l'École des Hautes-Études commerciales en première année. La méthode de M. Faure consiste à faire appel au jugement des élèves plus encore qu'à leur mémoire. Il a cherché à éviter le double écueil d'égarer le débutant dans une foule de détails et de cas particuliers et de laisser subsister dans l'étude des principes généraux une obscurité qui rebute le lecteur. Ce livre est divisé en trois parties : 1° les principales opérations commerciales ; 2° les calculs auxquels ces opérations donnent lieu ; 3° la science qui nous enseigne à les enregistrer. Ce résumé substantiel, présentant l'ensemble des progrès accomplis à l'heure actuelle, s'adresse aussi bien à la jeunesse des écoles spéciales qu'aux personnes désireuses d'acquérir les notions les plus essentielles sur le commerce et la comptabilité.

VIENT DE PARAÎTRE

Cours d'Algèbre

à l'usage des classes
de mathématiques élémentaires,
de l'enseignement secondaire
moderne,

des candidats à l'École de Saint-Cyr et au professorat des Écoles normales

Par **Henri NEVEU**

Agrégré de l'Université, Professeur de mathématiques à l'École Lavoisier.

DEUXIÈME ÉDITION CONFORME AUX DERNIERS PROGRAMMES

1 volume in-8 avec figures dans le texte. 8 fr.

Ce cours d'algèbre est le même que l'auteur professe dans ses classes d'élémentaires ; M. Neveu s'est efforcé de suivre un ordre méthodique et a cherché, en débarrassant certaines questions de ce qu'elles ont d'aride, à mettre le plus de clarté possible dans les démonstrations, tout en maintenant leur rigueur mathématique. Les élèves trouveront à la suite de toutes les théories de nombreux exercices résolus, corrigeant ainsi leur sécheresse et les mettant à même de résoudre toutes les questions qui peuvent leur être proposées aux examens. La deuxième édition que nous publions aujourd'hui est conforme aux nouveaux programmes. La théorie des nombres négatifs est traitée dès le début du cours, et les premiers chapitres ont été modifiés dans ce sens. Les candidats à l'École de Saint-Cyr trouveront dans les leçons complémentaires les questions relatives aux dérivées qui, depuis la première édition, ont été ajoutées aux programmes.

Traité de Zoologie

PAR

Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

VIENT DE PARAÎTRE**FASCICULE IV****VERS ET MOLLUSQUES**

1 vol. gr. in-8 de 792 pages, avec 566 figures. 16 fr.

ONT DÉJÀ PARU :

FASCICULE I : **Zoologie générale.** 412 pages, 458 figures. . . . 12 fr.FASCICULE II : **Protozoaires et Phytozoaires.** 452 p., 243 fig. 10 fr.FASCICULE III : **Arthropodes.** 480 pages, 278 figures. 8 fr.Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol.
in-8° de 1344 pages, avec 980 figures 30 fr.VIENT DE PARAÎTRE*Résultats scientifiques**de la Campagne du "Caudan"*

DANS LE GOLFE DE GASCOGNE (AOUT-SEPTEMBRE 1895)

PAR **R. KÖHLER**

Professeur de Zoologie à la Faculté des sciences de Lyon

FASCICULE I. — 1 vol. in-8° de 272 pages avec figures et 7 planches
hors texte en noir et en couleurs. 6 fr.Introduction — Echinodermes — Mollusques — Bryozoaires, avec la collabora-
tion de MM. Calvet, Joubin, Locard, Vayssières.FASCICULE II. — 1 vol. in-8° de 164 pages avec figures et 11 planches
hors texte. 6 fr.Éponges — Coelentérés — Acariens — Ascidies simples et composées —
Pycnogonides — Schizopodes et décapodes — Copépodes, avec la collaboration
de MM. Canu, Caullery, Roule, Topsent, Trouessart.FASCICULE III. — 1 vol. in-8° de 304 pages avec figures et 21 planches
hors texte, dont 15 doubles. 20 fr.Annélides — Poissons — Edriophthalmes — Diatomées — Débris végétaux et
roches — Liste des espèces recueillies avec la collaboration de MM. Bleicher,
J. Bonnier, Rasch et Roule.

Traité

des

Matières colorantes

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

PAR

Léon LEFÈVRE

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUX, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux.

L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés. Les échantillons, *tous fabriqués spécialement pour l'ouvrage*, sont sur soie, sur cuir, sur laine, sur coton et sur papier. Dans cette partie technique, l'auteur a été aidé par les plus éminents praticiens.

Un spécimen de 8 pages, contenant deux pages de tableaux (couleurs azoïques), six types d'échantillons, deux pages de texte et un extrait de la table alphabétique, est à la disposition de toute personne qui en fait la demande.

Chimiedes Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZChef des travaux
à l'École de chimie industrielle de Lyon**P. SISLEY**

Chimiste - Coloriste

Les auteurs, dans cette importante publication, se sont proposé de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable.

Cet ouvrage est, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

Conditions de la publication. — La Chimie des Matières colorantes artificielles est publiée en cinq fascicules de deux mois en deux mois. On peut souscrire à l'ouvrage complet au prix de 25 fr., payables en recevant le premier fascicule. A partir de la publication du cinquième fascicule, ce prix sera porté à 30 fr.

Premier fascicule. — *Considérations générales. Matières colorantes nitrées. Matières colorantes azoxyques. Matières colorantes azoïques* (1^{re} partie), 152 pages. 6 fr.

Deuxième fascicule. — *Matières colorantes azoïques* (2^e partie). *Matières colorantes hydrazoniques. Matières colorantes nitrosées et quinones oximes. Oxiquinones* (couleurs dérivées de l'anthracène). Pages 153 à 336. 6 fr.

Troisième fascicule. — *Matières colorantes dérivées du Di et du Triphénylméthane.* a) *Dérivés du Diphénylméthane.* b) *Dérivés de la Rosaniline.* c) *Dérivés de l'Acide Rosolique.* d) *Rosamines et Benzoines.* e) *Phtaléines*, pages 336 à 472 6 fr.

Quatrième fascicule. — *Matières colorantes dérivées de la quinoïnone.* — A. *Indamines et indophénols.* — B. *Thiazines et thiazones.* — C. *Oxazines et oxazones.* — D. *Azines*; a) *Eurhodols et eurhodines*; b) *Safranines*; c) *Indulines*; d) *Aninoxalines*; e) *Fluorindines.* — *Matières colorantes dérivées de l'Indigotine, Oxycétones et Xanthones*, pages 473 à 656 6 fr.

Essai de

Paléontologie philosophique

*Ouvrage faisant suite
aux « Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques »*

PAR

ALBERT GAUDRY

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres
Professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle

1 volume in-8° avec 204 gravures dans le texte. 8 fr.

Nous n'avons pas à rappeler ici les beaux travaux de Paléontologie du professeur Albert Gaudry. Les *Enchaînements* ont marqué dans la science une date et contribué à donner aux travaux d'histoire naturelle une direction qui en a affirmé la portée philosophique.

L'ouvrage que nous annonçons aujourd'hui est le résumé de longues années de recherches. M. Gaudry y a tracé en quelques pages l'histoire de l'évolution de la formation des êtres : c'est l'œuvre d'un penseur en même temps que celle d'un savant éminent. Le philosophe comme l'homme de science y trouvera matière à de précieux enseignements.

Leçons de

Géographie physique

Par **Albert de LAPPARENT**

Professeur à l'École libre de Hautes-Études
Ancien Président de la Commission centrale de la Société de Géographie

*1 volume in-8° contenant 117 figures dans le texte
et une planche en couleurs. . . 12 fr.*

Dans les derniers jours de 1895, lors de la discussion du budget devant le Sénat, M. Bardoux appelait l'attention du Ministre de l'Instruction publique sur la situation actuelle de l'enseignement de la Géographie physique. L'honorable sénateur constatait, sans être contredit par personne, qu'il n'y avait aujourd'hui en France qu'un seul cours complet sur la matière, celui que professait M. de Lapparent à l'École libre de Hautes-Études.

C'est ce cours que nous venons offrir au public. Après plusieurs années d'essais, l'auteur croit avoir réussi à unir en un véritable corps de doctrines ces intéressantes considérations, relatives à la genèse des formes géographiques, dont on peut dire qu'il a été en France le plus persévérant initiateur.

VIENT DE PARAÎTREPASTEUR

Histoire d'un Esprit

Par **E. DUCLAUX**Membre de l'Institut de France, Professeur à la Sorbonne,
Directeur de l'Institut Pasteur.

1 volume in-8 de 400 pages avec 22 figures 5 fr.

EXTRAIT DE LA PRÉFACE DE L'AUTEUR

... C'est moins pour faire un panégyrique que pour en tirer un enseignement que j'ai essayé d'écrire son histoire, dans laquelle je laisse de côté tout ce qui est relatif à l'homme pour ne parler que du savant. J'ai voulu, dans l'ensemble comme dans le détail, faire la genèse de ses découvertes, estimant qu'il n'avait rien à perdre de cette analyse, et que nous avons beaucoup à gagner.

VIENT DE PARAÎTRE

Loi des Équivalents

et Théorie nouvelle de la Chimie

Par **Gustave MARQFOY**

1 volume in-8 de xxxii-712 pages.. . . . 7 fr. 50

En considérant les divers éléments du monde physique, l'auteur a été naturellement amené à étudier la matière: Comme synthèse de cette étude, il a acquis la conviction que la matière est une. En faisant, dès lors, sur la loi de la formation des corps, la seule hypothèse qui lui ait paru simple et rationnelle, il a découvert la loi naturelle qui enchaîne les équivalents de la chimie dans une formule arithmétique. Après avoir exposé la loi suivant laquelle tous les corps ont été formés, M. Marqfoy établit la théorie constitutive des corps, basée sur l'hypothèse que la matière est une. La concordance des formules et des lois trouvées par cette théorie avec les expériences de la physique et de la chimie confirment la vérité de l'hypothèse.

VIENT DE PARAÎTRE

Leçons

DE

Chimie Biologique

NORMALE ET PATHOLOGIQUE

PAR

Armand GAUTIER

Professeur de chimie à la Faculté de médecine de Paris, Membre de l'Institut,
Membre de l'Académie de médecine.

DEUXIÈME ÉDITION

Revue et mise au courant des travaux les plus récents
Avec 110 figures dans le texte

Ces leçons complètent le Cours de Chimie de M. le professeur A. GAUTIER.
Elles sont publiées avec la collaboration

DE

Maurice ARTHUS

Professeur de physiologie et de chimie physiologique à l'Université
de Fribourg (Suisse).

1 volume grand in-8° de 826 pages. 48 fr.

Quoiqu'il ne se soit écoulé que quatre années depuis la première édition, l'auteur a dû introduire dans son livre de grands changements. Signalons, parmi les chapitres les plus modifiés, ceux relatifs aux principes albuminoïdes, aux nucléo-albumines, aux albumotoxines, aux ferments, aux ptomaines, à la digestion, à la coagulation du sang, à l'origine anaérobie de l'urée, à la vie chimique de la cellule, aux mécanismes des transformations des principes de l'organisme. Voulant faire de cet ouvrage un livre d'étude aussi bien que de laboratoire, M. Gautier s'est décidé, dans cette deuxième édition, à donner la biographie et à citer les sources renvoyant le lecteur, chaque fois qu'il était nécessaire, aux mémoires originaux.

SONT DÉJÀ PUBLIÉS

COURS DE CHIMIE MINÉRALE ET ORGANIQUE

Deuxième édition revue et mise au courant des travaux les plus récents.
2 volumes in-8°.

CHIMIE MINÉRALE

volume grand in-8° de 672 pages avec 244 figures dans le texte. 46 fr.

CHIMIE ORGANIQUE

1 volume grand in-8° de 736 pages avec 72 figures dans le texte. 46 fr.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 250 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- PICOU. — Distribution de l'électricité. (2 vol.).
- A. GOULLY. — Air comprimé ou raréfié. — Géométrie descriptive (3 vol.).
- DWELSHAUVERS-DERY. — Machine à vapeur. — I. Etude expérimentale calorimétrique. — II. Etude expérimentale dynamique.
- A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur. — Détente variable de la vapeur. — Epures de régulation.
- M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
- ALHELIG. — I. Travail des bois. — II. Corderie. — III. Construction et résistance des machines à vapeur.
- AIMÉ WITZ. — I. Thermodynamique. — II. Les moteurs thermiques.
- LINDET. — La bière.
- TH. SCHLESING fils. — Chimie agricole.
- SAUVAGE. — Moteurs à vapeur.
- LE CHATELIER. — Le grisou.
- DUDEBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
- CRONEAU. — I. Canon, torpilles et cuirasse. — II. Construction du navire.
- H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
- LECOMTE. — Les textiles végétaux.
- DE LAUNAY. — I. Les gîtes métallifères. — II. Production métallifère.
- BERTIN. — État de la marine de guerre.
- FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
- BERTHLOT. — Calorimétrie chimique.
- DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
- GUILLAUME. — Unités et étalons.
- WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
- MINEL (P.). — Électricité industrielle. (2 vol.). — Électricité appliquée à la marine. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
- HEBERT. — Boissons falsifiées.
- NAUDIN. — Fabrication des vernis.
- SINGAGLIA. — Accidents de chaudières.
- GUENEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
- VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
- MEYER (Ernest). — L'utilité publique et la propriété privée.
- WALLON. — Objectifs photographiques.

Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.
- MAGNAN et SÉRIEX. — I. Le délire chronique. — II. La paralysie générale.
- AUVARD. — I. Séméiologie génitale. — II. Menstruation et fécondation.
- G. WEISS. — Electro-physiologie.
- BAZY. — Maladies des voies urinaires. (2 vol.).
- TROUSSEAU. — Hygiène de l'œil.
- FÈRE. — Épilepsie.
- LAVERAN. — Paludisme.
- POLIN et LABIT. — Aliments suspects.
- BERGONIE. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine.
- MIGNIN. — I. Les acariens parasites. — II. La faune des cadavres.
- DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
- CUENOT. — I. Les moyens de défense dans la série animale. — II. L'influence du milieu sur les animaux.
- A. OLIVIER. — L'accouchement normal.
- BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
- CHARRIN. — I. Les poisons de l'urine. — II. Poisons du tube digestif. — III. Poisons des tissus.
- ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
- BROCQ et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie (5 vol.).
- HANOT. — De l'endocardite aiguë.
- WEILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
- LANGLOIS. — Le lait.
- DE BRUN. — Maladies des pays chauds. (2 vol.).
- BROCA. — Tumeurs blanches des membres chez l'enfant.
- DE CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.
- LAPERSONNE (DE). — Maladies des paupières et des membranes externes de l'œil.
- KEHLER. — Applications de la photographie aux Sciences naturelles.
- BEAUREGARD. — Le microscope.
- LESAGE. — Le choléra.
- LANNELONGUE. — La tuberculose chirurgicale.
- CORNEVIN. — Production du lait.
- J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- BLOCH. — Eau sous pression.
 DE MARCHENA. — Machines frigorifiques (2 vol.).
 PRUD'HOMME. — Teinture et impression.
 SOREL. — I. La rectification de l'alcool. — II. La distillation.
 DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
 HENNEBERT (C^l). — I. La rectification. — II. Les torpilles sèches. — III. Bouches à feu. — IV. Attaque des places. — V. Travaux de campagne. — VI. Communications militaires.
 CASPARI. — Chronomètres de marine.
 LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
 DUBÉBOUT et CRONEAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
 C. BOURLET. — Bicycles et bicyclettes.
 H. LÉAUTÉ et A. BERARD. — Transmissions par câbles métalliques.
 DE LA BAUME PLUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
 HATT. — Les marées.
 H. LAURENT. — I. Théorie des jeux de hasard. — II. Assurances sur la vie.
 C^l VALLIER. — Balistique (2 vol.). — Projectiles. Fusées. Cuirasses (2 vol.).
 LÉLOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
 DARIÉS. — Cubature des terrasses et mouvement des terres.
 SIDERSKY. — Polarisation et saccharimétrie.
 NIWENGLOWSKI. — Applications scientifiques de la photographie.
 ROCQUES (X.). — Analyse des alcools et eaux-de-vie.
 MOESSARD. — Topographie.
 BOURSALUT. — Calcul du temps de pose en photographie.
 SEGUÉLA. — Les tramways.
 LEFÈVRE (J.). — I. La Spectroscopie. — II. La Spectrométrie. — III. L'éclairage électrique. — IV. Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras.
 BARRILLOT (E.). — Distillation des bois.
 MOISSAN et OUVRIARD. — Le nickel.
 URBAIN. — Les succédanés du chiffon en papeterie.
 LOPPÉ. — I. Accumulateurs électriques. — II. Transformateurs de tension.
 ARIÈS. — Chaleur et énergie.
 FABRY. — Phés électriques.
 HENRIET. — Les gaz de l'atmosphère.
 DUMONT. — Electromoteurs.
 MINET (A.). — L'Electro-metallurgie.
 DUPOUR. — Etude d'un tracé de chemin de fer.

Section du Biologiste

- CASTEX. — Hygiène de la voix parlée et chantée.
 MERKLEN. — Maladies du cœur.
 G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
 OLLIER. — I. La régénération des os et les résections sous-périosteées. — II. Résections des grandes articulations.
 LETULLE. — Pus et suppuration.
 CRITZMAN. — Le cancer.
 ARMAND GAUTIER. — La chimie de la cellule vivante.
 SÉGLAN. — Le délire des négations.
 STANISLAS MEUNIER. — Les météorites.
 GRÉHANT. — Les gaz du sang.
 NÉCARD. — Les tuberculoses animales et la tuberculose humaine.
 MOUSSOUS. — Maladies congénitales du cœur.
 BERTHAULT. — Les prairies (2 vol.).
 TROUSSART. — Parasites des habitations humaines.
 LAMY. — Syphilis des centres nerveux.
 RECLUS. — La cocaïne en chirurgie.
 THOULET. — Oceanographie pratique.
 HOUBAILLE. — Météorologie agricole.
 VICTOR MEUNIER. — Sélection et perfectionnement animal.
 HENOCQUE. — Spectroscopie du sang.
 GALIPPE et BARRÉ. — Le pain (2 v.).
 LE DANTEC. — I. La matière vivante. — II. La Bactériologie charbonneuse. — III. La Forme spécifique.
 L'HÔTE. — Analyse des engrais.
 LARBALETRIÈRE. — Les tourteaux. — Résidus industriels employés comme engrais (2 vol.).
 LE DANTEC et BERARD. — Les sporozoaires.
 DEMMLER. — Soins à donner aux malades.
 DALLEMAGNE. — Études sur la criminalité (3 vol.).
 BRault. — Des artérites (2 vol.).
 RAVAZ. — Reconstitution du vignoble.
 EHLERS. — L'Ergotisme.
 BONNIER. — L'oreille (3 vol.).
 DESMOULINS. — Conservation des produits et denrées agricoles.
 LOVERDO. — Le yer à soie.
 DUBREUILH et BEILLE. — Les parasites animaux de la peau humaine.
 KAYSER. — Les levures.
 COLLET. — Troubles auditifs des maladies nerveuses.
 GASSER. — Analyse des eaux potables