

BIBLIOTHÈQUE
SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. ÉM. ALGLAVE

LXXXI

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION
DE M. ÉM. AGLAVE

Volumes in-8, reliés en toile anglaise. Prix : 6 fr.
Avec reliure d'amateur, tr. sup. dorée, dos et coins en veau. Prix : 10 fr.

DERNIERS VOLUMES PARUS :

A. Angot. LES AUBORES POLAIRES, avec figures.	6 fr.
P. Brunache. LE CENTRE DE L'AFRIQUE (Autour du Tchad), avec 41 figures et 1 carte.	6 fr.
De Quatrefages. LES ÉMULES DE DARWIN, avec préfaces de MM. E. PÉRIER et HAMY. 2 vol.	12 fr.
— DARWIN ET SES PRÉCURSEURS FRANÇAIS. 2 ^e édition, augmentée.	6 fr.
A. Lefèvre. LES RACES ET LES LANGUES.	6 fr.
A. Binet. LES ALTÉRATIONS DE LA PERSONNALITÉ, avec figures.	6 fr.
Topinard. L'HOMME DANS LA NATURE, avec 101 figures dans le texte.	6 fr.
S. Ariolng. LES VIRUS, avec 47 figures dans le texte.	6 fr.
Starcke. LA FAMILLE PRIMITIVE.	6 fr.
Sir J. Lubbock. LES SENS ET L'INSTINCT CHEZ LES ANIMAUX, et principalement chez les Insectes, avec 117 fig. dans le texte.	6 fr.
Berthelot. LA RÉVOLUTION CHIMIQUE, LAVOISIER, avec figures.	6 fr.
Cartailhac. LA FRANCE PRÉHISTORIQUE, avec 162 figures	6 fr.
Beaunis. LES SENSATIONS INTERNES.	6 fr.
A. Falsan. LA PÉRIODE GLACIAIRE, principalement en France et en Suisse, avec 105 figures.	6 fr.
Richet (Ch.). LA CHALEUR ANIMALE, avec figures.	6 fr.
Sir John Lubbock. L'HOMME PRÉHISTORIQUE étudié d'après les monuments et les costumes retrouvés dans les différents pays de l'Europe, suivi d'une étude sur les mœurs et les coutumes des sauvages modernes, avec 228 gravures, 3 ^e édition. 2 vol.	12 fr.
Daubrée. LES RÉGIONS INVISIBLES DU GLOBE ET DES ESPACES CÉLESTES, avec 78 gravures. 2 ^e édition, revue et augmentée.	6 fr.
F. Lagrange. PHYSIOLOGIE DES EXERCICES DU CORPS, 6 ^e édit.	6 fr.
Dreyfus (C.). L'ÉVOLUTION DES MONDES ET DES SOCIÉTÉS. 3 ^e édit.	6 fr.
Romanes. L'INTELLIGENCE DES ANIMAUX. 2 ^e édit. 2 vol.	12 fr.
Binet et Féré. LE MAGNÉTISME ANIMAL, avec fig. 4 ^e édit.	6 fr.
Schmidt (O.). LES MAMMIFÈRES DANS LEURS RAPPORTS AVEC LEURS ANCÊTRES GÉOLOGIQUES, avec 51 figures	6 fr.
Hartmann (R.). LES SINGES ANTHROPOÏDES ET LEUR ORGANISATION comparée à celle de l'homme, avec 63 figures dans le texte.	6 fr.
Trouessart. LES MICROBES, LES FERMENTS ET LES MOISSISSURES, avec 107 figures, 2 ^e édition augmentée.	6 fr.
De Saporta et Marion. L'ÉVOLUTION DU RÈGNE VÉGÉTAL (les Cryptogames), avec 85 figures.	6 fr.
De Saporta et Marion. L'ÉVOLUTION DU RÈGNE VÉGÉTAL (les Phanérogames). 2 vol. avec 136 figures.	12 fr.
De Lanessan. INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA BOTANIQUE (le Sapin), avec 143 figures, 2 ^e édition.	6 fr.
De Meyer. LES ORGANES DE LA PAROLE ET LEUR EMPLOI POUR LA FORMATION DES SONS DU LANGAGE, avec 51 fig., précédé d'une introduction par M. O. CLAVEAU	6 fr.
Mantegazza. LA PHYSIONOMIE ET L'EXPRESSION DES SENTIMENTS. 2 ^e édition avec huit planches hors texte.	6 fr.

OUVRAGES SUR LE POINT DE PARAÎTRE :

Stanislas Meunier. LA GÉOLOGIE comparée, avec figures.
Dumesnil. L'HYGIÈNE DE LA MAISON, avec figures.
Cornil et Vidal. LA MICROBIOLOGIE, avec figures.
Roché. LA CULTURE DES MERS, avec figures.
Kunckel d'Herculeis. LES SAUTERELLES, avec figures.
Cartailhac. LES GAULOIS, avec figures.

Gaulommiers. — Imp. PAUL BRODARD. — 469-94.

LE PÉTROLE

L'ASPHALTE ET LE BITUME

AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

PAR

A. JACCARD

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'ACADÉMIE DE NEUCHÂTEL

« Tout plutoniste que je sois, je trouve qu'il ne faut pas se laisser aller à ouvrir avec trop de facilité les robinets de l'intérieur du globe, pour en tirer capricieusement tout ce dont la présence ne s'explique pas à première vue par d'autres moyens. »

ANGÉLOT, Salure de la mer Morte (*Bull. Soc. géol. de France*, 1843).

« La philosophie que je professe en géologie consiste à bien observer et à comparer les faits bien constatés sur toutes les parties du globe. »

BARRANDE, Sur le système silurien de la Bohême (*Bull. Soc. géol.*, 1853).

Avec 30 figures dans le texte

PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C^{ie}

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1895.

Tous droits réservés.

NOTICE

SUR LA VIE ET LES TRAVAUX D'AUG. JACCARD

Le 5 janvier, M. Aug. Jaccard décédait subitement au Locle, quelques instants après son retour de Neuchâtel, où il venait de donner sa première leçon de géologie de l'année 1895, aux étudiants de la Faculté des sciences. Avec lui disparaît une des figures les plus originales et les plus intéressantes de l'Académie de Neuchâtel, qu'illustrèrent dans les sciences naturelles les noms d'Agassiz, d'A. Guyot, de Desor.

Né le 6 juillet 1833 à Culliainy près Sainte-Croix dans le Jura vaudois, Aug. Jaccard était fils d'un modeste horloger exerçant la profession de guillocheur au Locle, profession qui devint bientôt la sienne. De bonne heure le jeune horloger témoigna un goût très vif pour les sciences naturelles, à l'étude desquelles il consacrait ses trop rares moments de loisir. Il s'intéresse plus particulièrement à la faune et à la flore des âges disparus qui attirent et inquiètent sa jeune observation par les spectacles grandioses qu'elles évoquent d'une vie antérieure éteinte depuis des siècles et subitement révélée. En 1852, il achète un *Traité de géologie* de Beudant, qui l'initie à la science, qui allait être la passion noble et désintéressée de sa vie. Il nous a raconté lui-même comment il était devenu géologue : « Sortant de bonne heure des écoles primaires, et voué au

travail d'horlogerie, le désir de connaître m'a poussé à utiliser mes moments de loisir en collectionnant les fossiles des environs de ma demeure. Ce qui n'était d'abord qu'un passe-temps devint, par suite de l'abondance des matériaux, une jouissance, peut-être même une passion. Il ne s'agissait plus seulement d'entasser des fossiles plus ou moins beaux dans une collection; il fallait en déduire les conséquences pratiques et s'enquérir de leur signification et de leur rôle dans l'histoire de la terre. »

En 1855, les travaux de terrassements à la gare du Locle amenaient, grâce à la perspicacité du néophyte, la découverte d'un gisement de plantes fossiles dans le calcaire d'eau douce crayeux. Désireux d'en apprendre davantage sur ces trouvailles, il en envoie divers échantillons au professeur Oswald Heer, le célèbre paléontologue suisse, à Zürich. Ce dernier le félicite vivement du trésor qu'il vient de mettre au jour, et pour lui témoigner sa reconnaissance donne à l'une de ces plantes fossiles le nom de « *Gresillea Jaccardi* ». Dans ce haut et froid plateau du Jura, Aug. Jaccard venait de découvrir une flore subtropicale de lauriers, camphriers, palmiers, analogue à celle qu'on observe aujourd'hui à Madère, aux îles Canaries, dans la Caroline du Sud.

De plus en plus lancé dans la science, il entre bientôt en relations suivies avec Oswald Heer, Desor, G. de Tribolet, Gressly dont il devient l'émule. Desor en particulier lui témoigna beaucoup d'intérêt et le choisit, en 1868, comme son suppléant à la chaire de géologie de l'Académie de Neuchâtel. Il devait quelques années plus tard l'y remplacer définitivement. Grand travailleur, original dans ses idées, Jaccard devient rapidement une autorité de premier ordre pour tout ce qui concerne la géologie du Jura, et l'Université de Zürich lui décerne en 1883 le titre de « doctor honoris causa ». De 1856 à nos jours, Aug. Jaccard a publié un nombre considérable de mémoires et d'articles dans quan-

tité de revues et de journaux de la Suisse ou de l'étranger. Citons entre autres, en 1862, en collaboration avec M. Pictet : *Description des reptiles et poissons fossiles de l'étage virgulien du Jura supérieur neuchâtelois*. En 1865, en collaboration avec M. de Loriol : *Étude de la formation d'eau douce infra-crétacée du Jura*. En 1869, *Description géologique du Jura neuchâtelois et vaudois* avec suppléments en 1870 et 1893.

En 1889, après avoir pendant plus de trente ans consacré toute son attention à l'étude des roches asphaltiques et bitumeuses tant dans le Jura que dans la Haute-Savoie, il put enfin publier ses *Études géologiques sur l'asphalte et le bitume*, résumant l'ensemble des connaissances acquises dans ce domaine de la science. Établissant en principe l'origine organique du bitume et du pétrole, il retraçait les principales phases de l'histoire de l'asphalte au Val-de-Travers. La question de l'existence de la houille en Suisse, déjà traitée par M. Desor à l'occasion du grand sondage de Rheinfelden, revenait à l'ordre du jour en 1890-91. Aug. Jaccard en fit l'objet d'une très intéressante communication à la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel, en vue surtout de dissiper les illusions des personnes qui, ne tenant aucun compte des résultats acquis par la science, s'imaginaient qu'il serait possible de rencontrer la houille par un sondage pratiqué à travers les couches de la molassé du plateau suisse.

À côté de ces publications d'un caractère strictement scientifique, il faut encore mentionner toutes celles qu'il a faites dans un but de vulgarisation; nul n'a su mieux que lui mettre à la portée de chacun les résultats de la science. Citons dans ce groupe : en 1859, *Étude géologique sur la faune et la flore du terrain d'eau douce supérieur du Jura neuchâtelois*. Cet ouvrage est un premier essai de vulgarisation des découvertes de la science bien plutôt qu'un mémoire géologique. En 1880, *Notions élémentaires de*

géologie, un volume autographié, avec cartes, coupes, profils et figures de fossiles. En 1892, *Causeries géologiques*. Préoccupé dès longtemps du désir de faire comprendre au public cultivé de la Suisse française les principaux phénomènes de la période glaciaire, Jaccard avait, à l'exemple de Falsan et Chantre, tracé sur les feuilles au 100/1000 et au 250/1000 de la Suisse, le chemin parcouru par les blocs alpins du glacier du Rhône ainsi que celui de nos glaciers jurassiens.

Pour apprécier à sa juste valeur une activité aussi considérable, il ne faut point oublier que tout ce développement scientifique s'est accompli en grande partie à temps perdu, et qu'Aug. Jaccard continuait encore pendant de longues années à exercer sa très modeste profession d'ouvrier guillocheur. Candido, simple et bon, il fut toujours d'une extrême obligeance envers chacun et savait présenter sa science à ses élèves avec une bonhomie charmante.

En août 1893, en terminant sa *Description géologique du Jura*, après plus de trente ans de rude labeur, il s'exprimait en ces paroles si simples et touchantes : « Je suis heureux, en approchant du terme de ma carrière scientifique, d'avoir eu la santé et les forces nécessaires pour amener à bonne fin un travail qui m'a procuré les plus douces jouissances et les plus intimes satisfactions ». L'humble serviteur de la science que fut Aug. Jaccard nous offre une belle et grande leçon de vie par son complet désintéressement à la recherche de la vérité.

E. J.

Février 1895.

PRÉFACE

Le travail que je publie aujourd'hui a eu pour point de départ mes recherches sur la géologie du Jura et sur les applications pratiques de cette science à l'exploitation des matières minérales.

Au cours de mes observations surgirent, presque en même temps, les questions relatives à l'extension du gisement d'asphalte du Val-de-Travers, et celles non moins importantes de la découverte de l'huile minérale aux États-Unis. Je compris dès l'abord la nécessité de rechercher l'origine et le mode de formation de ces substances que l'on désigne sous le nom général d'hydrocarbures, et qui jusqu'à cette époque n'avaient pas encore fixé, comme elles le méritaient, l'attention du monde scientifique.

Mes investigations portant à la fois sur les documents publiés d'une part, et sur les vestiges, les indices de l'existence du bitume dans diverses formations, il me fut possible de publier en 1890 un premier essai, mes *Études géologiques sur l'asphalte et le bitume au Val-de-Travers dans le Jura et la Haute-Savoie*. Je considérais ce travail comme la première partie d'une étude plus générale, comprenant le pétrole et les carbures d'hydrogène gazeux.

L'accueil favorable fait par M. E. Alglave, à ma proposition d'en faire l'objet d'un volume de la *Bibliothèque scientifique internationale*, en même temps qu'il me remplissait de joie, m'ouvrait une perspective des plus encourageantes. Je me suis donc remis à l'œuvre, et, tout en cherchant à résister aux entraînements d'un système préconçu, j'ai rédigé ce mémoire dans lequel j'ai cherché à prouver qu'il est naturel et même nécessaire d'admettre le principe de l'origine organique des hydrocarbures solides ou liquides contenus dans le sein de la terre.

Quoique de date récente, la bibliographie de l'asphalte et du pétrole est déjà représentée par un nombre incalculable d'ouvrages. Toutes les

fois que cela m'a été possible j'ai consulté les publications originales; mais, dans un grand nombre de cas, j'ai dû me contenter des analyses et comptes rendus critiques de publications postérieures. Le magnifique *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, de MM. Fuchs et de Launay, en particulier, a été largement mis à contribution, et je me plais à signaler tout le parti que j'ai tiré de ce travail.

Longtemps j'avais espéré pouvoir reprendre à nouveau l'étude des gisements asphaltiques de la vallée du Rhône, ainsi que celle du pétrole de Dardagny; les circonstances ne me l'ont pas permis. Il y a là, comme partout, du reste, un vaste champ d'observation pour quiconque voudra poursuivre les recherches dans un domaine à peu près neuf au point de vue géologique.

Je ne saurais me dissimuler que les conclusions auxquelles je suis arrivé sont en opposition avec des hypothèses et des théories longuement accréditées, et encore en faveur parmi les naturalistes de notre époque. Mais, dans ma carrière de géologue, n'ayant jamais réussi à observer des faits concluants en faveur des théories éruptives, j'ai dû me résigner à être en désaccord avec des

auteurs dont je me plais d'ailleurs à reconnaître la haute valeur scientifique, et parmi lesquels il en est un bon nombre dont l'estime et l'amitié me sont chères.

Encore un mot. Je ne considère cette esquisse que comme une ébauche, un essai dans un domaine trop peu exploré jusqu'ici. J'espère que parmi les jeunes naturalistes, géologues, chimistes, physiciens, il s'en trouvera qui viendront vérifier mes données, en acquérir de nouvelles et contribuer à accroître nos connaissances dans ce domaine des sciences naturelles.

AUG. JACCARD.

Neuchâtel, juin 1894.

LE PÉTROLE

L'ASPHALTE ET LE BITUME

AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

CHAPITRE I

INTRODUCTION. — HISTORIQUE

But de ce travail. — Age des formations bitumineuses. — Historique, antiquité. — xviii^e siècle. — xix^e siècle. — Découverte du pétrole aux États-Unis. — Pensylvanie. — Virginie, Ohio, Kentucky, Canada. — Russie. — Galicie. — Japon. — Bolivie. — Archipel asiatique. — Nouvelle-Zélande. — Pérou. — Résumé.

But de ce travail. — Je me propose d'établir dans ce travail que l'asphalte, le bitume, et en général tous les composés d'hydrogène carboné provenant du sein de la terre, ont une origine *sédimentaire, organique*, et non point une origine *éruptive et inorganique*, ainsi que cela a été affirmé depuis longtemps déjà.

Je me hâte d'ajouter que je ne songe nullement à contester les phénomènes de déplacement des substances bitumineuses, qui, postérieurement à leur formation, et obéissant aux lois de la physique, tendent constamment à

s'échapper des profondeurs où elles sont emprisonnées, et à revenir à la surface, associées à l'eau et aux gaz combinés qui les accompagnent. Mais ces déplacements, qui d'ailleurs peuvent s'opérer latéralement, ou de haut en bas, sont indépendants des phénomènes éruptifs et des émanations souterraines, tels qu'on les comprend généralement.

Age des formations bitumineuses. — On trouve des hydrocarbures solides, liquides ou gazeux, dans tous les terrains sédimentaires anciens, aussi bien que dans les dépôts marins ou lacustres qui se forment encore actuellement.

Il n'est donc pas douteux que ces substances se sont formées dès le moment où les eaux condensées ont commencé à déposer les *sédiments* qui constituent les *roches stratifiées*; toutefois il semble, dans l'état actuel de nos connaissances, que la formation des substances bitumineuses ait été, à certaines époques géologiques, et dans certaines contrées, plus active et plus intense, de la même façon qu'on a pu le constater pour la formation des charbons minéraux tels que la houille, le lignite, etc. Il est à remarquer en outre que les circonstances favorables à la formation des hydrocarbures sont loin de s'être présentées d'une façon aussi générale que ce n'est le cas pour les combustibles minéraux.

Il ne faut pas confondre l'*âge de formation* des hydrocarbures avec les *circonstances* qui déterminent leur réapparition à la surface. C'est pour avoir méconnu ce fait que les géologues ont été si longtemps avant de s'entendre sur l'*origine* de l'asphalte, du bitume et du pétrole. Ainsi que

je l'établirai, la *formation* du pétrole est consécutive de celle des terrains dans lesquels la sonde du mineur va le chercher.

De même les *sources naturelles* de pétrole et de gaz proviennent de dépôts anciens, mis en communication avec la surface. Mais ces dépôts ne sont pas inépuisables, et, comme les couches de houille, une fois l'extraction terminée, il est inutile d'en poursuivre la recherche. De même encore, le bitume de la mer Morte, qui apparaît à l'état visqueux, ou semi-liquide, et qui se solidifie, provient des dépôts anciens ensevelis dans les couches sédimentaires, et dont la réapparition à la surface est provoquée par des causes diverses que nous aurons à étudier.

Historique. Antiquité. — Le bitume de Judée, dont tout le monde connaît l'ancienne célébrité, provenait de la mer Morte ou *lac Asphaltite*. D'après la tradition ce bitume faisait de temps en temps son apparition à la surface du lac, où il formait des amas considérables, que les Arabes recueillaient et exportaient en Égypte, où il servait aux embellissements.

Strabon a laissé une description assez détaillée des phénomènes qui accompagnaient l'apparition du bitume, ou asphalté : « L'asphalté, dit-il, est une espèce de terre réduite en fusion par la chaleur; dans cet état de liquéfaction, elle jaillit et coule au dehors. Lorsqu'elle se trouve en contact avec l'eau froide, elle devient très dure, au point qu'il faut des instruments tranchants pour la couper. La pesanteur de l'eau force l'asphalté à monter à la surface; alors les habitants s'en approchent avec leurs radeaux, le brisent et en emportent autant qu'ils le peuvent. »

4. LE PÉTROLE, L'ASPHALTE ET LE BITUME

Diodore de Sicile a aussi décrit le lac Asphaltite. « Son eau, dit-il, est amère et puante, de sorte qu'on n'y trouve ni poisson, ni aucun animal aquatique, qu'elle corrompt absolument la douceur des eaux qui vont s'y rendre. »

Suivant les auteurs anciens, le bitume était appliqué surtout à l'embaumement des momies, mais il servait aussi à bien d'autres usages, et en particulier à la fabrication des mortiers, dans les constructions, au revêtement des bateaux, etc.

Le lac Asphaltite n'était pas seul du reste à fournir le bitume. On le recueillait aussi aux sources de l'Is, à 180 kilomètres au nord de Babylone.

Les anciens ont aussi connu le bitume sous sa forme liquide, c'est-à-dire de pétrole. Hérodote a parlé de l'huile minérale de Zante dans la mer Ionienne. Pline, Diodore et Dioscoride font mention des sources d'Agrigente; l'huile qu'on en retirait était brûlée dans les lampes sous le nom d'huile de Sicile.

En Perse, au-dessus de sources brûlant depuis des siècles, on éleva des temples, où venaient se prosterner les adorateurs du feu.

XVIII^e siècle. — Rien, dans l'histoire du moyen âge, n'indique que les matières bitumineuses aient été l'objet d'une exploitation quelconque, ni même qu'elles aient fixé l'attention, si toutefois nous exceptons les sources de pétrole de Pechelbronn qui, « dans le xvi^e siècle, fournissaient spontanément de l'huile minérale en si grande quantité que les paysans des environs s'en servaient pour alimenter leurs lampes et pour graisser leurs voitures ».

Mais, à partir de 1712, un aventurier grec, se disant

médecin, le chevalier Eirini d'Eyrins visita divers gisements bitumineux du Jura, en particulier la mine du Val-de-Travers, qu'il signala « comme étant pour l'Europe un trésor qui nous avait été inconnu depuis le commencement du monde ».

Il eut en outre le mérite, plus réel peut-être, de reconnaître à 150 mètres de la source principale de Pechelbronn, le sable bitumineux dont cette source amenait au jour l'huile minérale. Nous ferons plus loin le résumé historique de chacune de ces exploitations, qui toutes ont eu à traverser des phases diverses de prospérité et d'abandon.

Déjà en 1717, le D^r Rivière, de Montpellier, écrivait : « Entre les différentes curiosités naturelles que l'on trouve dans le Languedoc, celles que l'on voit sur le territoire de Gabian sont les plus singulières.... La fontaine de l'huile de pétrole est la seule que je sache dans tout le royaume de cette espèce. » Elle sort d'un rocher, à mille pas du village de Gabian, etc.

Voici, d'autre part, dans quels termes Razoumowsky s'exprime dans son *Histoire naturelle du Jorat* :

« Dans la molasse du ravin du Talent, près de Chavornay, existe une couche qui n'est bitumineuse que par places et de laquelle il découle une si grande abondance de pétrole que l'eau qui baigne le roc en est chargée. »

Il découlait aussi de l'huile en abondance des rochers situés plus loin, sur la rive opposée du Talent. A un quart de lieue à l'ouest de la ville d'Orbe, MM. Venel ont aussi découvert un banc bitumineux qu'ils exploitent en galerie.

Comme on le voit le mot pétrole était, déjà au xviii^e siècle, appliqué aux bitumes liquides et aux huiles minérales

naturelles, mais ces substances n'avaient encore qu'un emploi fort restreint, malgré les réclames dont elles avaient fait l'objet.

XIX^e siècle. — Le fait est, qu'au commencement de ce siècle on fabriquait encore, par-ci par-là, de l'huile d'asphalte, de la graisse de voiture, etc.

C'est dans la vallée du Rhône, à Pymont-Seyssel, que nous voyons se manifester une nouvelle vogue pour les substances bitumineuses.

Tout d'abord, l'attention s'était portée sur une molasse bitumineuse dont on se proposait d'extraire la *graisse*, comme cela se pratiquait à Pechelbronn. Plus tard, on reconnut l'existence du bitume dans le calcaire de Pymont (montagne de feu, montagne qui brûle), et en 1835, on commença à l'exploiter pour la fabrication du mastic destiné au revêtement des trottoirs. Disons en passant que la nouvelle industrie donna lieu à des spéculations et à un agiotage insensé, dont trente ans plus tard on vit le renouvellement aux États-Unis lors de la découverte du pétrole.

Il avait suffi du reste de ce retour de faveur pour ramener l'attention sur l'asphalte du Val-de-Travers, où, comme nous le verrons, on entreprit des travaux de recherches qui furent couronnés de succès.

D'autre part, une industrie similaire, celle de la distillation de certains schistes bitumineux, en particulier aux environs d'Autun, était parvenue à triompher des difficultés du début et avait acquis un développement remarquable. On fabriquait du pétrole en France avant qu'il fût question d'importer les pétroles naturels des États-Unis. Les statistiques du ministère du commerce accusent, pour l'année

1858, une production de 12 000 tonnes, provenant en grande partie des schistes d'Autun.

Découverte du pétrole aux États-Unis. — De tout ce que j'ai rapporté jusqu'ici; il est aisé de voir que, ni les géologues, ni les physiciens n'avaient soupçonné la présence, en quantité considérable, de substances minérales liquides ou fluides dans les terrains ou les roches. Ce fut donc avec une véritable stupéfaction que, vers 1860, on vit arriver dans divers ports de l'Europe des chargements d'huile minérale, de *pétrole*, comme on le désignait couramment. Si, au début, il était resté quelque doute sur la puissance de production des sources américaines, l'abaissement graduel du prix du pétrole fournit la preuve qu'il y avait là un élément nouveau de progrès dans le bien-être social, aussi me paraît-il utile de jeter un rapide coup d'œil sur les origines et le développement de la production pétrolière en Pensylvanie d'abord, puis dans les divers États de l'Union américaine et au Canada.

Pensylvanie. — L'existence du pétrole dans certaines régions des États-Unis, particulièrement dans la Pensylvanie, était d'ailleurs connue dès longtemps. M. de Fontvielle ¹, Fernand Hue ², Figuier ³ ont fait le récit des circonstances pittoresques, quelquefois dramatiques dans lesquelles les Européens firent connaissance avec l'*huile des Sénecas*. Toutefois il semble avéré que c'est à la recherche des sources salées que l'on doit les premiers essais de forages destinés à faciliter l'accès de l'eau vers la surface.

- 1. Le Pétrole, *Bibl. des merveilles*, 1888.

2. Le Pétrole, *Bibl. de géogr. et de voyages*, Paris.

3. *Les merveilles de la science*, IV, 1870.

A force de puiser l'eau salée et de creuser plus profondément pour l'obtenir, on vit surgir un liquide encore inconnu, noirâtre, épais, que les propriétaires considéraient comme une entrave à leur industrie. La production de cette substance, considérée comme inutilisable, augmenta dans des proportions telles, que bientôt les puits forés dans le haut Alléghany furent abandonnés.

Il fallait en effet les progrès réalisés, d'une part dans la distillation de cette substance nauséabonde, de l'autre, ceux du perfectionnement dans les appareils d'éclairage, pour ramener l'attention sur les huiles minérales mélangées à l'eau salée des sources de la Pensylvanie et de l'Ohio.

Les nouvelles recherches furent d'abord concentrées sur le district d'Oil Creek, où l'huile sortait de terre naturellement. Elle était recueillie au profit d'une compagnie, la *Pensylvania Rock Oil Company*, qui en eut le monopole jusqu'en 1858.

Plus tard en 1859, après des échecs sans nombre, le colonel Drake obtint un succès remarquable par le forage d'un puits à la profondeur de 171 pieds. Une pompe installée aussitôt, amena l'huile à la surface et, à dater de ce jour, donna régulièrement 24 barils de 160 litres par vingt-quatre heures.

Cette réussite fut le signal d'un enthousiasme général pour les possesseurs de terrains aux environs du puits Drake. Tout le monde se mit à l'œuvre; des appareils de sondage furent installés de toutes parts. Quelques-uns des nouveaux puits étaient productifs, mais le plus grand nombre ne donnait pas l'huile ou, du moins, en si petite quantité qu'ils ne valaient pas la peine d'être exploités.

Pour consacrer définitivement l'importance de cette découverte il fallait la découverte de puits jaillissants, amenant directement l'huile à la surface.

Le premier puits jaillissant du district d'Oil Creek fut le puits *Funk*, qui atteignit le *stratum* en juin 1861, et le pétrole ne cessa de couler, avec un débit journalier de 240 barils, qu'au bout de quinze mois. Bien avant qu'il eût cessé de jaillir, le *Phillips* fournit un débit quotidien et continu de deux mille barils. Peu de temps après, on forait l'*Empire*, qui jaillit à raison de trois mille barils par jour.

Bientôt la région d'Oil Creek ne fut pas la seule exploitée, et l'on commença des forages dans les districts de Pleasantville et de Pithole. La production atteignait en 1862 plus de trois millions de barils. En 1874 elle s'élevait à près de onze millions de barils.

En 1875, commença la mise en valeur du district de Bradford; les résultats obtenus furent tels, qu'en 1880 sur 26 millions de barils recueillis dans l'ensemble des *Oil field*, Bradford figura pour 20 millions.

Les puits du gisement d'Alleghany ouvert en 1882, portèrent la production au chiffre, colossal à cette époque, de 31 398 750 barils, plus de *cinq milliards de litres*.

C'est le 17 mai 1882 que le 646 jaillit pour la première fois; avant la fin de juin trois cent vingt et un puits étaient creusés dans le voisinage, et tous avaient un débit considérable. Cette prospérité ne fut pas de longue durée; rapidement épuisée, la couche pétrolifère ne tarda pas à tarir; au mois d'octobre de la même année, le rendement était presque nul et la plupart des puits abandonnés.

En 1885, le nombre des puits en plein rapport dans la

Pensylvanie dépassait vingt-cinq mille, produisant 40 millions de barils par an, soit 6 milliards 400 millions de litres. Quant au nombre de puits abandonnés, il était déjà incalculable.

Des résultats aussi prodigieux, aussi imprévus, étaient de nature à faire croire que le sous-sol des États-Unis était imprégné de pétrole dans toute son étendue. De toutes parts on fit des recherches, on entreprit des sondages, sans se préoccuper de la constitution géologique des terrains. On découvrit de nouveaux gisements, il est vrai, mais on dut bien reconnaître, qu'en somme il fallait en rabattre des espérances qu'on avait conçues, et la nécessité de tenir compte des facteurs scientifiques dont on s'était passé jusqu'alors.

Dans la *Virginie* les exploitations sont relativement peu développées. Des puits, généralement peu profonds, de cette région, on extrait une huile lourde d'une grande valeur. Un seul puits jaillissant a été rencontré. La production totale ne dépasse pas 500 barils par jour.

L'*Ohio* présente plusieurs districts pétrolifères dans le prolongement des bassins de la Pensylvanie, mais aucun d'eux n'a une importance considérable.

Le *Kentucky* a quatre centres d'exploitation, mais les recherches n'ont pas encore répondu à ce que les indices avaient fait espérer.

Les débuts des exploitations *Canadiennes* furent remarquablement brillants : à Oilsprings, à Pétrolia, à Enniskillen les premiers puits étaient jaillissants. L'un d'eux, ouvert le 14 avril 1862, avait un débit de neuf mille hectolitres par jour. La production était en 1886 d'environ trois mille barils par jour.

Russie. — Les sources de gaz de la Russie méridionale aux environs de Bakou sont connus depuis plus de 2500 ans. L'utilisation du pétrole, quoique moins ancienne, remonte, elle aussi, assez loin. Ainsi Marco Polo nous apprend que Bakou fournissait de l'huile minérale à plusieurs contrées de l'Asie et même à Bagdad. Mais c'est à partir de l'annexion définitive à la Russie en 1801, que l'exploitation se développa de plus en plus. En 1849, 130 puits étaient en activité. En 1872, leur nombre était de 415, mais tous étaient des puits creusés à grande section; il n'y avait encore que deux puits forés.

En 1874, la *Compagnie du commerce transcaspien* appelée plus tard *Compagnie du pétrole transcaspien*, fit forer plusieurs puits et obtint une production considérable. A partir de 1875, MM. Nobel et divers associés russes inaugurèrent une nouvelle activité, en adoptant des méthodes perfectionnées pour produire, raffiner et transporter l'huile. Une nouvelle société, connue sous le nom de *Bnito*, donna essor au pétrole russe en lui ouvrant les marchés des Indes et de l'Extrême-Orient¹, et bientôt les arrivages d'huile du Caucase vinrent compenser ceux des États-Unis dont le déclin venait de se manifester.

Galicie. — La Galicie a renfermé de temps immémorial des sources naturelles de pétrole dont les habitants recueillaient le produit qu'ils employaient à divers usages. Vers 1810, on commença à creuser des puits et à faire des essais de distillation. En 1840, on comptait, dans le district de Stanislaw, 75 puits, dont le produit servait à la fabrication

1. Deutsch, *le Pétrole*.

de la graisse pour les roues de voitures. Enfin, dans la période de 1853 à 1854, on traita le pétrole par distillation et on obtint les huiles lubrifiantes et les huiles d'éclairage.

Les nombreux travaux de recherches qui se sont dès lors succédé ont démontré que le pétrole n'existait en certaine abondance que près de la surface, et le produit des puits est allé en diminuant dans une proportion si considérable qu'il devenait impossible de continuer l'exploitation dans certains districts. Elle s'est alors reportée sur les frontières de la Bukovine à Sloboda où les résultats obtenus furent plus satisfaisants. Mais ce qui constitue la richesse de la Galicie, c'est l'ozokérite, dont l'exploitation a pris naissance vers l'année 1860. La production annuelle est de 20 000 tonnes, et vaut 15 millions de francs.

Japon. — L'huile est recueillie dans dix provinces de l'empire du Japon. Les principaux centres d'exploitation sont dans le district d'Echigo, où l'on comptait, en 1885, 1458 puits en activité et 1411 entièrement desséchés.

Dans tout le Japon les éruptions de gaz sont nombreuses, et presque partout elles dénotent la présence du pétrole. Ce gaz est généralement utilisé par les habitants pour le chauffage des eaux minérales, aussi très abondantes. Tous les puits creusés, en général peu profondément, ne fournissent chacun que peu d'huile. En 1880, la production a été de 34 143 barils américains.

L'huile recueillie au Japon est généralement très foncée, lourde et épaisse. Elle ne fournit pas au raffinage plus de 35 à 50 pour 100 d'huile lampante ¹.

1. F. Hue, *le Pétrole*, p. 151.

Bolivie. — Dans le sud de la Bolivie, on a découvert de riches gisements, que l'on prétend au moins aussi riches que ceux de la Pensylvanie. Les trois sources principales de Curarazuti, Plata et Piguierenda, forment un immense ruisseau d'huile, profond de 6 pieds et large de 7 pieds; la quantité de pétrole qu'on en retire est si considérable que tout forage devient inutile. Pour approvisionner toute l'Amérique méridionale, il suffirait de puiser à même ce fleuve d'huile. Huit autres sources existent dans un rayon de quinze lieues et leur richesse est au moins égale à celles citées plus haut ¹.

Archipel asiatique. — Java, Sumatra, Bornéo et Célèbes possèdent des gisements de pétrole assez nombreux, la plupart accompagnés de volcans de boue. Celui de Grobagan, dans l'île de Java, présente des éruptions intermittentes; au-dessus du cratère plane un épais nuage de fumée, de vapeur et de gaz.

Dans la province de Bambang, l'huile remplit des trous creusés jusqu'à fleur de terre. Les indigènes la recueillent tous les huit jours et en font des espèces de torches.

A Sumatra, dans le district de Minjak Liugi, l'huile surgit spontanément de crevasses ou d'excavations artificielles, dans le voisinage des sources minérales et thermales.

Dans l'île de Bornéo il suffit, dans certains endroits, de creuser un trou profond pour voir l'huile apparaître à la surface.

La presqu'île de Mena, au nord-est de Célèbes, possède des volcans de boue et des sources de pétrole, dont

1. F. Hue, *le Pétrole*, p. 144.

le produit assez considérable s'écoule dans une petite rivière ¹.

Nouvelle-Zélande. — Dans l'île nord de la Nouvelle-Zélande, entre le volcan Tongarino et la mer, s'étendent le district des lacs et la zone des geysers, des solfatares, des fumerolles et des volcans de boue. Ceux-ci au nombre de plus de mille sont, au dire du docteur Hochstetter, les plus actifs et de beaucoup les plus puissants du monde entier. Les volcans de boue sont des éruptions continues ou intermittentes d'asphalte et de pétrole, mélangés avec des matières en fusion, de l'eau bouillante et des terres délayées. Ce phénomène est toujours un indice certain de l'existence du pétrole dans les couches sous-jacentes des environs ².

« Deux gisements importants sont connus dans la Nouvelle-Zélande : à Waiapu, district d'Auckland, et à Manotabé. Soumis au raffinage, le pétrole de Waiapu fournit de 65 à 80 pour 100 d'huile d'éclairage. La profondeur des puits ne dépasse pas 1000 pieds. En certains endroits il s'échappe du sol un gaz naturel qui renferme des vapeurs de paraffine et brûle avec une flamme bleuâtre ³. »

Pérou. — Depuis longtemps on connaît, au Pérou, l'existence de l'asphalte et du bitume solide et liquide. La matière solide est à la surface, et l'on retirait le liquide de longues fosses, profondes de 20 pieds environ, que le pétrole emplissait par suintement lent et continu.

Là bruit de la découverte du pétrole en Pensylvanie engagea M. A. Ruden à forer en 1869 un puits dont le pro-

1. F. Hue, *le Pétrole*, p. 149.

2. F. Hue, *le Pétrole*, p. 146.

3. Deutsch, *le Pétrole*, p. 36.

duit était peu important. En 1876, l'essai de 500 pieds de profondeur rencontra la couche de sable pétrolifère. Un autre puits foré dans le voisinage a donné pendant trois ans six cents barils par jour.

En 1885, Zoristos était devenu le centre des opérations. De nombreux puits ou fossés creusés dans les environs fournissaient de grandes quantités d'huile ¹.

Résumé. — L'histoire du pétrole, comme substance minérale renfermée dans le sein de la terre, est de date toute récente. Là même où elle a été rencontrée en grande abondance, elle était en quelque sorte ignorée des habitants de la contrée.

C'est sous la forme d'asphalte et de bitume que les naturalistes ont connu les premiers composés hydrocarbonés, mais leur emploi n'étant pas encore bien déterminé, ils n'ont songé à en rechercher les gisements qu'à partir de la période de 1830 à 1840.

La découverte des gisements de pétrole américains, aussi bien que de l'application des procédés industriels de distillation, a été le point de départ d'une nouvelle industrie et de recherches dans tous les pays du monde.

Tout en reconnaissant que les gisements n'étaient pas inépuisables, on s'est assuré que ceux-ci existent sur une multitude de points et dans presque toutes les parties du monde, en un mot, que ces gisements comparables à certains égards à la houille, pouvaient être recherchés avec des chances de succès partout où existent des terrains sédimentaires.

1. F. Hue, *le Pétrole*, p. 141.

CHAPITRE II

ORIGINE ET FORMATION DES TERRAINS ET DES ROCHES

Généralités. — Classification générale. — Terrains sédimentaires. — La sédimentation. — La fossilisation des animaux. — La fossilisation des végétaux. — Terrains primitifs. — Roches cristallines et volcaniques. — Point de départ des roches éruptives. — Substances gazeuses des volcans. — Formation des filons. — Phénomènes orogéniques. — Durée des temps géologiques. — Tableau des périodes géologiques. — Résumé.

Généralités. — Avant d'aborder l'exposé des hypothèses et des théories relatives à l'origine des substances bitumineuses, il me paraît nécessaire de jeter un rapide coup d'œil sur la manière dont se sont formés les terrains et les roches au sein desquels on rencontre ces substances.

La géologie, cette science nouvelle entre toutes, est loin d'avoir dit son dernier mot sur nombre de questions fondamentales relatives à l'origine de la vie, aux modifications de la surface du globe, aux transformations des substances minérales, aux causes de ces transformations. Elle a commencé par être une science de cabinet, les savants dissertaient, discutaient, non point sur les phénomènes eux-mêmes, mais sur la façon dont ils s'étaient manifestés. Nous ne connaissons encore qu'une minime partie de cette écorce

solide du globe et nous ignorons ce qui se passe dans ces régions invisibles, dans ces profondeurs, siège des manifestations géothermiques anciennes et actuelles.

Classification générale des terrains. — Quel que soit le point de vue ou le système que l'on adopte, il est incontestable que les *terrains* qui constituent la croûte solide du globe n'ont pas été *créés* tels que nous les voyons, qu'ils sont le résultat de transformations, de modifications, de remaniements sans nombre.

Dès le début des observations géologiques on s'est efforcé d'établir une classification systématique des roches, ou des *masses minérales*, qui constituent les terrains, mais il semble que plus le débat se prolongeait, moins on s'approchait d'une solution rationnelle, aussi me garderais-je bien d'aborder ici ce sujet délicat, me bornant à distinguer deux groupes de terrains, les uns *stratifiés* ou *sédimentaires* proprement dits, les autres *non stratifiés*, *éruptifs* ou *cristallins*. Il existe d'ailleurs entre ces deux groupes des transitions si nombreuses que leur distinction rigoureuse est impossible. Ajoutons encore toutefois que les terrains du premier groupe sont caractérisés par la présence des vestiges d'animaux et des plantes que nous appelons les *fossiles*. Ceux-ci manquent dans les terrains non stratifiés qui renferment en revanche presque toujours des *minéraux cristallins*.

Comment, dans quelles circonstances, se sont formés ces terrains au milieu desquels nous aurons à reconnaître la présence des carbures d'hydrogène gazeux, liquides ou solides, c'est ce qu'il nous faut d'abord rechercher.

Terrains sédimentaires. — On appelle *roches* toutes les

substances minérales qui constituent les terrains, quelle que soit d'ailleurs leur nature, solide, meuble ou plastique. Les principales roches sédimentaires sont les grès, les calcaires, les argiles. Ces roches ont été *déposées* par l'eau, et non *formées* comme on le dit souvent; elles constituent des couches superposées sur une épaisseur plus ou moins grande et, postérieurement à leur dépôt, elles ont été redressées, plissées, disloquées, de telle façon que nous pouvons étudier leur nature et leur structure particulière.

Nous constatons ainsi l'*alternance* des roches dures et des roches plastiques, des grès, des argiles, des calcaires. Mais il est évident qu'au moment de leur dépôt elles étaient toutes, sans exception, dans un état plus ou moins plastique; la solidification d'une partie d'entre elles est postérieure au dépôt. Il s'est opéré une sorte de *métamorphisme*, comparable à celui du mortier ou du plâtre après leur application.

La puissance des assises des terrains sédimentaires prouve que celles-ci se sont déposées au fond de bassins marins, d'océans, semblables aux mers actuelles : les continents actuels sont des portions émergées de ces océans des temps géologiques, la formation des terrains a exigé des milliers de siècles, pendant lesquels la vie organique s'est développée, se modifiant sans cesse, ainsi que nous le montrent les vestiges d'animaux et des plantes ensevelis dans les terrains sédimentaires.

La sédimentation. — [D'où proviennent ces sédiments, ces matières minérales qui constituent les roches sédimentaires? Faut-il admettre, comme le faisait tout récem-

ment M. Daubrée ¹, un « apport des parties internes du globe » ? Pour ma part, je ne saurais absolument admettre la distinction établie par cet auteur entre les *produits de trituration et de décomposition*, qui seraient des *apports superficiels*, et les *produits d'éruptions et d'émanations*, qui seraient des *apports des régions profondes*, lesquels, arrivés à la surface, se seraient interstratifiés avec les premiers.

En réalité les matériaux des terrains sédimentaires résultent de la destruction, du remaniement et du transport successif de roches émergées aux différentes époques géologiques. C'est ce que me paraissent démontrer les savantes recherches de M. H. Fayol sur le terrain houiller de Commeny ². Sauf les calcaires, qui sont dûs à une sédimentation chimique, les matériaux des terrains sédimentaires (argiles, sables ou grès) proviennent du remaniement par les courants terrestres de terrains déjà émergés et de leur transport dans des bassins où ils ont formé de nouveaux *dépôts stratifiés*, susceptibles d'être, à leur tour, en partie détruits et remaniés.

Ce n'est pas tout : on eût pu croire que les dépôts formés par les matières minérales à leur embouchure dans les bassins, seraient constitués par des roches de nature semblables aux roches dont elles provenaient. Mais il n'en est rien. Ainsi que l'a démontré M. Fayol, il s'opère pendant le transport, surtout au moment du dépôt dans les deltas, marins ou lacustres, un triage naturel des matières suivant leur densité, leur grosseur. Les matériaux grossiers

1. *Des terrains stratifiés, considérés au point de vue des substances qui les composent et du tribut que leur ont apporté les parties internes du globe.* (Bull. Soc. géol., XXVIII, 1874, p. 305 et suiv.)

2. Première partie : *Lithologie et stratigraphie.*

se déposent au bord des bassins, tandis que les matériaux ténus ou en dissolution dans l'eau s'éloignent, dans les bassins marins surtout, à une distance considérable et vont former des dépôts, argileux d'abord, puis limoneux et de nature calcaire.

La fossilisation des animaux. — Les terrains ainsi formés renferment, presque toujours, des débris, des ossements, coquilles, téguments de diverse nature, des animaux qui vivent dans l'eau, ou qui y ont été entraînés par les courants. C'est à ces vestiges qu'on a donné le nom de *fossiles*. Pendant longtemps on a cru qu'il était impossible de retrouver à l'état fossile autre chose que les parties solides des animaux, qui seules auraient résisté à la décomposition. Mais des observations plus attentives ont montré que les parties molles, les chairs, les muscles, pouvaient, dans des conditions particulières, donner lieu à une décomposition moins absolue, et se *transformer chimiquement*, de façon à laisser, elles aussi, des traces de leur existence longtemps après la mort des êtres qui les constituaient. Des phénomènes ainsi observés dans la nature actuelle on a pu en conclure qu'aux époques géologiques il devait en avoir été de même, et, dès le commencement de ce siècle, L. de Buch attribuait l'origine de l'asphalte du Val de Travers à la décomposition ou à la transformation des mollusques marins dont les débris fossiles se trouvaient dans les mêmes couches.

La fossilisation des végétaux. — Les courants ne transportent pas seulement des substances minérales, mais aussi des débris végétaux. Ceux-ci sont soumis aux mêmes lois de triage et de répartition en couches de nature

semblable. Ainsi prennent naissance les couches végétales rencontrées dans les sondages pratiqués dans les deltas du Pô, du Mississipi, du Gange. Ainsi s'explique la formation des couches de houille, séparées les unes des autres par des bancs de grès, de schistes, etc., sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des affaissements et des relèvements du sol pour expliquer ces alternances répétées.

Les végétaux ligneux ou fibreux, la plupart terrestres, ne sont pas les seuls qui constituent la flore actuelle, ou qui aient existé dans les temps géologiques. Les plantes marines, connues sous le nom de fucus, varechs, sargasses, présentent, dans certaines régions océaniques, un développement dont on est loin de se faire une idée.

Je reviendrai, dans un chapitre spécial, sur les transformations que subissent ces substances organiques et sur leur rôle dans la formation des bitumes.

Terrains primitifs. — Existe-t-il, ou connaissons-nous un *terrain primitif*, servant de base ou de *substratum* aux terrains sédimentaires que nous venons d'étudier? Oui, disent un bon nombre de géologues, parmi lesquels M. de Lapparent, qui s'exprime en ces termes :

« C'est le terrain primitif qui forme tout le centre de la France, une partie de la Bretagne et des Vosges, ainsi que le massif de la Saxe et de la Bohême, de la Scandinavie et de l'Écosse. On le retrouve au Canada, au Brésil, en Inde, en Chine, en Sibérie, partout avec des caractères identiques. Aussi, malgré les mystères qui planent encore sur son mode de formation, malgré la possibilité de changements subis après coup par ce terrain, par suite de l'injection, en veines ou veinules, de roches éruptives

diverses, nous paraît-il difficile de se refuser à y voir une unité nette et distincte, constituant le véritable *substratum* de tous les dépôts, celui dont la formation a été le premier épisode de l'histoire géologique du globe. »

« Malgré l'apparente multiplicité des roches qui la constituent, cette formation offre, en quelque lieu du globe qu'elle parvienne au jour, une frappante unité de composition. C'est, par excellence, le terrain de *gneiss* et de *micaschistes*, et ces deux types lithologiques, avec les diverses variétés qu'ils comportent, se montrent partout constituant les assises de l'écorce terrestre ¹. »

C'est à ces terrains considérés comme primitifs que l'on a appliqué quelquefois le nom de *terrains azoïques* (sans vie). Mais les gneiss et les micaschistes renferment parfois des bandes de calcaire cristallin, de marbre saccharoïde, des gîtes de graphite, et aussi des veines de bitume. Il faudrait donc en conclure qu'ils se sont formés dans des eaux très chaudes sans doute, mais dont la température n'excluait pas le développement de la vie organique. Ainsi s'expliquerait la présence d'hydrocarbures dans certains schistes cristallins, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à la chaleur interne du globe.

Roches cristallines et volcaniques. — Les trois sortes de minéraux : quartz, feldspath et mica, qui constituent le terrain primitif, se retrouvent dans les roches cristallines, telles que les granites, les porphyres, de formation ancienne, et qui ont une origine *éruptive* aussi bien que les roches volcaniques.

1. Lapparent, *Traité de géologie*, 3^e édition.

Mais comme on n'a pas, jusqu'ici, signalé d'une manière certaine la présence de carbures d'hydrogène dans leur composition, je me borne à les indiquer en passant, et je passe aux roches *éruptives modernes*, connues sous le nom général de *roches volcaniques*.

Le type des roches volcaniques est la *lave* qui s'échappe par les ouvertures des volcans, que l'on appelle *cratères*, lorsque ces volcans sont en activité. Il importe donc de se rendre compte, d'abord de ce que c'est que cette lave ainsi que les produits de diverse nature qui l'accompagnent pendant les éruptions.

A ce sujet, je ne puis mieux faire que d'emprunter quelques citations aux auteurs qui, à une époque récente, se sont occupés de ce sujet.

Voici d'abord ce que dit M. Daubrée dans son beau travail sur *les eaux souterraines à l'époque actuelle*.

« Malgré l'idée qu'ils évoquent généralement de roches fondues, dérivant essentiellement de la voie ignée, les volcans représentent avant tout des sources d'eau. Partout l'eau en vapeur est le produit principal de leur activité.

« Dans toutes les régions du globe, la vapeur d'eau constitue le produit le plus abondant et le plus constant des éruptions volcaniques. Elle est aussi le moteur de leurs éruptions, grâce à l'énorme tension que les températures souterraines lui ont fait acquérir ¹.

« Les volcans, dont les éruptions n'évoquent à l'esprit que l'idée de feu, constituent cependant de gigantesques

1. *Les eaux souterraines*, p. 407.

sources intermittentes, d'une eau dont la température dépasse tout ce que nous connaissons.

« Quelqu'in vraisemblable que cela paraisse, l'eau est incorporée dans les laves fondues et incandescentes et, par conséquent, participe à une température qui excède 1000 degrés. Mais, dès qu'elle se vaporise, sa haute température tombe tout à coup et descend à celle de l'eau bouillante ¹. »

Voici, d'autre part, ce que dit M. Stoppani.

« On représente à tort les laves comme des matières fondues. Leur état cristallin est dû au refroidissement lent; les laves vitreuses (comme les obsidiennes) sont celles dont le refroidissement a été rapide, etc.

« La liquidité des laves est due à la présence d'un *fluide* qui remplit les interstices des parties solides : ce fluide, c'est l'eau ou la *vapeur d'eau*. Cette eau est emprisonnée et cherche à s'échapper. Elle peut y être à l'état *sphéroïdal*, infiniment divisé, car Zirkel évalue que dans un millimètre carré de lave peuvent être contenues 800 000 bulles d'eau. C'est l'effet produit par la fuite de cette vapeur d'eau qui doit déterminer le mouvement de toute la masse. »

Les laves ne sont donc point, comme l'affirment un grand nombre d'auteurs, des *roches fondues*, ni les volcans des canaux par lesquels ces roches se font jour pour arriver à la surface de la terre, etc. ².

Voici encore à ce sujet, quelques lignes empruntées à M. Daubrée ³.

1. *Les Régions invisibles du globe*, p. 55.

2. Stoppani, *la Genèse des laves*. (*Bull. Soc. géol. de France*, XXVII., 1870.)

3. *Les Régions invisibles du globe*, p. 143.

« L'eau tend à descendre sans cesse par les actions conjointes de la pesanteur et de la capillarité. Les volcans en apportent la preuve irréfutable. En ce qui concerne l'intervention de la capillarité pour l'alimentation en eau des masses profondes, des expériences ont montré que, à travers les pores de certaines roches, sa simple action force l'eau à pénétrer, malgré les contre-pressions intérieures très fortes des régions superficielles et froides du globe, jusqu'aux régions profondes et chaudes », etc.

La profondeur à laquelle doit se trouver le foyer d'origine des tremblements de terre a été l'objet d'études attentives. D'après les résultats obtenus, il faut reconnaître que ce siège est loin d'être situé dans les parties centrales du globe. C'est d'ailleurs à cette induction que l'on est conduit quand il s'agit de tremblements violents, tels que ceux de la Calabre, qui n'occupent à la surface que des espaces très restreints.

Dans le domaine des volcans, comme à Naples, à Ischia, cette profondeur a été estimée de 9 à 15 kilomètres. Dans les pays non volcaniques tels que l'Allemagne, elle a été évaluée dans divers cas à 18, 27 et 38 kilomètres.

Reste à examiner d'où proviennent les matières minérales émises par les volcans, en d'autres termes, à quelle profondeur l'eau doit descendre pour provoquer les éruptions qui les ramènent au jour ?

Point de départ des roches éruptives. — Il règne à ce sujet une grande diversité d'opinions ou d'hypothèses, et les savants sont loin encore de s'entendre, malgré l'affirmation de M. Fouqué lorsqu'il dit : « Tout le monde est d'accord pour admettre qu'à une certaine profondeur au-

dessous du sol, il existe de la matière en fusion ». Quelle est cette « certaine profondeur » ? Pour M. Fouqué, pour M. de Lapparent, elle est considérable, car elle est au-dessous de l'écorce solide du globe, dont l'épaisseur est évaluée de 50 à 100 kilomètres.

Est-il nécessaire d'admettre comme point de départ des roches et des substances volcaniques une semblable profondeur ? Pour ma part, et sans me rallier aux adversaires de la théorie de l'incandescence et de la fluidité du noyau central du globe, je crois qu'il est possible de concevoir quelque chose de moins formidable, et de plus conforme à ce que nous révèlent les phénomènes qui se produisent actuellement à la surface de la terre.

Substances gazeuses des volcans. — Ce n'est pas seulement l'eau qui se trouve en combinaison avec les matières minérales rejetées par les volcans. Des substances volatiles, au nombre de quarante ou cinquante, apparaissent dès le début des éruptions et manifestent leur existence jusqu'à l'entier refroidissement des lavés.

Ces substances se retrouvent, en partie du moins, dans les eaux de la mer, et, comme les volcans sont eux-mêmes presque tous au voisinage des océans, on en a conclu que c'était à la pénétration de l'eau salée dans les profondeurs souterraines qu'il fallait attribuer leur existence dans les matières rejetées par les volcans.

On a reconnu de plus que ces substances ne paraissent pas toutes à la fois et confusément, mais toujours dans un ordre méthodique, correspondant aux différentes phases de l'éruption.

« Dans tous les volcans terrestres qu'il a étudiés,

M. Sainte-Claire Deville a toujours trouvé en quantité prédominante des sels de soude, et en particulier du chlorure de sodium, dans les points où la lave est la plus chaude et encore rouge. Quand la température vient à s'abaisser, d'autres produits apparaissent, des produits plus volatils, de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfureux, des chlorures de fer. Voilà donc une seconde période. Dans une troisième période, ce qui domine, c'est le soufre, l'acide sulfhydrique, et même déjà l'acide carbonique. Enfin, il y en a une quatrième, dans laquelle il n'y a plus que de la vapeur d'eau, des gaz combustibles et de l'acide carbonique. »

Ces substances de la quatrième période ont été observées dans des conditions particulièrement favorables par M. Fouqué lors de son voyage d'exploration dans la baie de Santorin, au moment des éruptions qui, en 1865, donnèrent naissance à une nouvelle île volcanique. « J'ai trouvé en effet, dit-il, au sommet de l'île George, non seulement les produits de la première période, mais ceux de toutes les périodes suivantes, car les gaz combustibles, les carbures d'hydrogène, y sont en quantité telle qu'ils y brûlent en formant des flammes de plusieurs mètres de hauteur. »

Origine de ces substances. — En présence d'observations aussi positives et aussi catégoriques, il devient impossible de contester la présence des substances salines, sulfureuses et gazeuses, dans les produits des éruptions volcaniques. Ici se présente de nouveau la question de savoir d'où elles proviennent, et à quels phénomènes on doit attribuer leur apparition à la surface.

Pour un grand nombre d'auteurs, elles proviennent tout

simplement des réactions chimiques exercées par la chaleur souterraine sur les eaux marines qui ont pénétré dans les profondeurs.

Mais on a observé avec raison la disproportion de ces substances avec la quantité d'eau de mer susceptible de pénétrer ainsi dans les profondeurs, d'où l'on a cru pouvoir conclure que ces réactions chimiques s'exercent au contact du noyau incandescent et de la croûte solide du globe. Cela permettait d'expliquer la coexistence des substances salines et sulfureuses, aussi bien que des hydrocarbures dans les couches sédimentaires, où elles auraient été introduites par des *émanations*, des éruptions successives et répétées.

Ni l'une ni l'autre de ces théories ne répond d'une manière satisfaisante aux faits observés dans la nature. Les sels, les sulfures, pas plus que les hydrocarbures, ne proviennent des grandes profondeurs, et n'y ont point pris naissance; ils existent pour la plus grande partie dans les terrains sédimentaires d'âge divers, et c'est ainsi que nous les voyons reparaître, plus ou moins modifiés, ou même transformés, avec les matières minérales rejetées par les éruptions volcaniques.

Formation des filons. — Si l'on admet la théorie universellement répandue, les filons sont constitués par le remplissage des fissures des terrains éruptifs ou sédimentaires au moyen de substances dissoutes par les eaux dans les profondeurs du globe. Elles ont été entraînées par celles-ci vers la surface.

Ici encore je me vois dans le cas d'évoquer une origine moins « plutonique », celle de la *sécrétion latérale* ou

théorie de lévigation et de concentration. Celle-ci se justifie par la présence, dans la roche encaissante, de substances minérales semblables à celles qui constituent les filons.

C'est en procédant à l'analyse des minerais métallifères d'une part, à celle des roches traversées par ces filons que M. Sandberger parvint, en 1877, à donner la preuve de ce fait qui, cela va sans dire, eut à soutenir l'assaut des controverses les plus vives. Je ne chercherai pas à la défendre ou à la justifier me bornant à renvoyer le lecteur aux prochains chapitres de ce travail.

Phénomènes orogéniques. — L'instabilité de la surface de l'écorce terrestre, dans les temps géologiques, est un fait admis par tous les géologues, et qui est d'ailleurs prouvé par le déplacement des lignes de rivage. Pendant longtemps on a cru que ces *dénivellations* avaient été brusques et instantanées, mais aujourd'hui cette manière de voir semble être abandonnée et faire place à la théorie plus vraisemblable des mouvements lents et des affaissements des terrains. D'après M. Suess, il n'y a jamais eu de mouvements de bas en haut, c'est-à-dire de *soulèvements*. Les mouvements de l'écorce terrestre se traduisent par des *plissements* et des *effondrements*. C'est la force du plissement qui a la plus grande importance au point de vue du relief. Ces plis se propagent jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par des moles de résistance, ou *Horst*, et n'atteignent par conséquent pas les profondeurs ignées du globe. Les tremblements de terre même ne produisent que des effets peu intenses. Il se forme bien des crévasses, mais étroites et peu profondes, comme en Calabre. Les *failles* sont relativement rares, et les *dénivellations* observées sont très faibles.

On a pu conclure de ces faits que le centre initial d'ébranlement est toujours à une faible profondeur, soit 4 à 18 kilomètres.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de rechercher la *cause* des dislocations, ni d'apprécier jusqu'à quel point les vues de M. Suess sont justifiées. Mais ce qu'il me semble nécessaire d'examiner, c'est la *profondeur* à laquelle s'étendent les déformations de l'écorce solide. A en croire certaines théories, elles ont pour causes la *contraction résultant du refroidissement du noyau central*. Mais si nous examinons les coupes et les profils géologiques des chaînes de montagne, nous ne voyons jamais que les géologues aient prolongé en profondeur les lignes de dislocation. En réalité les *plissements*, les *ridements*, et même les *chevauchements* ou les *renversements* n'atteignent pas une amplitude dépassant 5000 ou 9000 mètres. Il reste acquis, d'autre part, que certaines contrées ont échappé à l'effort orogénique et présentent encore les assises sédimentaires horizontalement stratifiées et exemptes de dislocations.

Pour ma part, j'attribue la cause des dislocations à un phénomène bien plus simple, celui de la *plasticité* et de la *rigidité relative* des assises sédimentaires. Mais ce n'est pas ici le moment d'aborder l'une des questions les plus controversées de la géologie contemporaine. Il me suffit d'observer que l'on *peut* se passer de faire appel aux phénomènes mystérieux des profondeurs du globe.

Durée des temps géologiques. — Rien ne paraît plus difficile à apprécier que la durée des temps géologiques. Ce qu'on sait, c'est que la succession si variée des couches sédimentaires et l'incessante transformation des faunes et

des flores ont dû exiger un temps considérable. Ce n'est pas trop que de l'évaluer en millions d'années. Mais, ce résultat admis, le nombre des millions devient à peu près indifférent, vu l'incertitude des données qui servent à l'établir¹.

Certains auteurs estiment, sous toutes réserves, que le temps nécessaire au dépôt de tous les terrains de sédiment comporte une durée de 25 à 50 millions d'années. M. Dana paraît préférer l'hypothèse d'une durée totale de 48 millions d'années, soit 36 pour l'ère primaire, 9 pour l'ère secondaire, et 3 pour l'ère tertiaire.

Tableaux des terrains et des périodes géologiques. —

Le tableau suivant résume les connaissances acquises sur la succession des périodes et la superposition des assises. Il ne tient nul compte de la durée des temps, ni de la puissance des dépôts.

Eres. ou groupes.	Périodes ou systèmes.	
QUATERNAIRE.	Anthropique.	Épanchements bitumineux de la mer Morte, sables et volcans de boue de la Crimée, bitume de la Trinité.
		Formation du bitume de la mer Rouge, du pétrole en Suède, en Sardaigne. Gaz des marais, etc.
TERTIAIRE.	Miocénique.	Formation bitumineuse des Apennins, des Carpathes, du Caucase, Bakou, etc.
	Eocénique.	Formation du pétrole d'Alsace, de la région subjurassienne.
SECONDAIRE.	Crétacique.	Formation du bitume et de l'asphalte de la mer Morte; De l'asphalte de Val-de-Travers, de la vallée du Rhône.
	Jurassique.	Formation de l'asphalte du Hanovre, du Brunswick.
	Triasique.	Formation des schistes bitumineux d'Autun, du Mansfeld, du bitume des Vosges.
	Carbonique.	Formation du Boghead en Écosse, des cannel-coal.
PRIMAIRE.	Devonique.	Formation du pétrole de la Pensylvanie, du Canada.
	Silurique.	Pétrole du Canada (partie).
		Azoïque ou schistes cristallins, terrain primitif, etc.

1. Lapparent, *Traité de géologie*, p. 1590.

Je me sers du mot *formation* pour expliquer le moment où les *dépôts* se sont formés et de celui d'*épanchement* pour indiquer celui où ces dépôts ont fait leur apparition à la surface.

Résumé. — Les *terrains* qui forment la plus grande partie de la surface du globe accessible à nos investigations, sont d'origine sédimentaire. Ils sont formés de matériaux arrachés aux roches plus anciennes, ou à des terrains déjà émergés et soumis à l'érosion des courants terrestres.

Des restes d'animaux et de plantes ont laissé dans les strates sédimentaires des parties solides de leurs corps que nous appelons les *fossiles*. Les végétaux et, dans certains cas, les animaux ont en outre été conservés à l'état de *substances organiques*, *houille*, *bitume*, etc. Les terrains dits primitifs paraissent renfermer aussi des substances organiques, mais rien n'indique que celles-ci aient une origine éruptive.

Les roches cristallines ou éruptives anciennes n'en renferment pas non plus, mais elles sont caractérisées par des minéraux particuliers, que nous retrouvons dans les roches éruptives modernes ou volcaniques. Ces roches volcaniques modernes ne sont point des *matières fondues*, mais bien un *magma* de matières minérales, d'eau et de gaz combustibles.

Il n'est point nécessaire de chercher dans les grandes profondeurs du globe, au contact du noyau fluide et igné, le point de départ des éruptions volcaniques. Les observations récentes ont démontré que les matières éruptives existent beaucoup plus près de la surface qu'on ne se l'imaginait autrefois.

Il est permis également de penser que les minerais métallifères, les substances minérales cristallines, formées dans les *filons*, ne proviennent pas des grandes profondeurs, mais bien des roches dans lesquelles nous les observons, et qui en renferment elles-mêmes toujours des traces plus ou moins évidentes.

Les terrains sédimentaires, originellement plastiques, sont, en partie du moins, devenus solides, en subissant un *retrait* qui a donné naissance à des fissures, à des dislocations, failles, etc. D'autre part l'inégalité de solidification des strates a provoqué des affaissements qui ont eu pour conséquence la formation du relief de la plupart des chaînes de montagnes.

Enfin, comme dernière conclusion, on peut admettre que toutes ces transformations se sont manifestées graduellement, pendant une durée de temps très long, et sans l'intervention des révolutions, des cataclysmes évoqués autrefois par les géologues.

CHAPITRE III

LES HYPOTHÈSES ET LES THÉORIES

Temps anciens. — 1801. Léopold de Buch. — 1835. Virlet d'Aoust. — 1836. Puvis, Rozet. — 1839. Millet, Itier. — 1850, 1867, 1874. Daubrée. — 1855. Hessel et Kopp. — 1860, 1874. Benoit. — 1863. Chancourtois. — 1866. Ansted. — 1866, 1881. L. Malo. — 1866. Lartet. — 1865. Lesquereux. — 1865. Sterry-Hunt. — 1866. Cahours. — 1866. Berthelot. — 1865. Foucou. — 1867, 1868. Coquand. — 1867. Desor. — 1868. Fraas. — 1868. Desor, Abich, Fraas, Hébert, Roemer. — 1869. Raulin. — 1869. C. Knab. — 1870. Figuiet. — 1871, 1890. Jaccard. — 1872. Fuchs et Sarasin. — 1877. Mendeleef. — 1880. Höfer. — 1881, 1893. De Lapparent. — 1882. Dieulafoy. — 1883. Briart, S. Meunier. — 1885. Le Bel. — 1888. Orton. — 1889. Travaglia. — Auteurs divers. Ferrée, Engler, Höfer, Zaloziesky, Ochsénus, Sickenberg, Veith et Schestopel. — 1884. Narcy. — 1893. Fuchs et de Launay.

Temps anciens. — Que les anciens aient eu l'idée d'attribuer au feu souterrain la production du bitume que l'on voyait de temps en temps apparaître à la surface de la mer Morte, il n'y a là rien de surprenant, d'autant plus que ce phénomène se liait de près à celui des sources minérales et thermales, des émanations d'hydrogène sulfuré, et même des tremblements de terre.

« Cette contrée, dit Strabon, est travaillée par le feu ; on en donne pour preuves certaines roches durcies et calcinées vers Mozada, les crevasses, une terre semblable à de

la cendre, des roches qui distillent de la poix, des rivières bouillantes, dont l'odeur fétide se fait sentir au loin, çà et là, des lieux jadis habités, et bouleversés de fond en comble ¹ », etc.

Strabon évoque ensuite les tremblements de terre, des éruptions d'eau chaude bitumineuses et sulfureuses, qui auraient fait sortir le lac de ses limites, et provoqué la destruction et l'anéantissement de Sodome, de Gomorrhe et des autres villes de la vallée.

Mais il n'y a rien dans ces appréciations qui mérite le nom d'hypothèse ou de théorie capable de donner lieu à une discussion scientifique.

1804. Léopold de Buch. — C'est à L. de Buch que nous devons attribuer les premières observations de nature à nous mettre sur la voie d'une théorie de l'origine des substances bitumineuses. Envoyé par son souverain, le roi de Prusse, à Neuchâtel pour résoudre certaines questions relatives à l'existence présumée de la houille dans cette principauté, le jeune savant, qui sortait de l'école de Werner, se mit à l'œuvre, et recueillit une collection des roches du Jura, dont il fit une description raisonnée, restée longtemps à l'état de manuscrit, mais qui fut enfin publiée dans le recueil complet de ses œuvres ².

Voici comment il s'exprime au sujet de l'asphalte du Val-de-Travers :

« Asphalte d'un noir foncé, cassure raboteuse à petits grains. Mat à l'ombre avec une infinité de lames brillantes au soleil. Mélange de bitume et de pierres calcaires

¹ Lartet, *Sur les gîtes bitumineux*, etc. (Bull. Soc. géol., XXV).

² *Gesammelte Schriften*, erstes band, Berlin, 1867.

grenues, etc. C'est à tort que l'on a donné le nom d'asphalte à la roche du Val-de-Travers. L'asphalte de Judée est une masse non pas friable, mais d'une cassure parfaitement conchoïde, à très grands éclats, très luisante et facile à casser, par conséquent plutôt aigre que terreuse. L'asphalte du Val-de-Travers n'est pas une substance simple; c'est un mélange de pierre calcaire coquillière et de bitume.

« Le bitume ne sera point un indice de charbon de pierre comme on se plaît à le croire. D'ailleurs il n'y a, dans le voisinage de ce bitume, point d'empreintes ou de pétrifications de végétaux, point de feuilles, point de roseaux; et il est plus que probable que ces masses tirent leur origine du règne animal plutôt que d'arbres et de plantes. La quantité de coquillages des environs le ferait présumer, quand même on ne ferait pas attention à la nature du bitume et à l'alcali volatil qu'il paraît contenir.

« Un phénomène analogue se retrouve à Melila, dans le voisinage de Syracuse (d'après le récit de Dolomieu). Le bitume y pénètre l'épaisseur de plusieurs couches sans qu'elles en soient imprégnées dans leur prolongation. Au contraire, il s'y perd à peu de distance et insensiblement, comme une goutte d'huile sur du papier. »

Il m'a paru important de reproduire textuellement une partie des démonstrations de L. de Buch, car elles servent de point de départ à la théorie de l'origine animale de l'asphalte, à l'exclusion de l'origine végétale que l'on a évoquée plus tard. Le rapprochement avec l'asphalte de Melila a aussi une importance réelle, car il nous montre que le géologue tenait compte des conditions locales et

matérielles des gisements, plutôt que de se livrer à des conceptions théoriques telles que celles dont nous allons avoir à nous occuper.

1834. **Virlet d'Aoust.** — Dans son article *Bitume*, du *Dictionnaire des sciences naturelles*, Virlet d'Aoust dit, au sujet de l'origine de ces substances : « Plusieurs savants ont pensé qu'elles résultaient de la décomposition des débris organiques, et deux chimistes distingués de l'Allemagne, MM. Turner et Reichenbach ont fait dernièrement des théories pour prouver qu'ils proviennent de la distillation des houilles.

« Mais lorsqu'on vient à examiner le phénomène dans son ensemble et qu'on étudie attentivement toutes les circonstances qui accompagnent d'ordinaire le gisement du bitume, qu'on examine ses rapports fréquents avec les terrains salifères et gypseux, avec les sables, les sources thermales et minérales, etc., on ne peut guère lui assigner une origine différente de celle de ces substances. Les bitumes sont donc pour moi des produits éruptifs, des substances natives, qui peuvent devoir leur origine à un certain nombre de causes qui nous sont encore inconnues¹. »

Dix ans plus tard, le même auteur renouvelait l'exposé de ses théories à propos de la visite faite par la Société géologique aux mines d'asphalte de la vallée du Rhône.

1836. **Puvis.** — Dans sa *Notice sur les mines de bitume*, etc.², M. Puvis dit que le bitume a pénétré dans

1. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 2^e série, I.

2. *Notice sur les mines de bitume (Annales des mines, VI, 1834)*. — *Id.*, d'Archiac, *Hist. des progrès*, II, p. 750.

le grès molassique après sa formation, et qu'il y es. régulièrement disséminé suivant la texture plus ou moins poreuse de la roche. Le calcaire bitumineux brun exploité à Pyrimont constitue une masse très épaisse, sans stratification distincte, et résulte de la pénétration du bitume dans un calcaire blanc, tendre et poreux qui semble appartenir à la partie supérieure de la formation jurassique ¹.

1836. Rozet. — D'après M. Rozet, le bitume de Pyrimont aurait été sublimé des profondeurs du globe à travers une fente, correspondante à la direction dans laquelle on l'observe maintenant, et il s'est condensé dans les roches poreuses, etc. L'époque de l'introduction du bitume étant postérieure au dépôt de la molasse, on peut présumer qu'elle correspond à celle des éruptions basaltiques, que plusieurs faits annoncent avoir été souvent accompagnées de matières bitumineuses.

Peut-être, dans le fond des vallées du Jura, les basaltes sont-ils à une faible profondeur ².

1840. Millet. — D'après M. Millet, la pénétration du bitume dans les couches de calcaire et de grès de Pyrimont aurait eu lieu de haut en bas. Ce sont les végétaux terrestres et marins de l'assise jurassique inférieure qui auraient fourni les substances bitumineuses, lesquelles, entraînées vers la surface, se seraient ensuite épanchées indifféremment vers les divers terrains où on les observe.

1. C'est à cette indication de Puvis que l'on doit l'erreur répandue dès lors, sur l'âge jurassique des calcaires asphaltiques de Pyrimont.

2. *Bull. Soc. géol.*, 1836, VII, p. 138. — *Id.*, d'Archiac, *Hist.*, p. 750.

Millet s'est aussi occupé de ces divers gisements, dont il a recueilli une série d'échantillons, et démontré que les calcaires bitumineux (asphalte) appartiennent à l'oolithe blanche du jurassique supérieur(?). Il constate que la pénétration du bitume s'est opérée, de la surface à l'intérieur des couches, à l'époque du dépôt des couches de la molasse de la Suisse ¹.

1839. **Itier.** — Dans son mémoire sur les *roches asphaltiques* de la chaîne du Jura, M. Itier décrit les gîtes bitumineux de Pyrimont, Forens, Frangy, Chavanod, Saint-Aubin, Vallorbes, Method, Chavornay, Orbe, du Val-de-Travers et de la Porte-du-Rhône. « Toutes les roches asphaltiques du Jura, dit-il, existent à la surface du sol et ne sont point intercalées entre les couches d'autres roches. Elles appartiennent soit aux groupes corallien et oxfordien, soit au terrain crétacé, soit à la molasse tertiaire et aux brèches de la même époque : elles ne sont donc ni une formation indépendante, ni même un dépôt subordonné, mais simplement un *accident*, survenu aux roches postérieurement au dépôt des terrains tertiaires. » L'auteur pense que les courants de bitume provenant du sein de la terre se sont échappés de fissures supérieures aux roches bitumineuses, et ont exercé leur action pénétrante à la surface, de haut en bas, ou latéralement. Il croit « que ces courants auront été fournis par le schiste bitumineux qui occupe l'assise inférieure de l'étage moyen jurassique, dont les principaux fossiles sont des végétaux terrestres et marins ».

1. *Bull. Soc. géol.*, XI, p. 353, 1840.

1850. Daubrée. — Dans son *Mémoire sur le gisement de bitume, de lignite et de sel*, etc., M. Daubrée se montre très sobre de détails sur la théorie de l'origine de ces substances. Après avoir constaté que le calcaire est beaucoup plus riche en bitume que le sable, il ajoute : « Un fait remarquable et qui peut jeter du jour sur le mode d'arrivée du bitume, c'est que le calcaire bitumineux de Lobsann est souvent saccharoïde ou lamellaire, comme le calcaire des terrains cristallisés; il contient en outre de petites cavités tapissées de cristaux rhomboédriques de chaux carbonatée. Cette structure cristalline bien rare dans les terrains tertiaires qui sont éloignés de toute roche éruptive, contraste avec la cassure compacte habituelle du calcaire d'eau douce.

« Plusieurs faits montrent que le bitume a pénétré dans certaines roches de Lobsann postérieurement à leur consolidation. La facilité avec laquelle le bitume liquide et les huiles pyrogénées s'infiltrèrent partout est telle qu'il n'est pas étonnant que l'huile minérale se soit insinuée après coup, soit d'elle-même, soit avec l'aide de l'eau, dans les roches qui, comme le calcaire, ne sont pas tout à fait imperméables, ou bien dans des roches fissurées.

« Quoique disposé en amas stratiformes, le bitume des environs de Sultz-sous-Forêts paraît aussi se lier aux dislocations de la contrée. En effet, ces gîtes avoisinent la faille terminale du grès des Vosges, l'une des plus nettes que l'on puisse rencontrer. Cette faille, bien qu'ouverte à une époque antérieure au Trias, n'était pas encore oblitérée pendant l'époque tertiaire. Ce qui montre aussi que le pays était travaillé par les agents volcaniques à l'époque ter-

taire, c'est la sortie de basalte de Gundershoffen, qui n'est distant de Lobsann que de 8 kilomètres ¹. »

Dans ses *Observations sur le gisement des bitumes* ², etc., M. Daubrée se prononce d'une façon plus catégorique en faveur de l'origine chimique des bitumes et des pétroles.

« D'après ce qui précède, dit-il, on voit que les divers gisements dans lesquels le pétrole est exploité appartiennent aux terrains stratifiés, depuis les couches tertiaires, comme dans les Carpathes, jusqu'aux terrains les plus anciens, dévonien et silurien de l'Amérique du Nord. »

« L'origine de cette substance n'est pas encore déterminée avec certitude. On la fait généralement dériver de substances organisées, végétales ou animales, par une transformation analogue à celle qui a produit la houille.

« Cependant deux ordres de considérations ont conduit à penser que les pétroles pouvaient avoir une origine franchement minérale : d'une part, l'association des gîtes de bitume avec les phénomènes éruptifs, comme en Auvergne, ou au moins avec des dislocations qui dérivent des phénomènes internes, aussi bien que les sources thermales qui les accompagnent souvent ; d'autre part la possibilité de reproduire des hydrocarbures liquides par synthèse directe et sans le secours de corps ayant passé par la vie. »

1855. Hessel et Kopp. — Dans leur *Mémoire sur l'asphalte des mines du Val-de-Travers* ³, deux chimistes, MM. Hessel et Kopp, abordent la question de l'origine de

1. *Mémoire sur le gisement de bitume, de lignite et de sel dans le terrain tertiaire de Bechelbronn et de Lobsann (Bas-Rhin)*, Paris, 1867.

2. *Rapport du Jury international de l'exp. univ. de 1867 (Substances minérales)*. Paris, 1867.

3. *Actes Soc. helv. des sc. nat. Neuch.*, p. 154.

l'asphalte. Deux opinions, disent-ils, sont en présence. La première, due à M. Abich, lui donne une origine pluto-nique. M. Abich, qui a étudié les dépôts de naphte et de pétrole du revers méridional du Caucase, pense que l'asphalte a la même origine que les huiles. Le bitume serait sorti liquide du sein de la terre par une cheminée, pour s'épancher dans le terrain urgonien et aptien. Elle a pour appui ce fait que l'on trouve quelquefois dans l'intérieur de la roche des géodes remplies de naphte, identique à celui qu'on retire par distillation. Cependant on n'a pas encore trouvé de cheminée, de point vers lequel convergent les infiltrations. On ne peut voir si la richesse de la roche augmente de haut en bas ou de bas en haut.

La deuxième hypothèse, qui attribue à l'asphalte une origine analogue à celle de la houille, c'est-à-dire une flore particulière, qui aurait vécu sur l'urgonien et sur l'aptien, semble à nos auteurs pouvoir être soutenue plus aisément, en raison de ce fait que partout, soit à Seyssel, soit dans le canton de Vaud, à Travers, à Saint-Aubin, là où l'urgonien paraît, il est imprégné d'asphalte.

Ajoutons encore que le mémoire est accompagné d'une coupe géologique, peu exacte, il est vrai, mais qui du moins suffit pour établir nettement la disposition stratifiée des deux couches d'asphalte et leur alternance avec les couches non asphaltiques.

1860. Benoit. — M. Benoit considère l'asphalte non comme une couche géologique, mais comme une simple imprégnation bitumineuse de diverses couches, surtout du néocomien. Après avoir énuméré la série des couches visibles à Pyrimont, il s'exprime ainsi : « L'abondance des fos-

siles dans le banc bitumineux démontre que le bitume n'est venu qu'après la formation du néocomien, après un certain redressement local de ses assises et quelques fendillements, après une érosion qui avait laissé en relief le mamelon de Pyrimont, car, dans le banc le plus bitumineux, on voit des fentes de frottement remplies de carbonate de chaux, cristallisées et moulées sur les stries de frottement, mais nullement imprégnées quand la cristallisation a été complète et serrée.

« Tout fait supposer qu'à une époque antérieure à la formation des sables siliceux, et très probablement au commencement de l'époque tertiaire, le mamelon de Pyrimont s'est trouvé couvert d'eau bitumineuse, que cet état de choses a duré un certain temps, que l'émission du bitume s'est prolongée, mais faiblement, pendant la formation de ces sables, puisque ceux-ci n'ont que des intercalations bitumineuses; que cette émission a cessé tout à fait après la formation des gypses, qui est quelquefois avoisinée de calcaire d'eau douce à odeur asphaltique. »

« L'asphalte a évidemment une origine souterraine. Proviendrait-il de la distillation, par l'intervention d'une action thermique, de couches charbonneuses et bitumineuses, telles que celles que l'on remarque fréquemment dans les montagnes voisines, dans le *kimmeridien* et le *fullers'earth* et dont on a tenté plusieurs fois l'exploitation pour un produit que l'on appelle huile de schiste? C'est probable ¹. »

En 1875, M. Benoit revient de nouveau sur les sables et les calcaires imprégnés de bitume de la vallée du Rhône.

¹ E. Benoit, *Notice sur le terrain tertiaire entre le Jura et les Alpes*, Bull. Soc. géol.

L'asphalte a flotté, dit-il. D'où venait-il? Il a forcément une origine éruptive; il peut, comme le pétrole, être le résultat de combinaisons chimiques, formées sous l'influence puissante et encore inconnue de la pression et de la chaleur souterraines ¹.

1863. Chancourtois. — Dès l'année 1863, M. de Chancourtois présentait à l'Académie des sciences une série de mémoires ayant pour titre : « *Application du réseau pentagonal à la coordination des sources de pétrole et des dépôts bitumineux.* »

« Pour moi, dit-il, les produits hydrocarburés sont, en général, des résultats plus ou moins directs d'émanations, c'est-à-dire de phénomènes éruptifs, et j'en donnerai, je crois, une preuve en faisant ressortir des faits d'alignement qui n'ont évidemment leur raison d'être que dans les fissures de l'écorce terrestre. »

Voici, comme exemple, l'un de ces alignements, le 27°.

« Un Trapézoédrique *Té* paraît représenter un faisceau qui comprend les gîtes bitumineux du Jura, près de Seyssel; ceux de l'Émilie, près de Plaisance, de Parme et de Modène, et ceux de Trau et de l'île Brazza en Dalmatie, traverse la région des lacs de Phrygie et de Pisidie, sort de l'Asie par le cap Madraka et passe au sud de la Nouvelle-Zélande à l'île Buanty, traverse l'isthme de Guatemala et comprend les gîtes de la Havane. On peut y rapporter par des parallèles, le gîte de Dax, celui de Zante, Milo, Santorin et la mer Morte ². »

En 1870, le même auteur cherche à démontrer que la

1. *Bull. Soc. géol.*, 1875, III, p. 440.

2. *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 24 août 1863.

formation des gîtes bitumineux est liée à des phénomènes d'émanation. « On est conduit, dit-il, à considérer l'accumulation du combustible lui-même comme due en partie à une prédominance locale, tant des émanations d'acide carbonique, inséparables de l'épanchement des eaux chargées de carbonate de fer, que des émanations de carbures d'hydrogène qui pouvaient accompagner les eaux pyritifères. »

Il ajoute, il est vrai : « Les dégagements successifs, dans le même point du globe, des émanations oxycarboniques, où hydrocarbonées ne proviennent sans doute pas tous du dégagement du magma fluide interne. Les plus récents ont pu résulter souvent d'une sorte de remaniement, d'une action physique exercée sur les dépôts anciens; mais dans tous les cas, leur apparition se rattache aux phénomènes de ridement, et, par suite, la distribution des gîtes de combustibles doit se trouver subordonnée aux principes de régularité que met en lumière la théorie des soulèvements ¹. »

1866. Ansted ². — M. Ansted croit pouvoir affirmer une corrélation intime entre les phénomènes des volcans de boue en Crimée et ceux des éruptions volcaniques. Il considère les premiers comme des phénomènes d'action volcanique étouffée. Toutefois comme il existe d'autre part, dans l'Amérique du Nord, d'immenses amas de pétrole, loin de tout volcan de boue, et même de toute influence volcanique, il invoque pour ceux-ci l'action des forces de soulèvement et des dislocations qui ont facilité l'accès vers la surface des huiles minérales, renfermées en grande

1. *Bull. Soc. géol.*, 1871, XXVIII, p. 31.

2. Les volcans de boue dans la Crimée, *Revue scientifique*, 1866.

abondance dans les houillères de cette région. « Les différents minéraux connus sous les noms de pétrole, de naphte, de bitume., etc., ont, selon toute probabilité tiré leur carbone de matières organiques... Il faut accepter comme explication générale des différents phénomènes une distillation lente de charbon ou de lignite, effectuée avec comparativement peu de chaleur et durant longtemps dans des circonstances favorables. »

« Je crois donc, dit-il, que l'existence d'huiles minérales en grande quantité est déterminée par l'accumulation antérieure de dépôts organiques et la métamorphose de ces dépôts, sur les lignes d'action volcanique. »

1866. **Léon Malo.** — M. Malo s'est aussi occupé des circonstances dans lesquelles s'est formé l'asphalte, « en se bornant, dit-il, à exposer le résultat de ses observations ». Il établit un premier point, savoir que la date de l'imprégnation est antérieure au dernier bouleversement de l'écorce terrestre. Tous les bancs réguliers d'asphalte sont exempts des fendillements qui affectent les parties blanches de la roche, et ne présentent que de grandes failles à peu près verticales.

L'imprégnation est donc postérieure à l'époque du dépôt jurassique, aussi bien que la formation des molasses vertes.

Quant au mode d'imprégnation, M. Malo pense « que des amas gigantesques de végétaux ont pu être, aux époques géologiques antérieures, enfermés sous les couches de terrains successifs, dans le voisinage des roches primitives. Sous l'action de la chaleur rayonnée à travers l'écorce mal refroidie du globe, par le foyer central, une combustion lente a eu lieu, soumise à une pression de milliers d'atmo-

sphères, et une fissure ou une série de fissures ont donné issue à la vapeur emprisonnée. Celle-ci s'est échappée avec une violence proportionnelle à la force qui la retenait. Cette vapeur, si longtemps en contact avec la matière végétale qui lui avait donné naissance, s'était chargée de substances bitumineuses qu'elle a laissées en passant dans les bancs de calcaires en les imprégnant. Le résidu de cette gigantesque distillation n'est pas autre chose que la houille. »

« Dans quelles circonstances particulières le phénomène a-t-il eu lieu? Par quels orifices la vapeur s'est-elle échappée? Comment se fait-il qu'elle ait imprégné des bancs intermédiaires sans toucher aux supérieurs ni aux inférieurs? Ce sont là autant d'inconnues du problème que je viens d'exposer, etc. ¹. »

En 1881, M. Malo présente dans une notice sur l'*asphalte, son origine géologique*, etc., une théorie qui ne diffère pas sensiblement de celle qu'il avait formulée en 1866.

« Les rares savants, dit-il, qui se sont occupés de l'asphalte ont disputé sur son origine et sur les circonstances de sa formation. Les uns ont voulu que l'apparition du bitume fût contemporaine de la sédimentation et que le dépôt s'en soit fait de toutes pièces, les molécules de calcaire se déposant dans une mer bitumineuse. D'autres ont admis le dépôt, la putréfaction, puis la transformation en matière bitumineuse de la partie organique des coquilles (mollusques) qui ont formé les matériaux du terrain oolithique, etc. »

« Il est permis de supposer d'après les indices révélés

¹. L. Malo, *Guide pratique*, etc. Paris, 1866.

par l'étude des régions bitumineuses, qu'à des époques géologiques encore mal déterminées, des amas de matières organiques, enfouies dans les énormes massifs du calcaire jurassique, et chauffées par le feu central, se sont mis en vapeur et à cet état ont cherché une issue à travers l'écorce terrestre. Un jour, un craquement se produit dans cette écorce, une fissure se manifeste; les vapeurs bitumineuses, comprimées par des pressions incalculables, s'y précipitent par le chemin qui leur est ouvert. Ces vapeurs franchissent ainsi les couches trop compactes pour se laisser pénétrer, mais arrivées au terrain oolithique, elles rencontrent, à droite et à gauche de la fissure, des couches de calcaire tendre qu'elles imprègnent tant que la pression persiste; le bitume chemine à travers les pores du calcaire et en remplit les cavités infinitésimales; puis, peu à peu, cette pression diminue, l'imprégnation se ralentit et finit par cesser tout à fait ¹.

1866. Lartet. — Le mémoire de M. Lartet sur les gîtes bitumineux de la Judée est l'un des documents les plus importants pour la question d'origine du bitume.

« Quant à l'origine première de l'arrivée des émanations bitumineuses au sein de la mer Morte ou sur ses bords; ainsi que dans la vallée du Jourdain, nous croyons qu'elle se rattache à l'existence de la ligne principale de dislocation du bassin, de même que les sources thermalés salines, avec lesquelles ces émanations bitumineuses offrent des relations de parenté qu'il n'est pas possible de méconnaître. »

1. *La Nature*, 1881.

Ces rapprochements, auxquels conduit l'examen de la répartition des sources thermales salifères et des gîtes bitumineux du bassin de la mer Morte, peuvent encore être tentés pour d'autres phénomènes. En effet, on pourrait attribuer à des causes analogues, sinon identiques avec celles qui ont amené l'apparition de ces deux sortes d'émanations, l'enrichissement en matières salines des terrains crétacés, sur les bords du bassin, et particulièrement dans le voisinage des gîtes bitumineux. Cet enrichissement, qui se manifeste par l'abondance des dolomies, des gypses et du sel, vient apporter dans le bassin de la mer Morte une confirmation de plus à la loi, si souvent vérifiée ailleurs, de l'association du bitume à ces mêmes substances salines, aux terrains volcaniques et aux sources thermales. L'existence d'une grande fêlure de l'écorce terrestre, qui, du Liban, semble se poursuivre jusqu'à la mer Rouge, n'a sans doute pas été indifférente à la production de ces divers phénomènes. »

M. Lartet poursuit sa démonstration en disant que cette association du bitume, du sel, du brome, dans les sources minérales, ou dans les dépôts que l'on attribue à leur intervention, a été observée un peu partout. Il signale en particulier le cas du gisement salin de Stassfürth près de Magdebourg, celui des sources salées du Bas-Rhin à Soultz-sous-Forêts, les sources salées du Puy-de-la-Poix en Auvergne, etc. « Cette association, dit-il, quoique n'étant pas très constante, se retrouve dans des lieux très distincts (distants?) les uns des autres, notamment sur les bords de la mer Caspienne dans la chaîne des Carpathes, les Apennins, aux environs de Dax et dans

l'Amérique du Nord, au Kentucky et sur les bords du lac Salé ¹.

1865. **Lesquereux**. — Jusqu'ici les théories sur l'origine des substances bitumineuses ont porté presque exclusivement sur l'asphalte. La découverte des riches gisements du pétrole des États-Unis va introduire un nouvel élément d'investigations pour les naturalistes et en particulier pour les géologues.

Dans une lettre adressée de Columbus, Ohio, à Liebig, Lesquereux rappelle que, dans ses recherches sur les huiles minérales, recherches qui se rattachent intimement à celles qu'il a poursuivies sur les tourbières et les houilles, il a émis l'opinion que les dépôts de pétrole des États-Unis pouvaient être dus à la décomposition des végétaux marins, végétaux cellulaires, comme les fucus.

Cette opinion s'appuie sur divers arguments, dont voici la substance.

1° Il y a d'abord lieu de remarquer la liaison intime qui caractérise quelques-uns des dépôts houillers des États-Unis, essentiellement formés de plantes flottantes, et le pétrole qui en découle.

Lorsque les houilles sont composées de ces plantes flottantes, elles sont généralement transformées en *Cannel-coal*, qui est une houille compacte homogène, bien connue. On peut, dans plusieurs des lits de charbon minéral, suivre à l'œil le changement de la houille ordinaire ou bitumineuse du *Cannel*, et remarquer en même temps la disparition des plantes ligneuses ou vasculaires, et leur rem-

1. *Bull. Soc. géol.*, XXIV, p. 42, 1866.

placement par les plantes flottantes, essentiellement les *Stigmaria*. Là où les *Stigmaria* ont vécu seuls, ou peut-être en compagnie d'autres plantes aquatiques (fucus?), dont les restes ont disparu, on voit la houille *Cannel*, comme à Brekenridge, au Kentucky, passer au pétrole qui découle de ces lits et imbibe les grès qui leur sont inférieurs. Dans ces grès, essentiellement ce que les Anglais appellent le *Millstone-grit*, se trouvent les dépôts supérieurs de pétrole.

2° Les plus grands dépôts d'huile minérale se rencontrent aux États-Unis dans la formation devonienne nommée *Chemung*, et dans les formations inférieures, qui prennent différents noms suivant les localités et suivant leur position. Elles sont remplies dans toute leur épaisseur d'empreintes de fucoïdes ou de plantes marines. Ces schistes ne renferment que fort peu de débris organiques reconnaissables. Partout où ils ne sont pas recouverts par des grès spongieux ou crevassés, ils contiennent une telle abondance de bitume que cette matière en découle et se mêle aux sources qui le traversent. De ces gisements primitifs le pétrole a été entraîné dans la direction où cette matière rencontrait la moindre résistance, et il a rempli les cavités du grès comme en Pensylvanie, ou celles des calcaires comme au Canada. Ainsi la matière bitumineuse dont les schistes sont imprégnés est essentiellement due à la végétation et à l'entassement des plantes marines ou flottantes couvrant des plages basses. Là où elles ont été entièrement décomposées, on n'en retrouve aucune trace. Là, au contraire, où leurs débris ont été mélangés au sable ou au limon, elles ont laissé leur empreinte dans la matière molle, mais rien de plus.

3° Dans ses recherches sur les tourbes, M. Lesqueureux a été amené à s'enquérir de l'influence que les plantes marines pouvaient avoir eue, ou avoir encore maintenant sur la formation de la matière combustible. Il a donc cherché des tourbes marines, c'est-à-dire formées de plantes marines, sur les bords de la mer Baltique et de la mer du Nord, là où leur présence était indiquée. Il lui a été impossible de découvrir, dans aucun cas, des traces de plantes marines dans des dépôts tourbeux. Il a vu au contraire, là où étaient entassés de grands amas de fucus, comme à Lund, en Scanie, ces plantes se transformer à la base des dépôts, et par décomposition, en une matière noirâtre, gluante, sans consistance, semblable à quelque matière ou composition huileuse et fétide, ne faisant pas lits, mais paraissant s'incorporer avec le sable qu'elles recouvraient, et ne laissant aucune trace de leur organisation. Le même phénomène s'observe dans les grands marais qui bordent quelques parties de la Sardaigne et que les hautes mers couvrent de fucus. Ces plantes se décomposent en une espèce de gélatine fétide qui, à marée montante, couvre l'eau d'une couche huileuse et ne laissent aucune trace d'organisation.

4° Il est bien connu que l'époque dévonienne a été essentiellement caractérisée par les plantes marines, qui ont précédé les plantes des marais ou des tourbières de l'époque houillère. Quel a été le résultat de la décomposition de ces plantes et qu'ont-elles produit? Évidemment leur présence n'a été ni un fait accidentel, ni une anomalie de la nature. M. Lesquereux croit donc que nous pouvons chercher la fin, les vestiges de ce monde végé-

tal primitif dans les dépôts de pétrole dont l'importance vient d'être révélée en Pensylvanie. Il arrive donc *a priori* à cette conclusion que le pétrole est dû à la *décomposition des plantes non ligneuses et non fibreuses telles que le sont les plantes marines, tout comme la houille est due à la décomposition des plantes ligneuses et, par conséquent, plus ou moins fibreuses*. La houille serait ainsi réellement un charbon de bois, les huiles minérales un charbon de plantes cellulaires.

Au sujet de la communication de M. Lesquereux ; « M. Vouga pense que de grandes masses de fucus comme celles qui forment la mer des Sargasses peuvent descendre au fond de l'eau, et, en subissant l'énorme pression du liquide, se transformer avec l'aide du temps en naphte ou en pétrole¹ ».

1865. **Sterry Hunt**. — L'examen géologique des terrains pétrolifères de Kentucky a conduit le docteur S. Hunt à présenter cette théorie, que le pétrole, ou tout au moins les substances organiques qui l'ont produit, a été déposé dans les couches où on le trouve actuellement, au moment même de la formation de la roche.

« Ces substances se seraient décomposées sous l'action de la matière saline et calcaire (?) qui les entourait, et le pétrole ainsi formé se serait amassé dans les cavités (?) immédiatement voisines. La production du pétrole ne peut être attribuée, ainsi que certains auteurs l'ont supposé, à la distillation lente des pyrochistes appartenant aux couches moyennes et supérieures du dévonien. Tous les puits

¹ Bull. Soc. des sc. nat. Neuch., VII, 1866.

de l'Ontario, qui sont fort riches, sont creusés dans un terrain où ces pyrochistes sont très peu développés ¹. »

1866. Berthelot. — L'idée, ou la théorie, de la formation du pétrole par voie chimique, formulée par Berthelot en 1866, est devenue le point d'appui de la plupart des adversaires de la théorie de l'origine organique. Partant de l'hypothèse de M. Daubrée que la masse terrestre renferme à l'intérieur des métaux alcalins libres, on en peut conclure à « la production de tous les carbures naturels par une méthode purement minérale. L'intervention de la chaleur, de l'eau et des métaux alcalins, et la tendance des carbures à s'unir les uns aux autres pour donner des substances plus condensées, suffisent pour rendre compte de la formation de ces curieux produits. Il en résulterait aussi que cette formation pourrait s'effectuer d'une manière continue, puisque les réactions qui leur donnent naissance se renouvellent elles-mêmes sans interruption. »

M. Berthelot revenant sur la question en 1871 faisait remarquer que l'hypothèse de l'origine chimique pouvait tout aussi bien s'appliquer à la « combustion des masses énormes de débris enfouis à des profondeurs inaccessibles ² ».

1865. Foucou. — C'est en s'appuyant sur les remarques de M. de Chancourtois, relatives aux alignements des axes anticlinaux que M. Foucou est arrivé à attribuer aux gisements de pétrole situés en Europe une direction générale parallèle à l'importante ligne de fracture qui va des bouches de l'Oder à celles du Danube. Cette direction

1. Deutsch, *Le pétrole*, p. 7.

2. Deutsch, *Le pétrole*, p. 11.

se trouve dès lors indiquée par la presqu'île d'Apchéron d'une part, et les gisements bitumineux d'Elgin, en Écosse, de l'autre, elle traverse la Galicie occidentale, parallèlement à la crête correspondante des Carpathes; de plus elle passe par les sources pétrolifères du Hanovre. Elle fournit donc quatre stations importantes en ligne droite, et en même temps, par sa direction ouest et nord-ouest, elle rallie sur sa route les gisements de la Galicie. Cette subordination des gisements pétrolifères aux axes de soulèvements, qui sont le résultat de révolutions successives de notre planète, a comme conclusion naturelle que les sources de pétrole sont des produits d'émanations souterraines. Les éruptions bitumineuses venant de l'intérieur de la terre dégageraient alors des hydrocarbures gazeux qui se liquéfieraient par la compression, s'élèveraient ensuite à travers les roches superposées, et viendraient s'accumuler dans les réservoirs où on les trouve actuellement¹.

1866. Cahours. — M. Cahours s'est aussi occupé de recherches et d'analyses chimiques sur les pétroles. Voici ce qu'il dit : « En 1863 et 1864, nous entreprîmes, Pelouze et moi, des recherches sur le pétrole d'Amérique, que nous résumâmes dans un long mémoire, inséré dans les *Annales de chimie et de physique*. Nous avons établi dans ce travail que ces produits naturels, qui font aujourd'hui l'objet d'un commerce très important, renferment une série d'hydrocarbures homologues du gaz des marais, que nous parvinmes à isoler à l'état de pureté, et dont quelques-uns furent étudiés par nous avec beaucoup de soin². »

1. Deutsch, *Le pétrole*, p. 18.

2. *Revue scientifique*, V, 1868.

Voici, d'autre part, les observations de divers chimistes établissant les affinités du pétrole avec les hydrocarbures organiques : « L'existence d'une série d'hydrocarbures, homologues du gaz des marais, a été établie par les études de MM. Waren de la Rue, H. Muller, H. Vohll, et par Pelouze et Cahours. Comme tous les gaz des marais, ces hydrocarbures sont caractérisés par une grande indifférence chimique; leur point d'ébullition s'élève depuis 0° jusqu'à 300°. Les plus légers sont gazeux à la température ordinaire; les plus lourds sont solides comme les diverses variétés du pétrole¹. »

1867. Coquand. — Appelé à explorer divers gisements de pétrole de la Valachie et de la Moldavie, M. Coquand publiait, en 1867, plusieurs notices descriptives, dans lesquelles il expose ses vues relativement à l'origine des dépôts étudiés par lui.

Le premier de ces mémoires est précédé de considérations générales, dans lesquelles il repousse l'origine organique invoquée pour les pétroles du Canada et de la Pensylvanie.

« Mes études personnelles, dit-il à ce sujet, me conduisent à des conclusions diamétralement opposées. Le pétrole aurait été amené, suivant moi, à diverses époques géologiques, par des sources dans les terrains, au moment même de leur formation, il aurait imprégné, autour des points d'émergence, une surface plus ou moins grande, suivant la fécondité de ces sources, et se serait ainsi incorporé aux éléments minéraux qui se stratifiaient au

1. Fernand Hue, *Le pétrole*, p. 6.

fond des eaux des mers ou des lacs. Voilà la raison pour laquelle les pétroles ne se trouvent pas uniformément distribués dans la totalité de la formation qui les renferme, et que l'on est obligé de rechercher, souvent à travers des espaces immenses et complètement stériles, l'emplacement des anciennes sources, précisément comme on le pratique pour les amas de minerais de fer en roche ou en grains qui ont une origine analogue. Il n'y a d'ailleurs qu'à examiner les gisements d'asphalte, qui ne sont autre chose que des gisements de pétrole épuisés, et souvent réduits à leur goudron, pour s'assurer qu'ils constituent, de loin en loin, des dépôts circonscrits, indépendants les uns des autres, quoique étant dans une contrée donnée, de la même époque et devant leur formation à un même ordre de phénomènes. »

Loin de partager les vues de M. Lartet sur la coexistence du sel gemme et du pétrole, il dit que celle-ci ne lui a jamais paru « qu'un accident fortuit et qui tient à ce que les sources intérieures ont amené celui-ci dans un terrain qui était en travail de sédimentation de chlorure de sodium ». Partout où j'ai eu l'occasion de les étudier, j'ai reconnu aux sels gemmes une origine franchement sédimentaire.

Les phénomènes des volcans d'air et de boue, des volcans et des salses, sont simplement produits par la décomposition du pétrole, le tout s'opérant à une faible distance au-dessous du sol, sans qu'on puisse y constater aucune intervention de roches ou d'agents volcaniques, augmentation de température, ou aucune altération sur les points qui lui servent de théâtre. C'est, si l'on veut, un

dégagement souterrain de gaz des marais, dont le pétrole, qui est un carbure d'hydrogène et qui remplit ici le même rôle que les substances organiques dans les tourbières, fait seul et à froid, tous les frais.

Après avoir décrit les gisements de pétrole, de sel et de schistes bitumeux, et d'ozokérite de la Moldavie, dans le flysch, ainsi que ceux de la Valachie, M. Coquand revient sur la question de leur origine. « Toutefois, dit-il, je diffère complètement d'opinion avec M. de Verneuil sur leur origine. Ce savant considère les volcans de boue ou salses comme l'une des nombreuses manifestations de l'action volcanique à la surface de la terre, rattache ceux de Crimée à ceux de Bakou près de la mer Caspienne, et voit dans les accidents curieux qu'ils produisent les derniers symptômes de vie de l'action énergique qui a élevé l'axe trachytique de la chaîne du Caucase à la hauteur de 15 600 pieds. »

« Cette théorie me paraît bien exagérée, et je la crois en outre en opposition avec les faits observés. Il n'y a qu'à étudier la composition des gaz émis par les salses de la Crimée, pour voir qu'ils dérivent du pétrole et qu'on chercherait vainement leurs analogues dans les émanations volcaniques proprement dites, que les volcans soient en activité, en sommeil, éteints, ou réduits, comme dans les solfatares et les lagoni, à un simple dégagement de gaz.

« Tout fait espérer, dit-il plus loin, que les idées nouvelles de M. Berthelot sur l'origine minérale des pétroles, feront renoncer à l'opinion qui les attribue à une décomposition lente de végétaux fossiles que rien ne démontre, et contre laquelle protestent les faits d'observation. »

Si l'introduction des pétroles dans les terrains sédimentaires est, en réalité, la conséquence des faits que nous venons de discuter, ou, en d'autres termes, si cette substance liquide est contemporaine des couches dans lesquelles elle est emprisonnée, les quantités que l'on réclame aux entrepôts souterrains ne sont pas illimitées, puisque les enlèvements successifs ne peuvent être compensés par de nouveaux apports. L'exploitation conduit donc à l'épuisement des gîtes, et, avant l'épuisement total, à un appauvrissement graduel.

Dans sa *Note sur les gisements asphaltiques des environs de Raguzza en Sicile*, M. Coquand s'exprime encore en ces termes :

« L'asphalte n'est que du pétrole qui, apporté d'abord du sein de la terre par des sources spéciales, a ensuite injecté les interstices des roches poreuses au moment même de leur formation, s'est incorporé à leur substance, en conservant la totalité de bitume qu'il renfermait, et en laissant échapper par évaporation naturelle une partie plus ou moins considérable de ses principes volatils ou essentiels. Certaines roches peuvent avoir conservé une richesse en pétrole suffisante pour qu'il soit possible d'en opérer avec profit la distillation. Les gisements de Sicile seraient dans ce cas ¹. »

Nous retrouvons encore le même raisonnement dans la description des *gisements bitumineux et pétrolifères de l'Albanie*. Ces bitumes représentent « le pétrole parvenu à la limite extrême de son épuisement, c'est-à-dire réduit

¹. *Bull. Soc. géol.*, XXIV, 1886.

à une substance solide incapable de se décomposer spontanément et d'engendrer de nouveaux produits dérivés ¹ ».

1867. Desor. — En 1867, les mines d'asphalte du Val-de-Travers étaient de nouveau l'objet de l'attention des naturalistes, et le professeur Desor entretenait la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel, des sondages entrepris en vue de reconnaître l'extension de la couche exploitée. Après avoir constaté l'existence de la couche aptienne séparée du *bonbanc* urgonien, il ajoute : « Cette limitation de l'asphalte à l'étage urgonien fait supposer que l'imprégnation ne s'est pas faite de bas en haut, car, dans ce cas, on en trouverait au moins des traces dans les bancs inférieurs. En prenant pour terme de comparaison les pétroles d'Amérique, on serait tenté de voir dans nos asphaltes le résidu de quelques dépôts de charbon qui auraient disparu en laissant comme témoins de leur présence l'asphalte. »

Tenant compte de divers faits, il ajoute : on est conduit à placer l'origine de l'asphalte dans la période qui correspond à l'époque tertiaire et à la fin de l'époque crétacée ².

1868. Fraas. — De même que les observations de Léo Lesquereux avaient mis les naturalistes sur la voie, quant à la solution de la question d'origine du pétrole, de même aussi celles de Fraas allaient contribuer à mettre en lumière celle de la genèse du bitume et de l'asphalte, ainsi que cela résulte des publications de ce savant sur la mer Rouge.

« Les sources de pétrole, dit-il, se lient intimement à la structure du grand récif de coraux qui borde la mer Rouge.

1. *Bull. Soc. géol.*, XXV, p. 20.

2. *Bull. Soc. des sc. nat. Neuch.*, VII, p. 548.

On recueille le pétrole dans des creux percés dans le banc de corail, à quelques pas seulement du rivage. On voit s'accumuler à la surface de ces trous un liquide gras et irisant atteignant l'épaisseur de plusieurs pouces. C'est le *bitume de la mer Rouge*. Des Bédouins indigènes sont occupés à recueillir ce liquide dans des ballons de verre portatifs, qu'ils transportent au débarquement pour les y charger sur des barques, à destination de Suez. »

D'après M. Fraas, il est hors de doute que le pétrole s'écoule du banc de corail lui-même. « Il ne m'est jamais venu à l'idée d'attribuer à ces huiles une autre origine que la décomposition des corps organiques contenus dans le récif et dans la lagune. Il n'y a là rien que de très naturel, attendu que ces lagunes sont de véritables viviers dont le fond pullule d'animaux, si bien que l'œil ne peut s'arrêter sur un point sans y apercevoir les mouvements et les contractions de la vie. Autant la côte est aride et la plage déserte, autant la mer est animée, comme si la nature eût voulu se dédommager de la vie terrestre par une exubérance de vie marine. Quoi de plus naturel que la mort aussi moissonne amplement dans ces grands viviers. La meilleure preuve en est fournie par la quantité de crabes qui vivent dans ces parages et que les Arabes appellent à bon droit les fossoyeurs de la mer. On conçoit aussi que dans ces eaux tièdes et peu profondes, la décomposition soit très active, et qu'une partie seulement des gaz dégagés par la putréfaction parviennent à s'échapper, tandis que le reste se condense pour former des carbures d'hydrogène, qui filtrent dans les interstices du récif, probablement pour y subir une condensation ultérieure.

En ma qualité de géologue, j'en conclus qu'une transformation analogue des substances animales a dû se faire de la même manière dans les temps géologiques. Je ne m'explique pas autrement les amas de bitume qui sont emmagasinés tout le long des côtes de la mer Rouge, dans le terrain tertiaire d'Égypte et dans la formation crayeuse de la Palestine.

Dans une lettre adressée à M. Desor, il s'exprime ainsi :

« Abordant la question des bitumes de la mer Morte, je ne saurais en aucune façon me ranger à l'avis de M. Lartet, qui essaie de rapporter à une action volcanique, tout à la fois les sources thermales, les tremblements de terre, ainsi que les bromures, les iodures et les bitumes qui caractérisent cette contrée. Quant aux bitumes en particulier, je n'ai aucun doute que ceux de l'Arabie, de l'Égypte et de la Palestine n'aient la même origine animale que les pétroles de la mer Rouge. En Égypte, j'ai trouvé à répétitions fois le bitume dans le groupe inférieur de l'étage suessonien avec la *Nummulites planulata*. J'ai même emporté de l'un des bancs des échantillons pétris de nombreuses cardites, natices, nérites, dont les cavités intérieures sont remplies d'un asphalte noir et luisant qui, par sa composition chimique, est tout à fait identique à celui de la mer Morte. Le banc qui renferme ces fossiles repose sur des assises d'un calcaire dur, parfaitement blanc, sans bitume, mais en même temps pauvre en fossiles, tandis que les bancs bitumineux en sont presque entièrement composés. Il ne saurait être ici question d'émanations d'hydrogène carboné provenant des profondeurs de la terre et qui auraient formé le pétrole. La manière uniforme dont les bancs de

calcaire en sont pénétrés ne permet pas de douter que la roche ne soit contemporaine des huiles minérales. L'origine du pétrole doit être cherchée, selon moi, dans les résidus organiques renfermés dans l'eau de mer qui peut en contenir, suivant M. Durocher, jusqu'à 4 p. 100. Vous me demandez avec raison pourquoi il n'existe pas de bitume dans toutes les couches où les débris fossiles sont abondants. Avant tout, il ne faut pas oublier que la plus grande partie de ces résidus animaux est de nouveau absorbée par d'autres êtres, et contribue ainsi à leur édification. Rappelons-nous que les animaux des deux embranchements inférieurs et une bonne partie des radiaires ne vivent qu'aux dépens de la matière organique répandue dans la mer. Dès lors, ce ne serait en quelque sorte que l'excédent de ces matières qui, lorsqu'il se trouve exposé à la chaleur solaire, sur un point abrité de la lagune, aurait chance de se transformer en hydrogène carboné.

« Faut-il vous citer des exemples à l'appui de cette origine du pétrole et de l'asphalte dans nos différentes formations de la Souabe? Il n'est pas rare de trouver de l'asphalte dans le groupe salifère du muschelkalk sous forme de veines, de lits, de rognons. Dans le muschelkalk lui-même, ainsi que dans le lias inférieur, on le voit suinter de la cavité des coquilles fossiles. Les schistes bitumineux de l'*alpha* supérieur du lias, les schistes à positionies, les schistes à sauriens du lias supérieur, les argiles à opalinus du Jura brun, les calcaires à *helix* du miocène, les schistes à feuilles du pliocène, voilà autant de couches dans la seule région du Wurtemberg qui sont pénétrées de substances huileuses, et qui toutes répandent

cet empyreume particulier qui caractérise les huiles animales.

« Revenant aux pétroles et aux asphaltes de la mer Morte, je dois ajouter qu'ils sont surtout abondants dans les couches à baculites de la craie moyenne ou chloritée, où on les trouve tantôt sous la forme de bancs, tantôt sous celle d'amas. Le bitume s'échappe de la tranche de ces couches qui forment l'enceinte de la mer Morte pour s'amasser sur le rivage ¹. »

1868. Desor, Abich, Fraas, Hébert. — En 1868, la session annuelle de la Société helvétique des sciences naturelles réunissait un grand nombre de sommités scientifiques, et la question de l'asphalte y fut discutée par les autorités les plus compétentes.

La discussion fut ouverte par M. Desor qui, rappelant une communication antérieure, renonce à l'hypothèse d'une distillation des plantes marines, vu leur absence dans le terrain crétacé de cette région. En revanche, l'abondance des mollusques fossiles dans l'urgonien et dans l'aptien lui semble favorable à la théorie de l'origine animale de l'asphalte.

« M. Abich est arrivé par ses études dans les contrées subcaucasiques à reconnaître une loi générale pour la formation de l'asphalte, qu'il considère comme un résidu des sources de naphte. Partout où il y a de grands bouleversements géologiques et des lignes de fracture, il est naturel d'admettre comme cause de la présence de ces matières sur le sol ou assez près de sa surface, des émana-

1. Bull. Soc. sc. nat. Neuch., VIII, p. 58-60.

tions des profondeurs souterraines. La pensée favorite de M. Abich est que l'asphalte est remonté des profondeurs. »

« M. Roemer adopte également l'opinion suivant laquelle l'asphalte serait monté dans des crevasses, comme en Galicie et dans le Géroldstein, lorsque les couches inférieures ont été crevassées par le soulèvement. En Hanovre, il est exploité avec la roche qui le renferme. »

« M. Fraas est d'une opinion absolument contraire à celle de ses confrères et expose à l'appui de sa théorie ses observations sur la mer Rouge et la mer Morte. »

« M. Hébert pense aussi que le pétrole est en rapport avec les dislocations du sol. Dans les pays non disloqués, bassins anglo-parisien, aquitanien, etc., point de pétrole, malgré une foule d'animaux fossiles. Du reste, la décomposition des corps organiques est si prompte qu'il est impossible qu'une distillation ait eu lieu. Lorsqu'on trouve de l'asphalte dans les fossiles il s'y est formé par une infiltration lente, comme par exemple les cristaux de sulfate de plomb. »

« M. Mérian fait observer à M. Hébert qu'en Wurtemberg il y a autant de fossiles que dans les contrées les plus privilégiées de France et d'Angleterre, et malgré la régularité des couches, l'huile de pétrole est assez abondante pour être exploitée. Les divergences d'avis prouvent que la question n'est pas jugée, mais fort difficile ¹. »

1869. Raulin. — « Il nous semble, dit M. Raulin, que si le pétrole avait existé lors de la formation des roches, celui qui ne se serait pas combiné avec celles-ci se serait, à

1. Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Ensiedeln, p. 65-67.

cause de sa légèreté, élevé au-dessus des eaux dans lesquelles les roches se formaient. Il nous paraît donc beaucoup plus simple d'attribuer l'origine des bitumes à la même cause qui produit les phénomènes ignés en général. Cette manière de voir, si conforme à la simplicité des opérations naturelles, a en outre l'avantage d'expliquer pourquoi le pétrole accompagne souvent les salses et les fontaines ardentes. »

« Il y a certainement une grande analogie entre les produits de la distillation de la houille et ceux des sources gazeuses et pétroliennes. Mais M. Reichenbach ayant reconnu que chaque quintal de houille donnait au plus 2 onces d'huile, il n'aurait pas fallu moins de 174 000 000 de quintaux de houille pour produire la masse de pétrole recueillie à Zante depuis Hérodote, c'est-à-dire pendant plus de 2300 ans ¹. »

1869. C. Knab. — Chargé de la direction des sondages pour la recherche de l'asphalte au Val-de-Travers, M. l'ingénieur C. Knab publiait en 1869 une *théorie de la formation de l'asphalte au Val-de-Travers* ².

- Repoussant d'abord l'origine végétale, en se basant sur l'absence de l'iode dans l'asphalte, l'auteur admet que l'origine de l'asphalte peut être dû à des matières organiques animales, provenant de la décomposition de certains mollusques, et peut-être des caprotines dont les vestiges se retrouvent dans les bancs d'asphalte.

- Partant de ces données, M. Knab se livre à des calculs sur la proportion de matière organique et autres, renfer-

1. *Éléments de géologie*, p. 254.

2. *Bull. Soc. des sc. nat. Neuchâtel*, VIII, p. 226.

mée dans les huîtres, ainsi que sur la reproduction de ces mollusques, et déclare que les résultats obtenus prouvent en faveur de sa théorie. « Aussi, dit-il, malgré les doutes exprimés par M. le professeur Desor, malgré les théories de MM. Lesquereux, Fraas et Coquand, nous n'en persistons pas moins à croire avec M. Lesley que les bitumes autres que les houilles ont une origine animale. » Il conclut en disant : « S'il nous était permis de tirer une conclusion des faits qui viennent d'être exposés et de résumer notre théorie, nous dirions :

« 1° Que l'*asphalte* (calcaire imprégné de bitume) est dû à la décomposition de bancs de mollusques ou de crustacés, à une haute température et dans une mer profonde, c'est-à-dire sous une forte pression ;

« 2° Que le *bitume* s'est formé aussi par la décomposition de bancs d'animaux semblables, à une température élevée, mais dans une mer peu profonde et par conséquent à une pression suffisante pour forcer ce bitume à imprégner les coquilles d'huîtres ;

« 3° Que les *différentes espèces de pétrole* sont aussi dues à la décomposition de mollusques et crustacés plus riches en matières organiques, décomposition opérée à une température trop faible pour donner du bitume, mais sous une pression plus ou moins considérable ;

« 4° Que les *bancs de calcaire blanc* urgonien sont formés également par la décomposition des huîtres fossiles, sous une forte pression liquide, mais à une basse température, et qu'alors les produits gazeux de la putréfaction des matières organiques animales, n'étant pas emprisonnés sous des couches d'argile imperméables, se sont évaporés.

1870. **Figuier**. — Dans son livre sur l'*Éclairage*¹, Figuiet attribue la provenance des huiles minérales aux arbres et aux grands végétaux de l'ancien monde, qui auraient fourni en même temps que la houille, ou à sa place, des liquides bitumineux. « Ces liquides une fois formés cheminent sous le sol, comme les eaux d'infiltration entre deux couches imperméables; ils peuvent donc se rencontrer en des points et sur des terrains fort éloignés les uns des autres. La matière végétale des arbres aurait disparu par le progrès des siècles, et la résine moins altérable se serait conservée.

« Il faut ajouter que, quelquefois, ce sont des débris d'animaux qui ont pu fournir en se décomposant cette substance résineuse, car les bitumes pétrolifères se trouvent non seulement dans les terrains de la période houillère mais aussi dans les terrains beaucoup plus anciens, c'est-à-dire dans le silurien et le dévonien. Ces terrains étant riches en animaux, mollusques et poissons, beaucoup plus qu'en produits végétaux, il faut admettre que la substance résineuse provient souvent de la décomposition des animaux. »

1872. **Jaccard**. — Si, dans le chapitre consacré à l'asphalte, de mon *Jura vaudois et neuchatelois*², il me restait encore quelque doute sur l'application de la théorie de l'origine organique, c'est que je n'avais jamais observé dans le banc d'asphalte cette abondance prodigieuse de caprotines signalée par MM. Desor, Knab, etc. En réalité, il est constitué par une assise de calcaire oolithique et spathique, pauvre en débris de coquilles, qui en revanche abondent

1. *Merveilles de la science*, IV, p. 184.

2. *Mat. p. la carte géol. de la Suisse*, 6^e livraison, p. 285.

dans les autres couches calcaires du crétacé inférieur, et en particulier dans l'aptien bitumineux qui apparaît au-dessus des marnes aptiennes.

C'est en 1872 que je découvris pour la première fois des preuves certaines de la transformation de la substance organique des mollusques en bitume visqueux, dans les fossiles de l'aptien supérieur, superposé au *bon banc* d'asphalte du Val-de-Travers.

Je communiquai cette découverte à la Société helvétique des sciences naturelles, réunie à Fribourg, en présentant des échantillons des diverses variétés de bitume et d'asphalte du Jura, et conclus en disant que l'*origine animale* du bitume de l'asphalte me paraissait incontestable. Mais, dans bien des cas, il faut admettre que le bitume provenant de la décomposition des mollusques a surnagé à la surface des bassins. Lorsqu'il a rencontré certaines roches poreuses comme le calcaire tendre de l'urgonien, il s'est combiné avec elles, et a formé les couches asphaltiques ou bitumineuses.

Il arrive aussi parfois que le bitume après avoir flotté s'est trouvé englobé dans les sédiments calcaires, où il se présente à l'état d'amas ou d'inclusions dispersés dans la roche ¹.

En 1890 je publiai mes *Études géologiques sur l'asphalte et le bitume au Val-de-Travers*, etc. ². Ce travail est divisé en trois parties : *Mode de formation de l'asphalte et des bitumes en général*; *Étude de l'asphalte au Val-de-Travers et dans le Jura*; *Histoire géologique de l'asphalte*. Il ne s'agis-

1. Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Fribourg, 1872.

2. Bull. Soc. sc. nat. Neuch., XVIII.

sait plus, comme précédemment, de l'exposé de telle ou telle théorie, mais d'une démonstration positive, appliquée à une région déterminée, du phénomène de la bitumini-sation des corps organiques, et plus particulièrement des animaux marins.

Quant aux gisements bitumineux de la molasse, j'étais arrivé à les distinguer de l'asphalte, et à reconnaître qu'ils méritaient une étude spéciale et devaient être rangés dans le groupe du pétrole, que je considérais comme provenant de la décomposition de substances végétales.

1872. E. Fuchs et E. Sarasin. — Les *Notes sur les sources de pétrole de Campina (Valachie)* renferment quelques pages consacrées à l'étude du *mode d'arrivée et de distribution de pétrole*. D'accord avec M. Coquand pour repousser la théorie qui attribue la formation du pétrole à la seule distillation des matières organiques, MM. Fuchs et Sarasin vont plus loin que lui et n'hésitent pas « à attribuer au pétrole une origine franchement éruptive; l'assimilant ainsi, dans une certaine mesure, aux hydrocarbures dont le dégagement constitue un des derniers termes de la série des phénomènes volcaniques ».

S'agissant d'appliquer cette théorie aux gisements de Campina et de déterminer les points sur lesquels il convient d'entreprendre les recherches, les auteurs invoquent d'une part, le caractère de *produit d'émanation* présenté par le pétrole, et de l'autre les *faits d'alignement*, qui, d'après M. B. de Chancourtois, en sont à la fois, dans la pratique, la conséquence et la confirmation. « Ainsi, disent les auteurs, le pétrole étant une matière adventive, arrivant au jour par des systèmes de fracture, ses points d'émer-

gence seront alignés parallèlement à la direction générale des accidents orographiques et géologiques de la contrée¹. »

1877. **Mendeleef.** — Dans son grand travail sur l'*origine du pétrole*², le savant russe Mendeleef commence par faire table rase des notions acquises sur cette substance. « D'abord, dit-il, on est obligé d'admettre que le pétrole ne s'est formé ni à la surface de la terre, ni au fond des eaux car, dans le premier cas, il se serait évaporé en ne laissant qu'un résidu bitumineux, et, dans le second cas, en vertu de sa plus faible densité, il serait venu à la surface des eaux se mettre en contact avec l'atmosphère et par conséquent se serait encore évaporé. »

La preuve négative la plus absolue résulte du fait « qu'on ne trouve nulle part la matière première ayant pu fournir les énormes quantités de pétrole de la Pensylvanie, du Caucase, etc.; point de résidu charbonneux, pas même de fossiles indiquant un développement considérable du règne organique. »

Reste à savoir d'où vient, et comment s'est formée cette substance, que l'on trouve en si grande quantité dans certains pays, fort éloignés les uns des autres.

Les études faites en Pensylvanie, au Caucase et dans d'autres contrées nous portent à chercher le lieu de formation du pétrole dans le sol, et à une profondeur telle qu'il ne peut plus cette fois être question d'organismes. Le fait qui plaide le mieux en faveur de cette opinion, c'est l'existence des sources de pétrole près des chaînes de montagnes.

1. *Arch. des sc. ph. et nat.*, XLVI, 1873.

2. *Revue scientif.*, XIII, 1878, p. 409.

« Or, en Amérique comme au Caucase, si l'on s'éloigne un peu de la chaîne, on trouve au pied des montagnes des bas-fonds riches en pétrole. Cela nous fournit une première explication de l'origine du pétrole ¹. Une seconde explication nous est offerte « par la distribution géographique des sources, laquelle affecte la forme d'une ligne brisée avec des arcs de grands cercles » (?).

« Si l'on se reporte maintenant à ce qui vient d'être dit, on se laisse prendre malgré soi à l'idée suivante :

« Les chaînes de montagnes ont été soulevées par l'action lente mais continue des forces internes de la terre. A leurs sommets peut correspondre une fente, pratiquée dans les couches sédimentaires, et ouverte vers le haut, et à leur base existera aussi une fente parallèle et analogue, ouverte vers le bas.... Cette grande fissure du pied des montagnes a livré passage au pétrole, et a formé en même temps les galeries dans lesquelles l'huile est entrée et s'est élevée au-dessus des cavités profondes où eut lieu jadis sa formation. La nappe liquide qui est venue s'étaler à la surface du sol, au pied des montagnes, a pu même rester intacte, quoique des fissures se soient formées dans le fond. Le fait capital à constater, c'est que le pétrole a pris naissance dans les profondeurs de la terre, et que c'est là seulement qu'il faut chercher son origine. »

1880. Höfer. — D'après M. Höfer, c'est dans l'étage de Chemung que s'exploitent aujourd'hui les principales sources d'huile minérale de la Pensylvanie. Tantôt l'huile paraît liée à certains horizons géologiques (Pensyl-

1. Cela prouverait, à mon avis, le contraire.

vanie, Canada); tantôt elle occupe des fentes (Ohio, Virginie).

Dans le premier cas, on la rencontre toujours dans des roches poreuses, conglomérats, grès grossiers, calcaires caverneux.

Dans le Canada, l'Ohio, la Virginie occidentale, il n'est pas douteux que le pétrole ne se soit accumulé surtout sous les plis anticlinaux; en outre, les plis doucement ondulés donnent de l'huile en quantité considérable, tandis qu'on en trouve peu dans ceux qui sont trop brusques.

En général, d'après M. Höfer, le gisement du pétrole en Amérique rappelle les *filons-couches*, et l'huile a dû venir après coup, aussi bien dans les fentes que dans les sables pétrolifères. Quant à son origine première, l'auteur paraît disposé à accepter la manière de voir de ceux qui font dériver le pétrole de la distillation des restes animaux contenus dans des couches plus profondes.

1881. De Lapparent. — Pour M. de Lapparent, les salses, les moffettes, les dégagements d'hydrocarbures, en Amérique et ailleurs, rentrent dans la catégorie des phénomènes geyseriens et constituent un écho très affaibli du volcanisme.

Ces émanations sont caractérisées en général par leur basse température, ainsi que par la présence, dans la plupart d'entre elles, d'hydrocarbures gazeux. « A Taman, dit-il, les monticules boueux offrent tous les phénomènes intermédiaires entre le suintement des boues et les explosions volcaniques. S'il est possible que l'huile minérale provienne des gisements tertiaires dans lesquels on la trouve intercalée, du moins sa venue au jour est en rapport intime avec les phénomènes internes. »

Et plus loin : « Les sources d'huile minérale sont très répandues en Amérique, où les imprégnations de pétrole ont, dans la profondeur, une importance considérable. Les gisements sont en rapport avec les dislocations du sol et les principaux d'entre eux sont concentrés sur des lignes de soulèvement, dans lesquelles l'huile minérale paraît s'être accumulée.

C'est encore au nombre des salses que M. de Lapparent envisage convenable de ranger la mer Morte, malgré l'absence de dégagements gazeux apparents. « Il est donc permis de penser qu'à l'heure actuelle les sources minérales surgissent encore au-dessous du niveau de la mer Morte, et que cette dernière doit aux phénomènes internes une composition que, pour aucun motif plausible, on ne saurait attribuer à une intervention antérieure des eaux marines ¹. »

Il dit aussi : « On peut encore citer au moins pour mémoire les huiles minérales et l'asphalte, qui représentent un produit d'oxydation du pétrole. Mais ces corps, formés par distillation, ou amenés au jour avec les émanations volcaniques, ne font réellement pas partie des formations dues à l'activité directe des organismes ². »

1882. Dieulafait. — Depuis les remarquables publications de M. O. Fraas et de L. Lesquereux, il n'avait, à ma connaissance, paru aucun travail de quelque étendue à l'appui de la théorie de l'origine organique des composés bitumineux. La théorie de l'origine éruptive semblait devoir l'emporter lorsque, en 1882, M. Dieulafait commença la

1. *Traité de géologie*, 2^e édition, p. 490.

2. *Ibid.*, p. 648.

publication de son travail sur *l'origine et le mode de formation des eaux minérales salines* ¹, suivi bientôt de *l'origine et la formation des minerais métallifères* ². Une troisième étude sur les substances bitumineuses n'a pu voir le jour, par suite de la mort de l'auteur. Mais l'intime relation qui existe entre ces diverses substances, le fait qu'on les retrouve presque partout subordonnées les unes aux autres, mérite que nous consacrons quelques instants à l'examen des conclusions de l'auteur.

Le principe fondamental de ses démonstrations est celui-ci, que les substances minérales renfermées dans le sein de la terre ont une origine semblable à celles qui se forment ou se précipitent encore actuellement dans les bassins marins, les lagunes et les lacs. « Les eaux minérales, dit-il, et en particulier les sources salines, empruntent dans le globe, à des profondeurs plus ou moins grandes, les substances qui les caractérisent au point de vue de la composition. Ces substances elles-mêmes proviennent de dépôts formés au sein des mers pendant les périodes de sédimentation des terrains stratifiés; toutes les fois que les eaux d'infiltration atteignent ces dépôts salins, elles en dissolvent des quantités plus ou moins considérables, et quand elles reviennent au jour elles constituent les eaux minérales salines. »

Dans une seconde conférence M. Dieulafait entreprend de démontrer que, « pour expliquer l'origine et le mode de formation de groupes entiers de minerais métallifères, il n'est nullement nécessaire de faire appel aux profon-

1. *Revue scientifique*, XXX, 1882.

2. *Ibid.*, XXXI, 1883.

deurs du globe, l'action des agents naturels fonctionnant encore dans la nature actuelle étant suffisante pour expliquer cette origine. » Il compare à ce sujet les phénomènes qui s'accomplissent dans les régions de la mer Caspienne et du golfe de Karabogaz avec ceux qui, à son point de vue, ont dû se manifester lors de la formation des dépôts de cuivre du Mansfeld qui, comme on le sait, sont accompagnés de substances bitumineuses. Nous y reviendrons dans le chapitre consacré au mode de formation de ces substances.

1883. Briart. — Ainsi que nous l'avons déjà dit, pendant longtemps les *traités de paléontologie* n'ont consacré qu'une attention tout à fait restreinte aux phénomènes de la fossilisation. M. Briart l'un des premiers s'en est occupé avec beaucoup de soin. Aussi me paraît-il convenable de reproduire ici quelques lignes du chapitre consacré à la *fossilisation végétale*¹.

« Contrairement à ce que l'on remarque le plus fréquemment dans le règne animal, la substance organique n'a jamais entièrement disparu dans les végétaux fossiles. Les végétaux anciens se sont en quelque sorte conservés par eux-mêmes et sont arrivés jusqu'à nous. On les retrouve à l'état de tourbe, de lignite, de houille, d'anthracite, etc., on doit en effet, bien qu'ils n'aient pas toujours conservé la forme extérieure des organismes d'où ils descendent, accorder la qualification de fossiles à ces immenses dépôts de combustibles qui font la richesse des nations qui les exploitent. On doit également l'accorder à ces substances

1. *Principes élémentaires de paléontologie*, mars 1883, p. 146.

molles ou même liquides, connues sous les noms de bitume minéral, d'huile de schiste, de naphte et de pétrole dont l'industrie tire actuellement un si grand parti. Il en est de même de cette substance encore peu connue, nommée *ozokérite* ou *cire minérale*, que l'on exploite actuellement d'une manière assez suivie en Galicie.

« Le pétrole, d'après l'opinion généralement reçue, aurait une origine entièrement animale; il en serait de même de l'ozokérite, qui en conserve tout à fait l'odeur caractéristique. Les deux substances seraient le résultat de la décomposition imparfaite des animaux microscopiques qui, par des circonstances spéciales de conservation, ont pu arriver ainsi jusqu'à nous. Cela ne veut pas dire que de nombreux bitumes et huiles minérales ne puissent avoir une origine entièrement végétale.

« Et non seulement le règne végétal nous présente des fossiles à l'état solide et à l'état liquide, mais il nous en présente également à l'état gazeux. Le grisou, ce terrible ennemi du mineur, est un gaz fossile. C'est le gaz des marais de la période houillère, conservé jusqu'à notre époque dans les couches de houille », etc.

1883. **S. Meunier.** — Sans être aussi catégorique que M. Briart, M. S. Meunier admet aussi la transformation des animaux en bitume. « Parfois, dit-il, la fossilisation se réalise par *conversion chimique*; des lois que nous ne connaissons encore que par leurs effets président, dit A. d'Orbigny, à ce nouveau mode de fossilisation. Tantôt la conversion chimique s'exerce sur les éléments organiques eux-mêmes, qui constituent le corps soumis à cette conversion. Ces éléments entrent alors dans de nouvelles

combinaisons, donnant lieu à des corps nouveaux, qui conservent toutefois la forme première : telle serait par exemple la conversion de certains animaux en bitumé. Parfois d'autres éléments extérieurs arrivent pour se combiner aux éléments existant déjà. Enfin tantôt la conversion chimique est partielle, tantôt elle est complète ¹. »

1885. Le Bel. — D'après M. Le Bel ², attribuer l'existence ou l'origine du pétrole à la fermentation des matières végétales ou animales se trouvant dans le terrain à l'époque du dépôt des couches pétrolifères, n'est pas un mode de raisonnement scientifique. Le seul argument positif en faveur de la théorie de la fermentation a été apporté par M. O. Fraas. Cet auteur attribue la production du bitume à la décomposition des animaux marins qui forment des récifs madréporiques importants. Mais les récifs madréporiques se forment en bien d'autres côtes où l'on ne constate aucune trace de pétrole ni de bitume. Du reste, le pétrole apparaît à la surface de la mer Morte; or, comme ce lac *asphaltite* est dépourvu de végétaux et d'animaux, on ne peut attribuer à leur décomposition la présence du bitume liquide.

M. Le Bel n'admet pas davantage comme preuve le fait que le pétrole apparaît dans des couches de sable, des géodes et des fossiles entièrement isolés et sans communication visible avec une fissure quelconque qui aurait servi à amener cette huile. « Si cette communication n'existe plus, elle a fort bien pu exister à une époque antérieure. « On remarque, dit-il, chaque fois qu'on creuse dans le

1. *Traité de paléontologie pratique*, Paris, p. 7.

2. *Notice sur les gisements de pétrole à Pechelbronn*. Colmar, 1885.

sol ou qu'on creuse dans les galeries, des surfaces de glissement en quantité innombrable et dont quelques-unes indiquent des mouvements de terrains importants. Si donc il existait primitivement des canaux de dimensions restreintes, ils ont dû nécessairement disparaître quand tous ces tassements se sont produits, et cela explique comment le pétrole, saturé de gaz sous des pressions considérables, se conserve à présent comme dans un tube de verre scellé à la lampe jusqu'au moment où la sonde l'atteint et le fait jaillir. »

Quant aux fossiles et géodes, isolés à présent, mais qui ont pu ne pas l'avoir été autrefois, ils renferment souvent du pétrole en quantité bien supérieure à celle que pouvait produire la matière organique qui les remplissait, même si elle s'était transformée en pétrole, ce qui n'est pas possible ⁴.

En revanche, il admet la possibilité de réaliser la transformation de la matière organique en pétrole en s'aidant de la chaleur. « Rien, dit-il, ne s'oppose à ce qu'on accepte ce mode de formation, d'autant plus que la présence du pétrole paraît intimement liée avec les phénomènes volcaniques et les grandes failles. La difficulté que rencontreraient les huiles à franchir l'épaisseur qui séparent le terrain houiller de la couche pétrolifère où elles sont actuellement renfermées ne constitue point un argument contraire à cette théorie, car nous voyons l'eau des sources thermales atteindre des profondeurs énormes (?) où elle prend sa température et remonte de nouveau à la surface du sol.

⁴ *Notice*, etc., p. 4 et 6.

« La théorie de M. Mendeleef, dit-il encore, malgré le peu de confiance qu'elle inspire de prime abord, n'en repose pas moins sur une expérience chimique positive (celle de M. Berthelot). Elle paraît d'ailleurs mieux rendre compte du mode de gisement du pétrole, lorsqu'on considère en particulier le gisement de Bakou où, sur un espace de quelques kilomètres carrés, on a recueilli depuis des années 15 000 fûts par jour de pétrole brut. On ne peut pas comprendre que la distillation pyrogénée d'un gisement de houille ait eu pour effet d'accumuler une pareille masse d'huile sur un seul point. » D'ailleurs, il serait assez difficile d'admettre que, dans toutes les localités asphaltiques ou pétrolifères, il y ait eu de la houille décomposée par la chaleur centrale, tandis que l'eau est un réactif dont la nature a pu disposer en tout temps.

En résumé, M. Le Bel estime « qu'on ne peut conclure d'une façon positive avec des raisonnements de cette nature, et qu'il faut attendre de nouveaux documents ou de nouvelles expériences pour choisir entre les deux dernières explications ».

1888. Orton. — Le pétrole de l'Ohio a été découvert en 1884 dans le calcaire de Trenton, vers la base du carbonifère. M. Orton, qui a fait de cette région une étude complète, se prononce en faveur de l'hypothèse de l'origine organique. La décomposition des animaux, et surtout des végétaux, lui paraît être la cause véritable de la formation du précieux liquide, contenu à la fois dans les argiles et dans les calcaires. C'est-à-dire que, pour M. Orton, la provision ne peut pas se renouveler, et que par conséquent elle n'est pas inépuisable. Le pétrole de l'Ohio

semble avoir été produit à la température ordinaire et non par distillation. Quant au gaz naturel, on le trouve dans la région centrale et sur les bords du lac Erié; la roche mère est argileuse et appartient au dévonien supérieur ¹.

1889, Travaglia. — Pour M. Travaglia, l'origine du soufre du célèbre gisement de Caltaniseta; loin d'être due aux phénomènes volcaniques, se rattache au contraire à celles des substances hydrocarbonées. « Il est porté à croire que le climat de l'époque pendant laquelle se formèrent les dépôts de gypse, dont le soufre n'est qu'un accessoire, était caractérisé par une grande sécheresse : de sorte que les lagunes s'étant formées et restant en communication avec la mer par des canaux de peu d'importance, l'eau s'y condense en donnant lieu au dépôt de gypse. Le soufre se forme par l'action sur ce gypse d'hydrocarbures, provenant de substances organiques d'origine animale, qui occupaient en grande partie le fond des lagunes, ou étaient à peu de profondeur au-dessous de ce fond. Ces hydrocarbures doivent arriver à peu de profondeur et sur une grande surface, parce que c'est précisément à la base de la formation que les couches de surface sont les plus étendues et en même temps les moins puissantes et les moins riches, tandis que les couches du sommet, plus riches, plus puissantes et moins étendues, ont été formées par les hydrocarbures qui, prenant leur origine à la base des dépôts, devaient pour arriver jusqu'en haut se frayer un chemin et par suite arrivaient en jets isolés et puissants ². »

1. *Annuaire géol. univ.*, V, 1889, p. 890.

2. *Annuaire géol. univ.*, VI, p. 507.

Auteurs divers. — *Ferrée, Engler, Höfer, Zaloziacky, Ochsenius, Sickenberg.*

Il a paru dans le *Mercure scientifique* de 1893 une série d'*Études sur les origines du pétrole*, par M. Ferrée, qui passe en revue les publications plus ou moins récentes sur ce sujet. Je les résumerai en quelques pages.

En 1888, *Engler*¹ procéda aux recherches par expérimentation, en opérant sur 492 kilogrammes de poisson, soumis à une pression qui allait en diminuant de 10 à 4 atmosphères. Il obtint, par distillations successives, 60 0/0 d'huile brute des matières grasses employées, dont les 9/10 étaient composés d'hydrocarbures, possédant toutes les propriétés du pétrole naturel.

Plus tard *Engler* distilla à Hambourg quelques milliers de mollusques et de poissons de mer; il recueillit de grandes quantités d'ammoniaque et de bases organiques azotées.

Suivant *Zaloziacky*, les recherches d'*Engler* ne sont pas concluantes et ne démontrent pas d'une manière certaine l'origine animale des pétroles.

Les pétroles distillés sous pression n'ont pas de carbures aromatiques, et surtout pas de carbures de la série des naphthènes, etc.

*Höfer*² a défendu depuis quatorze ans déjà la théorie de l'origine animale, mais on lui a pendant longtemps objecté l'absence de l'azote et de ses combinaisons dans les pétroles.

Les géologues s'unirent aux chimistes pour combattre cette théorie. L'azote fut trouvé dans les pétroles de la

1. *D. Chem. Ger.*, 1888, p. 1816.

2. *Allgem. österr. chem. und techn. Zeit.*, 1891, p. 230.

Californie, du Texas, de l'Ohio, mais n'ayant pas été reconnu dans les pétroles de la Pensylvanie, les Américains en conclurent que ceux-ci avaient une origine végétale.

Or il importe de remarquer que, dans la décomposition de la matière animale, il se forme des gaz, en sorte que l'azote aurait disparu dans les gaz qui accompagnent les pétroles.

D'après Engler, le titre en azote du gaz Pechelbronn oscille entre 8, 9 et 17 0/0.

Au reste, la présence de l'azote dans les pétroles n'est pas nécessaire, même dans l'hypothèse d'une origine animale. Les animaux sont formés, dans leurs parties molles, d'une portion charnue azotée, et d'une autre, composée de corps gras non azotés. Lors de la putréfaction du cadavre la substance azotée se décomposerait rapidement, tandis que la matière grasse se distinguerait par une stabilité remarquable. A l'appui de ce fait Engler cite la présence de l'*adipocire* ou *cire des cadavres*, dans tous les tombeaux.

En résumé, *Engler et Höfer* admettent que le pétrole et l'*ozokérite* ou *cire fossile* ont une origine animale. Ainsi la première partie du problème est résolue.

Reste à chercher la seconde partie du problème : « comment le pétrole s'est-il formé ? »

*Zaloziecky*¹ suppose une décomposition lente et progressive des animaux ensevelis dans les dépôts marins. Cette décomposition comprend deux phases, la décomposition putride et la bituminisation proprement dite, par le changement des conditions de milieu et la soustraction au

1. *Ding. Poly. J.*, t. 280, p. 69, 83, 133.

contact de l'air. Ainsi, le pétrole et la cire fossile seraient des produits de décomposition des substances animales, de même que les charbons de terre sont les résidus de la destruction des matières végétales.

Le bitume étant surtout répandu dans les roches sédimentaires, sa formation s'est opérée sous l'influence d'actions extérieures semblables à celles qui les ont produites.

Il n'est pas nécessaire selon lui d'admettre une haute température, mais en revanche la pression élevée est tout à fait incontestable. D'autres agents, tels que l'eau elle-même, à l'état liquide ou gazeux, l'oxygène, renfermé à l'origine dans les roches, sont admis avec grande probabilité.

Quant aux phénomènes de la bituminisation, ils ont pu durer des siècles ou des milliers d'années. L'auteur examine ensuite pourquoi le pétrole ne se rencontre pas dans toutes les formations géologiques, et il évoque à ce sujet une série de causes plus ou moins probantes, mais il n'est pas difficile de constater qu'il est absolument étranger aux connaissances géologiques.

Notons seulement qu'il admet, comme Engler, deux phases dans la transformation des animaux : la première se produisant partout où des substances azotées sont exposées à l'air et à l'humidité, soit la *fermentation putride*, qui a pour résultat la production d'*ammoniaque* et de *bases ammoniacales*.

Quant à la seconde, elle résulte du retard amené dans la décomposition par la sursaturation des eaux de la mer, ainsi que l'ensevelissement des substances au sein des dépôts de limon et de sable. Le pétrole serait ainsi le résidu de la décomposition des matières grasses, et non un produit

de distillation ou de condensation. Ce résidu devait être solide, ainsi l'ozokérite qui remplit des cavités entre des couches de grès et d'argile ne résulterait pas de la volatilisation du pétrole. La cire fossile serait donc le premier degré de décomposition des matières grasses, et le pétrole le second, si même il n'en dérive.

Ochsénius s'est aussi occupé de cette question, et a recherché où et comment s'effectuèrent les entassements de masses si colossales de cadavres? Non pas assurément en pleine mer, dit-il. Mais il suppose une flore et une faune très riches, une étroite embouchure, comme celle de Rio de Janeiro.

Qu'un courant d'eaux-mères venant des couches salines plus élevée (?) et apportant avec lui du limon et de l'argile salifère, se jette tout à coup dans cette baie, alors tout ce qui est vivant est empoisonné par le chlorure de magnésium des lessives-mères et enterré sous une couche de vase fermée à l'air et à l'eau.

Après avoir cité divers exemples de l'action de ces lessives-mères sur les cadavres, *Ochsénius* conclut en disant que, ni une forte pression, ni une température élevée ne sont nécessaires à la formation du pétrole. D'ailleurs, selon lui, toutes les eaux salées contiennent des pétroles, ce qu'il est facile de reconnaître à leur odeur.

Veith et *Schestopol*¹ ont également formulé une hypothèse sur la formation du pétrole. Ils admettent aussi une première décomposition partielle, celle des matières azotées se produisant à l'air libre. Puis intervint l'action des eaux

1. *Ding. p. J. G.*, nov. 1891.

de la mer, recouvrant de sédiments les matières grasses. Les gaz formés fournirent la pression nécessaire, tandis que la décomposition dégageait une énorme quantité de chaleur. Les corps gras subirent une série de transformations, aboutissant à la formation d'hydrocarbures, etc. Sikenberg considère ce qu'il a vu en 1891 dans la mer Rouge comme une confirmation des idées d'Ochsénus. Cette baie est la plus chaude, la plus peuplée et la plus salée de l'océan Indien; le rivage bordé de récifs de corail est habité par une foule d'animaux marins, dont les corps tombent en pourriture, et dont la décomposition est secondée par l'influence des sels dissous (7,3 p. 100) et par la chaleur du climat. L'hydrogène sulfuré se dégage abondamment, et la mer se recouvre d'une couche goudronneuse, mince, irisée, mais qui atteint parfois 10 centimètres d'épaisseur. C'est le pétrole de la mer Rouge.

« Des faits semblables ont dû se passer dans la mer Morte, dont la salure est poussée si loin que la vie y est impossible à tout organisme. *L'asphalte de cette mer doit être regardé comme du pétrole desséché.* »

1889. Narcy ¹. — « D'après Narcy, la coordination des différents gisements de bitume laisse voir qu'ils se distribuent parallèlement à de grandes lignes de fractures, et M. de Chancourtois, dans une application des théories du réseau pentagonal, avait réuni par un ensemble de grands cercles tous les gîtes de bitumes gazeux, liquides, glutineux ou solides.. Il est donc naturel de penser qu'ils sont arrivés au jour en même temps que les roches éruptives

1. *Les Bitumes, définition, etc.* Lille, 1889.

qui caractérisent les grandes lignes de fractures suivant lesquelles ils se sont distribués et qu'ils se sont alors déposés dans des terrains de formation récente.

« En général les gisements de pétrole se présentent, soit dans des bassins de forme synclinale, comme les nappes d'eau qui alimentent les puits artésiens, soit dans des cavités et des fissures de roches disposées le plus souvent le long des lignes de failles, ainsi que dans des relèvements de forme anticlinale. »

L'état liquide du pétrole permettant de concevoir la possibilité d'un déplacement géologique, après son arrivée ou sa formation dans les terrains sédimentaires, complique beaucoup la recherche de son origine.

1893. **Fuchs et de Launay.** — « Le pétrole peut être assimilé à une nappe aquifère artésienne ayant son point de départ dans des réservoirs intérieurs où le liquide, chargé de gaz, est emmagasiné sous pression depuis des temps géologiques divers. Ce que l'on exploite et ce que l'on constate, en général, c'est non le réservoir lui-même, mais les épanchements qui s'en élèvent par les cassures de l'écorce. Le terrain où l'on rencontre le pétrole n'est donc presque jamais celui où il s'est en réalité originaiement déposé ¹. »

Ainsi s'expriment MM. Fuchs et de Launay dans leur exposé relatif aux gisements du pétrole, puis ils ajoutent : « Les régions où on le rencontre se trouvent toutes localisées le long de quelque grand plissement ayant produit une compression intense dans les couches superposées. Il est

1. *Traité des gîtes minéraux*, p. 70.

certain que ce plissement a eu pour effet de déterminer l'ascension du pétrole par toutes les fractures qui se sont alors produites, et sa dissémination dans les couches perméables qu'il a successivement rencontrées en s'élevant.

« On ne peut donc prendre comme âge de sa formation ni celui des couches les plus récentes où on le constate, ni même celui des couches les plus profondes, puisque ce serait nier la possibilité d'un apport interne plus ou moins ancien, à laquelle l'influence, si nette, des actions mécaniques sur sa venue donne quelque vraisemblance. Resterait à se fonder sur l'âge de ces actions mécaniques. Mais les plissements d'une région sont toujours très multipliés et rien ne permettrait de déterminer à quelle phase de cette dislocation correspond l'ascension du liquide ¹. »

Il me paraît utile, à propos de la théorie des auteurs du *Traité*, de reproduire ici leur critique de la théorie organique formulée par M. Dieulafait.

« Nous croyons que les métaux ont été déversés dans les bassins par des sources thermales; nous estimons de même que la plupart des nappes siliceuses compactes du permien et du trias ne se sont pas formées directement dans des eaux superficielles, mais ont commencé par être apportées souterrainement à l'état de dissolutions chaudes, chargées de carbonates alcalins et, par conséquent, il n'y aurait rien d'impossible à ce que les hydrocarbures qui leur sont si fréquemment associés, soient le résultat d'une venue semblable, ce qui d'ailleurs ne préjuge rien sur l'origine première de ces hydrocarbures. »

1. *Traité*, p. 71.

CHAPITRE IV

EXAMEN CRITIQUE DES HYPOTHÈSES ET DES THÉORIES

Généralités. — 1. *Origine chimique*. — Sublimation, éruption, premières hypothèses. — Sublimation, imprégnation. Virlet d'Aoust, Puvis, Rozet. — Dislocations, émanations. Daubrée. — Dislocations, phénomènes éruptifs, alignements. Chancourtois. — Origine chimique, expériences. Boussingault, Berthelot, Le Bel. — Origine chimique, hypothèses. Mendeleef. — Imprégnation, théorie hydro-minérale. Coquand. — Émanations, éruptions. Lartet. — Théorie volcanique. De Lapparent, Fuchs et Sarasin, Fuchs et de Launay. — 2. *Origine organique et chimique*. Distillation. Généralités. — Distillation. Millet, Itier, Hessel et Kopp, Ansted. — Distillation, sublimation. Benoit, L. Malo. — 3. *Origine organique*. Généralités. — Premières démonstrations. Daubrée, Lartet, Coquand. — Origine végétale. Lesquereux. — Origine animale. Fraas, Knab. — Progrès de la théorie organique, démonstration. Jaccard. — Origine animale et végétale. Figuiet, St. Meunier, Brart. — Expériences de laboratoire. Ferrée, Engler, Höfer, Zaloziecky, Ochsenius, Sickenberg. — Résumé.

Généralités. — En tous temps et en tous lieux l'homme s'est plu à évoquer des causes merveilleuses, mystérieuses, pour expliquer les phénomènes qu'il ne comprenait pas, ou dont il ne pouvait se rendre compte. En voyant surgir de terre les substances bitumineuses, d'une part, les matières incandescentes vomies par les volcans de l'autre, il était tout naturel que l'imagination se donne carrière et admette une communauté de causes et d'origine à ces phé-

nomènes. Ne soyons donc point surpris que dans notre siècle, de nos jours encore, de savants naturalistes restent fidèles aux anciennes théories, et combattent celles qu'a fait naître une observation plus rigoureuse de la nature.

Ainsi que je l'ai dit dans la préface, il s'agit aujourd'hui de se prononcer pour ou contre l'origine organique des substances bitumineuses; mais il s'agit de le faire en connaissance de cause. C'est pourquoi j'ai voulu, dans le chapitre précédent, réunir, autant que cela m'était possible, toutes les pièces du procès sans distinction de doctrine ou de raisonnement.

Dans celui-ci je chercherai le fil conducteur qui doit nous conduire à la solution du problème.

Malgré leur grand nombre et leur variété, les hypothèses et les théories relatives à l'origine des substances bitumineuses peuvent être ramenées à trois groupes: le premier invoquant les phénomènes de *sublimation* et d'*éruption directe*, c'est-à-dire l'*origine chimique*; le second, ceux de *distillation*, c'est-à-dire l'*origine organique et chimique*; le troisième enfin s'appuyant sur la *transformation* des substances animales et végétales, soit l'*origine organique*.

Chacun de ces groupes comprend d'ailleurs des interprétations nombreuses, résultant d'opinions personnelles des auteurs, ainsi qu'on en jugera par l'examen critique qui va suivre.

1. — Origine chimique.

Sublimation, éruption, premières hypothèses. — C'est à M. de Humboldt qu'on doit la première idée d'attribuer une origine volcanique aux hydrocarbures naturels jaillis-

sant des roches métamorphiques dans la baie de Cumana, en Amérique. « Il n'y a pas à douter, disait-il, que le pétrole ne soit le produit d'une distillation effectuée à une immense profondeur, s'échappant à travers les roches primitives sous l'impulsion d'une commotion volcanique. »

Distillation de quoi? — Voilà précisément ce que le savant ne nous dit pas, non plus que ce qu'il entend par une immense profondeur.

Virlet d'Aoust, Puvis, Rozet. — Quoique n'ayant sous les yeux aucune roche éruptive quelconque, mais seulement les roches calcaires imprégnées de bitume de la vallée du Rhône, *Virlet d'Aoust, Puvis, Rozet*, n'en concluent pas moins à l'origine éruptive de l'asphalte. Pour eux il ne s'agit au fond que de savoir si l'imprégnation s'est faite de bas en haut ou de haut en bas. Ces divers auteurs raisonnent d'ailleurs en partant d'un point de vue non justifié, à savoir que les terrains salifères et gypseux, les sources thermales et minérales, sont des produits éruptifs. Il me paraît dès lors inutile de discuter ou de réfuter leurs appréciations purement hypothétiques.

Dislocations, émanations. Daubrée. — Partisan convaincu des théories éruptives, M. Daubrée croit que le bitume a pénétré dans certaines roches de Lobsann, postérieurement à leur consolidation, à la faveur des failles reconnues dans ce gisement. Mais il est bien remarquable qu'aucune d'elles ne présente une concentration du bitume accusant le passage de cette substance. Même au contact du grès des Vosges, c'est, non pas le bitume, mais les amas de minerais de fer, considérés par lui comme éruptifs, qui forment la ceinture de grès du Liebfrauenberg. Mais il y a

plus, le sel et les sources minérales sont également des substances éruptives, puisqu'on a remarqué leur association dans les Carpathes, les Apennins, sur les bords de la mer Caspienne et jusque dans l'Amérique du Nord.

Quant à l'intervention des agents volcaniques, elle me paraît contredite par le fait que « la chaleur de la roche calcaire bitumineuse n'était pas très élevée. Non seulement le lignite qui lui est contigu, mais le succin, qui est renfermé en si nombreux grains dans ce lignite, n'en ont pas souffert d'altération. »

Dislocations, phénomènes éruptifs, alignements. Chancourtois. Foucou. — A deux reprises, M. de Chancourtois s'est occupé des sources de pétrole et des dépôts bitumineux, mais toujours dans un sens absolument hypothétique. Les produits hydrocarbonés sont des résultats d'émanations, c'est-à-dire de phénomènes éruptifs, et la preuve ce sont les faits d'alignement qui ont leur raison d'être dans les fissures de l'écorce terrestre. Il me paraît inutile d'engager la discussion sur de semblables arguments, car s'il est un alignement naturel, évident, c'est celui qui relie les gisements d'asphalte de Pyrimont-Seysse à ceux du Val-de-Travers.

D'autre part, ni M. de Chancourtois, ni les partisans de sa théorie, n'ont songé à expliquer les interruptions de ces alignements, ni surtout le fait qu'aucun d'eux ne correspond à l'axe des chaînes de montagnes, comme par exemple le Jura, les Vosges ou la Forêt-Noire.

Origine chimique, expériences de laboratoire. Bous-singault, Berthelot, Le Bel. — Jusqu'ici l'on s'était contenté d'évoquer hypothétiquement l'origine chimique du

pétrole. M. Berthelot réussit à démontrer la *possibilité* de cette formation, et, plus tard, M. Le Bel estime « qu'on n'a pas le droit de supposer qu'un phénomène se passe en grand au sein, ou à la surface de la terre, alors que jamais dans le laboratoire on n'a observé même la trace de cette réaction chimique ».

Nous retrouverons toujours le même raisonnement chez les partisans de la théorie chimique; ce qui est *possible, en petit*, dans le laboratoire ou par conception théorique, doit être admis envers et contre tout ce qui *se produit en grand* dans la nature.

Origine minérale, sublimation. — La longue dissertation de M. Mendeleef, si souvent invoquée depuis son apparition, n'apporte aucun élément de preuves en faveur de l'origine chimique.

Selon M. Mendeleef, « l'hypothèse de l'origine organique du pétrole doit disparaître et être remplacée par cette autre que nous appellerons l'hypothèse de l'origine minérale. Mais ici, il nous faut raisonner par déduction. En effet nous venons de voir que les lieux de formation de pétrole doivent être cherchés à des profondeurs inaccessibles; il nous sera par conséquent impossible de savoir ce que ces couches profondes contiennent et quelles matières y produisent le pétrole, si nous ne raisonnons pas par déduction. »

Ce qui revient à dire : nous ne savons pas ce qui se passe dans les profondeurs, donc, tout nous est permis en fait d'inductions et de déductions. « En somme, dit-il plus loin, on peut admettre que dans la partie centrale de la terre, le fer existe, au moins en partie, à l'état de métal non oxydé

et à l'état de carbure. La formation du pétrole dans les profondeurs de la terre s'explique dès lors très facilement. »

Et voilà! Ce n'est pas plus difficile que cela! Comment, et par quels canaux l'eau superficielle parviendra-t-elle au centre de la terre, quelle sera la durée du contact avec le métal à l'état oxydé ou carburé? Par quelle voie reviendra-t-elle à la surface sous forme de pétrole? Tout cela importe peu; il suffit que le raisonnement permette de concevoir les phénomènes pour que l'hypothèse l'emporte sur les démonstrations.

C'est au point que M. Mendeleef ne nous dit absolument rien des manifestations actuelles de ces réactions chimiques dans les éruptions volcaniques.

Il semblerait pourtant qu'après des recherches aussi sérieuses que celles qu'il dit avoir faites, le savant russe eût pu nous faire connaître sa manière de voir au sujet des éruptions de gaz et d'hydrocarbures, qui se produisent actuellement dans les principales régions pétrolifères.

Imprégnations hydro-minérales. Coquand. — Le pétrole, l'asphalte ont été amenés, à diverses époques géologiques, par des sources, dans les terrains, au moment même de leur formation. Telle est, en résumé, la théorie de M. Coquand. Elle constitue incontestablement un progrès marqué sur les hypothèses éruptives volcaniques, contre lesquelles le géologue s'insurge d'une manière absolue. Pourtant, en réalité, il les admet tacitement, car voici comment il s'exprime au sujet de l'origine des substances bitumineuses.

« A présent, que dans un ordre d'idées tout à fait différent, et qu'entrant dans le domaine des hypothèses, on

recherche l'origine première des pétroles, et qu'on y reconnaisse un produit lié aux combinaisons chimiques qui peuvent s'opérer dans les régions profondes, où interviennent les agents ignés, je me rallie volontiers à cette interprétation, car j'admets à mon tour que des sources, à diverses époques de la formation de la terre, ont dû amener de l'intérieur du globe, pour les distribuer dans les mers ou dans les lacs, du pétrole liquide qui s'est incorporé, en les imprégnant aux terrains en voie de formation ¹. »

S'il admet ainsi l'origine éruptive du bitume et du pétrole, en revanche M. Coquand se prononce d'une façon absolument contradictoire au sujet du sel.

« La coexistence du sel gemme et du pétrole ne m'a jamais paru qu'un accident fortuit, et qui tient à ce que les sources intérieures ont amené celui-ci dans un terrain qui était en travail de sédimentation de chlorure de sodium. Et dès lors il n'y a rien d'étonnant que les gaz ou les salsés qui soutirent le pétrole aux bancs qui le contiennent ne leur enlèvent en même temps une partie du sel dont ils sont imprégnés. Partout où j'ai eu l'occasion de les étudier j'ai reconnu aux sels gemmes une origine franchement sédimentaire. »

M. Coquand se prononce non moins catégoriquement au sujet du gypse :

« Je ne pense pas qu'aucun géologue ait songé jusqu'ici à attribuer aux gypses à poissons et à mammifères fossiles une origine éruptive, ou à dire qu'ils ont été introduits dans la place qu'ils occupent postérieurement au dépôt du

1. *Sur les gîtes de pétrole de la Valachie*, p. 542.

terrain dont ils font actuellement partie. Les gypses de Girgenti, comme ceux de la Provence et de Paris, contiennent des poissons et d'autres animaux fossiles; car ils occupent une position déterminée dans l'échelle des terrains sédimentaires; ils sont nettement stratifiés, et de plus ils alternent avec des calcaires, des grès et des marnes ¹. »

Émanation, éruption volcanique. Lartet. — Il n'y a, au fond, pas une aussi grande différence qu'on pourrait le croire entre la théorie de M. Lartet et celle de M. Coquand. L'un et l'autre admettent la formation, l'origine première, du bitume dans les profondeurs de la terre. Ils diffèrent seulement sur le temps et le mode d'arrivée à la surface de cette substance. Si l'on admet la théorie de M. Coquand, le phénomène de l'éruption aurait pris fin avec la formation de chacun des dépôts dont nous avons reconnu l'existence, tandis que, d'après M. Lartet, les *émanations*, suivant l'expression dont il se sert, seraient toujours susceptibles de se manifester, comme c'est le cas pour les éruptions volcaniques. Mais il y a plus, ce n'est pas seulement le bitume qui s'élèverait ainsi d'une manière constante ou périodique des profondeurs, mais encore le sel, les sources thermales et minérales, le brome, qui proviendraient ainsi de ce grand laboratoire souterrain.

Malheureusement, si ingénieuses que soient les démonstrations de ces deux savants, elles ne résolvent nullement la question. Mais comme nous le verrons, leurs observations géologiques contribueront d'une manière efficace à la solution opposée à celle qu'ils avaient présentée.

1. *Sur les gîtes de pétrole*, p. 543.

Théorie volcanique. De Lapparent. — Sublimation, éruption, imprégnation, tels sont pour M. de Lapparent les trois termes de la genèse du pétrole. L'auteur du *Traité de géologie* ne formule pas, à vrai dire, une théorie, mais il se prononce franchement en faveur du volcanisme, aussi bien dans le passé que dans le présent. Aussi bien, c'est une conséquence inévitable de son raisonnement sur le siège de l'action volcanique et sur la façon dont les gaz « emprisonnés à l'origine dans la masse fluide du globe, et longtemps maintenus en dissolution par sa haute température, tendent à s'échapper par suite du refroidissement ».

« Ainsi, dit-il plus loin, l'existence des gaz combustibles dans le foyer interne se présente à nos yeux comme un fait général dans le temps, et il y a lieu de croire que ces gaz, comme tous les autres produits volatils susceptibles de se dégager dans les éruptions, sont intimement mélangés à la masse ignée, dont ils imprègnent toutes les parties ¹. »

Ce qui montre combien peu M. de Lapparent est convaincu de la justesse de ses vues, c'est l'aveu contenu dans les lignes qui terminent le chapitre sur les théories thermodynamiques. « Qu'il y ait, dit-il, en certains points du globe, des dégagements gazeux, parfois même des manifestations calorifiques intenses, dont la cause peut être attribuée à des phénomènes secondaires, tels que des décompositions organiques, des inflammations spontanées de sulfures ou de combustibles, nous ne le nions en aucune façon; peut-être même beaucoup de volcans boueux à basse température doivent-ils être considérés comme appartenant à cette

1. *Traité de géologie*, 2^e édit., I, p. 516.

catégorie¹. » Encore un pas, et nous pourrions considérer M. de Lapparent comme rallié à la théorie qu'il s'est efforcé de combattre.

Origine éruptive, volcanique. Fuchs, Sarasin, de Launay. — Il me reste à parler encore dans cette section de la théorie de M. Fuchs, en collaboration de M. Sarasin d'abord, puis de M. de Launay. Mais est-ce bien, une théorie que l'exposé des idées de MM. Fuchs et Sarasin à propos de leurs études sur les sources de pétrole de Campine? Le fait est que ces auteurs adoptent le point de vue de MM. de Chancourtois, Foucou, Heurtot et, jusqu'à un certain point, de M. Coquand.

Ces idées, qui sont évidemment et avant tout, celles de M. Fuchs, nous les trouvons reproduites dans le *Traité des gîtes minéraux*, ainsi que le démontre la note de M. de Launay, conçue en ces termes : « Pour M. Fuchs, l'origine de tous les hydrocarbures était exclusivement intense, et en relations suivant la théorie de M. de Chancourtois, avec les grands cercles du réseau pentagonal². »

M. de Launay, lui aussi, me paraît beaucoup moins convaincu de la valeur de la théorie éruptive, et disposé à considérer bon nombre de substances minérales comme ayant une origine sédimentaire.

En résumé, la théorie chimique et éruptive de MM. Fuchs et de Launay se résume en ces termes.

Il existe, quelque part, dans les profondeurs du globe, un laboratoire de matières en fusion dans lequel s'opèrent les condensations, ou les concentrations de substances

1. *Traité de géologie*, etc., p. 522.

2. *Traité*, p. 157.

minérales de nature très variée qui, en vertu de certaines lois et en suivant des voies comparables à des cheminées, amènent, ou ont amené à la surface, la plupart des matières minérales qui font le sujet de nos recherches. Ce ne sont pas seulement les hydrocarbures qui ont cette origine profonde et dont la venue, *d'en bas*, est ainsi affirmée. Ce sont encore : le diamant ¹, le graphite ², le bore et l'acide borique ³, le soufre ⁴, les pyrites de fer ⁵, dont les venues correspondraient « aux trois grandes époques caractérisées par les chaînes calédonienne, hercynienne et alpestre ».

Il en est de même des différentes variétés du phosphore, l'apatite ⁶, la phosphorite filonienne ⁷. Quant au potassium, une note ⁸ nous apprend que « la théorie professée par M. Fuchs pour la formation du gîte de Stassfurth, et généralement de la plupart des gisements salins, avait, pour point de départ, des actions internes.

Quant au sel des étages géologiques, M. de Launay paraît disposé à admettre l'origine externe, par évaporation, aux différentes époques géologiques. Le strontium, la bauxite, l'alunite, etc., qui occupent des filons, seraient également éruptifs. Éruptifs encore, les minerais de fer filoniens ou en amas.

En somme tous les métaux, cuivre, zinc, plomb, mercure, argent, or, proviennent des profondeurs et ont été sublimés,

1. *Traité*, p. 35.

2. *Ibid.*, p. 49.

3. *Ibid.*, p. 253.

4. *Ibid.*, p. 275.

5. *Ibid.*, p. 287.

6. *Ibid.*, p. 328, 332.

7. *Ibid.*, p. 355.

8. *Ibid.*, 448.

soit au moment même de la formation des terrains (filons-couches), soit postérieurement, par précipitation sur les parois des fissures (filons proprement dits).

Pour ma part, il m'est absolument impossible de comprendre comment le magma métallique (que l'on dit être du fer lorsqu'il s'agit des hydrocarbures) est susceptible d'engendrer des vapeurs qui se transforment soit en sel, soit en minerais métallifères, soit en minéraux cristallins, soit enfin en métaux proprement dits. Je persiste à penser qu'aux époques géologiques il a existé simultanément des bassins marins de profondeur variée; des terres émergées avec leur système fluvial, des influences physiques et chimiques, agissant à la surface et transformant, dissociant, ou associant les matières minérales, pour en former les dépôts auxquels l'eau souterraine emprunte les substances qu'elle précipite actuellement.

2. — Origine organique et chimique.

Distillation.

Généralités. — L'analogie de nature ou d'aspect de l'asphalte et de la houille devait tout naturellement porter les naturalistes à considérer le bitume comme un dérivé du charbon minéral. Aussi voyons-nous, au début de la controverse sur l'origine des substances bitumineuses, les géologues se diviser en deux camps plus ou moins adverses, disposant d'arguments tout aussi peu solides les uns que les autres, ayant d'ailleurs recours à un même élément, la chaleur souterraine, dont à la vérité personne ne pouvait prouver l'intervention d'une façon certaine et maté-

rielle. J'ai passé en revue les différentes hypothèses présentées par les partisans de l'origine chimique directe, je pourrai me montrer plus bref dans cette section.

Distillation. Millet, Itier, Hessel et Kopp, Ansted.
— Pour M. *Millet*, rien ne paraît plus simple que la bituminisation des couches de calcaire et de grès de Pyrimont et autres gisements du Jura. Les végétaux du terrain jurassique inférieur auraient formé les substances dont l'épanchement aurait eu lieu à une époque subséquente. Resterait à démontrer l'existence de ces couches de végétaux point de départ du bitume. L'auteur n'en dit mot.

Il en est de même de M. *Itier*, quoique celui-ci invoque certains schistes bitumineux tout aussi hypothétiques.

Toujours en s'occupant de l'asphalte, MM. *Hessel et Kopp* seraient disposés à croire que la végétation qui a donné naissance au bitume se serait développée sur ou à la surface de l'urgonien et de l'aptien, mais il n'en existe aucune trace.

Ansted, dont les convictions ne sont encore nullement assurées, est l'un des premiers à indiquer les accumulations de végétaux du terrain houiller comme ayant pu donner par distillation les huiles minérales de l'Amérique du Nord. Mais en ce qui concerne les volcans de boue, les salses de la Crimée, de la Sicile, il persiste à affirmer une corrélation intime avec les phénomènes volcaniques.

Distillation, sublimation, éruption. Benoît. L. Malo.
— Telles qu'elles étaient énoncées par leurs auteurs, les théories chimico-physiques sur l'origine de l'asphalte étaient décidément trop simples au gré de MM. Benoît, Léon Malo et en général des auteurs qui se sont occupés de la question.

Aussi avons-nous vu à quels efforts d'imagination ont eu recours les adversaires de la théorie de l'origine organique. On eût pu croire du moins que la découverte des gisements de pétrole produirait quelque modification dans les idées ou les conceptions relatives à l'asphalte, que seul on avait d'abord en vue. Mais nullement : M. Benoît, en 1874, renouvelle les mêmes hypothèses et évoque les mêmes inconnues, tout comme M. Léon Malo, directeur de l'exploitation des mines d'asphalte de Pyrimont-Seysssel, n'a recueilli aucune observation nouvelle sur cette substance et sur sa manière d'être dans les divers gisements qu'il a eus sous les yeux. On ne peut que regretter de voir ainsi les principes de la science méconnus par ceux-là mêmes qui étaient en mesure de contribuer à son développement.

3. — Origine organique.

Généralités. — Si l'on veut bien y réfléchir, il n'est point surprenant que la théorie de l'origine organique du bitume ait tardé aussi longtemps à se faire jour. D'une part, il était admis de tout le monde que les substances organiques des animaux disparaissaient sans laisser de traces et que, seules, les parties minérales solides de leur corps, les coquilles, les os étaient susceptibles d'être conservées à l'état fossile; D'autre part il était convenu non moins généralement que les dislocations, les bouleversements, les révolutions de la surface du globe s'étaient manifestés d'une façon soudaine et instantanée. Les causes actuelles, les phénomènes réguliers, étaient considérés

comme inapplicables aux temps géologiques, dont personne ne semblait envisager la longue durée.

Nous avons vu quel fut l'accueil réservé aux révélations de Léo Lesquereux et de Fraas, les objections peu fondées dont elles furent l'objet, ce qui ne devait pas les empêcher de faire leur chemin et de réunir les preuves, de plus en plus nombreuses, de la valeur de la théorie organique. Nous allons donc procéder comme nous l'avons fait pour les hypothèses fondées sur la sublimation et la distillation.

Premières démonstrations. Daubrée, Lartet, Coquand.

— On s'étonnera peut-être de retrouver ici les noms des plus zélés promoteurs de la théorie éruptive. Mais, ainsi qu'on le verra dans le chapitre V, leurs travaux peuvent être considérés comme des démonstrations de la plus grande valeur en faveur de la théorie qu'ils combattaient.

Dans la description des couches de Pechelbronn, M. Daubrée constate la disposition stratiforme des amas ou veines bitumineuses, leur identité avec les grès stériles, les empreintes de végétaux et les lits minces de lignite, les débris de coquilles terrestres et d'eau douce, sans rencontrer nulle part un indice de ces dislocations qui auraient facilité l'accès du bitume venant des profondeurs.

Il en est de même dans le chapitre consacré à la description des couches de Lobsann, dans lequel il distingue trois groupés, renfermant aussi le bitume, sous différents aspects, et différant du pétrole de Pechelbronn. Le calcaire d'eau douce, avec lignite et calcaire bitumineux ou asphalté, alterné ici avec des lits de lignite, des débris de végétaux, *Chara*, feuilles de palmiers, grains de succin, coquilles d'eau douce, etc. Ces couches se prolongent vers Lampers-

loch, Soultz-sous-Forêts, etc. Cette molasse à lignite est juxtaposée à un escarpement de grès des Vosges. Enfin M. Daubrée estime que l'eau salée des sources de Soultz-sous-Forêts tire ses principes des couches tertiaires.

Le mémoire de M. Lartet donne lieu aux mêmes observations. Ce n'est pas seulement du fond du bassin de la mer Morte que jaillit le bitume, mais du rivage oriental où il suinte du calcaire ou des grès, qui en sont pénétrés. C'est encore le gisement de Wady-Sebeh, où des fragments d'asphalte indiquent un gisement de cette substance au milieu des calcaires dolomitiques crétacés, le Wady-Mahawath, où le bitume découle des fissures, retombe parfois sous forme de véritables stalactites, et imprègne les sables et les graviers, en donnant lieu à une formation de poudingues et de sables bitumineux. Enfin le gîte de Nebi-Mussa, le plus étendu de tous, est accompagné de nombreuses veines de gypse dans les couches crétacées, dont quelques-unes sont très fossilifères. La plus remarquable est une couche de calcaire brun, dans laquelle se trouvent de nombreuses écailles et ossements de poissons.

Les divers mémoires de M. Coquand renferment des arguments non moins convaincants en faveur de l'origine organique du bitume, du pétrole et de l'ozokérite. Je me bornerai à ce sujet à rappeler ce qu'il dit de l'abondance des Fucoïdes dans les grès de la Moldavie et à citer un alinéa de son mémoire sur les gisements de Sélénitza dans l'Albanie.

« J'oubliais de mentionner que, sur certains points, l'intérieur des coquilles bivalves, qui appartiennent pour le plus grand nombre au genre *Cardium*, était rempli de

bitume, comme on l'a observé dans plusieurs gisements de la Caspienne et de la mer Noire. Seulement la fragilité du test, presque toujours farineux, ne permet pas d'en obtenir des exemplaires bien conservés. »

Ainsi, nous pouvons considérer MM. Daubrée, Lartet et Coquand comme les précurseurs de la théorie de l'origine organique des substances bitumineuses.

Origine végétale. Lesquereux. — Je me suis suffisamment étendu dans le chapitre précédent sur les démonstrations de M. Léo Lesquereux pour n'avoir pas à y revenir ici. C'est à ce savant que revient l'honneur d'avoir présenté nettement et sans réserves la solution de la question d'origine du pétrole de la Pensylvanie, par décomposition des plantes marines du terrain dévonien, et d'en avoir fourni la preuve par les phénomènes actuels de la Sardaigne et de la Norvège.

Mais, ainsi qu'il le fait observer, ce n'est pas seulement le pétrole liquide qui doit son origine aux plantes aquatiques, mais aussi les houilles grasses, cannel-coal et schistes bitumineux.

Loin donc de se présenter à nous sous forme d'anthracite, de houille distillée, les couches carbonifères du dévonien sont éminemment pétrolifères.

S'il ne se prononce pas sur l'origine animale du bitume et de l'asphalte, c'est que le savant s'en tient à ce qu'il a pu observer lui-même et ne songe jamais à se livrer aux hypothèses contradictoires dans lesquelles se complaisent si souvent bon nombre d'auteurs.

1. *Bull. Soc. géol.*, XXV, p. 45.

Origine animale, démonstrations. Fraas. Knab. — Ce qu'avait démontré Lesquereux au sujet de la transformation des végétaux en pétrole, Fraas allait à son tour le formuler non moins catégoriquement pour les animaux marins. Non point qu'il ait été le premier à observer ce fait, mais parce qu'il songea à rapprocher les phénomènes actuels de ceux que nous révèlent les couches sédimentaires d'âge divers et de régions fort éloignées les unes des autres. On a pu croire qu'il réservait aux seules substances organiques animales la faculté de se transformer en bitume, mais en réalité ce savant n'a jamais songé à contester les démonstrations et les conclusions de Léo Lesquereux au sujet des végétaux, et quiconque s'est occupé de ces questions avec quelque peu d'attention a dû admettre ces deux ordres de phénomènes comme ayant concouru à un même résultat.

M. l'ingénieur Knab, converti d'emblée à la théorie organique, s'en est fait le champion absolu et, par suite d'une série de raisonnements plus ou moins solides, est arrivé aux conclusions rapportées dans le chapitre qui précède. Mais ses appréciations sur la température plus ou moins élevée, sur la pression, la profondeur des bassins, sont de pures hypothèses, que ne confirment nullement les observations faites dès lors sur l'asphalte du Val-de-Travers. Il en est de même en ce qui concerne les différentes espèces de pétrole auxquelles il attribue une origine animale et non végétale. Aussi son travail, qui n'était d'ailleurs qu'un premier essai, susceptible de développements, n'a-t-il point exercé sur les esprits l'influence qu'on eût pu attendre.

Progrès de la théorie organique. Démonstration!
Jaccard. — Je n'ai pas à revenir ici sur ce que j'envisageais comme des *démonstrations évidentes* de la valeur de la théorie organique de l'asphalte et que je considère comme toujours telles, malgré les objections qui lui sont opposées par MM. Fuchs et de Launay. Mais il me sera permis de répondre en quelques mots aux arguments qui m'ont été opposés par ces auteurs dans leur *Traité*¹.

Et d'abord, ce n'est pas moi qui ai parlé des caprotines douées d'une prodigieuse fécondité que l'on rencontre dans l'urgonien, mais M. Knab, qui lui-même ne les avait jamais vues. J'ai au contraire fait ressortir que le gisement asphaltique exploité n'en renfermait pas, et que le processus de bituminisation était distinct de celui de l'aptien bitumineux dont il est séparé par des marnes et des argiles non bitumineuses. Or c'est précisément cette variété dans la nature, la composition chimique, des divers facies et des gisements de tout âge, qui me paraît l'un des arguments les plus opposés à la théorie éruptive.

MM. Fuchs et de Launay ne contestent pas la bituminisation directe des mollusques de l'aptien, mais en revanche ils estiment que le bitume a pu venir postérieurement, parce qu'il pénètre la roche inégalement suivant son degré de compacité. Mais de mon côté je demande d'où provient en définitive ce bitume de pénétration postérieur à la formation de la roche, comment il a pu pénétrer dans les poches, les vides de la roche compacte?

Ce n'est pas moi qui ai eu l'idée, inexacte d'ailleurs, que

1. *Traité*, p. 212.

l'asphalte ne se trouve que dans l'urgonien supérieur, car j'ai au contraire réfuté l'erreur de M. Desor à ce sujet.

En dressant une *carte de la mer urgonienne* et des gisements asphaltiques et bitumineux qui correspondent à la formation de ce terrain, j'ai voulu démontrer la liaison intime qui se manifeste entre l'existence de l'asphalte et des couches qui le renferment. Mais, à tort peut-être, j'ai figuré les *indices* des substances bitumineuses des roches jurassiques et ceux, non moins intéressants, de la molasse qui ne sont autre chose que des gisements de pétrole, absolument semblables à ceux de Pechelbronn. Il en est résulté, à ma grande surprise, que tous ces *faits* ont paru concluants en faveur de la théorie des alignements et des « plissements initiaux des chaînes jurassiques ».

Il y a plus : ma description des gisements jurassiques des Epoisats près Vallorbès, de Noiraigue, etc.; laissant peut-être à désirer au point de vue de la clarté, les auteurs du *Traité* s'appuient là-dessus pour conclure à l'origine filonienne profonde du bitume et de l'asphalte. J'espère être plus heureux dans la suite de ce travail et faire comprendre comment s'est opérée cette pénétration *latérale, par déplacement*, du bitume, combiné en minime quantité dans certaines roches calcaires. Quant aux plissements initiaux des chaînes jurassiques, ils se sont manifestés bien antérieurement aux dépôts des couches urgoniennes, ce que prouve le régime des bassins lacustres du Purbeckien au commencement de l'époque crétacée.

Auteurs divers : Figuié, St. Meunier, Briart. — A mesure que les publications sur le pétrole se multiplient, on voit les auteurs exposer les hypothèses et les théories

formulées sur l'origine du pétrole, car l'asphalte passe au second rang. Les uns, les plus nombreux, sont éclectiques, et résument les doctrines en vogue sur la question; les autres se prononcent plus ou moins catégoriquement mais sans connaître les éléments du problème. De ce nombre nous pouvons compter Figuiet, qui développe à sa façon l'hypothèse des réservoirs souterrains de gaz, d'eau et d'huile. Celle-ci proviendrait d'arbres résineux et, peut-être aussi, de débris d'animaux, etc.

Moins hypothétiques, et plus versés dans la connaissance des terrains sédimentaires et de la fossilisation, MM. St. Meunier, Briart et d'autres encore, affirment la théorie de l'origine organique et du métamorphisme chimique, tant de la houille que des hydrocarbures liquides et gazeux.

Expériences de laboratoire. Ferrée, Engler, Höfer, Zaloziecky, Ochsénus, Sickenberg. — Ce qu'avaient tenté les chimistes français en opérant sur les matières minérales exclusivement, divers naturalistes allemands entreprirent de le réaliser par la distillation de substances organiques, ou par analyse des composés du bitume. S'il n'est pas possible de tirer des conclusions bien certaines des résultats obtenus par la distillation des matières animales, au moins il faut reconnaître que les expériences ont mis sur la voie en ce qui concerne le *processus* de bituminisation, les phases successives de la transformation des corps gras dans la nature. Nous arrivons ainsi à constater l'inutilité de recourir aux pressions et aux températures élevées, considérées comme absolument nécessaires. Nous pouvons concevoir la formation des gaz, de

l'hydrogène carboné en particulier, comme *précédant* celle des hydrocarbures liquides. Nous entrevoyons la possibilité de coexistence d'hydrocarbures solides, tels que l'*ozokérite* avec des *huiles* de densité et de fluidité variables. 1

Résumé. — Il n'est pas possible d'accorder autre chose que la valeur d'une hypothèse aux conceptions primitives sur l'origine du bitume et de l'asphalte. Le phénomène de la *sublimation* n'a jamais été observé dans les régions où l'on suppose qu'il s'est accompli.

La *distillation* chimique et naturelle des charbons minéraux, tels que la houille, n'est pas davantage prouvée par des résidus quelconques, non plus que par l'existence de ces dépôts inconnus, problématiques, enfouis dans les profondeurs inaccessibles du globe. En un mot, la distillation est encore une hypothèse absolument dénuée de preuves.

On peut accorder en revanche la valeur de *théories*, et même de *démonstrations* partielles, aux travaux des observateurs, tels que MM. Daubrée, Lartet, Coquand qui apportent dans le débat des observations directes, recueillies dans le grand domaine de la nature. Leur erreur consiste dans le fait d'avoir confondu la *formation* du bitume avec le phénomène de sa *réapparition* à la surface, qui lui est postérieur.

CHAPITRE V.

ÉTUDE DES GISEMENTS

Définition, considérations générales. — C'est en vain que l'on voudrait tenter une classification rationnelle et systématique des hydrocarbures naturels, solides, liquides et gazeux. C'est ce que démontre la multiplicité des noms qui leur ont été appliqués par les différents auteurs. Les expressions de naphte, de pétrole, de malthe, de bitume glutineux, visqueux ou solide, d'asphalte, de pissasphalte, etc., sont employées concurremment et sans raisons déterminées. D'autre part, leur état, solide, liquide ou gazeux dépend souvent de la température qu'ils ont au moment où on les observe. C'est ainsi que le pissasphalte tend à devenir solide par l'exposition prolongée à l'air extérieur, ou bien lorsqu'il est soumis à une basse température. Le pétrole, de son côté, devient solide, en perdant par volatilisation ses huiles légères. Enfin, on désigne sous le nom d'asphalte une roche calcaire imprégnée de bitume, tandis que s'il s'agit de sable ou de grès on appliquera le terme de pétrole.

En présence de ces incertitudes il m'a paru préférable de procéder à l'étude des gisements par *groupes* et d'adopter ainsi un système purement méthodique.

Dans ce but, j'ai établi les quatre *groupes* suivants :

- 1° Les gisements asphaltiques et bitumineux ;
- 2° Les schistes bitumineux ;
- 3° Les gisements pétrolifères et bitumineux ;
- 4° Les gaz naturels combustibles.

I. — Gisements asphaltiques et bitumineux.

Définition. — L'asphalte au Val-de-Travers, historique. — Essais et analyses. — Géologie. — Étude de l'asphalte urgonien. — Étude de l'aptien bitumineux. — Gisements urgoniens du pied du Jura. — Auvernier. — Bevaix, Thoiry. — Saint-Aubin. — Le Mormont, Thoiry, Bellegarde. — L'asphalte de Pyrimont, d'après M. Benoit. — Volant-Perrette, Challonges. — Observations personnelles. — Mussières, Frangy, Lovagny, Bourbonges, Chavaroche. — Lelex, Forens. — Urganien non asphaltique. — L'asphalte et le bitume dans les couches jurassiques, Vallorbes, Noiraigue. — L'asphalte de Lobsann, Lampersloch. — Observations. — Bitume du muschelkalk des Vosges. — Asphalte d'Auvergne. — Pont-du-Château, les Roys, Lussat, Malintrat. — L'âge des tufs bitumineux de la Limagne. — Servas, Saint-Jean-de-Marvejols. — Asphalte du Hanovre, Limmer, Vorvohle, Brunswick. — Haering, Tyrol. — Italie, Apennins. — Formation asphaltique de l'Auvergne. — Observations. — Raguse en Sicile. — Observations. — L'asphalte en Russie, Sizrau. — Bitume de Judée et de la mer Morte.

Définition. — Primitivement, le nom d'asphalte était réservé au bitume de Judée qui, après être apparu fluide ou visqueux, se solidifiait et devenait plus ou moins cassant à la température ordinaire. C'est, autant qu'il est possible d'en juger, au médecin grec d'Eyrini que l'on doit attribuer la première application de ce mot à la roche bitumineuse du Val-de-Travers, qu'il eût mieux valu appeler *roche asphaltique*.

S'agissant de l'ordre à suivre, je m'occuperai d'abord des gisements qui me paraissent les mieux connus au point de vue géologique, comme c'est le cas de ceux du Jura et de la Haute-Savoie, que j'ai d'ailleurs étudiés personnellement, et à diverses reprises depuis une trentaine d'années.

L'asphalte du Val-de-Travers. Historique. — J'ai, dans le chapitre II, résumé en quelques mots l'histoire de la découverte et des premières exploitations de l'asphalte du Val-de-Travers, gisement qui, à l'heure qu'il est, est encore le plus important de ceux que l'on exploite. Avant d'aborder la description de cette région, je dois dire quelques mots des recherches et des sondages qui ont permis de reconnaître de la façon la plus satisfaisante la manière d'être et la nature des terrains subordonnés aux couches bitumineuses.

Jusqu'au commencement de ce siècle, on s'était borné à exploiter le gisement à ciel ouvert, sur la rive gauche de la Reuse, au Bois-de-Croix. C'est vers 1812 que l'on paraît avoir reconnu sur la rive droite l'existence du gisement beaucoup plus important qui fut dès lors exploité, d'abord à ciel ouvert, puis en galeries, et connu sous le nom de *Mines de la Presta*. Vers 1858, le gouvernement neuchâtelois fit exécuter des sondages qui permirent de reconnaître l'extension de la couche principale, dite le *bon banc*, dans la direction du nord-est, et dès lors l'exploitation prit un très grand développement, ce qui me permit de recueillir de nombreuses observations sur les variations de facies de l'asphalte, l'épaisseur et le plongement des couches, que l'on avait d'abord considérés comme étant partout les mêmes. Toutefois, avant d'aborder ces questions, je dirai

quelques mots des essais qui furent faits vers 1854 à l'ancienne usine de la Presta.

Essais et analyses. — De 1840 à 1850, la roche asphaltique, exploitée dans une proportion moyenne de 3500 tonnes, fut employée à la préparation du mastic destiné au dallage des trottoirs. La fabrication de ce mastic comportait la pulvérisation de la roche et l'addition d'une certaine quantité de bitume, obtenu par distillation. La proportion de ce bitume variait de 10 à 17 p. 100. De 1851 à 1856, la compagnie fit divers essais, en particulier celui de l'application de la poudre brute, comprimée à chaud, au revêtement des chaussées, procédé qui devait plus tard acquérir une vogue sans cesse grandissante.

On entreprit aussi la distillation complète de la roche, c'est-à-dire la fabrication de l'huile et du gaz d'éclairage, et voici à ce sujet ce que nous lisons dans le Mémoire de MM. Hessel et Kopp : « La distillation de la roche se fait en vase clos, dans des cornues à gaz, par charge de 600 kilogrammes de roche en morceaux. Chaque chauffage dure 6 heures. On recueille trois espèces de produits, de l'eau, de l'huile brute et du gaz d'éclairage.

« L'huile brute contient un tiers d'eau ; on a recueilli pour chaque cuite 40 à 50 litres d'huile mélangée d'eau. Cette huile fournit par la rectification un naphte léger, un naphte lourd et du goudron.

« Le naphte léger sert à dissoudre le caoutchouc ; il est employé pour l'éclairage et pour la préparation des vernis. Le goudron sert à faire de la graisse de char, et est ajouté à la poudre du roc pour constituer le mastic.

« Le gaz d'éclairage se recueille dans un gazomètre après

avoir parcouru les condensateurs de l'huile. 5 cornues chargées de 2840 kilogrammes de roc ont donné 26 665 litres de gaz, etc. »

Ainsi, plusieurs années avant que le pétrole d'Amérique fit son apparition sur les marchés européens, on avait obtenu, par distillation de l'asphalte, une huile d'éclairage plus ou moins similaire de celui-ci.

Géologie. — Le Val-de-Travers est constitué par une dépression, ou pli synclinal assez profond, entre la première chaîne du Jura et le plateau accidenté connu sous le nom de ses *Montagnes*. Il est rempli en partie par des dépôts

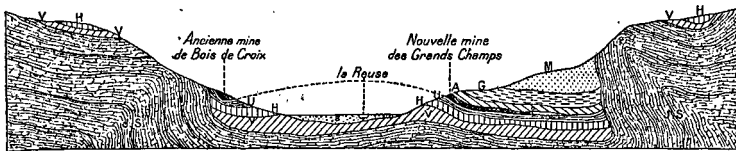


Fig. 1. — Coupe du Val-de-Travers par les mines d'asphalte. — a, Alluvions; M, Molasse; G, Gault; A, Aptiens; U, Urgonien; H, Hauterivien; V, Valangien; J S, Jurassique supérieur.

quaternaires, la molasse aquitanienne, les grès verts et les divers étages du néocomien : l'urgonien, le hauterivien et le valangien, que l'érosion a divisés en lambeaux plus ou moins étendus et qui se relèvent sur les deux versants de la vallée. Deux plis secondaires modifient cette synclinale : l'un, au sud, est formé par le redressement des couches jurassiques, contre lesquelles viennent buter les couches tertiaires et crétacées, forment un pli-faïlle. L'autre, au nord, fait apparaître le jurassique, presque au milieu du vallon et isole des lambeaux de néocomien jusqu'à l'altitude de 1000 à 1100 mètres (fig. 1).

Comme on l'a déjà vu, c'est dans la partie supérieure de

l'urgonien (que la roche asphaltique a été exploitée, tant sur la rive gauche de la Reuse que sur la rive droite. Immédiatement au-dessus de la couche productive se présentent les diverses couches de marnes et d'argile de l'ap-tien; puis une assise de calcaire jaune verdâtre, spathique, partie supérieure de l'étage, à laquelle nous reviendrons bientôt. Plus haut enfin viennent les couches du gault et de l'aquitainien, sur une épaisseur de 150 mètres au moins.

Étude de l'asphalte urgonien. — Ce qui caractérise l'asphalte de l'urgonien au Val-de-Travers, c'est le fait de son existence à la partie tout à fait supérieure de l'étage, alors que dans les gisements d'autres régions, la roche bitumineuse se présente à divers niveaux, au milieu du massif calcaire, formant plutôt des lentilles que des couches.

Au point de vue de la nature, c'est-à-dire de la proportion du bitume, les ouvriers désignent sous le nom de *crappe* une partie ordinairement supérieure au *bon banc*, qui dose moins de 7 pour 100 de bitume, et qui n'est pas exploitée. Son épaisseur moyenne est de 30 centimètres. Le *bon banc* contient de 10 à 12 pour 100 de bitume, et même plus, mais le passage est graduel, et quelquefois l'une des qualités se substitue à l'autre dans toute l'épaisseur de l'assise.

La *crappe* apparaît aussi à la partie inférieure; elle est moins homogène, plus grossière, inégalement imprégnée, de bitume, et passe à la roche blanche compacte de l'urgonien.

Quant à la nature et à la composition, le *bon banc* s'est

montré pendant longtemps et sur une grande étendue d'une remarquable homogénéité, mais au cours de l'exploitation on a reconnu de nombreux changements dans la roche. L'expression de « pierre calcaire grenue », employée par le Dr Buch, est plus que toute autre applicable au calcaire urgonien crayeux, qu'il soit ou non imprégné de bitume. Ce sont bien en effet des grains de calcaire qui constituent la roche : des grains agglutinés plutôt que cimentés, au milieu desquels apparaissent une multitude de lamelles très brillantes lorsque la lumière est vive. Ces lames de calcite ne disparaissent nullement par le broyage et semblent même plus abondantes dans la roche en poudre. J'ai longtemps considéré ces lames comme provenant du test des échinides réduit en fragments. Un examen plus attentif m'a convaincu que ce sont bien en réalité de petits cristaux de carbonate de chaux, qui ne sont jamais pénétrés par le bitume.

Outre les lames et les grains calcaires très fins, la roche renferme des débris plus grossiers, de formes variées, dans lesquels il est aisé de reconnaître des fragments de coquilles. Mais c'est seulement sur la roche exposée un certain temps à l'air qu'on voit apparaître ceux-ci, sous forme de rugosités plus ou moins saillantes.

La couleur de l'asphalte est d'autant plus foncée que le bitume est plus abondant. Elle est d'un noir bien accusé dans les parties riches. La crappe présente tous les degrés, du brun foncé au brun clair. Comme teinte générale, l'expression *brun chocolat* convient parfaitement.

On a dit et répété autrefois que le banc d'asphalte du Val-de-Travers était caractérisé par la multitude de coquilles

de caprotines qu'il renfermait. Cela n'est absolument pas exact. Je n'ai jamais vu une seule coquille de ce genre dans le *bon banc* exploité. En revanche, il en existe une certaine quantité dans la partie est de l'ancienne mine de la Presta, mais ici la roche, pauvre en bitume, n'a pas été exploitée et se présente à l'état de *crappe*.

Enfin, dans les nouvelles exploitations à l'ouest (Prise-Meuron), on a constaté la réapparition, au-dessus du bon banc, de la roche crayeuse très poreuse, avec nombreuses

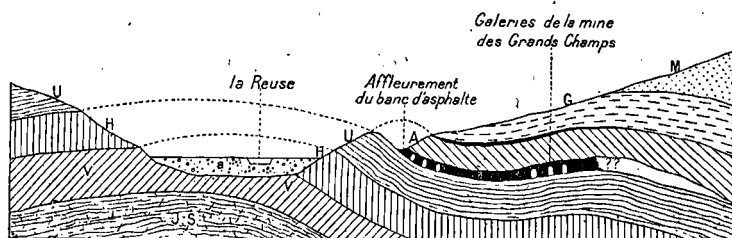


Fig. 2. — Coupe de la mine d'asphalte de la Presta. — a, Alluvions; M, Molasse; G, Gault; A, Aptien; U, Urgonien; H, Hauterivien; V, Valangien.

caprotines dont la coquille ne renferme pas une proportion de bitume supérieure à celle de l'ensemble.

L'épaisseur ou la puissance du banc d'asphalte est très variable. Sur la zone d'affleurement de la nouvelle mine elle est de 6 à 7 mètres, et se maintient sur une longueur de un kilomètre au moins, jusqu'à l'ancienne mine de la Presta. Elle va en augmentant dans les galeries dirigées au sud, et dépasse 9 mètres au fond du pli synclinal pour diminuer vers l'extrémité des galeries, qui sont parvenues actuellement à 300 mètres d'avancement.

Enfin, la régularité du plongement du banc d'asphalte, que l'on avait considérée comme générale, a disparu à peu

de distance du profil sur lequel on l'avait établi. Des plis, anticlinaux et synclinaux, se sont révélés à l'avancement des galeries d'exploitation et ont démontré l'influence des mouvements orogéniques postérieurs à la formation des couches (fig. 2).

Étude de l'aptien bitumineux. — Le facies le plus répandu de l'aptien supérieur est celui que j'appellerai *aptien glauconieux*¹. C'est un calcaire grossier, plus ou moins lumachellique, formé de débris de coquilles, de tests d'oursins, de grains de calcaire et de glauconie, cimentés peu fortement. Lorsque les couches ont été exposées à l'air pendant un certain temps, on voit apparaître d'une façon plus nette les fossiles, tels que : bryozoaires, radioles d'oursins, fragments d'huitres, de brachiopodes, etc. En général tous ces matériaux sont réunis par un ciment calcaire, mais il arrive aussi qu'il y ait en outre pénétration du bitume. La roche prend alors l'aspect de la crappe, c'est-à-dire qu'elle devient, à un faible degré, asphaltique.

L'aptien glauconieux ne paraît pas exister en couches continues et de même épaisseur, mais il forme plutôt des lentilles isolées et d'une étendue limitée. Le bitume est aussi répandu très irrégulièrement et manque tout à fait sur certains points.

Dans la nouvelle mine des Grands-Champs l'exploitation du banc d'asphalte urgonien mit à découvert une belle coupe de l'aptien. On s'attendait à retrouver ici le calcaire glauconieux, mais il n'en fut rien. La roche principale

1. Et non pas *aptien chlorité*, comme je l'ai appelé par erreur dans mon mémoire sur l'origine de l'asphalte.

consiste en un calcaire dur, blanc grisâtre ou jaunâtre, ou encore passant au vert clair, en suite de l'abondance de la glauconie marnreuse ou en grains. Cette roche passe, à certains niveaux, à une véritable lumachelle de grosses coquilles bivalves. *Astartes*, *Cyprines*, *Corbis*, *Gervilies*, solidement empâtées dans la roche. Il en est de même des espèces plus petites et en particulier des Térébratules

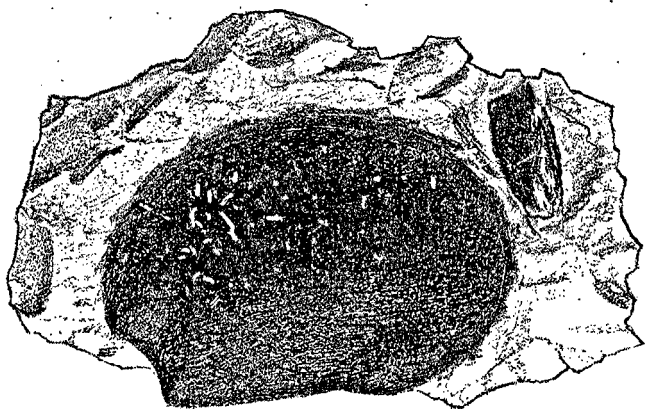


Fig. 3. — Fossile bituminisé (*Astarte*) de l'Aptien du Val-de-Travers.

et des Rynchonelles, qui abondent dans certains blocs et constituent des espèces de colonies.

À côté des grosses coquilles, dont le test est plus ou moins cristallin, il s'en présente d'autres dont le test a été résorbé, de telle sorte que la place qu'il occupait reste vide, ou bien se trouve remplie partiellement par un bitume visqueux, dont la quantité est proportionnée à la grosseur de la coquille. Ainsi dans les brachiopodes, il suffit seulement à colorer en brun chocolat la roche de remplissage du test, qui n'est jamais résorbé, tandis que le vide des grosses

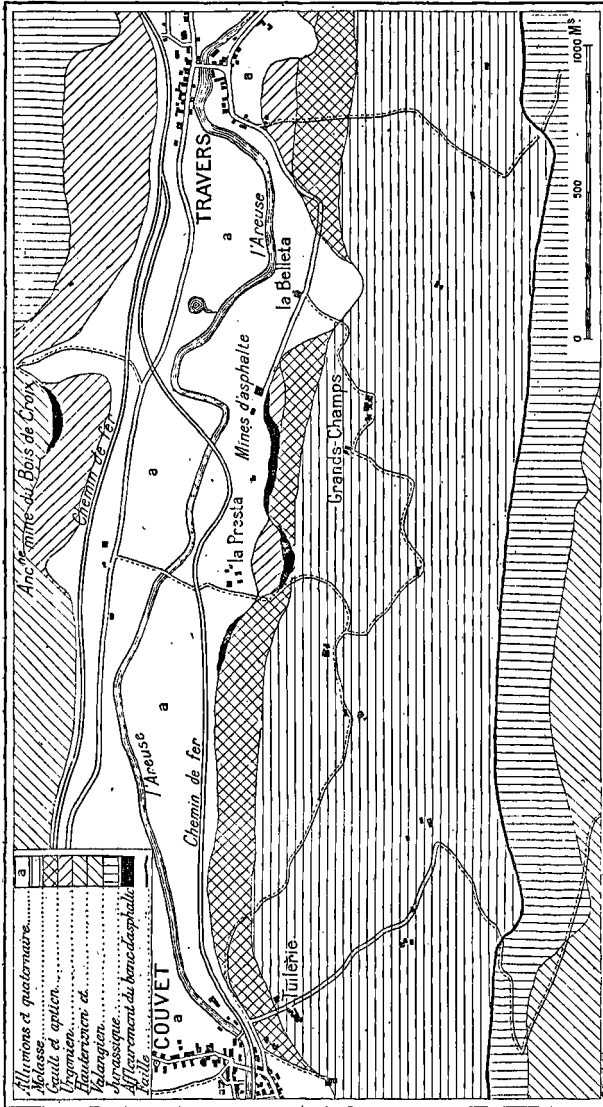


Fig. 4. — Carte de la région asphaltique du Val-de-Travers.

coquilles est rempli par un bitume solide, qui se ramollit par une légère augmentation de température. La figure 3 représente l'un des échantillons les plus caractéristiques.

Résumé. Carte géologique du Val-de-Travers. — La carte, figure 4, permettra de se rendre aisément compte de la disposition des divers terrains subordonnés au gisement principal de l'asphalte, entre les villages de Couvet et de Travers. La légende qui l'accompagne et les profils (fig. 1 et 2) me dispensent d'entrer dans d'autres détails. Il me suffira de faire observer le morcellement des affleurements urgoniens, leur apparition à divers niveaux, au centre même du vallon, conséquence du pli anticlinal qui affecte le vallon dans toute sa longueur. Celui-ci paraît d'ailleurs se compliquer de décrochements transversaux. Mais aucun de ces accidents ne présente un indice quelconque de l'asphalte.

Gisements urgoniens du pied du Jura. Auvernier. — Le facies urgonien blanc crayeux, saccharoïde, qui prédomine presque exclusivement au Val-de-Travers, est remplacé dans le littoral subjurassien par le facies calcaire en gros bancs massifs, à cassure résineuse. Celui-ci renferme aussi du bitume, bien moins abondant il est vrai, mais qui apparaît sur un grand nombre de points, toujours avec des caractères particuliers à chaque gisement.

La rive du lac de Neuchâtel, entre Serrières et Auvernier, est formée, d'une façon presque continue, d'un massif de calcaire compact, blanc, pénétré d'une infinité de vides ou de vacuoles, de formes irrégulières, rappelant la structure de certaines variétés de tufs. Ces vides sont rendus apparents à la cassure fraîche par la présence d'une

substance brune, qui n'est autre chose que le résidu d'un bitume volatilisé auquel nous reviendrons dans un instant (fig. 5).

La roche ne présente du reste pas partout la même dureté. Par places, on voit apparaître le facies saccharoïde avec des fossiles, tels que nérinées ptérocéres, caprotines, et autres espèces à test épais. Tous, ou à peu près, sont à

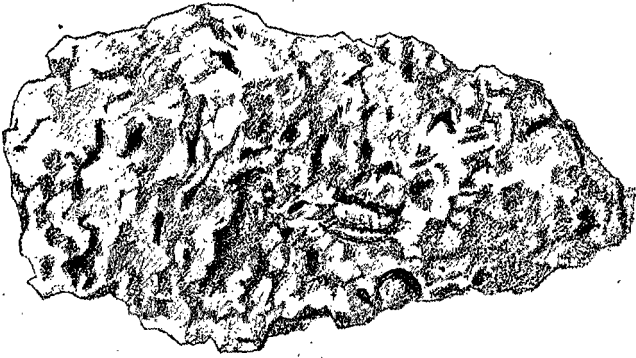


Fig. 5. — Calcaire bitumineux à vacuoles d'Auvernier.

l'état de moule interne et d'empreinte externe, la coquille ayant été dissoute par la fossilisation. Or il n'est pas rare de retrouver dans ces fossiles la substance brune ou noirâtre des bancs compacts, c'est-à-dire la substance organique du mollusque, transformé en bitume. Il suffit du reste pour retrouver celui-ci dans son état visqueux primitif d'examiner la roche exploitée à une certaine profondeur, là où elle n'a pas été rapprochée du contact de l'air. Il n'existe d'ailleurs aucune fissure, aucun véhicule établissant une communication entre les vacuoles ou les poches de bitume, de telle sorte qu'on ne peut évoquer ici

une pénétration ou une imprégnation postérieure de la roche.

Bevaix. — A quelques kilomètres au sud d'Auvernier, l'urigonien supérieur est exploité en carrière et nous retrouvons ce que j'appellerais volontiers les *inclusions glutineuses*. La roche présente de même qu'à Auvernier un aspect caverneux et bréchiforme. En l'examinant de près on con-

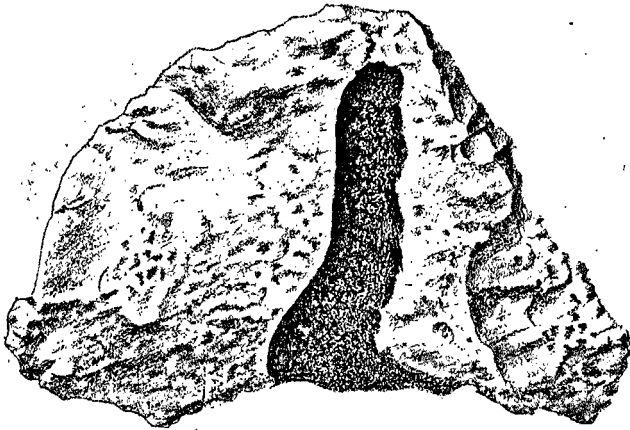


Fig. 6. — Polyptier bituminisé de Bevaix.

state qu'ici les vacuoles correspondent à la partie interne des fossiles, surtout des caprotines et de nombreux polyptiers rameux. Chez ces derniers le squelette calcaire solide a été résorbé, mais il reste une empreinte très nette et déterminable des calices rayonnés, constituant les polyptérites (fig. 6), avec la coloration brune de la substance organique. En outre, on rencontre de véritables *poches* de bitume visqueux, qui se liquéfient avec une faible augmentation de la température (fig. 7). En y regardant de plus

près, on peut même observer ici que le vide provient de la destruction d'un polypier astréen. Ce n'est pas tout; à la partie inférieure de la carrière, la roche présente une disposition plus régulièrement stratifiée. L'une des couches, moins cavernueuse, plus homogène, quoique tendre, n'est autre chose qu'un banc d'asphalte maigre, tout à fait semblable à la crappe du Val-de-Travers. On la voit apparaître

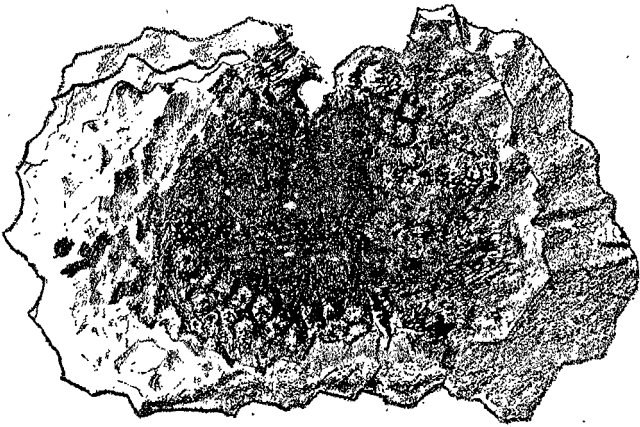


Fig. 7. — Poche de bitume visqueux dans l'urgonien de Bevaix.

en coin dans le milieu de la carrière, et augmenter d'épaisseur en plongeant au-dessous de la roche compacte.

Saint-Aubin. — On a signalé depuis longtemps l'existence de l'asphalte à Saint-Aubin, mais le gisement ne présente qu'une roche de qualité tout à fait pauvre en bitume, et à peine comparable à la crappe. On avait reconnu l'existence de trois couches, dont l'épaisseur réunie atteignait deux à trois mètres. La roche, de texture grossière, renferme des fossiles de l'urgonien inférieur (calcaire jaune à échinodermes). Il en est de même au bord du lac et

au-dessus de Vaumarcus, où j'ai reconnu des couches de même nature et tout aussi pauvres en bitume.

Le Mormont près La Sarraz, Thoiry, Bellegarde. — Le calcaire compact de l'urgonien supérieur, bien développé et riche en caprolines, se montre à la Raisse, mais je n'y ai observé aucune trace de bitume. Il faut se transporter jusqu'au Mormont près de La Sarraz, pour retrouver les inclusions du bitume, tapissées de carbonate de chaux, dans ce même calcaire compact. Il arrive même qu'en brisant la roche une partie du bitume plus liquide, semblable au pétrole, s'épanche à l'extérieur, ne laissant que le résidu solide.

C'est encore dans des conditions semblables que le bitume se retrouve dans l'urgonien calcaire compact des carrières de Thoiry, Allemogne, ainsi qu'à Bellegarde. En 1872, sur le chemin qui conduit à la Perte-du-Rhône, j'ai constaté de nombreuses fissures remplies de bitume, visqueux à une chaleur modérée, solide et cassant au froid. J'ai de même recueilli dans les calcaires blancs friables divers fossiles, dont le test, en partie résorbé ou spathisé, était remplacé par du bitume colorant la roche en brun chocolat, comme à Bevaix.

Cette pénétration du bitume dans les roches calcaires compactes est d'autant plus remarquable que le facies crayeux ou poreux qui alterne avec celui-ci, en est absolument dépourvu, aussi bien à Orbe, près de La Sarraz, qu'à Bellegarde.

L'asphalte de Pyrimont, d'après M. E. Benoît¹. — Il me

¹ E. Benoît, *Note sur les terrains tertiaires entre le Jura et les Alpes* (*Bull. Soc. géol.*, XVII, p. 410).

paraît utile de reproduire d'abord la description du gisement de Pyrimont, relevée par M. Benoît à l'époque où les couches de la rive droite étaient encore en exploitation. La coupe passe par le sommet d'un promontoire de néocomien (urgonien de d'Orbigny). On observe de haut en bas :

1° Calcaire compact, blanchâtre, à *Chama*, non imprégné; lambeaux discontinus, 1 mètre environ.

2° Calcaire crayeux, entièrement imprégné d'asphalte, sauf quelques rares parties qui ne le sont qu'imparfaitement; couleur brune dans les cassures fraîches, anciennes surfaces blanches, crayeuses, pulvérulentes et montrant en saillie de très nombreux *Chama*, également imprégnées d'asphalte, 3 mètres.

3° Même calcaire moins imprégné : grandes parties restant à l'état blanc, subcraieux ou compact, nombreux *Chama*, 3 mètres.

4° Calcaire compact blanc non imprégné, sauf dans quelques fissures, 6 mètres.

5° Calcaire blanc, crayeux en partie, et faiblement imprégné, nombreux *Chama*, 4 mètres.

6° Calcaire blanc; compact, saccharoïde, nullement imprégné, sauf dans quelques fissures du pourtour du massif, ainsi qu'on peut le voir dans la tranchée du chemin de fer qui a coupé à pic cette assise, 8 mètres

7° Calcaire blanc ou jaunâtre, généralement suboolithique, quelques *Chama*, plonge dans le Rhône à la fabrique, 8 mètres.

A environ 1000 mètres en amont de Pyrimont, les bancs néocomiens asphaltiques, descendant jusqu'au Rhône, sont

coupés par le fleuve et donnent lieu sur la rive sa voisienne à une exploitation identique.

Les couches imprégnées se poursuivent facilement un peu au delà du château du Parc, voisin de Pyrimont, mais elles cessent bientôt d'être imprégnées d'asphalte. Autour du mamelon de Pyrimont, on voit que le bitume a pénétré latéralement dans les couches les plus poreuses et s'est insinué dans quelques fissures des calcaires compacts. Sur le mamelon, la couche la plus riche est, il est vrai, partout également imprégnée, mais elle était la plus poreuse et la plus à découvert.



Fig. 8. — Coupe de la mine d'asphalte de Pyrimont, d'après M. Benoît.

Je reproduis, fig. 8, la coupe du gisement urgonien de Pyrimont, quoique celle-ci n'indique pas la superposition de la molasse bitumineuse à l'asphalte urgonien. Il est à regretter que personne jusqu'ici n'ait songé à relever les coupes intéressantes de cette région, ce qui eût permis de se rendre mieux compte des relations qui peuvent exister entre les couches productives et les couches improductives, tant de l'urgonien que de la molasse.

Volant-Perrette. Challonges. — Le gisement de Challonges, exploité actuellement sur la rive gauche du Rhône, en face de Pyrimont, est indiqué par M. Malo sous le nom de Volant-Perrette et se présente au flanc d'une paroi escarpée de l'urgonien, d'une grande hauteur.

« L'exploitation, disent MM. Fuchs et de Launay, porte sur sept couches successives de calcaire urgonien, dont les parties imprégnées forment une colonne un peu inclinée, comme une série de marches d'escalier se surmontant l'une l'autre. Les calcaires eux-mêmes sont à peu près horizontaux, sauf en aval où, brusquement, la couche inférieure prend une pente vers le Sud. A l'Ouest, le gisement est limité par la vallée du Rhône; à l'Est, il l'est également par un conglomérat glaciaire contenant des blocs d'asphalte bien moulés, dont on ignore la provenance ¹. Au-dessus des calcaires urgoniens, la molasse marine représentée par des sables verts est, elle aussi, imprégnée de bitume quoiqu'elle contienne à sa base souvent quelques centimètres d'une brèche à galets d'asphalte prouvant qu'il y avait eu déjà formation bitumineuse antérieure ².

« Le calcaire asphaltique, qui est d'une teinte brune, contient fréquemment des noyaux blancs stériles ayant, soit par leur dureté plus grande, soit par une certaine humidité résisté à l'imprégnation. Autour de ces noyaux blancs, il y a passage graduel. Il nous paraît incontestable que le bitume est arrivé là postérieurement au dépôt des couches en pénétrant dans le calcaire par porosité. Reste à préciser l'âge de cette venue. »

Mussiège, Frangy, Lovagny, Bourbonges, Chavaroche.

— La présence du bitume, ou de gisements peu importants d'asphalte, a également été constatée sur plusieurs points de la Haute-Savoie. Aux environs de Mussiège et de Frangy,

1. Il me semble qu'il est tout naturel de les considérer comme provenant des couches d'asphalte détruites par l'érosion.

2. Il en est de même de ces galets qui proviennent de l'érosion de l'urgonien pendant le dépôt des couches tertiaires.

M. Schardt a observé un calcaire bréchiforme, puis poreux et imprégné d'asphalte, sur le sentier qui conduit de Malpas au village de Mussiège. On l'exploite sur plusieurs points au Pont-des-Douates.

Les gorges du Fier, remarquables par leur caractère sauvage et pittoresque, sont creusées au milieu d'un puissant massif de calcaire urgonien compact, surmonté par le facies saccharoïde blanc et friable. C'est dans cette assise que l'on avait ouvert, sur trois points, des exploitations

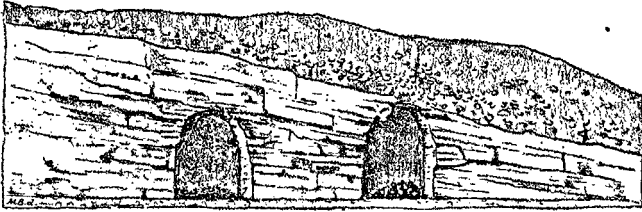


Fig. 9. — Mine abandonnée de Lovagny.

d'asphalte, bientôt abandonnées en suite de l'épuisement de la roche bitumineuse. A Lovagny il existait deux bancs d'asphalte, séparés par la roche blanche, mais ceux-ci ne s'étendaient que sur une largeur d'une cinquantaine de mètres. La roche, de qualité moyenne dans la partie centrale, passe peu à peu, en hauteur et en largeur, à la roche très maigre, puis à la roche blanche.

Ce gisement abandonné est rendu très intéressant par le suintement du bitume, au plafond et sur les parois des galeries. Le fond de celles-ci est recouvert d'un dépôt noir et luisant de bitume parfaitement pur, qui cimente les matériaux tombés de la voûte (fig. 9).

Lelex, Forens, près de Chézery. — L'existence de l'asphalte a été signalée dans la vallée de la Valserine au nord de Bellegarde, entre autres à Lelex.

A Chézery, un peu plus au sud, on a exploité un calcaire blanc crayeux, friable, assez puissant, mais inégalement imprégné de bitume. Certaines parties, d'une blancheur éclatante, en sont entièrement privées. On trouve aussi, dans la roche bitumineuse, des fragments plus compacts, non imprégnés, provenant de remaniements.

Urgonien non asphaltique. — Il est bien remarquable que les nombreux indices de l'existence de l'asphalte, ou du bitume urgonien, sont concentrés sur une zone continue qui semble former une ceinture à la première chaîne du Jura, tandis qu'on n'en constate nulle trace dans les puissants massifs de l'urgonien compact des Alpes du Faucigny. Même au Salève, où l'urgonien forme le couronnement de la montagne, on n'a signalé aucune trace de bitume ou d'asphalte. Il en est de même encore dans les vallées intérieures du Jura, où cependant nous voyons les divers facies de l'urgonien développés dans le val d'Auberson, dans ceux de Nozeroy, de Saint-Point, de Mouthe, de Morteau, etc. Il n'est pas moins important de signaler l'absence du bitume sous une forme quelconque dans les diverses assises du valangien, du hauterivien qui, dans l'hypothèse éruptive, auraient été traversées par les émanations bitumineuses qui ont pénétré les couches calcaires de l'urgonien et les sables et grès de la molasse.

Cette stérilité au point de vue bitumineux existe aussi bien pour les calcaires *poreux* que pour les roches compactes, et, j'insiste là-dessus, elle est absolue pour les

cassures, les fissures, les crevasses, qui affectent toutes les assises indistinctement.

Essai d'une carte de la mer urgonienne et des gisements asphaltiques et bitumineux de la région subju-

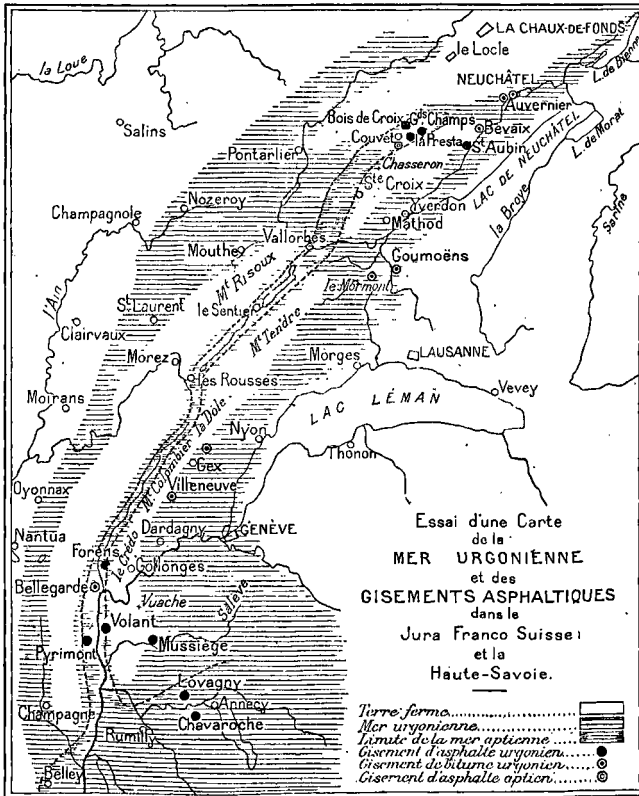


Fig. 10.

rassienne. — L'essai d'une *Carte de la mer urgonienne, etc.*, qui accompagnait mon mémoire sur l'asphalte dans le Jura, avait pour but de faire ressortir la localisation des gisements urgoniens. Ainsi que je l'ai dit, c'est accessoirement que

j'ai figuré en outre les indices de bitume jurassique et de molasse pétrolifère. S'agissant de reproduire en réduction ce travail, il m'a paru à propos de réserver pour une carte spéciale les gisements pétrolifères de la molasse.

Je persiste en effet à considérer la première chaîne du Jura comme un territoire émergé depuis le dépôt des derniers sédiments jurassiques, et les divers étages superposés du crétacé inférieur comme s'étant déposés dans des golfes allongés S.-O. et N.-W. Ces dépôts n'ont certainement pas dépassé la zone Nantua, Clairvaux, Salins à l'Ouest. D'autre part, il est impossible de concevoir comment auraient disparu les puissants massifs de l'urgonien, s'ils avaient été superposés aux autres étages crétacés et au jurassique des chaînons du Mont Colombier-Noirmont, du Risoux, du Chasseron, etc.¹.

L'asphalte et le bitume dans les couches jurassiques du Jura. — La présence de l'asphalte aux Époisats (pierre de poix), sur la route de Vallorbes à la Vallée de Joux, a été signalée à la fin du siècle dernier, et on y a même exploité cette substance pour la fabrication d'un ciment ou mastic qui jouissait d'une certaine réputation.

Ayant eu l'occasion d'étudier le gisement en 1872, j'ai reconnu qu'il ne s'agissait point, comme on eût pu le croire, d'une roche analogue à celle de l'urgonien du Val-de-Travers. La roche qui contient le bitume appartient au jurassique moyen, étage bathonien, mis à découvert par la dislocation de la Dent-de-Vaulion. Le bitume lui-même se présente sous deux aspects différents. Le premier, que

1. Voir à ce sujet mes *Études géologiques sur l'asphalte*, etc., et *L'origine et le mode de formation de l'asphalte*.

l'on pourrait rapprocher de celui qui existe dans les fissures des roches calcaires du Muschelkalk, est à l'état visqueux ou glutineux, et remplit également des fissures de la roche marno-calcaire. Il provient évidemment du suintement de la roche encaissante, aussi bien que les cristaux de carbonate de chaux qui l'accompagnent.

Le second facies, celui auquel on a appliqué le nom d'asphalte, est un magma de graviers d'éboulis, remplissant une crevasse large de deux à trois mètres, qui s'étend sur une longueur d'une centaine de mètres. Il se perd en profondeur, et tout démontre qu'il ne s'agit ici que d'un déplacement plus considérable du bitume de la roche marno-calcaire. Comme nous le verrons, ce facies rappelle singulièrement les gisements de l'Auvergne, de Nebi-Musa, etc.

On retrouve le bitume dans des conditions absolument semblables aux carrières de ciment de Noiraigue, au Val-de-Travers. Ce sont les mêmes fissures de la roche marno-calcaire, tapissées de cristaux de carbonate de chaux et de bitume glutineux, devenant presque liquide sous l'influence de la chaleur. Ici, il est aisé de se convaincre que les fissures s'arrêtent au changement de couches et n'ont aucune continuation en profondeur.

Enfin j'ai encore observé, dans les fissures du calcaire spongien près de Couvet, un bitume peu abondant, mais très liquide, presque pétrolifère. Il existe aussi à l'état plus glutineux dans le ptérocérien (kimeridgien) des Pargots près des Brenets.

L'asphalte de Lobsann. Alsace. — Grâce au mémoire de M. Daubrée, le gisement asphaltique de Lobsann est

l'un des mieux connus au point de vue géologique. Renvoyant à la section du pétrole la description topographique de la contrée, je ne m'occuperai ici que des gisements asphaltiques. L'asphalte de Lobsann appartient à une formation de calcaire d'eau douce, avec lignite, subordonnée à des sables bitumineux. C'est un facies particulier, formant un prolongement des sables bitumineux de Pechelbronn, exploités à trois kilomètres de distance au sud. Il est beaucoup plus rapproché des Vosges que celui-ci.

L'ensemble des couches a été reconnu par des sondages sur une épaisseur totale de 60 mètres, mais l'étage des bancs calcaires ne comporte qu'une épaisseur de 5 à 9 mètres.

Le calcaire bitumineux, qui est l'objet principal de l'exploitation, forme trois couches, dont l'épaisseur varie de 1 mètre à 2 m. 50; il alterne avec du calcaire gris clair, qui est ordinairement tendre et même friable. Du reste les deux variétés du calcaire ne sont pas régulièrement séparées; le calcaire bitumineux forme souvent des veines ou des taches dans le calcaire non imprégné.

La proportion du bitume mélangé au calcaire s'élève à 10, 12 et même 18 0/0. Le calcaire est donc beaucoup plus riche en bitume que le sable. Ce calcaire est souvent saccharoïde ou lamellaire et contient de petites cavités tapissées de chaux carbonatée.

Une partie des couches calcaires sont subdivisées par des lits de lignite, dont l'épaisseur n'est ordinairement que de quelques millimètres. Ce lignite a une cassure terreuse et compacte. Il brûle très facilement avec une longue flamme. Des matières siliceuses, des débris de

végétaux sont également fréquents. Les graines de *Chara* sont silicifiées et dans un parfait état de conservation. Les tiges n'ont laissé que leur empreinte, et cette cavité contient souvent un enduit de bitume. Des débris de troncs de palmiers, des bois de conifères à tissu bien conservé, du succin très abondant et à petits grains, de nombreuses coquilles d'eau douce (Paludines) sont encore à signaler.

« A Lampersloch, à 3 kilomètres de Lobsann, on retrouve le calcaire d'eau douce, formant des couches subordonnées aux marnes, comme dans cette dernière localité. La couche inférieure est quelquefois tachetée de brun par du bitume qui y a pénétré irrégulièrement et, en outre, parsemée de chaux carbonatée en masses cristallines très liquides. Le calcaire gris clair répand une odeur pénétrante qui ressemble beaucoup à celle du naphite. Dans ce calcaire on observe de nombreuses cavités de forme tubulaire, comme celle que l'on rencontre souvent dans le calcaire asphaltique. Plus haut, des lits minces de calcaire d'eau douce, d'une odeur bitumineuse, alternent avec des marnes verdâtres et des couches de grès à ciment calcaire. Enfin, à la partie supérieure du dépôt, sont des couches siliceuses d'aspect varié. Le calcaire et le silex sont riches en coquilles d'eau douce, particulièrement en bulimes et en paludines. Le silex renferme, en outre, des tiges de chara et de petits débris de bois silicifiés. »

Bitume du Muschelkalk des Vosges. — Il n'est pas sans intérêt de rappeler une note de M. Daubrée sur la présence du bitume dans le Muschelkalk des Vosges. Voici ce qu'il dit dans son *Mémoire sur le gisement du bitume* :

« Cette substance se trouve accidentellement dans des

filons métallifères qui traversent le terrain de transition du Haut-Rhin, ainsi que je l'ai déjà remarqué. » « Le bitume est fréquent aussi dans le Muschelkalk, le long des failles qui séparent ce terrain du grès des Vosges; ainsi à Rothbach, à Weiterswyler, à Rauschenbourg, les fissures qui traversent le Muschelkalk contiennent beaucoup d'enduits de bitume noir, à peu près solide. A Molsheim, près de plusieurs failles considérables, qui déterminent la limite orientale des affleurements du Muschelkalk, le bitume est renfermé dans beaucoup de géodes cristallines de chaux carbonatée, au milieu de brèches calcaires, dont les fragments sont réagglutinés par du carbonate de chaux cristallisé en métastatique. Dans cette dernière ville, on a trouvé, en 1847, à une faible profondeur, le calcaire du Muschelkalk, imprégné de bitume liquide, qui en suintait assez abondamment, au point que ce calcaire ressemblait beaucoup à la roche asphaltique du Val-de-Travers ¹. »

Asphalte d'Auvergne. Gîtes des Roys, Lussat, Malintrat, Pont-du-Château, etc. — Le mémoire de MM. Fuchs et de Launay renferme de courtes notices sur les gisements bitumineux de l'Auvergne, considérés comme asphaltiques. Le fait est que, dans cette région, comme à Lobsann, en Alsace, le bitume imprègne tantôt le calcaire, tantôt les sables et les grès, ou encore certains tufs pépéritiques. Cela ne fait que confirmer la théorie de l'origine sédimentaire et simultanée du bitume et de la roche dans laquelle il est répandu. Je me borne à transcrire les notes de ce mémoire :

1. *Mémoire*, p. 34.

Le calcaire imprégné du gîte des *Roys* contient en abondance des *Helix Ramondi*. Le bitume y est, en général, assez irrégulièrement disséminé; à côté de zones cavernueuses trop riches, on trouve des chiens siliceux ou argileux inutilisables. Vers l'ouest, la couche devient plus régulière ¹.

A *Lussat*, on a exploité, au milieu des sables arkosiques plus ou moins bréchiformes, des amas bitumineux.

A *Malintrat*, on a suivi, au milieu d'une brèche pépéritique, un filon nettement caractérisé, qui plonge vers l'est avec une inclinaison de 85°; le filon, large de 80 centimètres, est rempli de fragments de la roche encaissante et chargé d'une proportion variable de bitume. Le bitume suinte en abondance dans les galeries.

Au *Pont-du-Château*, gisement le plus important, la couche imprègne le calcaire à *Helix Ramondi*, et plonge d'une manière générale vers le nord-ouest avec une inclinaison de 3 à 4°; son épaisseur varie de 3 m. 50 à 5 m. 50; le mur est constitué par des sables légèrement imprégnés, le toit par un calcaire siliceux très résistant. Si l'on parcourt la couche de l'est à l'ouest, on voit que l'imprégnation bitumineuse, d'abord irrégulière et faible, devient peu à peu plus importante et continue en même temps que l'épaisseur, et finit par atteindre 12 p. 100. Elle est disloquée par trois petites failles ².

Sur l'âge des tufs bitumineux de la Limagne. — S'il reste encore quelques doutes sur l'origine sédimentaire des pépérites dont il vient d'être question, le mémoire de

1. Fuchs, etc., I, p. 207.

2. *Bull. Soc. géol., Fr.*, IX, 1881, p. 282.

M. Pommerol suffirait à les lever. Celui-ci, qui a fait une étude des tufs bitumineux de la Limagne, établit que « ces formations ne sont pas un produit direct des émanations volcaniques. Ce ne sont pas des coulées boucuses, comme l'a prétendu Lecoq, puisqu'elles sont parfois stratifiées. Il est évident que le plus souvent l'action volcanique ne s'est fait sentir qu'un certain temps après leur dépôt. »

« Ce terrain paraît être un véritable terrain de transport, ayant une grande ressemblance avec le limon des plateaux, etc. »

« Dans le tuf bitumineux de Pont-du-Château, on rencontre des coquilles d'eau douce qui semblent être analogues aux coquilles actuelles, etc. »

Il y aurait donc lieu de distinguer au moins deux âges de formations bitumineuses en Auvergne. L'un, plus ancien, des couches tertiaires à *Helix Ramondi*, dans lesquelles le bitume est resté enfermé dans les couches; l'autre, de formation contemporaine, mais ayant été ramené à la surface par des sources, et s'étant combiné avec leurs dépôts sous forme de tufs, de pépérites, etc.

Le bitume dans le département du Gard, d'après E. Dumas. Gisement de Servas. — « Les gîtes de bitume aux environs de Servas paraissent être très riches à la surface, mais M. Varin, ingénieur des mines, ayant fait quelques travaux de recherche, reconnut que ceux qui lui paraissaient les plus riches allaient en s'appauvrissant dans l'intérieur, et qu'à deux mètres de profondeur, tout au plus, l'asphalte disparaissait complètement. Aussi cet ingénieur nous a-t-il communiqué l'idée que ces bitumes pouvaient bien être le résultat d'émanations incolores de

pétrole, liquide qui s'épaissirait et passerait à l'état solide ou d'asphalte, au moment où cette substance vient en contact avec l'atmosphère.

Cette opinion nous paraît corroborée par le fait que le calcaire d'eau douce n'est pas le gîte primitif de cette substance : en effet, si l'on parcourt du sud au nord la colline des Fumades, dont l'extrémité septentrionale est formée par un piton de calcaire néocomien, en couches très redressées, sur lesquelles vient s'adosser le calcaire lacustre en stratification discordante, on observe que c'est des fissures de ce piton néocomien que le bitume découle en assez grande abondance, et que les fissures du calcaire lacustre sont presque toujours injectées de cette substance et d'asphalte liquide, sous forme de dendrites.

On peut donc, nous semble-t-il, conclure de cette observation que le bitume des couches supérieures lacustres n'est ici que le résultat de la volatilisation de celui qui jaillit beaucoup plus bas, et que ce phénomène ne peut être rapporté qu'à des effets plutoniques.

Bitume de Saint-Jean de Marvejols. — Les marnes calcaires en plusieurs localités, notamment à Saint-Jean de Marvejols, sont imprégnées d'une quantité de bitume assez considérable, qui leur communique une couleur brune très foncée. Cette substance y est disséminée, dans le sens de la stratification, par petites zones de quelques millimètres à cinq centimètres, de telle sorte que la roche coupée transversalement au lit de carrière offre une alternance de marnes brunes et jaunâtres qui lui donne un aspect tout particulier (fig. 11).

« Cette disposition de la matière bitumineuse semble

exclure pour cette localité l'explication plutonique de l'origine des bitumes. »

En examinant les surfaces calcaires qui ont été pendant quelque temps soumises aux influences atmosphériques, on observe de petites tiges végétales qui nous ont paru appartenir à des végétaux voisins du genre *Chara*. Ce serait donc à la décomposition de ces plantes qu'il faudrait ici attribuer l'origine du bitume.

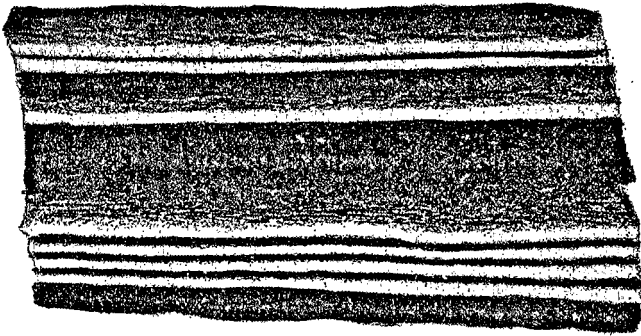


Fig. 11. — Asphalte de Saint-Jean de Marvejols (grand. nat.).

La puissance de la roche bitumineuse n'a été reconnue que sur une épaisseur de cinq mètres, mais elle doit être plus considérable. Ce calcaire s'enflamme au contact d'une bougie et brûle avec facilité; cependant 100 grammes, pulvérisés et bouillis avec de l'eau, n'ont pas laissé sur-nager une quantité appréciable d'asphalte. Ces calcaires ne paraissent pas du tout exploitables pour cet objet, mais ils pourraient peut-être servir à faire de la chaux, qui se cuirait presque d'elle-même avec une très petite addition de houille.

Observations. — Bien loin de partager l'opinion de M. l'in-

génieur Varin, qui voudrait faire *remonter* les bitumes de Servas du néocomien dans le calcaire lacustre, j'estime au contraire que c'est de celui-ci que sont parties les substances qui remplissent les fissures, alors que les deux terrains étaient encore superposés. Tout en admettant que les huiles légères peuvent s'élever parfois, je considère que nous sommes ici en présence d'un phénomène de *déplacement*, de remaniement et de concentration de bitume semblable à ceux que j'aurai encore à signaler dans cette étude.

D'autre part, je constate que M. Dumas ne pouvait hésiter sur l'origine sédimentaire et organique du gisement de Saint-Jean de Marvejols. Les échantillons que j'ai sous les yeux sont à ce point de vue des plus propres à appuyer la théorie, ainsi qu'on peut en juger par la fig. 11. Les fruits ou graines de Chara sont assez abondantes dans les zones bitumineuses.

Le bitume de Bastennes. — « A Bastennes (Landes), et dans le voisinage, on connaît depuis longtemps des sources à la surface desquelles surnage du bitume qui est assez liquide pour être considéré comme du pétrole.

A cinq kilomètres au sud se trouve le dépôt bitumineux de *Bastennes*. Le bitume y était mélangé d'une forte proportion de sable micacé. Le dépôt qui avait une puissance de deux mètres renfermait, dans sa partie inférieure, des coquilles et des dents de poissons, etc.

Le dépôt arénacé, qui est superposé au bitume, semble provenir de la destruction des roches de grès du terrain créacé sur lequel il s'étend. On a pensé que le bitume était sorti pur d'une ophite terreuse qui apparaît dans le voisinage, et qu'en coulant il s'était mélangé avec une

molasse coquillière et ferrugineuse; mais il ne paraît pas qu'on ait, pendant l'exploitation, retrouvé les branches, actuellement obstruées, par lesquelles le bitume aurait trouvé une issue. »

« L'exploitation de Bastennes est abandonné depuis longtemps¹. »

Haering, Tyrol. — « A Haering, un calcaire gris siliceux, identique à celui de Lobsann, est subordonné au lignite. Ce calcaire, auquel on a donné le nom de *Stinkstein* (calcaire fétide), exhale par le choc une odeur aromatique, qui n'est pas désagréable, et qui est tout à fait la même que celle du calcaire bitumineux de Lobsann. Une partie du calcaire de Haering est imprégnée de bitume.

En outre à Haering, de même qu'à Lobsann, les couches du niveau à lignite abondent en hélices et en planorbes. Ces couches à coquilles palustres sont recouvertes par des couches qui contiennent des fossiles marins². »

« Les gîtes d'asphalte de Seefeld sont à cinq ou six mille pieds au-dessus du niveau de la mer. Leur puissance varie de 6 pouces à 3 et 4 pieds. Ils sont intercalés dans des dolomies, dont les séparent cependant quelques bancs de *Gallenstein* (variété moins riche en bitume), riches en silicates de fer et de cuivre, et présentent, surtout en profondeur, de petites veines d'anthracite³. »

Au Grattenberg, le calcaire alpin renferme beaucoup de bitume visqueux, accompagné de nombreuses veines de chaux carbonatée cristalline.

1. Narcy, *Bitumes*, p. 64.

2. Daubrée, *Mém. sur le gisement du bitume*, etc., p. 23.

3. Narcy, *Bitumes*, p. 39.

Italie, Apennins. — « Les terrains tertiaires des Apennins sont très riches en gisements bitumineux. A peu près à la hauteur de Rome et de Naples, on en connaît un grand nombre d'une notable importance. On les aperçoit à découvert à la naissance des ravins, sur les pentes, et en général partout où les eaux ont rongé le sol. Le bitume y est tantôt solide, tantôt liquide. »

Au versant occidental des Apennins, on distingue deux types de roches : l'un formé des fragments empâtés de bitume, placés entre des formations de soufre et les calcaires à madrépores, et l'autre se composant de ces calcaires, imprégnés plus ou moins richement de bitume, sur une épaisseur qui dépasse 50 mètres dans le ruisseau d'Aqua-fiedda ¹.

Formation asphaltique de l'Amaseno. Province de Rome. — « L'Amaseno est un affluent du Liré, qui coule du nord-est au sud-ouest à 100 kilomètres de Rome.

« Le sol de la région est une formation calcaire de l'époque crétacée supérieure (urgonien et turonien). Le seul terme bien représenté est un calcaire cristallin nettement stratifié. Ce calcaire a été soulevé et cassé par des plissements dont la direction est généralement est-ouest : ce qui est aussi la direction des affleurements bitumineux.

« En quelques points, sur ce calcaire, reposent en stratification discordante des lambeaux tertiaires (pliocène). »

D'après MM. Fuchs et de Launay, ces divers terrains ont été imprégnés par de puissantes émanations bitumineuses, et chacun a retenu une proportion de bitume variable suivant son état physique et sa perméabilité.

1. Narcy, *Bitumes*, p. 70.

Les gisements se composent d'une série de cheminées traversant le calcaire et les terrains tertiaires, cheminées remplies de brèches calcaires, ou d'une argile détritique, très riche. Ces sortes de filons s'épanouissent dans les grès tertiaires, et donnent naissance à de véritables couches bituminifères ¹.

Observations. — Il semblerait, à en juger par la description de MM. Fuchs et de Launay, que le gisement asphaltique de l'Amaseno présente tous les caractères d'une formation éruptive ou filonienne. Et pourtant il n'en est rien, car nous devons distinguer deux états ou deux stades du bitume ². Le premier, celui de la *formation* dans le calcaire cristallin stratifié, le second celui de la *translation* dans les *cheminées* ou les fissures qui traversent le calcaire, ainsi que, dans les grès et conglomérats tertiaires. C'est en vain que l'on chercherait, au-dessous du calcaire crétacé, l'amorce la continuation du calcaire fissuré, riche ou pauvre en bitume figurée dans la coupe du gisement. Car, il faut bien le dire, c'est dans ce prolongement initial que l'on devrait chercher les amas les plus importants de bitume, ceux qui, une fois l'éruption terminée, seraient restés dans la cheminée d'ascension.

L'asphalte de Raguse en Sicile. — D'après M. Coquand, le gisement asphaltique de Raguse consiste en une *Pierre de poix*, que l'on exploite non point pour en retirer de l'asphalte, mais pour en obtenir de grands blocs que l'on débite ensuite, et que l'on utilise comme dalles, chambranles de cheminées, marches d'escaliers, etc. Mais le

1. Fuchs, etc. *Traité*, p. 135.

2. Chapitre VIII.

choix des blocs utilisables oblige à mettre aux déblais de grandes quantités de matériaux. De plus, à mesure qu'on avance en profondeur la roche se charge d'une proportion toujours plus grande de bitume, qui suinte d'elle-même à travers les pores.

La roche asphaltique appartient au tertiaire moyen ou miocène, et elle est subordonnée à la molasse à *Clypeaster altus*, à grains fins et miroitants, presque entièrement composée de débris de coquilles. Elle est d'un brun chocolat, et brûle avec facilité en répandant beaucoup de fumée et l'odeur du pétrole. Elle a donné à l'analyse : bitume et matières volatiles 41 0/0, carbonate de chaux 57 0/0. La molasse pure est composée de carbonate de chaux seulement.

« Dans les excavations qui existent au-dessous de la ferme de Léporino, les fissures qui traversent la roche de poix sont remplies d'un bitume noir, qui suinte d'abord à l'état visqueux, mais qui ne tarde pas à se durcir, à devenir fragile et à passer à l'état de véritable bitume de Judée. Sur quelques points, les plafonds des carrières sont hérissés de stalactites de ce même bitume, ressemblant à des bâtons de réglisse. » « Dans la grande carrière, qui présente un front de près de 20 mètres, il n'est pas rare de rencontrer des îlots ou des *nerfs*, de molasse pure, qui ont été soustraits à l'imprégnation, de même que fréquemment, il existe dans cette molasse des portions complètement isolées, et dans lesquelles l'asphalte se trouve logé sous forme de petits dépôts fermés, indépendants les uns des autres et ne communiquant jamais entre eux, circonstance qui dévoile clairement la contemporanéité de l'asphalte et de la molasse marine. »

. La roche de poix occupe deux niveaux distincts dont l'épaisseur va en diminuant vers leurs extrémités, le toit et le mur se rapprochent et finissent par se confondre. Il est facile de s'assurer que la roche asphaltique de Raguse s'étale, au milieu de la molasse miocène, sous la forme d'amas puissants, ellipsoïdaux, desquels se détachent des ramifications frangées.

L'asphalte de Hanovre. — « Dans le voisinage de Hanovre il existe à Limmer, à Worwohle, à Ahlen et à Velber, des gisements d'asphalte assez importants, accompagnés de sources de pétrole. Ceux de Limmer et de Worwohle appartiennent au jurassique supérieur.

« Les mines de Limmer se trouvent au milieu des plaines d'Acker dans un terrain peu mouvementé. Les couches d'asphalte sont peu puissantes et peu étendues à leurs affleurements. La partie supérieure, d'une puissance de 3 m. 50, est constituée par une roche très pure, riche en ammonites; elle recouvre une couche d'argile de la même puissance, au-dessous de laquelle existe la couche principale, puissante de 6 à 7 mètres, et beaucoup plus riche en bitume. » « A Worwohle, les couches forment une série de lits à imprégnation variable, d'une puissance totale de 20 mètres. Leur teneur en bitume est comprise entre 6 et 10 p. 100.

« Plus à l'est, dans le Brunswick, on retrouve, non loin de la montagne de Hills et près de Wintjenberg, la suite de ces gisements du Hanovre, sous forme de puissants gisements d'asphalte dans les formations du Jura Blanc, au-dessous des calcaires à plaquettes. » « On a aussi observé, dans les formations intermédiaires du Jura

et de la Craie, des masses de gypse imprégnées de bitume¹. »

L'asphalte de Russie. Gisement de Sizrau. — Dans une lettre au rédacteur de *la Nature*², M. Woeikofen a fait connaître les gisements d'asphalte de la Russie. Ceux-ci se trouvent à l'occident de la grande courbe de la Volga, sur la rive droite, un peu en amont de la ville de Sizrau, et sur une longueur de 20 kilomètres. On en connaît trois couches dont la plus basse est la meilleure. Cet asphalte se trouve dans l'étage inférieur de la formation carbonifère, et au milieu de calcaires dolomitiques. Les meilleurs gisements, ceux de l'étage inférieur, contiennent de 24 à 36 p. 100 de bitume, dont le point de fusion est de beaucoup supérieur à celui des bitumes de France et de Suisse.

Les minerais d'asphalte sont exploités depuis 1874. On les extrait par des carrières à ciel ouvert, et ils servent à fabriquer le mastic de l'asphalte dans trois usines, dont la plus importante est dans la ville de Sizrau. Le bitume libre nécessaire à cette fabrication est extrait de grès bitumineux qui se trouvent dans le district de Sizrau, à 80 kilomètres à l'est des gisements de l'asphalte.

L'asphalte de Russie, d'après Narcy³. — « Dans la région pétrolifère du Caucase, on appelle *kir*, une terre imbibée d'un goudron provenant de l'évaporation du naphte. Il en existe des gisements considérables près de la station de Goriatchevodsk. Ceux qui sont situés près de

1. Fuchs, etc. *Traité*, p. 137.

2. *La Nature*, 1884, p. 302.

3. *Bitumes*, p. 37.

la station de Michailowsk et des eaux minérales de Scleptzow sont de véritables gisements d'asphalte. »

« Sur les rives du Volga, un petit îlot de dépôts appartenant à la formation carbonifère, s'élève au milieu des roches permienes, jurassiques et crétacées. Il appartient à l'étage supérieur du calcaire carbonifère, etc. Ces dépôts se retrouvent plus loin vers l'ouest, sur les rives de la Sisranka, de la Krunza et de l'Oussa.

« Un puits de forage, exécuté près de Batraki, n'a rencontré de houille, ni au-dessus, ni au-dessous de cette formation. »

« Au sud-ouest, le calcaire carbonifère présente une succession de couches de calcaire ordinaire et de couches imprégnées d'asphalte, qu'on y rencontre aussi à l'état pur, en forme de globules. Les globules d'asphalte n'ont qu'un intérêt secondaire; mais le calcaire asphaltique est un objet d'exploitation », etc.

Le bitume de Judée et de la mer Morte. — Le bitume appelé communément *bitume de Judée* existe dans les roches calcaires crétacées de la vallée du Jourdain et des rives de la mer Morte. Dans cette région en particulier il est assez abondant, puisqu'il donne lieu à un suintement ou à un écoulement sous forme glutineuse qui se durcit et devient solide, à cassure résineuse, etc.

C'est ce qui ressort de l'important mémoire de M. Lartet, publié en 1866, et dont j'ai parlé déjà en traitant des hypothèses et des théories sur l'origine de cette substance. Comme nous le verrons plus loin, il y a lieu de distinguer entre l'origine première, la formation de ce bitume, et sa réapparition à la surface par suintement ou écoulement,

à la façon des sources de pétrole. Ce phénomène déjà ancien a donné lieu à une réimprégnation des dépôts quaternaires et récents que l'on pourrait considérer comme un troisième état de cette substance.

Mais, comme pour le moment il ne s'agit que de l'étude géologique des gisements, je me borne à reproduire ici la description de MM. Fuchs et de Launay ¹.

« Les gîtes que l'on rencontre en suivant la côte occidentale de la mer Morte et en remontant jusqu'aux sources du Jourdain sont ceux de *Wady-Sebbeh*, *Wady-Mahawat*, *Nebi Musa*, *Hasbeya* ».

« Les imprégnations bitumineuses se rencontrent toutes au milieu de calcaires crétacés. ▲ *Nebi Musa* et *Hasbeya*, ces calcaires sont blancs, tendres, crayeux et renferment de nombreux fossiles, tels que : peignes, baguettes d'oursins, débris de poissons, inocérames. Les gîtes sont généralement peu étendus et assez bien limités. L'imprégnation cesse peu à peu à mesure que le calcaire devient plus argileux. »

« Les calcaires, au voisinage des gîtes bitumineux, sont souvent sillonnés de nombreuses veines de gypse, et renferment également du chlorure de sodium en faible proportion. »

Le gîte de *Wady-Sebbeh*, peu important, est constitué par des calcaires dolomitiques imprégnés de bitume. M. Lartet le considère comme étant celui qui a été décrit par Strabon, et signalé comme formé de rochers distillant de la poix. Le torrent s'est frayé un passage à travers ces

¹ 1. *Traité*, p. 171.

calcaires, et on trouve fréquemment en aval et dans le lit du torrent des fragments d'asphalte arrachés par les eaux aux calcaires bitumineux qu'elles traversent.

Le gîte de Wady-Mahawat est situé non loin du gîte salin de Djebel Usdom. Le bitume y imprègne fortement les calcaires crétacés. Il découle des fissures en retombant parfois sous forme de véritables stalactites. Les alluvions anciennes, adossées aux calcaires, sont également imprégnées de bitume et constituent de véritables poudingues bitumineux.

Le gîte de Nebi Musa, le plus étendu de tous, se présente à la surface sous forme de larges taches bleuâtres, qui correspondent à des calcaires bitumineux d'un beau noir dans la cassure. La proportion de bitume va de 13,55 à 25 0/0. Le bitume brûle avec une grande facilité; etc. Aux approches de ce gîte on observe de nombreuses veines de gypse dans les couches crétacées, et dont quelques-unes sont très fossilifères.

Le gîte de Hasbeya est situé à l'extrémité septentrionale du bassin du Jourdain. Le calcaire bitumineux est moins riche que celui de Nebi Musa, soit 40 0/0. Mais, à 60 mètres de profondeur, on trouve une couche renfermant de l'asphalte particulièrement riche, soit 72 0/0, bitume et matières volatiles, et charbon 14 0/0.

Voici également ce que disent les auteurs du *Traité*, du bitume de la mer Morte.

« Le bitume de la Judée flotte par fragments ou amas plus ou moins gros sur la mer Morte et vient s'échouer en particulier sur la plage occidentale et sur les bords du Lisan, où les Arabes en recueillent parmi les graviers.

Il apparaît à l'état fluide ou visqueux et se solidifie par la volatilisation du naphte dont il est pénétré. »

Qu'il s'élève des profondeurs du lac, ou qu'il découle de ses rives, il n'est pas moins certain qu'il se présente dans des conditions absolument semblables à celles des gîtes ou gisements de la vallée du Jourdain.

II. — Schistes bitumineux, *Boghead*, *Cannel-coal*.

Généralités. — Schistes bitumineux d'Autun. — Houille bitumineuse d'Hillsboro; Nouveau-Brunswick. — Houille bitumineuse de la Caroline du Nord. — Schistes cuivreux et bitumineux du Mansfeld. — Schistes de Ménat, Auvergne.

Généralités. — Certains schistes, appartenant à divers âges géologiques, renferment des hydrocarbures en proportions telles qu'ils ont donné lieu à des exploitations plus ou moins importantes pour la préparation d'huiles d'éclairage, de goudrons, etc. La découverte des pétroles naturels d'Amérique a eu pour conséquence de paralyser le développement de cette industrie qui s'était surtout développée à Autun et à Buxières en France.

D'autre part, certaines houilles grasses, également riches en produits carburés, ont aussi été distillées pour en extraire des huiles minérales ou un gaz riche, c'est-à-dire ayant un pouvoir éclairant deux à trois fois supérieur à celui du gaz à la houille.

Comme nous allons le voir les schistes bitumineux, aussi bien que les variétés de houille connues sous les noms de *Boghead*, *Cannel-coal* paraissent résulter de la transfor-

mation des matières organiques aussi bien animales que végétales, ce qui les rapproche des combinaisons de carbone d'hydrogène, plutôt que des charbons minéraux que nous appelons houille, lignite, etc.

Dans certains cas, le bitume reste intimement uni et incorporé aux matières minérales qui le renferment et, à ce point de vue, présente tous les caractères de l'asphalte. La seule différence résulte du fait qu'ici la roche est argileuse et non calcaire.

Mais il arrive aussi que le bitume, entraîné par l'eau ou avec l'eau, se déplace, se concentre et vient se fixer dans les fissures et les cavités des roches, où on le trouve à l'état plus ou moins glutineux et même solide.

Schistes bitumineux d'Autun (Saône-et-Loire) et de Buxières (Allier). — Le permien d'Autun présente deux subdivisions principales, les schistes bitumineux et les grès rouges.

L'étage inférieur d'Igornay-Lally comprend trois couches, dans lesquelles M. Gaudry a reconnu une faune intéressante de poissons (7 espèces), de reptiles (4 espèces). Les écailles isolées de poissons sont abondamment répandues dans la couche appliquée à la fabrication du gaz riche, qui a environ 0 m. 25 d'épaisseur. La flore de l'étage moyen est nettement permienne; on y rencontre une grande abondance de bois silicifiés.

A Buxières, on trouve également dans les schistes bitumineux de très nombreux poissons, surtout dans une couche inférieure trop pauvre en bitume pour être exploitée ¹.

1. Fuchs, etc. *Traité*, p. 195.

Houille bitumineuse d'Hillsboro, Nouveau-Brunswick.

— « Dans une mine appelée Hillsboro s'exploite un combustible que sa grande richesse en bitume avait fait classer parmi les asphaltes. D'après M. Jackson, le combustible de cette mine ne serait qu'une houille d'une richesse exceptionnelle, et non point un asphalte formant filon dans des roches antérieures à la formation houillère. Il forme une couche stratifiée, subordonnée à des grès de la période houillère.

« On a trouvé à Hillsboro de nombreux poissons ganoïdes appartenant au genre *Paleoniscus*. Grandes, solides, brillantes, ces écailles sont susceptibles d'une conservation facile, et d'après leur analyse chimique, elles semblent n'avoir point été pétrifiées mais plutôt embaumées dans les matières bitumineuses. »

On rencontre également de nombreux végétaux aquatiques, ce qui porte M. Jackson « à considérer les roches où ils se rencontrent comme les anciens fonds d'un lac, peut-être d'un estuaire, ou du moins d'un courant d'eau presque dormante ».

« On peut ajouter que les assises de la mine sont trop uniformément bitumineuses pour avoir pu être pénétrées par du bitume postérieurement à leur dépôt. Les schistes et le bitume dont ils sont imprégnés sont de formation contemporaine ¹. »

Houille bitumineuse de la Caroline du Nord. — En 1853, M. Jackson adressait à M. Delesse une communication ² sur certaines mines de cuivre et de houille de la Caroline du Nord.

1. *Bull. Soc. géol.*, 1852, X, p. 34.

2. *Bull. Soc. géol.*, X, 1853, p. 505.

« Ces mines, écrit-il, sont importantes et présentent un fait géologique curieux. En effet, la pyrite de fer, qui est exploitée pour l'or qu'elle contient, est remplacée à une profondeur de 100 à 200 pieds par de la pyrite de cuivre, dont l'exploitation est très avantageuse.

« On trouve avec ces mines de la Caroline du Nord des couches d'une houille excellente et très bitumineuse, qui appartient au terrain du nouveau grès rouge. Avec cette houille j'ai observé un grand nombre d'écaillés de poissons ganoïdes, ainsi que des coprolithes et des dents de poissons sauroïdes. J'ai observé également une très grande quantité de carapaces de Cypris. »

Allemagne, Saxe, Mansfeld. — Le gisement le plus remarquable de schistes bitumineux en Allemagne est celui des couches de cuivre du Mansfeld, où l'on retrouve également une riche faune de poissons fossiles. Voici en quels termes M. Dieulafait s'exprime au sujet de la manière d'être de ces substances ¹ :

Le minerai de cuivre exploité dans le Mansfeld depuis un temps considérable se présente dans les conditions suivantes :

1° La couche de minerai n'a que quelques centimètres d'épaisseur ;

2° Elle s'étend sur une énorme surface ;

3° Elle est parfaitement parallèle aux couches encaissantes ;

4° Le minerai cuivreux est très fortement imprégné de bitume ;

1. L'origine, etc., *Revue scientifique*, 1883, XXXI, p. 616.

5° De très nombreux poissons, souvent assez bien conservés, sont engagés dans le minerai bitumineux;

6° Plus les poissons sont nombreux, plus le minerai cuivreux est riche et abondant;

7° Enfin le minerai cuivreux est très complexe; il renferme de l'argent, du nickel, du cobalt. De plus, la région cuivreuse du Mansfeld est en même temps une région gypsifère par excellence.

Les couches qui constituent cette puissante formation se sont disposées dans une mer fermée, dont les eaux concentrées ont donné lieu à la précipitation du gypse; le cuivre dissous dans les eaux de cette lagune se trouvant en présence de sulfures solubles, produits par la décomposition des matières organiques existant dans l'eau de la mer, surtout des poissons, s'est séparé et précipité à l'état métallique. Le bitume qui accompagne les poissons n'est pas autre chose que le produit de la décomposition des poissons eux-mêmes. Loin donc que le cuivre soit la cause qui ait fait périr les poissons, ce sont au contraire les poissons morts qui ont déterminé la précipitation du cuivre ¹.

Schistes de Menat (Puy-de-Dôme). — « Il existe à Menat (Puy-de-Dôme) une dépression circulaire d'environ un kilomètre de diamètre, située au milieu des micaschistes, à une grande distance du terrain tertiaire de la Limagne, et remplie par des dépôts du miocène supérieur, dépôts bien connus des géologues pour la flore et la faune qu'on y a rencontrées.

1. MM. Fuchs et de Launay n'admettent point cette théorie de M. Dieulaufait et l'envisagent au contraire comme « une jolie imagination de chimiste », qui tient difficilement devant les objections qui peuvent lui être adressées.

Les dépôts débutent par un conglomérat de micaschistes à ciment argileux, au-dessus duquel viennent les schistes exploités. Ces schistes brun noirâtre, qui se divisent en feuillets très minces dès qu'on les expose à l'air, sont tendres et à grain fin.

Il est certain qu'il s'est produit dans ce petit bassin, une accumulation de matières organiques, feuilles, infusoires et poissons, qui peut suffire à expliquer la proportion de carbures (huile brute, gaz, charbon, près de 30 p. 100) emmagasinée dans ces terrains ¹.

1. Fuchs et de Launay, p. 197.

CHAPITRE VI

ÉTUDE DES GISEMENTS (SUITE)

III. — Gisements pétrolifères et bitumineux.

Généralités. — Gisement de Pechelbronn. — Historique. — Géologie. — Observations. — Le bitume de Bastennes. — Le pétrole de la région molassique sub-jurassienne. — Gisements de la molasse vaudoise, Method, Chavornay, Orbe. — Dardagny, Saltigny. — Pymont. — Carte. — La Vojutza-Selenitza (Albanie). — Le pétrole et l'ozokérite de la Moldavie. — Les argiles pétrolifères et salifères de la Valachie, Modreni, Berka, Sarrata, Plojezi, Pocurreza. — Les sources de pétrole de Campina (Valachie). — Le pétrole de la Valachie et les industries de l'ozokérite. — Le pétrole de l'île de Zante. — Les sources de naphte dans la région du Caucase. — Le pétrole de Bakou. — Les terrains à pétrole et ozokérite du nord du Caucase, d'après Coquand. — Le naphte de la presqu'île d'Apchéron. — Les volcans de boue et le pétrole de la Crimée. — Amérique du Nord, notes de M. Daubrée. — Observations. — Les pétroles d'Amérique, d'après MM. Fuchs et de Launay. — Le pétrole du Canada, l'ozokérite de l'Utah. — Le bitume de la Trinité. — Le bitume de Cuba, d'après M. Narcy. — Le bitume du calcaire de la Havane, d'après M. H. Saussure. — Observations. — Le bitume flottant de l'océan Atlantique. — Les gaz naturels combustibles. — Généralités. — Le gaz naturel aux États-Unis. — Le gaz naturel des régions pétrolifères de la Pensylvanie. — Le gaz inflammable des bassins du Danube. — Conclusions.

Généralités. — Les hydrocarbures liquides se rencontrent généralement dans les sables et les grès qu'ils imprègnent plus ou moins fortement. C'est à ce groupe que l'on

est convenu de réserver le nom de pétrole ou de naphte. Comme on le verra, l'ozokérite n'est autre chose que du pétrole, solide à la température ordinaire, liquide lorsqu'on le chauffe à un certain degré.

Le pétrole imprègne, disons-nous, les roches dans lesquelles il est renfermé, et son existence est révélée de deux façons : d'une part, par les sources naturelles, dans lesquelles il est accompagné d'eau plus ou moins minérale, de l'autre par les forages ou fonçages de puits, de diamètre ou de dimensions variés, qui vont atteindre les couches ou niveaux, interposés à différentes profondeurs entre les roches non pétrolifères ou stériles. Il existe donc dans le sein de la terre dans des conditions analogues à celles de l'asphalte.

Nous venons de dire qu'il apparaît naturellement à la surface sous forme de sources. Il s'y présente sous les formes les plus variées au point de vue de la fluidité, et peut s'écouler, soit sous forme d'huile minérale presque pure, ou de naphte, soit sous celle de bitume glutineux susceptible de se transformer en malthe résineux.

Mais il y a plus, comme on le verra ; je comprends dans la description de ce groupe certains gisements, comme ceux de l'Albanie, où le bitume paraît avoir subi, au moment même de sa formation, une distillation partielle qui a eu pour conséquence un ensevelissement à l'état résineux, et peut-être même solide : je reviendrai sur tous ces points dans le chapitre VIII.

Gisement de Pechelbronn (Alsace). Historique. — Comme nous l'avons vu, le gisement de pétrole de Pechelbronn fut d'abord exploité en puits et galeries, pour en

retirer par diverses opérations le bitume appliqué à divers usages. Grâce à ces travaux, poussés jusqu'à la profondeur d'une centaine de mètres, il fut possible à M. Daubrée de se rendre compte de la manière d'être de l'huile minérale dans les terrains qui la renferment. Il put ainsi constater qu'elle constitue des veines sableuses, ou couches, limitées, en hauteur et en étendue, et qu'elle ne forme point des réservoirs, des poches remplies de liquide, comme on eût pu le penser, et comme on l'a même annoncé.

Ce ne fut qu'en 1881 que l'on songea à exécuter des forages poussés à une plus grande profondeur, à la façon des sondages américains. On reconnut alors, non sans surprise, que les couches molassiques pétrolifères se poursuivaient jusqu'à deux ou trois cents mètres au-dessous du sol, et que celles-ci renfermaient, à différents niveaux, des couches d'huile minérale, susceptibles de jaillir en véritables puits artésiens, et de fournir un débit constant de plusieurs mois et même de plusieurs années.

J'emprunte la description des couches pétrolifères de Pechelbronn au mémoire de M. Daubrée, que j'ai déjà eu l'occasion de citer à plusieurs reprises.

Les couches dans lesquelles sont couvertes les anciennes exploitations de Pechelbronn sont principalement formées de marnes grises ou verdâtres, quelquefois sableuses, auxquelles sont subordonnés des lits de sable, agglutiné par un ciment calcaire. Au moment où elles viennent d'être extraites, les marnes exhalent fréquemment une odeur qui a quelque ressemblance avec la térébenthine.

Le sable bitumineux, objet de l'exploitation, est disposé en amas stratiformes aplatis, parallèles à la stratification.

Ces amas stratiformes sont fort allongés par rapport à leur largeur, de sorte que, considérés en projection horizontale,

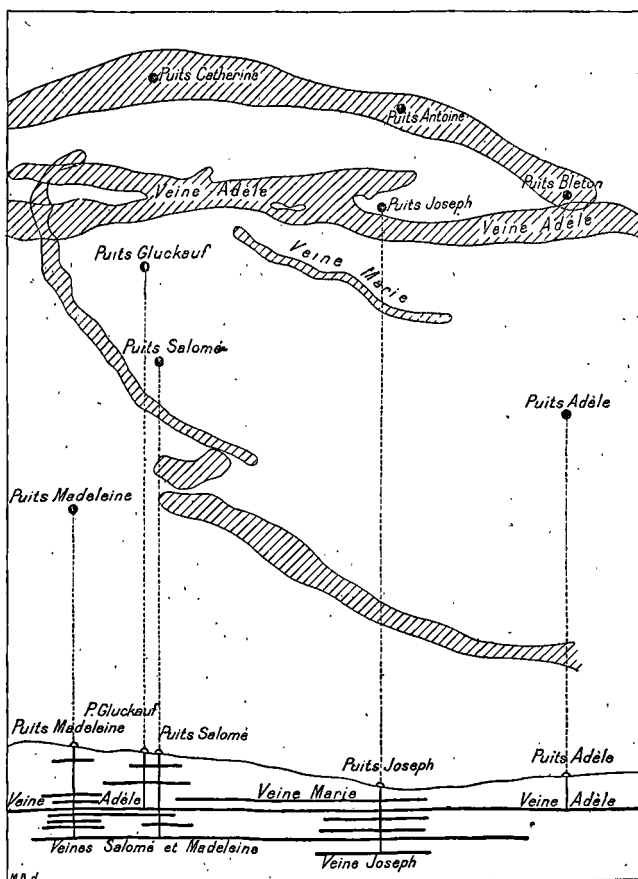


Fig. 12. — Plan et profil des mines de Pechelbronn.

ils présentent la forme de longs boyaux, dont l'épaisseur varie de 0 m. 80 à 2 mètres. Cette épaisseur va en diminuant vers les bords de façon à s'annuler complètement et.

à prendre la forme lenticulaire. M. Daubrée leur donne le nom de *veines*, qui convient mieux à leur forme allongée que celui de couches. Ces veines bitumineuses s'étendent longitudinalement suivant une direction allongée, parallèlement à la stratification du terrain.

Le bitume de Pechelbronn est visqueux, d'un brun foncé, il ne contient pas de naphte; en raison de sa fluidité, il est quelquefois désigné sous le nom de pétrole.

La pyrite de fer est surtout abondante dans les veines bitumineuses et à proximité des débris de végétaux. Ceux-ci sont disséminés dans le grès; en outre, des lits très minces de lignite alternent avec le sable bitumineux, surtout à la limite du terrain stérile. Au milieu des empreintes végétales on trouve des coquilles friables, mal conservées, appartenant aux genres hélice, lymnée, etc.

Les veines bitumineuses exploitables occupent dans ce terrain différents niveaux, quelquefois superposés de façon à être recoupés par un même puits (fig. 12).

Certaines veines de sable, particulièrement celles qui sont riches en bitume, exhalent de l'hydrogène proto-carboné avec une abondance telle qu'il s'est produit des explosions et des inflammations dans les travaux : au puits Joseph, le jaillissement du gaz faisait entendre un bruit tel qu'il couvrait totalement la voix des ouvriers. La couche qui donnait naissance à ce gaz n'avait pourtant que 0 m. 16 d'épaisseur

Des veines de sable bitumineux ont aussi été reconnues et exploitées à Soultz-sous-Forêts, à Schwabwyller, à 6 kilomètres au sud de Pechelbronn. Le bitume de cette dernière localité est beaucoup plus fluide que celui de

Pechelbronn. Des sondages pratiqués dans le voisinage de puits productifs n'ont donné aucun résultat.

Observations. — M. Daubrée n'eût-il fait que publier ses observations géologiques sur Lobsann et Pechelbronn, qu'il aurait rendu le plus grand service à la science. Mais la valeur de son travail est considérablement rehaussée par les figures de la planche qui accompagne le texte. C'est la vue de celles-ci qui m'a, pour ainsi dire, révélé la solution du problème de l'origine du pétrole. Comment, en effet, expliquer par des sources la formation des *veines* superposées, rencontrées aux puits *Madeleine*, *Salomé*, *Joseph*, au-dessus et au-dessous de la *veine Adèle*, la seule rencontrée au puits *Adèle*! Faut-il admettre autant de sources que de veines? Et si, d'autre part, nous considérons le *plan*, comment pouvons-nous concevoir les limites si nettes de chacune des veines? Et dire que dans aucune de ces *veines*, exploitées en galerie, il n'a été constaté de faille analogue à celles qui affectent les couches d'asphalte, et qui sont représentées dans la figure 5 de la planche du *Mémoire*!

Le pétrole de la région molassique subjurassienne. — Le large plateau compris entre les Alpes et le Jura est formé de couches de grès et de marnes sableuses, auxquelles on a donné le nom général de *molasse*. On distingue dans celle-ci plusieurs étages, marins ou nymphéens, dont les limites ne peuvent être établies d'une façon positive, attendu qu'il y a passage de l'un à l'autre par des assises à faciès saumâtre, et que les fossiles font presque absolument défaut. Quoi qu'il en soit, on est ici en présence de couches tertiaires appartenant au groupe miocène.

La présence d'indices bitumineux n'a jusqu'ici jamais été

signalée dans les étages supérieurs (*molasse marine, molasse grise, molasse à bancs d'eau douce*). Cependant on voit les couches de cette dernière division présenter, sur les deux versants de la vallée de l'Orbe, à Boudry, etc., des filets de gypse alternant avec des bancs calcaires et des marnes sableuses. Celles-ci présentent vers la base une coloration de plus en plus variée, rouge, jaune, violacée, ce qui leur a valu le nom de *molasse rouge*. La rareté, disons mieux, l'absence des fossiles a engagé les géologues à réunir ces couches à l'*Aquitainien*, dont elles constitueraient ainsi la partie inférieure. On le voit en effet, dans les ravins descendant du Jura, reposer sur le calcaire urgonien et, semble-t-il, en concordance de stratification. Nous reviendrons tout à l'heure sur cette question.

C'est au milieu de ces marnes sableuses bigarrées qu'apparaissent, sur divers points, des couches de sable ou même de grès, pénétrées de bitume, et dont l'existence avait été remarquée déjà au siècle dernier.

Gisements de la molasse vaudoise. — Method, Chavornay, Orbe. — Le terrain tertiaire du pied du Jura, de Concise au fort l'Écluse, reposant sur les couches calcaires de l'Urgonien, est un complexe de marnes sableuses rouges, violacées ou verdâtres, de grès plus ou moins dur, avec intercalation, à la partie supérieure, de bancs de calcaire lacustre appartenant à l'étage aquitainien. Ce calcaire lacustre, aussi appelé *calcaire fétide*, à cause de l'odeur qu'il répand au choc du marteau, est généralement désigné à tort sous le nom de *calcaire bitumineux*. Je dis à tort car, en réalité, je n'y ai jamais observé de bitume, tandis que cette substance imprègne plus ou

moins fortement certaines couches de sable ou de grès de la molasse.

Ainsi que j'ai pu m'en assurer dès mes premières recherches, ce n'est ni l'asphalte ni le bitume solide que renferment ces couches, mais bien le pétrole, assez semblable à celui de Pechelbronn en Alsacc.

Le gisement pétrolifère le plus avancé vers le nord est celui de Mathod. Il se présente au sommet d'une colline où

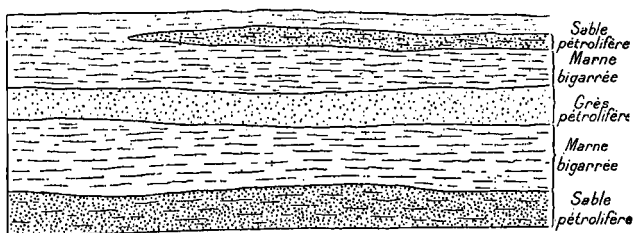


Fig. 13. — Position des niveaux pétrolifères dans le ravin de l'Orbe.

l'on a tenté jadis l'exploitation d'une molasse sableuse tendre, à grains verts, reconnue trop pauvre en bitume pour donner des produits rémunérateurs. Au-dessous de cette couche, et s'enfonçant sous les alluvions, on observe la marne sableuse bigarrée, en couches horizontales.

A Chavornay, cette même molasse marneuse constitue le fond du ravin de Talent, ainsi que les flancs de cette vallée d'érosion. J'y ai reconnu l'existence de deux bancs de grès imprégnés de bitume; mais ceux-ci exposés depuis longtemps à l'air ont certainement abandonné par volatilisation, le pétrole qui accompagnait le goudron.

Le ravin de l'Orbe, à l'ouest de la petite ville de ce

nom, assise sur un îlot d'urgonien, présente des indices beaucoup plus satisfaisants de l'existence du pétrole, ainsi que le montre la coupe fig. 13.

Au sommet, ou plutôt à la partie supérieure du ravin, se présente une assise de molasse sableuse, tendre, pénétrée de bitume assez abondant, et ayant l'odeur caractéristique du pétrole. Cette molasse est fissurée et livre passage à l'eau, qui forme de petites sources à la rencontre des couches marno-sableuses. C'est elle qui doit avoir donné lieu à une exploitation au siècle dernier.

A 20 ou 30 mètres au-dessous, on a ouvert récemment une carrière dans des bancs de grès, passant à un conglomérat assez dur. Quoique ces couches n'aient été mises à jour que depuis quelques mois seulement, on aperçoit un *suintement* caractéristique de goudron, tapissant la roche d'un dépôt noir et luisant. Il ne peut y avoir de doute ici sur l'imprégnation pétrolifère, car en brisant la roche, on ne voit plus le goudron, mais en revanche le grès dur présente un aspect huileux bien caractérisé, prouvant qu'ici il n'y a pas encore eu volatilisation du pétrole.

Dardagny, Satigny. — Les gisements bitumineux du canton de Genève, aux environs de Dardagny, Satigny et la Plaine ont été, de 1872 à 1880, l'objet de recherches assez importantes, sans toutefois aboutir à une exploitation, vu l'extrême inégalité d'imprégnation des couches ou lentilles sableuses pétrolifères. J'ai pu m'assurer, en effet, qu'ici encore, il ne pouvait être question de poursuivre un affleurement sur une étendue un peu considérable. Partout les couches vont en s'amincissant et en disparaissant à droite et à gauche du point sur lequel les

recherches ont été tentées. Voici du reste un extrait d'une lettre reçue de M. Schardt en 1880 :

« Le banc de bitume lui-même est une molasse friable, micacée, composée de matériaux plus ou moins fins; elle est brune ou noire, suivant la quantité de bitume qu'elle renferme; elle est grise et dure lorsqu'elle n'en renferme pas.

« La puissance du banc est de 18 mètres en moyenne; il paraît imprégné de bitume dans toute son épaisseur, mais d'une manière très inégale, de telle sorte qu'on trouve sur un espace de quelques mètres carrés, des places tellement riches que le bitume suinte de la roche à l'état semi-liquide, surtout lorsqu'elles sont exposées au soleil, tandis que, quelques centimètres plus loin, la roche en est dépourvue. Cette molasse est suivie d'une série innombrable de couches marneuses violacées, sans fossiles et sans bitume, lequel ne se trouve que dans le banc de 18 mètres. Ce n'est pas précisément de l'asphalte mais plutôt une espèce de goudron, dont l'odeur est semblable à celle du pétrole brut. »

Comme on le voit, il y a une remarquable analogie de composition entre la molasse de Dardagny et celle de Method. Les deux gisements appartiennent à cette division de la molasse rouge tout à fait inférieure. L'abondance du pétrole était telle autrefois, que la carte fédérale indique sous le nom de *Mine de goudron* un point du ravin de Roulavaz à l'ouest du village de Dardagny. Il y aurait donc ici analogie avec le gisement ou la source de Pechelbronn, mais on conçoit que le réservoir ou plutôt la couche imprégnée de pétrole se soit appauvrie, comme celle de Chavornay.

La fig. 14 représente la coupe de la molasse pétrolifère de Dardagny, telle que je l'ai observée en 1872. La disposition lenticulaire est particulièrement remarquable, ainsi que l'apparition d'une zone de poudingues, en alternance avec les marnes sableuses.

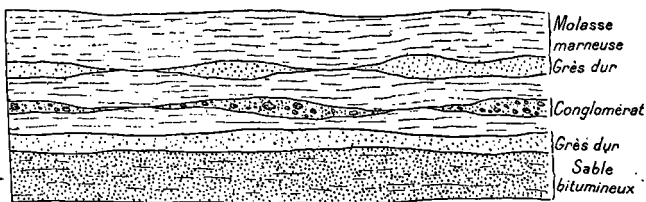


Fig. 14. — Aspect de la molasse pétrolifère à Dardagny.

Pyrimont, Confort, Forens. — Le gisement de bitume molassique de Pyrimont a été décrit en 1860 par M. E. Benoit¹. Après avoir décrit la série des couches urgoniennes, asphaltiques et stériles, il dit : « Tout autour du mamelon de Pyrimont sont des sables siliceux et argileux, vaguement stratifiés, *en discordance sur et contre les tranches du néocomien*. Ces sables sont généralement et confusément très colorés en rouge vif, rose, violet, gris et verdâtre. Ils sont très imprégnés d'asphalte au contact du néocomien, mais peu imprégnés à une certaine distance, et ils offrent alors des couches et même des feuillets minces, alternativement imprégnés et privés de bitume. Ils renferment çà et là des lits ou lentilles de cailloux jurassiques, néocomiens et siliceux, dont la disposition n'indique nulle-

1. Bull. Soc. géol., 1860, XVII, p. 411.

ment une action torrentielle, mais bien un arrangement comme par les vagues sur un rivage. »

Le sable bitumineux existe également à Boges près de Confort sur le flanc du Crédo. D'après MM. Fuchs et de Launay, c'est « un lambeau de molasse marine à l'état de sables verts plus ou moins foncés, que le bitume imprègne très irrégulièrement, en suintant parfois à l'état liquide de certaines fissures ».

MM. Fuchs et de Launay ont aussi consacré quelques lignes à la description de la molasse pétrolifère de Pyrimont :

« Dans les sables molassiques, on constate souvent, à côté d'imprégnations nettement transversales et filoniennes, une apparence¹ assez imprévue de sédimentation horizontale par bancs verts stériles et bancs noirs bitumineux alternants. Cependant, en regardant attentivement, on voit des pénétrations du bitume du banc noir dans le banc vert. M. Malo a fait observer que ces sables disposés par couches étaient beaucoup moins riches en bitume que d'autres, où le bitume forme des veines disposées en tout sens, comme si les premières avaient été délavées.... Avec un corps aussi mobile et aussi facile à mettre en mouvement que le bitume, on ne sait s'il faut en conclure que l'imprégnation s'est produite en plusieurs phases, l'une antérieure au dépôt du poudingue à galets d'asphalte, l'autre postérieure à la molasse, ou si l'imprégnation de la molasse ne doit être considérée que comme un phénomène secondaire résultant d'un départ du bitume du calcaire². »

1. Ce n'est pas une apparence, mais une réalité, et il n'y a nulle raison d'hésiter sur le moment de la pénétration, qui correspond à la formation des couches.

2. Fuchs, etc., *Traité*, I, p. 205.

Le pétrole, l'ozokérite et le sel de la Moldavie. — Le mémoire de M. Coquand *sur les gîtes de pétrole de la Valachie et de la Moldavie et sur l'âge des terrains qui les contiennent*, constitue l'un des documents les plus importants à consulter dans la question qui nous occupe, et malgré les conclusions auxquelles l'auteur arrive, il fournit les preuves les plus décisives en faveur de l'origine organique du pétrole, du bitume et de l'ozokérite.

L'auteur débute par une discussion sur l'âge des terrains pétrolifères, d'après les travaux de MM. Haidinger, de Häüer, Abich, etc. Il conclut en disant : « Je crois pouvoir démontrer que les sels gemmes, avec gypse et pétrole, se trouvent à deux niveaux différents, ainsi qu'on le remarque dans d'autres contrées; que les uns, et plus spécialement ceux de la Moldavie, font incontestablement partie du gypse à fucoïdes, et sont les équivalents des gypses et des sels de la Sicile; que d'autres, au contraire, surtout en Valachie, sont subordonnés à l'étage miocène, comme on l'observe à Volterra, en Toscane, en Crimée, en Transylvanie, etc.

L'étude proprement dite commence par les gisements de sel, d'argiles pétrolifères, etc., des environs d'Okna, au revers oriental des Carpathes, dans la vallée du Trotush, affluent du Sereth. Une trentaine de puits sont creusés dans le terrain à fucoïdes ou flysch.

« Le pétrole s'est montré, dit M. Coquand, dans quelques-uns d'entre eux, et les eaux au-dessus desquelles il surnage sont souvent salées. Je remarquai aussi que ce n'était guère que dans les argiles qu'il se conservait à l'état liquide, et que lorsqu'il avait été mis en contact avec des roches

perméables, telles que des grès sableux, ces roches étaient imbibées d'huiles minérales et se changeaient en pierre d'asphalte, exhalant une odeur très pénétrante mais incapables de fournir des produits marchands. » En pénétrant ainsi le pétrole perd, peu à peu, la principale partie de ses produits volatils. « Ceux-ci, rendus libres à leur tour, donnent naissance à des dégagements de gaz hydrogène protocarboné, qui, lorsqu'on en approche un corps enflammé, devient un véritable volcan de Piétra-Mala. »

La mine de sel d'Okna, qui touche presque à la ville, est exploitée à la base d'une montagne, au moyen d'une galerie pratiquée au milieu des argiles salifères et pétrolifères. Celles-ci n'affleurent que sur un nombre fort restreint de points, mais des puits de 40 mètres de profondeur, aux environs de Pocura, traversent un système d'argiles bleuâtres ou grisâtres, imprégnées de chlorure de sodium dans toute leur masse, et communiquent un degré de salure très remarquable aux eaux qui les traversent. Ces argiles sont la patrie par excellence des pétroles et, partout où elles se montrent à découvert, elles deviennent l'objet de recherches très actives.

Aux argiles salifères et pétrolifères succèdent, de bas en haut, un puissant système de grès fins et de schistes bitumineux, renfermant en grande abondance des pyrites, dont la décomposition donne lieu à de nombreuses sources sulfureuses froides. Il existe plusieurs de ces sources à Pocura et sous le village de Cericioa. Quelques-unes sont tellement salées qu'elles sont imposables.

« La concordance parfaite qui existe entre les diverses assises des terrains, le passage ménagé que l'on observe

des uns aux autres, l'absence de toute dislocation violente et de toute roche d'origine plutonique, écartent, pour la formation du sel, du gypse et du pétrole, l'intervention de causes éruptives ou d'intrusions postérieures, que l'on a si souvent invoquées pour expliquer leur présence à divers niveaux de la série sédimentaire. »

La découverte de l'ozokérite, à Slanick, en face d'Okna, a été amenée par la recherche des charbons dans les schistes bitumineux et les argiles, au milieu desquels cette substance est disséminée en rognons plus ou moins volumineux. Pour M. Coquand, ce minéral est un produit dérivé des substances pétroléennes avec lesquelles il est associé. A l'époque où ce savant visitait la contrée c'était encore une rareté minéralogique qu'il était difficile de se procurer.

La vallée de Slanick est séparée de celle d'Oïtos par une série de collines superposées au flysch. Près du village de Grochezti, on remarque des bancs épais de sel gemme, que recouvrent toujours les argiles bleues salifères. Sur les confins des territoires de Grochezti et de Hirka, on a ouvert quelques puits, dans lesquels le pétrole pesant 0^{gr},85 se trouve à une profondeur de 40 mètres. On y a signalé la présence de l'ozokérite.

L'exploration des gites pétrolifères devait se terminer par l'étude du district de Moniezti, au nord d'Okna, où sont concentrées les exploitations les plus considérables d'huile minérale. Là encore, M. Coquand eut l'occasion de reconnaître absolument les mêmes dispositions stratigraphiques qu'à Okna, c'est-à-dire la superposition des argiles pétrolifères au sel gemme.

« Les puits pétroléens sont concentrés, au nombre de cent, au nord du bourg, et le champ exploité peut embrasser une surface circulaire de 15 à 16 kilomètres de diamètre. Moniezti est abrité au nord-ouest (fig. 15) par une montagne dont le sommet est composé de grès micacifère qui, un peu plus bas, alterne avec des argiles cendrées, des marnes, des grès et des calcaires, qui contiennent en très grande abondance les *Chandrites intricatus*, *C. Tar-*

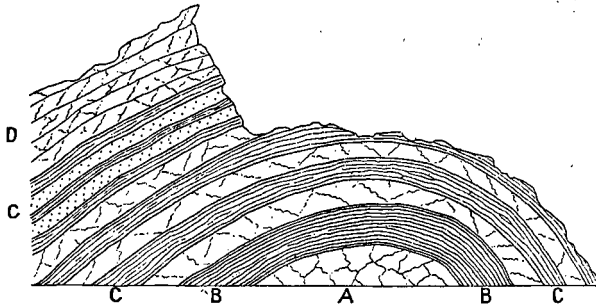


Fig. 15. — Gisement de pétrole et de sel de Moniezti. — A. Sel gemme. — B. Argiles pétrolifères. — C. Banc à fucoïdes. — D. Macigno.

gioni et *C. furcatus*. C'est, à peu près à ce niveau que sont ouverts les puits, d'où l'on retire des roches remplies d'empreintes fucoïdes, et qui atteignent les argiles salifères bleues, où sont les véritables réservoirs du pétrole et qu'ils ne dépassent pas. Mais, comme, en vieillissant, les puits ont épuisé l'huile minérale qui est à leur portée, on est obligé, pour leur rendre une partie de leur fécondité, de les approfondir de quelques mètres afin de recouper de nouvelles couches imprégnées, et cet approfondissement progressif est continué tant que les veines pétrolifères persistent. C'est de cette manière que quelques-uns ont

dépassé les argiles bleues et pénétré dans le sel gemme, où l'on s'arrête toujours.

Le pétrole de Teskani est sans contredit le plus pur de toute la Moldavie, sa composition et sa densité le rapprochent du naphte. En effet, il ne pèse que de 0^{gr},76 à 0^{gr},79, tandis que celui de Moniczti pèse de 0^{gr},84 à 0^{gr},87.

A Vercezi, non loin de là, on exploite huit à dix bancs de gypse et on observe quelques traces de végétaux convertis en charbons.

Les argiles pétrolifères et salifères de la Valachie. —

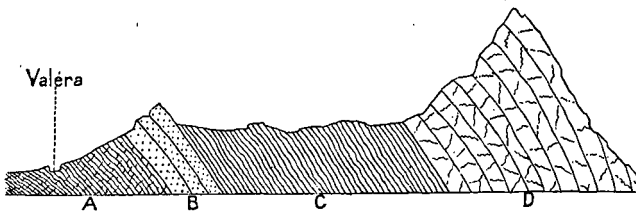


Fig. 16. — Gisement de sel et de pétrole de Valéra. — A. Argiles salifères et pétrolifères. — B. Grès à Cyrènes. — C. Argiles pétrolifères. — D. Macigno.

D'après M. Coquand, les terrains salifères et pétrolifères de la Valachie sont plus récents que ceux de la Moldavie, et rentrent dans la série miocène, sans que cependant il puisse établir entre eux une distinction tranchée.

C'est encore au revers oriental des Carpathes, à Modreni, au sud de Toskani, que se rencontrent les premiers gisements explorés.

« A Valera, dit-il, nous nous trouvions dans les argiles pétrolifères (fig. 16). Les puits d'extraction occupent deux niveaux, séparés par un massif de grès. Elles sont très salifères, et, dans leur prolongement, viennent s'appuyer sur le sel gemmé de Valaseri. Elles renferment en assez

grande abondance des bivalves qui se rapportent aux genres *Unio* et *Cyrena*, mais tellement écrasées que toute détermination spécifique est impossible. C'est dans leur masse que l'on a concentré l'exploitation du pétrole, qui consiste en une trentaine de puits, dont la profondeur varie de 35 à 45 mètres. Vers le point de contact des grès micacifères, j'ai recueilli des *Cyrènes*, réduites à leur moule intérieur. Absence complète de fucoïdes. »

Le pétrole de Modreni est le meilleur que fournisse la Valachie, et peut même rivaliser avec les marques les plus

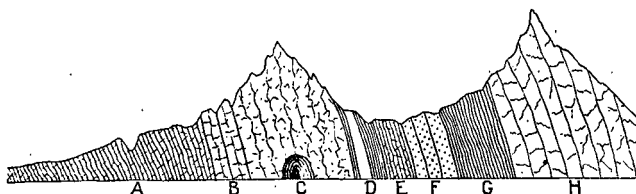


Fig. 17. — Gisement de pétrole et de sel à Modreni.

accréditées de la Pensylvanie, la présence du chlorure de sodium dans les argiles inférieures de Valera trahit le voisinage du sel en roche. En effet, il n'y a qu'à dévier un peu vers l'ouest pour rencontrer le gisement de Valascri, escorté de gypse et recouvert par les argiles salifères.

A partir du ruisseau salé qui limite le gîte salifère à l'ouest, on remarque la coupe (fig. 17) qui nous démontre que les gypses, ainsi que les sels, sont d'origine sédimentaire; car ils alternent à plusieurs reprises avec les argiles encaissantes.

« A Berka, sur la rive gauche du Buséo, affluent du Sereth, on a tenté une exploitation de pétrole qui n'a pas

réussi. J'y ai constaté l'existence de grès sableux asphaltifères. Ces grès ne sont autre chose qu'un banc primitivement imprégné de pétrole qui, par la décomposition lente du pétrole, a perdu en presque totalité ses principes volatils pour ne conserver que le goudron.

Mais ce qui rend la contrée particulièrement intéressante, c'est la présence de volcans boueux, qui, au nombre de deux cents, occupaient une superficie de 4 kilomètres carrés, en reproduisant tous les phénomènes particuliers des salses.

Les plus importants, mesurés à leur base, ne dépassent pas un mètre de diamètre. Le mécanisme de leur formation est d'une simplicité extrême. Une bulle de gaz, provenant de l'intérieur des argiles pétrolifères et salifères, tend à s'échapper par un point quelconque de la plate-forme. Et, comme elle ne rencontre qu'une faible résistance, elle vient crever à la surface, en entraînant une certaine quantité d'eau boueuse.

« Outre le sel, qui accompagne toujours les éruptions boueuses, on constate aussi la présence du pétrole, qui surnage sur l'eau des cratères, et s'échappe de là dans les rigoles par lesquelles s'écoulent les produits liquides des éruptions. Lorsque le volcan est éteint, le pétrole se dessèche, soit dans les rigoles, soit dans le cratère qu'il remplissait, et il passe alors à l'état de bitume solide. Il va sans dire que tous ces phénomènes s'accomplissent à froid. J'étais bien convaincu, *a priori*, qu'il provenait de la décomposition du pétrole. J'en recueillis dans une bouteille, préalablement remplie d'eau, et j'eus la satisfaction d'en voir le contenu prendre feu, avec une légère détona-

tion, à l'approche d'un papier enflammé. C'était bien du gaz proto-carboné. »

Sarrata est une commune située au nord de *Buséo*, et l'un des marchés de la Valachie qui, après le district de *Plojezti*, livre le plus de pétrole, mais aussi le pétrole le plus pauvre en huiles lampantes et, par conséquent, le plus chargé de goudron. Les roches extraites des puits consistent principalement en argiles bleuâtres. Ces argiles pétrolifères sont recouvertes par des grès et des argiles, contenant çà et là des calcaires blanchâtres, cariés, caractérisés par des fossiles d'eau douce, Unios, Bithynies, et surtout par des *Mytilus* (*Congerina subcarinata*.)

A *Plojezti*, les puits à pétrole, au nombre de cent et tous féconds, sont creusés dans les argiles. Il en est de même à *Baikoi* et à *Tsinta*, où ce sont toujours les mêmes argiles salifères, avec couches subordonnées de gypse lamellaire blanc. M. Coquand, voulant contrôler l'opinion qu'il s'était faite de l'arrivée des pétroles au milieu des argiles, tenta une expérience qui lui réussit pleinement. Il put se convaincre que l'huile minérale n'imprégnait pas les argiles, mais qu'elle formait de distance en distance de petites flaques, reliées les unes aux autres par quelques filets.

Au nord de *Matitza*, les puits sont creusés dans les argiles bleues, mais elles contiennent plusieurs bancs calcaires avec fossiles franchement marins. Les plus abondants sont des lucines mêlées à des congéries et à des valves de *cardium*. Les argiles pétrolifères de *Matitza* sont contiguës à celles de *Poccureza*, qu'on peut considérer comme le berceau de l'industrie pétrolienne de la Roumanie.

Les sources de pétrole de *Campina* (Valachie) ¹. — En 1872, MM. E. Fuchs et E. Sarasin avaient été chargés par le prince Stirbey d'étudier les substances minérales ; et plus particulièrement les sources de pétrole que renferme sa propriété de *Campina*, au revers méridional des Carpathes.

Ils ont rendu compte de leur mission dans un mémoire auquel j'emprunte les données géologiques les plus importantes.

A soixante kilomètres au nord de Bucharest sur la grande route de Cronstadt, se trouve la petite ville de *Campina*, au milieu de collines d'une largeur très variable, formant transition entre la plaine et la chaîne centrale des Carpathes. Cette région est formée de terrains tertiaires (miocène), dans lesquels les auteurs distinguent trois groupes :

- A. Groupe grés-sableux ;
- B. Groupe argilo-marneux ;
- C. Groupe gypso-marneux.

Le premier groupe se compose essentiellement de grès et de sables jaunes ou gris, plongeant vers le sud. Il est sillonné transversalement à l'inclinaison par une série de failles. Son épaisseur peut être évaluée à 300 mètres. La partie inférieure se termine par une série de bancs de grès fortement imprégnés de matières bitumineuses.

Le groupe moyen se compose presque exclusivement de marnes et d'argiles, variant du gris jaune au gris bleu, avec quelques bancs de grès plus résistants que ceux du groupe supérieur. C'est ce groupe qui présente le principal

1. *Bibl. univ. Archives*, LVII, 1873.

intérêt par le fait qu'il renferme le sel, et surtout à peu près seul, le pétrole.

On observe dans l'une des falaises de la Prahova une coupe très nette d'une partie du système. Dans cette coupe, les couches affectent très nettement la forme d'une voûte, traversée verticalement par une série de failles. Une couche sulfureuse et les failles exhalent une forte odeur de pétrole, et laissent même suinter à la surface un peu de ce liquide.

Le groupe inférieur, marno-gypseux est, de beaucoup, le plus important. Ici le grès disparaît presque entièrement et le gypse prend un grand développement. Ses feuilletts se multiplient et arrivent parfois à des dimensions qui les rendent exploitables. L'un des bancs atteint même 8 à 10 mètres d'épaisseur.

« Un fait à signaler, c'est le bariolage, souvent très vif et très varié, que présentent en plusieurs endroits les couleurs des assises qui composent ce groupe; le vert et le rouge y dominant, et donnent à l'ensemble un aspect caractéristique, qui rappelle les marnes irisées du trias.

« Nous n'avons nulle part, dans ce groupe, rencontré des traces du sel, qui paraît être entièrement limité au groupe argilo-marneux. Quant au pétrole, il se pourrait qu'il y existât, et que sa présence pût être constatée dans le voisinage ou à l'orifice d'une des nombreuses fissures qui traversent tous ces terrains. »

S'agissant de présenter des conclusions sur les recherches à faire, les auteurs estiment qu'il y a lieu de prendre pour base la direction des dislocations qui affectent les couches de cette région.

« Après une inspection détaillée du terrain, disent-ils, nous avons reconnu que ces lignes étaient au nombre de deux, et nous avons pris le parti d'admettre provisoirement la direction N. 74°-E. et nous avons jalonné, de 300 en 300 mètres, les points que nous jugions les plus favorables aux recherches. »

Le pétrole de Galicie et les industries de l'ozokérite.

— Le *Mercur*e scientifique ¹ a publié en 1893 une série d'articles sur le pétrole de la Galicie, dont il me paraît important de reproduire quelques extraits, en complément des notes qui précèdent.

C'est dans le district de Bobka qu'eut lieu le premier développement systématique de l'industrie du pétrole. En 1861, le premier puits, de 14 mètres de profondeur, fournissait 6000 kilogrammes d'huile par heure. En 1883, ce district fournissait par jour 550 barils de pétrole brut, sur une superficie de 1500 mètres de longueur et sur une largeur de 350 à 500 mètres.

« Le pétrole se trouve dans des grès grossiers ou fins, d'âge miocène. Le sel gemme, le soufre natif et divers sulfures, les pyrites et la galène, se rencontrent en association avec le pétrole. L'hydrogène sulfuré est souvent aussi concomitant. »

Dans quelques endroits on trouve une huile rougeâtre, que l'on peut brûler à l'état brut dans des lampes ordinaires. L'huile des puits forés est très fluide, mais l'huile de surface, provenant de puits peu profonds, est parfois un peu visqueuse.

1. Octobre et novembre 1893, p. 165.

Le pétrole des nappes de Ropianka, qui est le plus ancien, est plus liquide et contient une plus grande proportion d'hydrocarbures légers que les huiles des formations oligocènes, qui sont comparativement lourdes, foncées et riches en paraffine. On peut dire que certaines ozokérites peuvent être considérées comme un pétrole très chargé de paraffine, ou encore comme une espèce de pétrole à point d'ébullition élevé. Le principal siège de l'industrie minière de l'ozokérite se trouve à Boryslaw, dans une vallée entourée de collines, sur le versant nord des Carpathes, à 360 mètres au-dessus de la mer. Les gisements se trouvent dans le miocène, associés avec le sel gemme et le gypse, parfois à l'état presque pur. A Truskowice, il y a un dépôt de soufre natif entremêlé de gypse, d'ozokérite et de pétrole. Le terrain est ici un schiste argileux, bleu grisâtre, avec du sable et de la marne. Il y a également partout émission de grandes quantités d'hydrocarbures.

L'ozokérite se présente sous forme de veines d'une épaisseur variable, entre quelques millimètres et quelques décimètres. Elle remplit les nombreuses fissures des schistes et du grès miocène, et forme fréquemment ainsi une espèce de réseau.

Le dépôt se rétrécit au fur et à mesure que la profondeur augmente. Les couches supérieures, portion la plus riche du dépôt, occupent une aire d'environ 21 hectares, mais une zone moins productive accroit la superficie totale jusqu'à 60 hectares ¹.

1. L'auteur conclut de ce fait que l'ozokérite provenant des régions inférieures, à la faveur d'une faille, a pénétré dans les interstices des rochers où il est exploité.

L'ozokérite présente des consistances très différentes selon les échantillons. On trouve de l'ozokérite très molle, jaune, semblable à la cire d'abeilles, dont elle présente la densité et le poids spécifique; tout comme de l'ozokérite très noire, aussi dure que le gypse, et toutes les consistances intermédiaires. Souvent elle exhale une odeur aromatique et elle prend par frottement l'électricité négative. Enfin elle devient plus plastique, et fond ordinairement à 62° centigrades.

On retire des puits et galeries d'exploitation deux sortes de produits : de l'ozokérite à peu près pure et de la terre contenant beaucoup d'ozokérite; on fond la première telle quelle, tandis que la dernière est soumise à diverses opérations de triage, lavage, etc. ¹.

Gisements bituminifères de Sélénitza (Albanie) ². — Le bassin bituminifère de Sélénitza, dans l'Albanie, appartient à l'étage pliocène, qui correspond à la fois aux argiles subapennines de l'Astésan et de la Toscane. « Il débute dans les environs immédiats d'Alona par un système très puissant d'argiles bleuâtres, mélangées de sables et admettant, à l'état subordonné, quelques couches peu épaisses de grès et de poudingues. En outre les argiles contiennent, étagés à divers niveaux, trois ou quatre bancs d'un calcaire coquillier grossier, renfermant une grande quantité de fossiles, caractéristiques du Pliocène. »

« Au-dessous de ces bancs fossilifères, mais séparés

1. D'après Narcy, les variétés de bitume connues sous le nom d'ozokérite se distinguent par leur plus grande richesse en paraffine. Une différence analogue a été signalée entre le pétrole de Pensylvanie et les pétroles de Bakou.

2. Coquand, *Description géologique*, etc. *Bull. Soc. géol.*, 1867, XXV.

d'eux par des argiles bleues de 60 mètres de puissance, on remarque deux énormes amas gypseux, parallèles entre eux, et séparés par un nerf d'argile de 10 mètres, environ, etc. »

Au-dessus de ces argiles bleues, apparaissent des grès jaunâtres passant au véritable poudingue, formés d'éléments nummulitiques ou crétacés, empruntés aux montagnes du voisinage.

C'est au milieu des grès et des poudingues, dans la

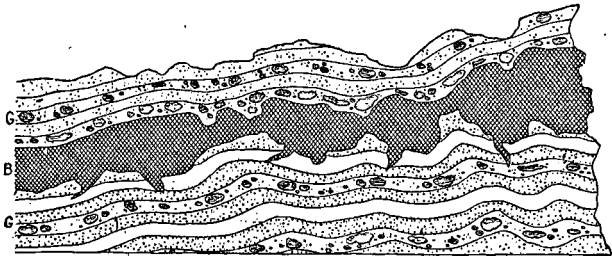


Fig. 18. — Bitume de Sélénitza. — B, bitume solide; G, grès et poudingues.

partie supérieure du pliocène, que se trouve emprisonné le bitume solide, c'est-à-dire, d'après Coquand, le pétrole parvenu à la limite extrême de son épuisement, réduit en une substance solide, incapable de se décomposer spontanément et d'engendrer de nouveaux produits dérivés. « Ce minéral ne se présente point en couches, ni en filons réglés, mais bien, au milieu des grès et des poudingues, sous forme d'amas irréguliers, plus ou moins rapprochés les uns des autres, toujours parallèles au sens de la stratification, ainsi que le montre la figure 18, relevée dans un chantier qui a fourni à l'abatage une énorme quantité de bitume.

Les épaisseurs de 3 mètres ne sont pas rares dans les parties renflées. »

Il ressort en effet des observations de M. Coquand, que le malthe est nécessairement *contemporain* des bancs qui le contiennent. Sous ce rapport, ils doivent être assimilés aux amas de gypse des terrains secondaires et tertiaires.

Le malthe de Sélénitza a fourni à l'analyse les résultats suivants :

Huile de pétrole.....	43
Charbon pouvant se convertir en coke.....	43
Résidu.....	14
	<hr/>
	100

« On est donc conduit, au point de vue des principes élémentaires, à le considérer comme un minéral dérivant du pétrole, dans lequel le goudron, soit le carbure, se trouverait en bien plus grande abondance que celui-ci, de la même manière que le pétrole est lui-même un dérivé du naphthc. »

Après la variété compacte, qui est la plus commune, il faut mentionner les brèches bitumineuses, qui contiennent, comme emprisonnés dans des mailles, des fragments anguleux de bitume rapprochés les uns des autres. Ces brèches bitumineuses (fig. 19) surmontent le plus souvent des amas de malthe auxquels ils passent par gradations ménagées.

Une autre disposition qui n'est pas moins curieuse, et qu'on pourrait appeler *réticulée*, consiste en une multitude de filets simples, interrompus ou conjugués, qui s'entrecroisent dans tous les sens. On dirait des gerçures dans lesquelles le bitume se serait insinué à l'état visqueux et

aurait acquis plus tard la consistance solide. « Une forme particulière ne diffère de la précédente qu'en ce que les filons, au lieu de s'éparpiller dans la masse, sont ver-

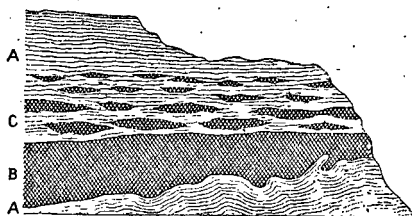


Fig. 19. — Brèches bitumineuses. — A, argiles; B, bitume compact; C, brèches bitumineuses.

ticaux et parallèles, le retrait dans la roche de grès ayant ouvert des fentes verticales, que le bitume a remplies, mais de haut en bas, ce qui est à noter » (fig. 20).

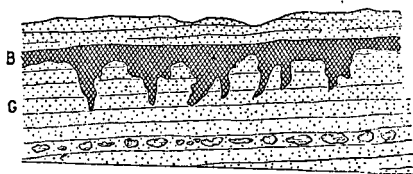


Fig. 20. — Poches bitumineuses. — B, bitume; G, grès sablonx.

La fig. 21 montre encore un amas régulier, renfermant plusieurs *nerfs* de grès, comme on en observe fréquemment dans certaines couches de houille.

J'oubliais de mentionner, dit M. Coquand, que, sur certains points, l'intérieur des coquilles bivalves, qui appartiennent pour la plupart au genre *Cardium*, était rempli de bitume, comme on l'a observé dans plusieurs gisements de la Caspienne.

Toutes les particularités qui se rattachent à l'histoire du bitume démontrent qu'il a dû être amené, non point à l'état de pétrole liquide, mais bien à l'état visqueux, c'est-à-dire au moment où la matière était dépouillée de ses produits volatiles. En outre la place qu'elles occupent au milieu des grès et des argiles est hermétiquement remplie, et on n'observe jamais, en concomitance avec elles, ces roches asphaltiques si abondantes dans les terrains à pétrole liquide, et que l'on doit considérer comme des éponges imbibées de pétrole.

C'est donc à l'état de bitume glutineux que le malthe est arrivé primitivement dans les terrains de Sélénitza. Aussi ne s'y manifeste-t-il aucun phénomène de salses, aucun volcan d'air, aucun volcan ardent, qui sont un des caractères distinctifs des gisements pétrolifères proprement dits. En se rendant du camp de Sélénitza à la Vojutza, on longe les collines renfermant les gîtes de bitume. La plaine qui sépare la région montagneuse de la rivière est jonchée de fragments de bitume qu'ont entraînés les eaux, et dont une partie est transportée, dans les grandes crues, jusqu'à sur le rivage de l'Adriatique. L'abondance de ces débris témoigne de la richesse des gîtes d'où ils proviennent, et rappelle jusqu'à un certain point les épaves de bitume que la mer Morte rejette sur ses bords.

C'est sur les bords de la Vojutza, au niveau des argiles bleues gypsifères, qu'apparaissent les phénomènes remarquables des volcans d'air, dont M. Coquand put en étudier deux en plein fonctionnement très rapprochés l'un de l'autre. Le plus majestueux était établi au-dessus d'un lit de galets, sous la forme d'un cône très surbaissé, que

surmontait un cratère régulier de plus d'un mètre de diamètre, et que remplissait une eau liquide et transparente. A des périodes intermittentes comprises entre 50 et 55 secondes, l'eau du cratère était violemment mise en mouvement par une forte émission de gaz, qui venait crever à la surface sous forme de grosses bulles. Chaque émission apportait, avec beaucoup d'eau, une certaine quantité de bitume liquide, qui débordait par-dessus les parois du cratère, s'épandait sur les parois du cône dont il augmentait

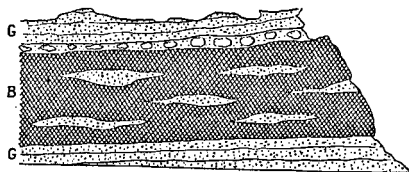


Fig. 21. — B, bitume avec lentilles de grès; G, grès.

successivement l'épaisseur et la circonférence, puis venait se perdre dans les eaux tranquilles d'une anse formée par la Vojutza.

Les déjections anciennes qui sont un peu éloignées du cratère, deviennent épaisses comme de l'encre d'imprimerie et sont susceptibles de recevoir les empreintes des corps qui les pressent; le pied de l'homme finirait par s'y enfoncer complètement si on ne changeait pas de position.

Pour que les volcans pétrolifères puissent être créés il faut d'abord la présence de l'eau à une certaine profondeur, ainsi que du pétrole qui puisse engendrer le gaz inflammable, et ensuite la possibilité à ce gaz et à cette eau de se déverser sur un sol émergé. S'il se dégage avec

de l'eau, mais dans un lac ou dans une mer, les bulles qui l'amèneront au jour viendront à la surface, et les produits pétroliens qui l'amèneront se disperseront dans les grands réservoirs, le naphte surnageant, et le pissaphalte, à cause de sa grande densité, atteignant le fond; mais, dans ce cas, il n'y aura production ni de cratère, ni de coulée.

Ce qui frappe le plus dans les volcans boueux et dans les salses, c'est l'impression de froid que l'on ressent en enfonçant le bras dans leurs cratères, et de voir que la température des boues et des eaux est constamment inférieure à celle de l'air ambiant. Or, dit M. Coquand, je demande s'il est possible, à moins de tomber dans des contradictions flagrantes, de concilier ces données de l'expérience avec l'hypothèse qui attribue aux pétroles une origine volcanique.

Sur le territoire de Rompzi, existait un volcan ardent au milieu d'un bois d'oliviers. Il consistait en une flamme bleuâtre, à peine visible en plein soleil, qui sortait d'une fêlure du sol et atteignait la hauteur de 50 centimètres environ. Les paysans assurèrent M. Coquand qu'eux et leurs pères l'avaient toujours vu en activité, et qu'on en connaissait beaucoup d'autres, qu'on avait éteints, mais qu'il serait facile de ranimer:

Le pétrole de l'île de Zante¹. — D'après M. Coquand, la formation bituminifère de l'île de Zante appartient au pliocène. Il y distingue trois termes ou groupes de couches. L'inférieur consiste en des amas gypseux régulièrement stratifiés, au nombre de huit, que l'on peut observer près

1. *Bull. Soc. géol.*, XXV, 1867.

de la ville de Zante. Le groupe moyen consiste en marnes blanches, bien développées au-dessous de la citadelle. Enfin le groupe supérieur est formé par des poudingues et des grès calcaréo-sableux jaunes, passant à une molasse coquillière qu'il nomme *panchina*.

Il existe encore un quatrième système de couches, formé de calcaires alternant avec des gypses, interposé entre les calcaires à Nummulites et les argiles, mais le gisement du pétrole est dans les argiles bleues, comme dans la vallée de la Vojutza

Les gisements de pétrole sont concentrés dans une petite plaine marécageuse. Les indices apparents de cette substance se traduisent sous forme de pellicules irisées à la surface des eaux stagnantes. Il n'existe point de sources proprement dites. Le gaz s'élève du fond du puits d'un mètre de profondeur, sous forme de bulles qui viennent crever à la surface; il est accompagné de naphte qui surnage, tandis que le goudron gagne le fond, où il forme des dépôts de pissasphalte de couleur noirâtre et de consistance visqueuse,

Lorsqu'on juge le puisard rempli d'une quantité suffisante de goudron on le transvase par des procédés primitifs et barbares qu'il serait inutile de perfectionner, puisque la production ne peut dépasser deux tonnes par an.

Ainsi il n'est pas difficile de reconnaître que le pissasphalte de Chieri est amené à la surface du marais par un jeu analogue à celui qui amène le pissasphalte de Rompzi dans la Vojutza.

Le pétrole provenant des argiles sous-jacentes aux terrains marécageux, on a entrepris des sondages destinés à

l'atteindre en profondeur. L'un d'eux poussé à 150 mètres a atteint la nappe pétrolifère à 48 mètres et a produit, au début, environ une demi-tonne. Un autre sondage est parvenu à 150 mètres, sans sortir des argiles bleues, et sans donner de résultat; un troisième sondage, poussé à 21 mètres, a fourni 5000 litres d'huile dans l'intervalle de sept heures, puis il s'est montré complètement stérile.

Les huiles minérales de Chieri sont très lourdes et de qualité inférieure, ce qu'il est facile d'expliquer puisque depuis des siècles le dégagement de gaz inflammable a pour résultat de les dépouiller de leurs principes les plus légers. Il est même rationnel de conjecturer que cette distillation spontanée amènera leur appauvrissement graduel, et leur épuisement complet, après lequel ils finiront par se transformer en bitume solide, ainsi que cela s'est déjà accompli pour les gisements de la mer Morte et de Scénitza.

Les sources de naphte dans la région du Caucase. — On possède actuellement un grand nombre de publications sur les gisements pétrolifères de la région du Caucase. Mais presque toutes se rapportent à l'histoire et à la statistique des exploitations, tandis qu'il règne encore une grande incertitude et beaucoup d'erreurs sur tout ce qui tient à la géologie de cette région. C'est ainsi que dans une notice sur les sources de naphte de la région du Caucase ¹, nous lisons : Les sources de naphte du Caucase occupent une région entièrement volcanique, et particulièrement riches en sources minérales de toute nature. L'activité volcanique est particulièrement sensible aux deux extré-

1. *Revue scientifique*, 1881, p. 337.

mités de la chaîne, à l'ouest, vers *Temrouck*, où un îlot s'est élevé subitement en 1879, dans la baie de ce nom; à l'est vers *Bakou* et dans la vallée de la Koura, où les deux tremblements de terre de 1859 et de 1872 ont presque entièrement dévasté la ville de Chemakha. A Bakou même, il s'est produit également à la même époque de nombreuses explosions de naphte, qui ont amené des projections d'argile et de pierres.

Le pétrole de la région du Caucase, d'après M. Daubrée ¹. — « La région qui entoure le Caucase est la plus privilégiée par l'abondance, et paraît constituer la principale zone pétrolifère de l'Europe. Le pétrole est renfermé dans les terrains tertiaires qui bordent l'extrémité orientale du Caucase et forment le littoral occidental de la mer Caspienne, aux environs de Bakou, et dans la presqu'île d'Aphéron. On l'exploite au moyen de puits, dans lesquels il continue à suinter depuis des temps reculés. Le plus abondant des 85 puits actuellement en exploitation fournit par jour plus de 2000 litres, et cela depuis un temps très long. En outre, on trouve à la surface même du sol un revêtement formé de bitume à peu près solide, ou ozokérite, que l'on exploite également, particulièrement pour la fabrication de la paraffine. Ces dépôts superficiels, qui ont la forme de coulées, partent de certains orifices et s'étendent sur plusieurs centaines de mètres, avec des épaisseurs de deux à trois mètres, paraissant provenir de l'oxydation et de la transformation du pétrole qui s'est épanché anciennement. »

1. *Substances minérales*, p. 85.

Le pétrole de Bakou. Géologie. — La chaîne des montagnes du Caucase se termine du côté de la mer Caspienne par la presqu'île d'Apchéron, dont la partie méridionale offre une baie sur laquelle est située la ville de Bakou.

La portion centrale de cette presqu'île est élevée de 80 mètres au-dessus de la mer Caspienne. C'est au centre de ce plateau que sont concentrées actuellement les exploitations du naphte. La série des couches tertiaires, surmontée de la formation aralo-caspienne quaternaire, s'y présente très bien caractérisée. Le naphte se trouve exclusivement dans le tertiaire; jamais dans la formation caspienne. Dans le tertiaire même il paraît presque uniquement concentré dans les sables ou grès de l'oligocène. Il existe d'ailleurs aujourd'hui encore à Balakhani des volcans de boue où se produit l'arrivée au jour des hydrocarbures ¹.

La profondeur des puits (50 mètres à 252 mètres) va sans cesse en augmentant, avec les progrès de l'exploitation. Cependant un puits poussé à 310 mètres n'a rien donné.

Il y a deux sortes de puits en exploitation : les puits fontaines, ou puits jaillissants, et les puits ordinaires, dans lesquels on puise ou on pompe le pétrole.

Quand les puits jaillissants cessent de couler, on puise le naphte.

Un puits dure en moyenne deux ans; il faut ensuite recommencer le fonçage jusqu'à ce qu'on arrive à un autre niveau suffisamment riche pour pouvoir être exploité avantageusement.

La production, qui était en 1865 de 9000 tonnes, arrivait

¹. Fuchs et de Launay, *Traité*, p. 96.

en 1885 à 990 000 tonnes. En 1890, elle était de 3 100 000 tonnes.

Il est impossible, en lisant la note consacrée par MM. Fuchs et de Launay de ne pas être frappé de la contradiction qui se manifeste entre la théorie éruptive et la disposition réelle des nappes pétrolifères reconnues par les sondages.

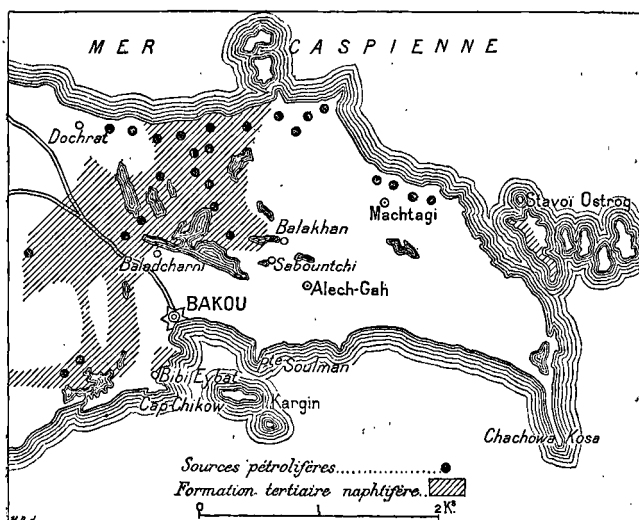


Fig. 22. — Carte de la région pétrolifère de Bakou.

C'est, comme le montre la carte fig. 22, en plein pays de plaine, que le terrain pétrolifère se développe. On ne peut douter que cette formation se poursuit, *au-dessous* de la formation aralo-caspienne, jusqu'à l'extrémité de la presqu'île.

Les terrains à pétrole et ozokérite du versant septentrional du Caucase, d'après M. Coquand ¹. — Les terrains

1. Bull. Soc. géol., 3^e série, VI, p. 86.

qui recèlent la cire fossile dans les montagnes de Karadji (Circassie) se rapportent, à part quelques différences près, terme pour terme, à ceux de même date qui se développent en Roumanie et en Galicie, sur les revers méridional et oriental des Carpathes. Ils font partie d'une formation que l'on peut suivre, presque sans interruption d'après le méridien de Bucharest jusqu'à celui de Bakou sur la mer Caspienne, à travers la Bessarabie, la Nouvelle-Russie, la Crimée, l'Abasie, la Circassie et le Daghestan.

Les volcans boueux de la presqu'île de Taman sont surtout remarquables par les dimensions colossales de leurs cônes. « Si je n'avais été prémuni par des études préalables j'aurais pu, dit-il, être conduit à invoquer, pour expliquer leur formation, l'intervention d'une cause énergique, pouvant se rattacher à la théorie des volcans. Mais, sachant que les volcans de boue ne surgissent que là où ces terrains contiennent du pétrole, que la boue rejetée n'est autre chose que de l'argile pétrolifère elle-même, délayée par les eaux d'infiltration, qu'il est facile, en procédant par voie d'ablation et en détruisant les réservoirs pétrolifères, de mettre fin à toutes ces éjaculations, on s'explique ces phénomènes très facilement, et sans recourir à des hypothèses hardies, dont la froide appréciation démontre l'inanité.

« Je ne saurais par conséquent me rallier à l'opinion de M. de Verneuil, qui estimait que la situation symétrique des deux systèmes d'éruptions boueuses des environs de Bakou, sur la Caspienne, et de la presqu'île de Taman, sur la mer d'Azof, ne pouvait être l'effet du hasard et révélait une cause connue et cachée dans les profondeurs du globe. Je ne conviendrai pas davantage que les volcans à pétrole

placés aux deux extrémités du Caucase paraissent en être une dépendance, et doivent être envisagés comme les derniers symptômes de l'action qui a élevé l'axe trachytique de cette chaîne à 5600 mètres de hauteur. »

Lors du voyage de M. Coquand dans ces contrées, l'ozokérite venait d'être découverte à 5 kilomètres environ de Kadadgi, dans des argiles grisâtres, divisées en blocs irréguliers et polyédriques par de nombreuses fissures, et imitant les fines veinules de carbonate de chaux de certains calcaires compacts. C'est dans ces fissures que s'est insinuée l'ozokérite, sous forme de pellicules minces comme une feuille de papier, ou sous celle de petites plaquettes de quelques millimètres d'épaisseur. Ce sont de simples enduits plutôt que de véritables veines ou des amas. Il est impossible de constater ni couches régulières, ni amas, ni rognons de la substance cirreuse. La cire fossile constituait à peine les deux millièmes de la roche abattue. Les argiles ozokéritifères exhalaient, au moment de leur extraction, une odeur très prononcée de pétrole. Deux sondages, de 60 mètres de profondeur, n'ont ramené que des argiles brunâtres fortement imprégnées de pétrole et de sel marin.

M. Coquand a aussi visité un point désigné par le nom de *Montagne des vieux puits de naphte*. Là, il se trouva en présence de grès à grains fins, alternant avec des marnes et des argiles bleuâtres, entièrement imprégnées d'asphalte. Pour montrer la riche teneur en bitume des grès imprégnés, il fait remarquer que le soleil se charge de la distillation des portions superficielles soumises à son action. Le produit de la distillation consiste en un immense gâteau de malthe et de bitumine glutineux, qui se met en mouvement

chaque été et s'avance à la manière d'une coulée de lave visqueuse, au point que les terrains asphaltiques sous-jacents se trouvent presque entièrement dissimulés sous une épaisse couche de goudron minéral ¹.

Les terrains pétrolifères de la région reposent directement et en concordance de stratification sur la formation du flysch, remarquable par la quantité prodigieuse de fucoïdes que renferment les grès et les calcaires.

Le naphte de la presqu'île d'Apchéron. — MM. N. Barbot de Marny et J. Simonowitch ont étudié la région du naphte de Binagady, à l'est de *Balakhany*. Ils attribuent à l'étage de naphte une puissance de 700 mètres. Il se compose de sables, qui prédominent, de grès argileux et d'argiles. Ces roches sont caractérisées en outre par la présence du gypse, du sel gemme et d'autres sels, surtout du sel de fer. Ce dépôt est en partie marin, en partie d'eau douce. Dans le cas où il se montre au jour, il est surmonté par des dépôts plus récents, dont la puissance ne dépasse pas 6 mètres, et qui font partie de l'étage aralo-caspien, composé lui-même de dépôts récents, comme coulées de volcans de boue, dépôts lacustres, dépôts de sources.

La structure géologique de la région de Binagady présente un pli anticlinal du N.-E. au S.-W., dont la voûte est en partie couverte. La série des couches à naphte est découpée par de nombreuses fissures, ayant quelquefois deux verstes de longueur, et jusqu'à deux mètres de largeur, mais pour la plupart elles sont fermées.

Les principales sources de naphte se trouvent dans les

1. Pétrole du Caucase, *Bull. Soc. géol.*, 1877, VI, p. 96.

couches inférieure et moyenne de l'étage. Les manifestations de naphte les plus intenses se font observer dans les régions de la grande action mécanique que les couches ont subie ¹.

Ansted. Les volcans de boue et de pétrole de la Crimée ².

— Le phénomène des volcans de boue se produit sur une grande échelle dans la partie orientale de la Crimée, auprès de Kertsch et dans la presqu'île voisine de Taman. En 1866, M. D. F. Ansted, qui venait de visiter la contrée, rendait compte de ses observations à la *Société royale de la Grande-Bretagne* et attirait son attention sur les points suivants :

« 1^o Les volcans de boue en général, et surtout ceux de la Crimée et de la Sicile, considérés comme phénomènes d'activité volcanique étouffée.

« 2^o La présence fréquente de pétrole, de naphte et d'autres hydrocarbures dans le voisinage des volcans de boue.

« 3^o L'existence de lignites, de houille, ou d'autres dépôts de matières organiques, végétales ou animales auprès des volcans de boue.

« 4^o Les rapports géologiques qui existent probablement entre les volcans de boue et les lignes reconnues d'énergie volcanique, les principales lignes d'élévation affectent de grandes surfaces, et les métamorphoses qui ont produit les hydrocarbures sous la forme de pétrole, de naphte, bitume et argiles bitumineux. »

« Les volcans de boue de la Crimée et de Taman sont très nombreux, et tous dans une région presque parallèle à l'axe

1. *Annuaire géol. univ.*, VIII, 1893, p. 498.

2. *Revue scientif.*, 1886.

du Caucase. On sait que de semblables volcans existent près de Tiflis, à moitié chemin entre la mer Noire et la mer Caspienne, à Bakou, sur la côte occidentale de la Caspienne et dans des îles qui se trouvent près des côtes orientales de la même mer. »

L'auteur décrit avec soin la formation de ces volcans, dont quelques-uns sont actifs, les autres inactifs, c'est-à-dire à l'état de cônes de boue desséchée.

Une particularité à noter, c'est la rencontre de nombreux fragments d'oxyde de fer.

Pour retrouver les volcans de boue, il faut se transporter jusque dans l'Italie septentrionale, où l'on en trouve de fort remarquables et bien connus à Sassuola et dans les provinces de Parme et de Modène.

« Dans tous les volcans de boue, dit M. Ansted, il paraît que de l'huile minérale, du naphthe ou du pétrole sort avec l'élément boueux qui forme l'éjection, ou bien est produite en quantité assez considérable par des sources ou des puits dans le voisinage. Ainsi à Bakou et sur d'autres points près de la mer Caspienne, la quantité de naphthe émise par les sources placées près des volcans boueux est très considérable, et continue de couler depuis un temps immémorial¹. »

L'auteur cite encore un grand nombre de points sur lesquels on a creusé dans le terrain tertiaire des puits fournissant du pétrole, puis il ajoute : « Il est prouvé que, dans tous les cas, les sources de pétrole sont reliées à des cre-

1. A cette époque, il n'était point encore question des grandes entreprises d'exploitation qui ont transformé la production des huiles minérales de cette région.

vasses, ordinairement situées dans des rocs argileux, que souvent l'huile sature entièrement. Ces sources traversent quelquefois des calcaires ou des grès compacts, et rendent ces rocs très bitumineux. »

Amérique du Nord. — En ce qui concerne l'Amérique du Nord, je ne saurais avoir la prétention de citer tout ce qui a été publié depuis une trentaine d'années, mais je dois me contenter de mettre à profit les publications en français qui ont paru à ce sujet. Voici d'abord un extrait du *Rapport du Jury de l'exposition internationale de Paris en 1867*¹ par M. Daubrée. Il renferme, à côté des données statistiques, des informations très importantes sur le gisement et la manière d'être du pétrole.

« Les roches dans lesquelles des milliers de puits sont forés appartiennent aux terrains stratifiés, et constituent, par conséquent, des couches. Contrairement à ce qui arrive pour beaucoup de substances minérales, telles que la houille, qui sont restreintes à certains étages déterminés, les couches qui fournissent l'huile minérale appartiennent à plusieurs étages très différents de la série. »

Dans le Kentucky et la Tennessee, le pétrole est fourni par les couches siluriennes inférieures, c'est-à-dire les roches stratifiées les plus anciennes. Un seul puits du Kentucky, percé dans ces conditions, a débité environ 7 500 000 litres.

Un autre niveau très productif, celui du Canada occidental, appartient au dévonien inférieur. C'est au même dévonien, mais à son étage supérieur (Chemung et Portage), qu'appartiennent les couches les plus riches, celles de la

¹ *Substances minérales*. Paris.

Pensylvanie occidentale du groupe important de Oil-Creek.

A un niveau encore plus élevé, et à divers étages du carbonifère se trouvent des sources très abondantes. Les plus importantes, de la Virginie occidentale, appartiennent au carbonifère supérieur.

« Dans certaines couches de ces terrains, le pétrole remplit les cavités des fossiles, orthocères, brachiopodes et coraux. Il imprègne aussi certaines parties poreuses de la roche. Ces parties oléifères sont souvent entourées de calcaire compact et sans traces de pétrole.

Ce n'est pas irrégulièrement, au milieu des vastes-étendues qu'occupent ces différents terrains, que les puits forés sont productifs. Les couches qu'ils percent paraissent devoir satisfaire, de même que quand il s'agit de nappes d'eau, à certaines conditions spéciales, que l'expérience a commencé à faire connaître.

Au Canada, comme aux États-Unis, les couches de pétrole les plus abondantes sont dans les parties où les couches sont ployées et sur les amas anticlinaux. Dans ces parties disloquées, il s'est formé des cavités, des crevasses et des failles, qui servent de collecteurs naturels. L'huile minérale s'y est rassemblée en abondance, en même temps que l'eau salée et le gaz hydrogène carboné dont elle est généralement accompagnée. »

« Dans le cas où le pétrole jaillit par ces surfaces anticlinales, on remarque qu'une couche d'argile le recouvre comme un toit, de manière à l'empêcher de s'échapper avant le moment où la sonde vient percer l'enveloppe argileuse. Dans le réservoir qui renferme à la fois l'eau

salée, le pétrole et le gaz, quelles que soient sa forme et sa disposition, verticale ou inclinée, ces trois substances sont nécessairement disposées suivant leur ordre de densité. Selon la partie que la sonde vient frapper, ces trois substances se présentent successivement ou simultanément et dans des circonstances différentes. L'élasticité du gaz hydrogène carboné explique la sortie impétueuse et spontanée du pétrole, des puits récemment ouverts, d'où il jaillit, souvent en volume considérable, à des hauteurs de plusieurs mètres. »

« Dans la Pensylvanie occidentale, principal centre d'exploitation, et où les puits les plus abondants sont disposés en quatre groupes, on a remarqué que la quantité de pétrole est proportionnelle à la profondeur atteinte par le forage. Les plus productifs sont à la profondeur de 180 à 200 mètres. La qualité elle-même paraît être aussi en rapport avec la profondeur des puits ; les huiles légères viennent des plus grandes profondeurs. On conçoit que, dans le voisinage de la surface, les huiles aient pu s'oxyder et s'épaissir. La plupart des huiles de West-Virginie, qui sortent du terrain houiller, sont lourdes et servent principalement pour le graissage des machines. C'est ce qu'on observe clairement dans les puits de la région sud-ouest du Canada, dans les dépôts quaternaires qui recouvrent le dévonien sur des épaisseurs de 15 à 60 mètres. A la base de ces argiles quaternaires, on trouve assez souvent des couches de graviers saturés de pétrole ; mais ces dernières, bien qu'assez productives, sont bientôt épuisées. Cette huile de surface, devenue plus dense et plus visqueuse, est recherchée comme huile lubrifiante. »

« Dans certains cas, la quantité de l'huile est aussi influencée par la présence du soufre, qui lui communique une odeur très forte, même à l'état naturel; c'est ce qu'on voit pour les huiles du Canada occidental, où le pétrole paraît associé à des couches qui renferment du soufre, et à des sources sulfureuses ¹. »

Observations. — Il me paraît nécessaire, avant d'aller plus loin, de faire observer la contradiction qui existe entre les premières affirmations de M. Daubrée et ce qui vient d'être dit. En effet, « les roches dans lesquelles sont forés les puits appartiennent aux terrains stratifiés et constituent des *couches* », pétrolifères ou non, voilà qui est positif. Ce qui l'est beaucoup moins, c'est l'existence de ces cavités, de ces crevasses, de ces failles, dans lesquelles l'huile minérale se serait rassemblée en grande abondance, et qu'il faudrait par conséquent atteindre, pour obtenir le jaillissement de l'huile, ce qui n'est nullement prouvé et reste à l'état de simple conjecture. Or cette conception de M. Daubrée est devenue avec le temps une *doctrine*, sur laquelle se sont appuyés la plupart des auteurs qui s'occupent du pétrole. Sans entrer pour le moment dans la discussion sur sa valeur, je me bornerai à dire que rien dans nos observations sur les gisements asphaltiques et bitumineux n'est venu l'appuyer ou la confirmer.

L'hypothèse des cavités souterraines formant des réservoirs du pétrole est absolument inadmissible au point de vue géologique. Si de semblables cavités existent dans les régions calcaires, où on les connaît sous le nom de

¹. *Rapport*, p. 73.

grottes, de cavernes, etc., elles ne renferment jamais de pétrole, mais seulement de l'eau ordinaire. Les terrains argileux ou sableux n'en présentent jamais. A supposer même qu'il en existe, on peut toujours se demander comment elles se seraient formées, au milieu de terrains dans lesquels il n'existe pas de dislocation, qui présentent des alternances variées de sable, d'argile, de grès, etc.? Comment expliquer la *venue*, ou les *émanations* d'huile, de gaz, d'eau, dont on les suppose remplies? Qu'advierait-il de ces cavités une fois privées des substances qui les occupaient? Disons-le bien, l'*invention*, si elle est commode pour ceux qui l'invoquent, ne résout aucune des faces du problème de l'association constante des pétroles, aux sources minérales et aux gaz, sur quelque point de la surface de la terre qu'on veuille l'appliquer.

Les pétroles d'Amérique d'après Fuchs et de Launay¹. — Le chapitre consacré par MM. Fuchs et de Launay aux pétroles d'Amérique, résume de la façon la plus satisfaisante toutes les données géologiques relatives aux huiles minérales de cette partie du monde, aussi serai-je dans le cas de citer textuellement bien des pages de ce travail.

« *Pensylvanie*. La région du pétrole pensylvanien, qui a une cinquantaine de kilomètres de largeur, est située entre le lac Érié et les Alleghany, dans le prolongement de la dépression du Saint-Laurent, elle-même parallèle aux grands plissements de la région. Les puits à huile sont groupés en un certain nombre de districts qui sont du nord au sud. »

« *Groupe de Mac'Kean, groupe de Waren et de Forest,*

1. *Traité*, p. 72-94.

groupe de Venango, groupe de Lawrence, groupe de Butler. »

« C'est surtout le bassin de l'Alleghany, affluent de l'Ohio, qui est riche en huile minérale; il traverse successivement les districts de Bradford, de Forest, de Venango et de Buller. Les sources de gaz naturel sont principalement groupées à l'est et au sud de Pittsburg. »

« Tous les terrains de la région pétrolifère forment des couches très régulières, affectant un plongement général vers le sud-ouest. Les niveaux où le pétrole a été trouvé vont de l'étage dévonien de Portage Chemung au terrain houiller de Pensylvanie (fig. 24).

« D'une façon plus particulière, un sondage fait aux environs de Pittsburg traverse les terrains représentés sur la fig. 25. »

De l'inspection de cette coupe il résulte :

1° Que le terrain houiller et anthracifère, avec une assise de 120 mètres de grès à imprégnation pétrolifère, est régulièrement superposé au dévonien, constitué par trois zones pétrolifères séparées par des schistes.

2° Que les terrains se divisent en deux catégories distinctes : les sables et les grès riches en pétroles; les schistes et les roches compactes stériles. On n'a jamais trouvé de pétrole ailleurs que dans les grès et les sables.

« C'est à notre avis, disent MM. Fuchs et de Launay, une preuve bien nette que le pétrole ne s'est pas formé sur place, mais provient du dessous et s'est épanché, à la façon d'une eau artésienne, dans les strates perméables qu'il a rencontrées ¹. »

1. Cette preuve évidente me paraît au contraire des plus contestables. Il en est ici comme des cavités et des réservoirs de M. Daubrée.

Les strates perméables pétrolifères sont, dans l'ensemble de la Pensylvanie et y compris les trois grands niveaux de Pittsburg, les huit suivantes (fig. 23) :

1° *Grès de Mahoning*, exploités à Dunkard Creak.

2° et 3° *Conglomérats de Pottsville et grès de Berea*. — Traces d'huile dans les comtés de Washington, Beaves, Lawrence, etc.

4° *Grès de Butler*. — Niveau de gaz pétrolifères d'une certaine importance, ayant produit beaucoup de gaz dans le comté de Butler (au nord de Pittsburg).



Fig. 23. — Coupe de la région pétrolifère de Pensylvanie et du Canada.

5° *Groupe pétrolifère de Venango*. — Ce niveau couvre la partie sud-ouest du comté de Warren et presque tout le comté de Venango. On y a obtenu beaucoup de gaz dans la partie sud du comté de Venango.

6° *Groupe de Warren* (au nord du précédent). — Étage de Chemung. L'épaisseur de ce groupe est d'environ 200 mètres. On y rencontre quatre ou cinq niveaux de sables productifs, les uns donnant huile et gaz, les autres gaz seulement.

7° *Groupe de Mac-Kean* (au nord-est du précédent). — L'épaisseur de ce groupe paraît être d'environ 800 mètres.

Le pétrole des États-Unis, d'après W. Fonvielle ¹. —

1. *Le pétrole*, p. 62.

La zone sur laquelle sont disséminés les pétroles de la

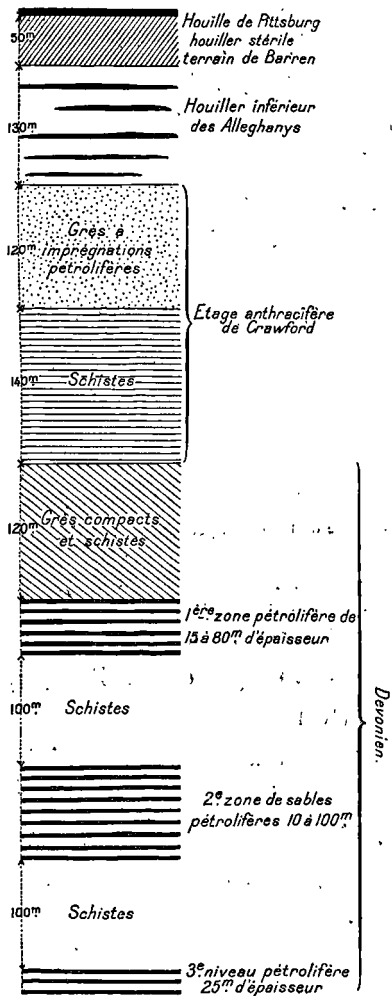


Fig. 24.

Pensylvanie est distribuée de la façon la plus irrégulière.
 Cette zone forme une vaste bande de 4 ou 500 kilomètres

de longueur, et dont, dans certains endroits, la largeur va jusqu'à une centaine, (fig. 25). Elle se trouve bornée par les lacs et les Alléghanys, commence dans le sud du Canada, traverse l'État de New-York, s'épanouit dans la Pensylvanie,

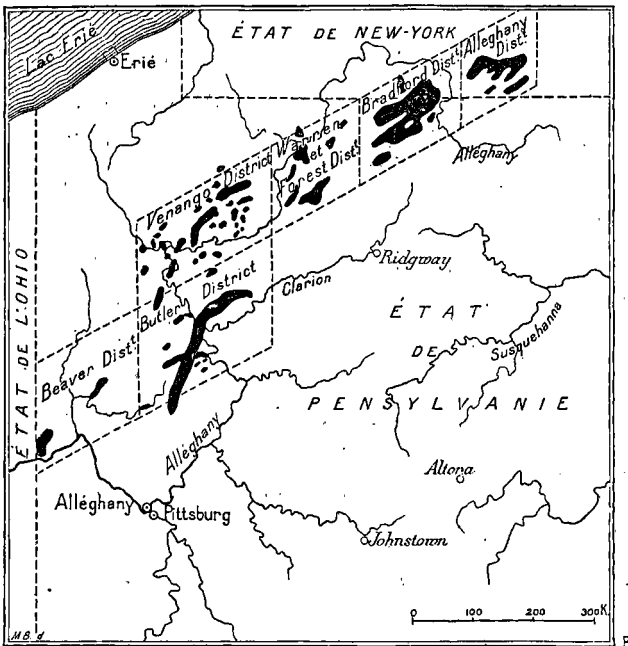


Fig. 25. — Carte de la région pétrolifère de la Pensylvanie.

où elle atteint sa plus grande richesse. Enfin, elle va mourir dans le Kentucky; mais la superficie des districts oléifères proprement dits est très faible. On en comptait, à la fin de 1883, six oasis, dont le principal avait 300 kilomètres carrés, superficie égale à celle de tous les autres. L'ensemble de ces régions où la sonde peut, presque

partout, être employée avec des chances sérieuses de succès, présente un territoire à peine supérieur à celui du département de la Seine. Les exploitations sont si serrées que, dans cet espace si limité, on ne comptait pas moins de 20 000 puits différents ¹.

Pétroles du Canada. — Les pétroles du Canada se relieut intimement à ceux de Pensylvanic, dont ils prolongent l'alignement. Certains géologues les placent dans le silurien inférieur, d'autres à la base du cambrien. En tout cas, ils sont plus anciens que ceux de Pensylvanie.

« Un caractère remarquable de l'huile du Canada, d'après MM. Fuchs et de Launay, c'est la profusion de débris de mollusques et de crustacés, avec quelques traces de végétation marine qu'elle contient. C'est un des faits les plus sérieux sur lesquels on s'est basé pour attribuer au pétrole une origine organique.

« Les principales sources sont situées entre Dereham et Enniskillen, dans un long anticlinal, formé de calcaire surmonté par des schistes. Le pétrole semble être accumulé dans des cavités du calcaire. »

L'huile du Canada est assez légère, de densité 0,795, de couleur sombre et d'une mauvaise odeur. Le territoire pétrolifère s'étend sur 200 milles carrés. M. Crew cite une trentaine de sources, ayant de 30 à 80 mètres de profondeur et dont les plus importantes donnent 6 à 7000 barils par jour.

1. Le peu d'étendue des terrains réellement pétrolifères d'Amérique doit être mis en regard de l'énorme superficie des dépôts russes.

L'ozokérite de l'Utah, États-Unis ¹. — « Tout récemment (1885), on a découvert, non loin du Great salt lake City, un immense gisement d'ozokérite, une vaste carrière de cire naturelle. Ce dépôt occupe une étendue de plus de 60 milles de long, sur 20 milles de large; l'épaisseur de la couche est estimée à vingt pieds. Cette cire minérale diffère de celle de la Galicie par la couleur, elle est noire, les brisures sont transparentes.

Le professeur Newbury attribue la formation de cet immense dépôt à la distillation d'une couche de lignite crétacé, et croit qu'il est le résidu d'un pétrole excessivement riche en paraffine.

Le pétrole du Colorado ². — La région pétrolifère du Colorado est située dans la vallée de l'Arkansas, sur le flanc est des Montagnes-Rocheuses. Les sources sont placées dans un bassin synclinal, où apparaissent de haut en bas : le crétacé, avec le groupe du Colorado (niveau de Dakota, Benton et Niobrara), le groupe du Montuna (niveau de Pierre et de Fox-Hills) et le groupe de Laramie, puis le jurassique, le trias, le carbonifère, etc. L'huile provient surtout du niveau de Pierre, épais d'environ 1000 mètres et formé d'argiles grisâtres, ayant parfois une tendance à devenir sablueuses. On trouve également un peu d'huile à la base du jurassique. Cependant M. Eldridge pense que l'huile doit provenir de décompositions organiques dans le niveau de Pierre, parce que si elle s'élevait de plus bas par des fissures, il devrait monter, en même temps, de l'eau provenant des nappes aquifères du Dakota.

1. Hue, *le Pétrole*, p. 125.

2. *Traité*, p. 92.

Bitume de la Trinité. — Le bitume se présente dans l'île de la Trinité dans deux gisements de nature très différente, celui du lac de la Braie, en masse affleurant à la surface, et celui des grès et calcaires asphaltiques d'âge crétacé et tertiaire. Comme on le verra, le premier n'est autre chose que la réapparition à la surface du bitume de formation plus ancienne (fig. 26).

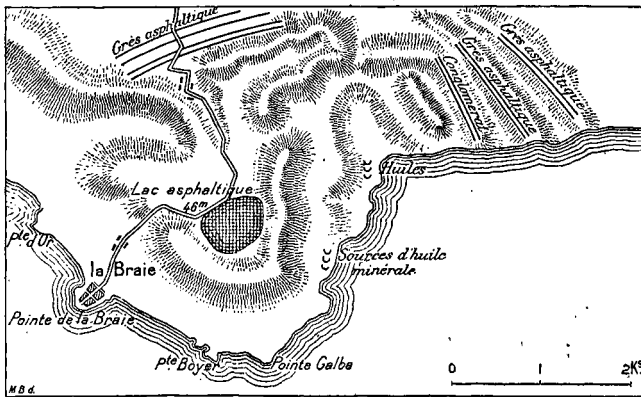


Fig. 26. — Carte du gisement bitumineux de la Braie, Trinité.

On observe au centre de l'île le *groupe ancien de Paria*, composé de grès assez dur, de schistes et de roches argilo-calcaires. Certaines couches gris foncé sont imprégnées de bitume. « Des substances bitumineuses s'échappent également à la base de la montagne sous forme de sources avec huile asphaltique et hydrogène sulfuré. »

Le groupe supérieur de Paria est miocène. C'est une succession de calcaires, de schistes, sables ferrugineux, conglomérat, argiles, marnes, formant un bassin dans lequel se trouve le gisement du lac de la Braie. On dis-

tingue du reste plusieurs assises, plus ou moins bitumineuses et lignitiformes.

Le lac de la Braie est situé sur la côte ouest de l'île, à 1500 mètres du rivage et à une altitude d'environ 45 mètres.

« Ce prétendu lac, disent MM. Fuchs et de Launay, n'est en réalité pas autre chose qu'une étendue solide, où piétons et voitures peuvent circuler. Il est de 40 hectares environ, et entièrement formé de bitume solide, parsemé de quelques filots de terre avec des arbres, et sillonné de canaux sinueux remplis d'eau. »

« Au milieu du lac il existe deux ou trois points d'émission du bitume, où la matière reste plastique et n'a pas encore perdu ses huiles volatiles. Les canaux des environs sont remplis d'une eau sulfureuse et colorée. On y sent l'odeur de l'hydrogène sulfuré. »

Les excavations pratiquées dans la masse se remplissent d'elles-mêmes jusqu'à présent, ce qui tient à la plasticité du produit, mais non à l'émission qui a probablement cessé de nos jours. « Dans les environs du lac de la Braie, à Oropuch, un sondage pratiqué par les Américains donne de l'huile de naphte de bonne qualité. »

La note de MM. Fuchs et de Launay renferme deux cartes, montrant que toute cette partie de l'île est formée de terrains asphaltiques, gisement primitif du bitume exploité actuellement, tant au lac de la Braie qu'à Guaracaro dont nous parlerons encore.

Un second gisement de bitume existe à Guaracaro (district du Mont-Serrat). « C'est entre deux falaises tertiaires, soulevées et ensuite rongées par les agents atmo-

phériques, que se sont déposés les terrains argilo-marneux renfermant un bitume très particulier, à 9,50 de cendre seulement, alors que le bitume brut du lac de la Braie en donne 47. »

« Il est possible que l'on doive rattacher cette formation à celle des volcans de boue, si fréquents sur le reste de l'île. Ces volcans sont constitués par des cônes de 0 m. 50 à 1 mètre d'argile bleutée, qui sort en suspension dans l'eau avec des hydrocarbures et de l'eau salée. Le gisement de Guaracaro ne serait ainsi qu'une reproduction en grand de ce phénomène.

« Au point de vue de l'origine des hydrocarbures à la Trinidad, M. Wall affirme que, lorsque le bitume était encore à la place où il s'était formé, il se trouvait dans des schistes particuliers, ayant contenu des matières végétales dont on retrouve la trace en dissolvant le bitume.

« Il en résulte que le bitume serait un produit de décomposition des matières organiques comparables au lignite formé à la température ordinaire des Antilles. » Cette théorie est contestée par MM. Fuchs et de Launay.

Le bitume de Cuba d'après M. Narcy¹. — L'île de Cuba possède de nombreux gisements de bitume, mais c'est seulement autour de la Havane qu'ils ont été étudiés. Ils *paraissent* se lier aux affluents syénitiques, d'où coule un bitume liquide, et sont disséminés dans les terrains de transition et dans les terrains houillers.

Les localités de Regla, Guanabacoa et Bajanbayo sont entourées de bitume solide. On trouve du pétrole entre

1. *Bitumes*; p. 82.

les villes de Matausias et de la Havane. A Casualidad, on a signalé une houille bitumineuse, enfermée dans une roche tendre, fragile, contournée et d'une couleur vert jaunâtre. Ce combustible très friable a une poussière brune, se polissant sous le pilon comme celle de quelques résines. Elle brûle avec beaucoup de fumée et de flamme, fond comme le bitume, et laisse un coke léger et bitumineux.

A Banes, à l'ouest de la Havane, on a commencé l'exploitation de mines de bitume, placées près de la rivière du même nom. La richesse de ce minerai est remarquable, il possède une teneur de 73 à 93 p. 100.

Les produits gazeux contiennent de l'hydrogène sulfuré, de l'ammoniaque, etc. ; les produits liquides comprennent de l'eau, de la paraffine, etc. ; le résidu comporte une quantité de cendres variable.

Bitume du calcaire de la Havane, d'après M. H. de Saussure. — Les côtes de Cuba, au voisinage de la Havane, sont formées par des falaises d'origine moderne ou tertiaire, composées d'un tissu de madrépores souvent très bien conservés, et dont les interstices sont remplis de débris de ces mêmes madrépores, de coquilles diverses, de grains de sable, etc.

Ces éléments sont par places plus ou moins fondus ensemble et constituent alors une roche plus ou moins compacte. Sur d'autres points de la côte, on trouve une roche calcaire du même âge, qui, s'abaissant graduellement sous le niveau de la mer, a été en partie détruite par l'érosion. En se promenant à marée basse sur ces calcaires, on remarque, de distance en distance, de petits pâtés de bitume de la grosseur d'une noix ou d'un œuf de

pigeon. Ce bitume dont la consistance est intermédiaire entre celle de la poix et du bitume sec provient certainement de la décomposition des substances animales, qui ont été emprisonnées dans le calcaire pendant la période de sa formation. Je suppose que, au fur et à mesure que les débris de coquilles et de madrépores s'aggloméraient entre eux, les substances organiques se groupaient de leur côté par petites masses, et qu'ensuite la pression des sédiments superposés ensevelissait ces petites masses, qui se trouvent ainsi remplir les vacuoles de la roche devenue solide.

Dans certains cas, d'ailleurs, ces vacuoles sont constituées par le vide de coquilles, tels que les murex, les strombes, etc.

Ces pâtés de bitume ne seraient donc autre chose que la réapparition à la surface de la substance emprisonnée dans la roche par suite de l'érosion et de l'action de la chaleur. Il suffirait pour s'en assurer de creuser à une faible profondeur, mais je n'ai pu disposer du temps nécessaire pour faire d'autres observations. De plus, les échantillons que j'avais recueillis ont été perdus avec la caisse qui les contenait, dans le trajet qui devait les ramener en Europe¹.

Observations. — Comme on le voit, le gisement du bitume dans l'île de Cuba n'est pas limité aux terrains anciens, mais il se rencontre aussi dans une formation moderne. On peut se demander si les observateurs auxquels M. Narcy emprunte sa description des gisements ont ignoré celui qui fait l'objet de la note de M. de Saussure. Quoi qu'il en soit, nous trouvons ici l'exemple le mieux défini de la

1. Communication de M. H. de Saussure à Genève.

présence du bitume dans le terrain de transition puisque MM. Fuchs et de Launay disent qu'il en est un certain nombre qui présentent une association remarquable avec des roches éruptives : ainsi ceux de Cuba.

Le bitume flottant de l'océan Atlantique. — Il n'est pas rare que les vaisseaux qui doublent le cap Vert, sur la côte occidentale de l'Afrique, presque sous l'Équateur (Sénégal), aient à traverser une nappe d'huile, qui recouvre les flots sur une surface de plusieurs centaines de lieues carrées.

« Le même phénomène se rencontre quelquefois près de l'île de Terre-Neuve, non loin de la côte orientale de l'Amérique du Nord. Sous l'action du soleil, l'huile s'évapore presque en totalité, et le résidu de cette évaporation constitue les globules et rognons de matières solides que l'on voit dans ces parages, flotter sur les eaux de la mer ¹. »

D'où vient cette huile abondante flottant à la surface de l'Océan? C'est ce que l'auteur auquel nous empruntons ces lignes ne nous dit pas. En revanche il a osé une explication au sujet de l'ambre gris que l'on a rencontré dans l'intestin du grand cachalot et qui aurait été absorbé par l'animal.

IV. — Les gaz naturels combustibles.

Généralités. — Le gaz naturel aux États-Unis. — Le gaz naturel des régions pétrolifères de la Pensylvanie. — Le gaz inflammable des bassins du Doubs. — Conclusions.

Généralités. — Les gaz naturels combustibles qui accompagnent presque toujours les gisements de pétrole peuvent

1. Figuié, *Les merveilles de la science*.

exister à l'état latent et sous pression dans les terrains, ou bien se former par transformation chimique du pétrole au moment où la sonde atteint la nappe souterraine. (Ces gaz peuvent d'ailleurs exister ou se former en dehors des régions pétrolifères; ils ne sont pas toujours un indice de l'existence de l'huile minérale.)

Il n'est presque pas de gisement d'asphalte ou de pétrole dans lequel ne se manifestent des dégagements de carbure d'hydrogène, en proportion plus ou moins considérable. Dans les mines de houille où il est connu sous le nom de *grisou*, il est aussi quelquefois très abondant. On ne saurait donc douter que, comme le gaz des marais, il provienne de la décomposition des matières organiques.

Cependant il est certains auteurs qui ont voulu le considérer comme une des manifestations qui caractérisent la période terminale des éruptions volcaniques.

Ainsi, M. de Lapparent relie les salses et volcans de boue de l'Italie, du Caucase, aux solfatares des volcans d'une part, et aux dégagements d'hydrocarbures, en Amérique et dans diverses contrées. Il cite le fait qu'une source de bitume émerge d'une colline appelée le Puy de la Poix et découle également des fissures d'un tuf volcanique à Pont-du-Château en Auvergne.

Il n'entre pas dans le cadre de ce travail de faire une étude de toutes les émanations gazeuses qui se manifestent partout, tantôt en connexion directe avec les gisements bitumineux, tantôt isolément et loin de ceux-ci. Mais il me paraît nécessaire d'insister sur ce fait que la transformation des matières organiques en gaz naturels, telle que nous l'observons dans la nature, nous permet de conclure

que ce phénomène est identique à celui qui, dans les temps géologiques, a donné naissance aux hydrocarbures combustibles répandus en Amérique, et qui accompagnent généralement les bitumes et les huiles minérales. Renvoyant donc à ce qui a été dit de ces gaz dans l'étude des gisements asphaltiques et pétrolifères, je me bornerai à reproduire quelques notes sur le gisement du gaz dans les régions pétrolifères de l'Amérique du Nord, en y ajoutant quelques mots sur un exemple assez remarquable de formation actuelle de gaz hydrogène carboné.

Le gaz naturel aux États-Unis ¹. — Les grands gisements de gaz naturel industriellement exploités sont concentrés dans les deux États voisins de l'Ohio et de la Pensylvanie. En outre, de nombreux sondages ont retrouvé les mêmes gaz plus au nord, entre Québec et Montréal et dans la vallée du Saint-Laurent.

D'une façon générale ces gaz sont en relations étroites avec les pétroles exploités dans les mêmes parages, mais suivant les points la proportion est très variable. Le plus souvent les puits riches ne se trouvent que sur les lignes anticlinales des plissements du terrain, ce qui peut s'expliquer aisément par la concentration, suivant ces lignes, de tous les gaz enfermés dans les strates et ayant une tendance à gagner les parties les plus élevées.

Au point de vue géologique, on rencontre les gaz aussi bien que les pétroles dans des terrains d'un âge géologique très divers, ainsi dans les schistes du carbonifère inférieur en Pensylvanie, dans le calcaire silurien de Trenton plus

1. Fuchs et de Launay, p. 57.

à l'ouest, dans le silurien inférieur, au Canada. Ces gaz emmagasinés s'y trouvent sous de très fortes pressions, ayant atteint jusqu'à 66 atmosphères.

Le gaz naturel des régions pétrolifères de la Pensylvanie ¹. — Deux géologues américains, MM. I. F. Carl et Lesley, ont étudié méthodiquement les gisements de pétrole et de gaz naturel de la Pensylvanie. Au point de vue pratique, M. Lesley conclut ainsi : 1° il ne peut pas y avoir de gaz dans les roches anciennes occupant le tiers S.-E. de l'État; 2° il ne peut pas en exister davantage actuellement dans la région paléozoïque plissée et disloquée du centre; 3° là où les terrains ont conservé sur une grande étendue leur disposition plane originelle, comme dans tout le N. et P.W. de la Pensylvanie, il y a toujours des chances pour rencontrer du gaz à une certaine profondeur, dépendant de la place occupée dans la série stratigraphique par la couche affleurant extérieurement; 4° quand les dépôts houillers bitumineux ont été transformés en anthracite, il est naturel de penser que la cause de cette métamorphose, quelle qu'elle soit, a dû agir sur toute la colonne verticale des roches adjacentes, et par conséquent faire disparaître le gaz s'il y existait auparavant; 5° partout où il existe du pétrole, on peut être certain de trouver également du gaz.

Le gaz inflammable des bassins du Doubs. — La rivière du Doubs, à partir de sa source au flanc nord du Mont Rizoud, traverse une série de vallons et de cluses, dont le fond est constitué par des dépôts d'alluvions, qui ont remplacé des lacs plus ou moins étendus. Deux de ces lacs,

1. *Annuaire géologique universel*, 1887, III, p. 736.

ceux de Remoray et de Saint-Point, existent encore. On peut aussi donner le nom de lac à la nappe d'eau qui, entre les Brenets et Chaillexou, précède les bassins du Doubs, encaissés entre deux parois de roches. Mais ce lac, lui aussi, est en voie de comblement par les alluvions limoneuses de la rivière, car, en temps de basses eaux, on voit apparaître

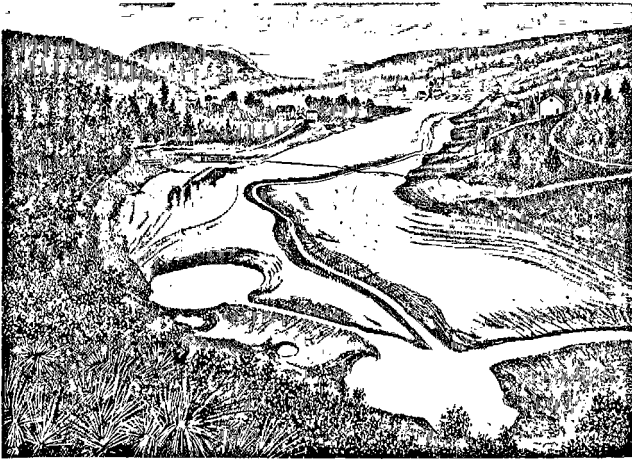


Fig. 27. — Un laboratoire de gaz naturel. Le lac des Brenets, le 23 septembre 1893.

le fond, rempli d'un puissant dépôt de vase, au milieu duquel un maigre ruisseau creuse son lit en méandres capricieux (fig. 27). La rivière elle-même s'est frayé un parcours souterrain et va reparaître en sources abondantes dans les bassins inférieurs.

C'est grâce à cet assèchement presque total du bassin lacustre, qu'il est possible de se rendre compte d'une série de phénomènes extrêmement curieux au sujet de la formation du gaz hydrogène carboné ou gaz des marais. Disons

d'abord que l'étiage de la rivière se manifeste régulièrement en été et hiver, mais ce n'est que périodiquement qu'il atteint sa plus grande intensité. Il a été particulièrement remarquable dans les hivers de 1858 et 1892, et dans les étés de 1870 et 1893.

La congélation totale de la surface des bassins survient ordinairement en novembre ou en décembre. A ce moment l'eau est à son niveau moyen, soit à 12 ou 13 mètres au-dessus de l'étiage. De jour en jour la glace augmente d'épaisseur, mais en même temps le débit de la rivière diminue, ce qui entraîne peu à peu l'abaissement du niveau de la glace, en sorte que celle-ci finit par reposer sur le fond vaseux des bassins, sur lequel elle opère une pression comparable à celle de la cloche d'une usine à gaz. On voit alors apparaître de nombreux globules de gaz qui, arrivés au contact de la glace, sont emprisonnés et superposés en forme de lentilles dont le diamètre moyen est de 4 à 5 centimètres. Il suffit alors de perforer la glace sur ce point et d'approcher de l'ouverture une allumette enflammée pour voir se produire des flammes de plus de deux mètres de hauteur, pendant une durée d'une minute environ. Aux approches de la nuit, le spectacle est particulièrement imposant, et rappelle celui des macalubes, des salses et des volcans de boue de la Crimée.

Que ce gaz provienne de la vase limoneuse du fond des bassins, c'est ce dont on ne peut douter, mais la seule décomposition des plantes aquatiques ne saurait expliquer son abondance. Il fallait les phénomènes de l'étiage d'été pour en révéler la véritable cause.

La fig. 27 représente l'aspect du lit du Doubs le 23 sep-

tembre 1893. A ce moment rien ne rappelait les émissions de gaz de l'hiver précédent. En revanche, il suffisait de s'approcher des deux rives pour constater la présence d'une multitude de mollusques aquatiques, et en particulier d'andonnés de grande taille, les uns vivants, les autres en voie de décomposition plus ou moins avancée. C'était à la fois un vivier et un laboratoire de chimie, dans lequel s'opérait sur une grande échelle la transformation des substances animales en matières grasses et en gaz. Cet état de choses, qui s'était manifesté graduellement pendant la sécheresse de l'été, allait prendre fin dans l'espace de quelques heures. Au moment même où le photographe venait d'obtenir le cliché de notre figure, la pluie commençait à tomber, et quarante-huit heures après, le lac était revenu à son niveau moyen, les eaux ensevelissaient ainsi les substances organiques en voie de décomposition, mais on ne peut douter qu'il en résultait des changements importants dans le *processus* de cette décomposition. Si la production d'hydrocarbures liquides ne peut être affirmée, tout au moins avons-nous là une sorte de révélation sur la formation des couches de *calcaire fétide* ou *bitumineux*, ou encore du *stinkstein* et même des calcaires asphaltiques de Lobsann ¹.

Conclusions. — L'étude que nous venons de faire des gisements bitumineux solides, liquides ou gazeux, observés dans les différentes contrées du globe nous a permis de

1. Voir, à ce sujet, une note très importante extraite des *Études* de M. H. Fayol : « La proportion des matières organiques contenues dans le limon des rivières dépasse parfois 30 0/0. Pour le Doubs, dont le bassin est entièrement calcaire, M. Parandier a constaté que le limon renferme au moins 30 0/0 de débris organiques fortement azotés et 70 0/0 de substances minérales. »

reconnaître partout des *dépôts stratifiés* d'asphalte, de bitume et de pétrole, souvent associés au sel, au gypse, au sulfure de fer et aux sources minérales. Un grand nombre de ces dépôts constituent des *bassins asphaltiques* ou *pétrolifères*, plus ou moins riches, dont l'exploitation exige le forage de puits, le creusage de galeries qui ont permis d'établir assez exactement les allures souterraines des hydrocarbures naturels.

Nulle part ces travaux n'ont fourni la preuve qu'il existe des *réservoirs* ou des *cavités*, comparables aux *cavernes* des régions montagneuses. Partout, les hydrocarbures sont à l'état d'*imprégnation* ou de *mélange* avec les roches dans lesquelles on les exploite.

Lorsqu'ils existent à l'état visqueux ou solide, il y a des présomptions sérieuses que cet état ou manière d'être est dû à des phénomènes particuliers de concentration, opérés soit au moment du dépôt, soit postérieurement à celui-ci.

L'existence de filons ou de gîtes éruptifs, anciens ou récents, n'est établie nulle part d'une façon certaine et indiscutable, mais il peut arriver que, par un déplacement postérieur, il y ait remplissage latéral ou de haut en bas, de fissures existant dans les roches.

CHAPITRE VII

CAUSES DE LA FORMATION DES SUBSTANCES BITUMINEUSES

I. — Remarques préliminaires sur la fossilisation.

Considérations générales. — Formations calcaires. — Formations argileuses. — Formations sableuses. — Fossilisation des substances organiques animales. — Calcaires bitumineux. — Fossilisation des végétaux. — Houillification. — Bituminisation. — Végétaux aquatiques, algues, fucus. — Résine fossile, ambre, succin.

Considérations générales. — Les phénomènes de sédimentation et de fossilisation sont encore mal connus et n'ont fait l'objet d'aucun travail quelque peu étendu. On a étudié et décrit les puissantes assises de calcaire, de grès, de schistes, qui constituent les terrains sédimentaires, sans rechercher les rapports qui unissent ceux-ci aux restes organiques qui ont été ensevelis dans leur sein, leur manière d'être, leur état de conservation. De longues listes de fossiles ont été dressées, dans lesquelles on n'a pas songé à faire ressortir le *facies* particulier des roches comparé à celui des vestiges organiques qui, pour la

plupart, ont subi une minéralisation totale ou partielle, dans laquelle le *processus* de transformation a joué un rôle particulier. Il y a, à ce point de vue, de grandes différences entre les fossiles des roches calcaires et ceux des roches argileuses et siliceuses, et, d'autre part, ainsi que nous l'avons déjà dit, les substances organiques n'ont pas toujours disparu d'une façon aussi complète qu'on s'était plu à le croire. Dès lors, ainsi que je l'ai fait pour la formation des terrains et des roches, je consacrerai d'abord quelques moments d'attention aux phénomènes de la fossilisation en général.

Formations calcaires. — La nature des formations calcaires varie à l'infini, soit qu'on les observe sur des points éloignés les uns des autres, soit qu'il s'agisse de couches superposées ou rapprochées. C'est ainsi que le *calcaire grossier* du bassin de Paris comporte des couches à l'état de sable calcaire meuble, prodigieusement riche en fossiles bien conservés, avec leur test (à Neauphle), tandis que le *banc à vérins* est un calcaire solide glauconieux, aussi très coquillier, mais dont les fossiles se présentent à l'état de *moule interne*, formant des vacuoles dans la roche. On ne peut douter que cette différence de facies résulte des conditions particulières dans lesquelles s'est opéré l'ensevelissement des coquilles. Dans le premier cas, elles ont été rejetées sur la plage déjà privées des mollusques qui les avaient formées. Dans le second cas, elles ont été ensevelies dans le limon calcaire, alors que le mollusque en remplissait la cavité et s'opposait à la pénétration de la substance minérale. De semblables différences indiquent des modifications importantes dans les phénomènes de sédi-

mentation, la disposition des rivages, de l'embouchure des cours d'eau, etc.

Les calcaires à Nérinées du Portlandien du Jura sont aussi caractérisés par la présence de vacuoles d'un aspect particulier. Le test ou la coquille des mollusques a été rempli par le limon calcaire qui s'est endurci de façon à laisser un moule exact de la partie interne aussi bien qu'une empreinte externe. Mais, postérieurement à la fossilisation, il s'est produit une *dissolution* de ce test, laissant un vide entre le moule et l'empreinte. Ou bien encore la substance organique de la coquille a disparu, et il y a eu transformation en calcaire amorphe de même nature que la roche ambiante.

Ceci s'applique surtout aux mollusques à test épais, solide, renfermés dans une roche compacte. Que, au contraire, la roche devienne marneuse, dolomitique, elle présente des espèces du type vaseux, à l'état de simple moule endurci, sans empreinte de la forme extérieure. Enfin les ostracés, les brachiopodes, pourvus d'un test de composition chimique différente, n'ont pas subi d'altération importante. - Ailleurs, on voit apparaître le *facies coralligène*, caractérisé par la grande abondance de coquilles et de polypiers répandus dans une roche crayeuse, blanche. Tous les fossiles sont remplis de la roche ambiante, et le tout présente un ensemble homogène, démontrant que, dans ce cas aussi, il y a eu ensevelissement de la coquille sans l'animal. Mais il faut remarquer que presque toujours ce facies coralligène tendre, fossilifère, passe latéralement et verticalement au calcaire compact, sans fossiles, qui enveloppe ainsi des lentilles plus ou moins étendues du facies coralligène.

Un autre facies, également très répandu dans le Jura, est celui des marnes calcaires, dans lequel les fossiles sont à l'état de moules internes, solides, répandus dans la marne plastique. On ne peut douter que, dans ce cas, les gaz provenant de la décomposition de l'animal aient précipité et solidifié les substances minérales. Quant au test, dissous par l'eau, il s'est combiné avec elles. Ici encore, les ostracés, les brachiopodes, les échinides ont échappé à cette dissolution, et même on observe parfois une *pseudomorphose*, c'est-à-dire la substitution de la silice à la chaux du test.

Formations argileuses. — La fossilisation dans les sédiments de nature argileuse présente des phénomènes non moins variés que dans les roches calcaires. On sait que les argiles sont caractérisées par la grande abondance des ammonites pyriteuses, c'est-à-dire transformées en sulfure de fer. Tantôt c'est le test même qui est devenu métallique, tantôt il a été résorbé et il ne reste que le moule interne. Dans le premier cas, les loges aériennes ont été remplies par le carbonate de chaux, la fluorite, etc. On constate aussi une série de phénomènes de pseudomorphoses et d'endosmoses très intéressants, dans lesquels les substances organiques ont certainement joué un rôle important.

Mais, presque toujours, il existe dans les mêmes couches des fossiles, tels que gastéropodes, acéphales, etc., qui ont conservé leur test et qui se présentent dans des conditions analogues à celles que nous venons de constater dans les mollusques des marnes calcaires.

Formations sableuses, grès, etc. — Parmi les forma-

tions de ce groupe, il en est une qui présente des caractères tout particuliers au point de vue de la fossilisation des restes organiques qu'elle contient. C'est celle des sables à fossiles phosphatés du *gault*, ou *étage Albien*; que l'on rencontre aussi bien dans les vallées de la Seine, de la Tamise, que dans le Jura et dans les Alpes. Généralement ces fossiles sont à l'état de *moule interne*, dont la couleur brun chocolat, la dureté, contrastent avec le *sable* au milieu duquel ils sont répandus. On a beaucoup discuté sur l'origine et la provenance de l'acide phosphorique qui entre dans leur composition, les uns pensant qu'il représentait simplement la substance organique du mollusque primitif, les autres évoquant les émissions de sources sous-marines au moment de la formation des dépôts.

Pour ma part il me semble que, ici encore, le rôle minéralisateur doit être attribué à la décomposition organique, dans ce sens que chaque mollusque est devenu le centre de précipitation de la chaux qui constituait le test, combiné avec l'acide phosphorique de l'ensemble des animaux qui peuplaient le bassin, et non point de chaque mollusque en particulier.

Le fait est que ces deux substances manquent presque absolument dans le sable siliceux qui constitue ce genre de dépôt.

Un autre facies des sables et des grès est celui de la *molasse miocène* du plateau Suisse. Celle-ci est remarquablement pauvre en fossiles, fait qui contraste avec les formations de même âge du bassin de Mayence, de l'Aquitaine, etc. Cette rareté des mollusques n'est point un indice que ceux-ci aient fait défaut dans la mer molassique, mais

bien que l'eau était pauvre en carbonate de chaux, les coquilles ont été dissoutes sans même laisser des moules ou des empreintes. Ce n'est que là où les mollusques, principalement les Acéphales, étaient en surabondance que nous voyons les bancs de *grès coquillier* (*muschelsandstein*) de la molasse marine. Quant aux calcaires d'eau douce, on ne constate que de rares échantillons de mollusques terrestres et nymphéens, toujours à l'état de moule interne, le carbonate de chaux ayant été entièrement dissous.

On peut mettre en regard de ce facies celui des calcaires et des marnes lacustres qui presque seuls ont fourni les mollusques d'eau douce, tels que les lymnées, les planorbes, et dont les coquilles sont entassées par millions dans les couches de même âge qui sont absolument calcaires.

Fossilisations des substances organiques animales. — Dans les divers exemples de fossilisation que nous venons de rapporter, il ne s'est agi que des parties solides des animaux, les os, les coquilles, les téguments divers, susceptibles, soit de se conserver plus ou moins complètement, soit de laisser leur empreinte dans les couches sédimentaires. Pendant longtemps on a considéré les substances organiques comme ayant disparu en totalité par dissolution chimique. Comme nous l'avons vu, M. Fraas et d'autres auteurs ont démontré que, dans la nature actuelle, il se présente de nombreux cas de *transformation* de ces substances, ce qui a pour conséquence de retarder ou d'empêcher leur retour à l'état inorganique de matière minérale.

Dans les temps géologiques, il en a été de même : il s'est formé des bitumes solides, liquides, ou des gaz natu-

rels, maintenant ensevelis dans le sein de la terre, et soumis d'ailleurs aux lois physiques de la pression, de la circulation des liquides, en sorte que nous pouvons concevoir leur réapparition à la surface, telle qu'elle se manifeste dans les sources de pétrole de la Pensylvanie, du Caucase et d'un grand nombre de gisements.

Calcaires bitumineux. — On a dès longtemps signalé comme l'un des caractères distinctifs des calcaires d'origine marine, par rapport aux calcaires lacustres, l'odeur fétide que répandent ces derniers au choc du marteau, ce qui leur a valu le nom de *calcaires bitumineux*. Cette expression, qui a pu quelquefois induire en erreur surtout à propos des couches miocènes de la région molassique subjurassienne, présente cependant sa justification maintenant que l'on connaît des gisements d'asphalte d'origine lacustre ou nymphéenne. Quant aux calcaires bitumineux non asphaltiques, il est évident qu'ils renferment aussi des substances organiques à l'état de *gaz fossile*. C'est du gaz des marais, présentant comme celui-ci une *odeur putride* bien différente de l'*odeur aromatique* d'un grand nombre de gisements bitumineux et pétrolifères.

Fossilisation des végétaux. — La fossilisation des végétaux se présente à nous sous bien des formes. Je ne m'occuperai que des principales, c'est-à-dire de celles qui peuvent nous intéresser directement pour la solution de la question d'origine des bitumes.

Houillification. — Pendant longtemps la houille a été considérée comme formée de débris végétaux totalement décomposés, n'ayant conservé aucune trace des tissus organiques des plantes. Dès lors M. Fayol a démontré

l'existence de la *houille organisée*, aussi bien dans le bassin de Commentry que dans les dépôts formés dans des bassins lacustres qui sont les plus répandus en Europe. Je me borne à rappeler ici que M. Fayol a distingué différentes manières d'être dans les végétaux accumulés qui constituent la houille ordinaire, savoir :

1° Les *lames claires* composées de troncs, de tiges, de rameaux ensevelis à l'état frais dans les deltas lacustres, et comprimés par la pression des couches superposées aux couches de houille;

2° Le *fusain*, composé des mêmes débris, envahis à l'état sec ou déjà décomposés;

3° Les *zones ternes* formées d'accumulations de feuilles, de frondes de fougères, et se présentant à l'état amorphe; c'est la *houille foliaire*;

4° Les zones ternes passent, par degrés, à la *houille grenue*, composée de débris très menüs de poussière ou plutôt de boue végétale, et de celle-ci au *boghead*, comparable aux cannel-coal et aux boghead des gisements les plus connus.

Je reviendrai sur ce point, dont l'importance est à considérer au point de vue bitumineux.

Bituminisation. — C'est pour ces différents processus de fossilisation que M. Fayol avait proposé le terme de *houillification*. A son exemple, je voudrais appeler *bituminisation*, la transformation en bitume des substances organiques, animales et végétales. J'ai déjà parlé ici de la bituminisation des animaux, je dirai maintenant quelques mots des végétaux qui sont susceptibles de subir cette transformation, c'est-à-dire des plantes aquatiques.

Végétaux aquatiques, Algues, Fucus. — Dans ce qui va suivre je m'attacherai surtout à parler des plantes herbacées marines connues sous le nom d'algues, fucus, dont l'abondance est si remarquable dans certaines régions océaniques. Leur développement dans les formations géologiques n'a pas été moins important, quoiqu'il n'ait pas été remarqué comme il le méritait.

Sans entrer dans le détail de la classification botanique, nous pouvons considérer les algues fossiles comme formant deux groupes. Dans le premier nous rangeons les formes tubuleuses, cylindriques, dichotomées ou ramifiées, c'est-à-dire les genres *Cylindrites*, *Helminthopsis*, *Nulliporites*, représentées dans les roches calcaires par des moules internes dont la dureté ou la coloration permettent de les distinguer de la roche calcaire ambiante. Elles sont caractérisées par une grande uniformité de formes, si bien qu'il est à peu près impossible de distinguer des espèces, et qu'on a pu douter de leurs affinités avec le règne végétal. Il est à remarquer en effet que le tissu organique inconsistant suffisait à peine à mouler les formes et le relief de ces végétaux.

Si abondantes que fussent les algues de ce premier groupe, elles ne suffisaient pas à constituer des amas susceptibles de se transformer en carbures d'hydrogène liquide comme celles du second groupe, celui des algues laminaires ou rubanées, tels les *Laminaires*, les *Sargassites*, les *Fucus*, ou les *Chondrites*, les *Taonurus*, les *Fucoïdes* fossiles. Ceux-ci caractérisent exclusivement les formations vaseuses, argileuses ou sableuses, où leurs empreintes plus nettes permettent une détermination moins incer-

taine: L'absence des substances charbonneuses a aussi provoqué des doutes sur leur assimilation aux Algues vivantes, mais l'analogie des formes démontre clairement la communauté d'origine. C'est certainement à la décomposition de ces Algues que les schistes éocènes, tels que le flysch, doivent leur nature bitumineuse.

Nous aurions ainsi la fossilisation des algues marines sous deux formes distinctes : d'une part les *empreintes*, de l'autre les *résidus décomposés*, tout comme dans le terrain houiller les empreintes foliaires, les frondes de fougères, tapissent les feuillets de schistes, tandis que les tiges et les troncs accumulés forment les lits de houille.

Résine fossile, ambre jaune, succin. — MM. Fuchs et de Launay rangent parmi les hydrocarbures solides l'ambre jaune, considéré comme une résine fossile de pin, très abondant au milieu des dépôts tertiaires des bords de la Baltique, mais qu'on retrouve aussi en moins grande quantité dans une foule de dépôts tertiaires, surtout éocènes, d'Europe. Certains auteurs ont contesté cette assimilation de l'ambre à la résine des végétaux, et prétendu qu'il parvenait de l'altération chimique progressive d'autres débris de végétaux.

Cette substance vient au reste d'être découverte en grande abondance en Birmanie, où on lui a donné le nom de *Burmite*. « De même que l'ambre, la Burmite provient d'anciennes forêts, mais l'absence de l'acide succinique pouvait faire croire que d'autres plantes que les pins aient contribué à sa formation. Les résines qu'elles produisaient ont été transportées par les eaux jusqu'aux mers qui couvraient alors la Haute-Birmanie et elles s'y sont déposées

dans des couches d'argile bleue, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 200 mètres. Elle s'y trouve en blocs ou en morceaux, qui ont jusqu'à la grosseur de la tête d'un homme; ils sont plus ou moins transparents, et offrent toujours une fluorescence très marquée. *Leur couleur rappelle celle du pétrole raffiné, etc.* ¹. »

II. — Causes de la bituminisation des substances organiques.

Généralités. — *a. Causes générales.* — Le temps. — La pression. — La chaleur. — Observations. — *b. Causes particulières.* — Conditions géophysiques. — Évaporation et sursaturation. — Émersion et immersion. — Nature des substances animales ou végétales. — Influence de l'état dans lequel se trouvaient les substances organiques au moment du dépôt. — Influence des sédiments minéraux.

Généralités. — Si abondants que soient les vestiges de la vie organique renfermés dans les terrains sédimentaires, ils ne représentent qu'une infime partie des êtres qui ont joui de l'existence et qui se sont succédé à travers l'immensité des temps géologiques. Pour que ceux dont les débris solides, les os, les coquilles, les téguments de toute nature, sont parvenus jusqu'à nous aient pu se conserver à l'état fossile, il a fallu le concours de facteurs variés, l'intervention de causes physico-chimiques combinées dont la nature actuelle nous fournit, de temps à autre, l'exemple.

Mais lorsqu'il s'agit des substances organiques dans lesquelles les éléments minéraux n'entrent pour rien, qui

1. *Annuaire géol. univ.*, IX, p. 581.

sont constitués d'eau et de gaz, combien plus rares encore sont les chances de conservation ou seulement de transformation qui permettent de reconnaître la nature primitive des organismes.

Il ne fallait rien moins que la persévérance des géologues à scruter les mystères renfermés dans les couches terrestres ou à sa surface pour nous mettre sur la voie et préparer la solution de l'importante question qui va nous occuper.

Disons-le donc bien vite, il ne s'agit pas de découvrir *la cause* de la transformation des substances organiques en hydrocarbures, mais bien plutôt *les facteurs, les influences variées*, qui ont donné lieu à cette transformation.

A mon grand regret, je constate que cette question n'a pas encore été abordée dans son ensemble, d'une manière générale et systématique. On a, il est vrai, procédé à des expériences, on a invoqué certains facteurs, mais toujours en partant d'un point de vue exclusif, propre à donner des résultats contradictoires et à retarder la solution du problème.

Parmi les influences qui ont pu intervenir dans le métamorphisme ou la bituminisation des substances organiques, je distinguerai deux groupes : les *causes générales* telles que le *temps*, la *pression*, la *chaleur*, et les *causes particulières*, telles que les *conditions géophysiques* des bassins de sédimentation, l'*évaporation* et la *sursaturation*, l'*immersion* et l'*émersion répétées*, la *nature animale ou végétale* des substances organiques, l'*état* de ces substances, la *nature des sédiments*.

1. — *Causes générales.*

Le temps. — Disons d'abord qu'en ce qui concerne le temps, ou la durée des phénomènes qui ont influé sur le métamorphisme des animaux ou des végétaux en bitume, il ne peut être question d'admettre une action soudaine, instantanée, pas plus que d'une action prolongée, indéfinie. En revanche, nous pouvons considérer le temps comme un facteur d'une importance absolue si nous comparons la *durée* des expériences d'un laboratoire chimique, dans lequel l'opérateur se meut dans des conditions d'infériorité notoire à celles qui se présentent dans le grand laboratoire de la nature.

Si, en effet, on veut bien se reporter à ce qui a été dit au chapitre VI, on verra qu'il n'y a pas eu *un moment particulier* de conversion chimique, le même pour toutes les substances bitumineuses d'une couche ou d'un dépôt, mais une succession de phénomènes isolés ou concomitants. Chaque organisme, animal ou végétal, a pu être atteint, ou bien échapper à la transformation, cela pendant un temps relativement court ou prolongé. Le *métamorphisme* a eu une durée correspondant à celle de la formation des couches et des dépôts.

Ainsi, on ne peut douter que la formation des pétroles de la Pensylvanie ait exigé des centaines de siècles, pendant lesquels la sédimentation bitumineuse s'opérait concurremment avec le dépôt de couches purement minérales, tandis que le banc d'asphalte de six à sept mètres d'épaisseur du Val-de-Travers mettait à se former un temps d'une durée beaucoup moins considérable.

La pression. — Comme on l'a vu, les chimistes se sont livrés à des expériences répétées et variées, en vue de réaliser la synthèse des hydrocarbures sous l'influence des hautes pressions. Les résultats obtenus ne peuvent, me semble-t-il, servir de démonstration en présence de ce qui se passe dans la nature.

On pourrait, à la vérité, invoquer cette pression dans la formation des pétroles de la Pensylvanie, ensevelis dans les profondeurs de près d'un millier de mètres au-dessous de la surface, et surtout des gaz combustibles qui font, d'une manière violente, irruption à la surface. Mais il n'y a là rien que de tout à fait conforme aux lois de la physique ¹. L'étude des schistes bitumineux démontre l'absence de toute intervention de la pression dans le processus de la formation des hydrocarbures, qui a dû s'accomplir de la même façon que celui des hydrocarbures de nos marais.

Quant à la pression mécanique, résultant du poids exercé par les sédiments superposés, elle est à peu près nulle, à en juger par l'état de conservation des mollusques que renferment les couches, de quelque nature qu'elles soient.

Chaleur. — « C'est à la chaleur que l'on a ordinairement recours pour expliquer la transformation des végétaux en houille », dit M. Fayol. Mais cet auteur n'a pas de peine à démontrer que l'on a singulièrement exagéré les appréciations sur la température et le climat de l'époque carbonifère. En ce qui concerne l'asphalte et le bitume, on pourrait être aussi, au premier abord, tenté d'admettre l'interven-

¹ Ici la pression pourrait expliquer la *conservation* des huiles minérales et même la transformation de celles-ci en gaz inflammables.

tion d'une température élevée comme principal agent de métamorphisme organique. De là les essais et les expériences tentés par les chimistes, dont nous avons parlé dans le chapitre V.

En réalité, moins encore que le temps, la chaleur n'exerce d'influence sensible sur la transformation des substances organiques, et c'est bien à tort que l'on a eu recours à elle pour expliquer la *distillation* des huiles minérales et des gaz. Il est d'ailleurs bien entendu qu'il s'agit d'une chaleur étrangère à celle que produit le phénomène de la décomposition ou de la transformation de certaines substances, telles que les pyrites. On sait, d'après les belles expériences de M. H. Fayol, que les végétaux ligneux, les feuilles, après avoir flotté un certain temps à la surface de l'eau, tombent au fond et y subissent une carbonisation complète, alors que cette eau ne présentait nullement une température élevée.

Toutefois, et à en juger par les phénomènes actuels, il serait possible que la transformation des organismes animaux exige une température plus élevée que celle des végétaux. La formation du bitume par la décomposition des mollusques et rayonnés marins dans la mer Rouge est certainement favorisée ou accélérée par le climat de cette région. Mais, en tout cas, il ne peut être invoqué seul, et d'autres facteurs doivent intervenir et exercer leur part d'influence sur le phénomène.

2. — Causes particulières.

Conditions géophysiques. — Par conditions géophysiques, j'entends l'étendue des bassins de sédimentation, la

forme des rivages, la profondeur, les rapports avec les courants terrestres, etc.

D'une manière générale, les formations bituminifères appartiennent aux facies de rivages côtiers, et non aux facies pélagiques ou de haute mer.

Autant qu'il est possible d'en juger par ce qui se passe dans la nature actuelle, les dépôts de pétrole se sont formés dans des golfes, des lagunes ou mers fermées, dont la région Aralo-Caspienne nous offre l'exemple. Les sédiments vaseux et sableux se sont déposés dans des bassins peu profonds, ensevelissant soit des animaux, soit des végétaux dans un état avancé de décomposition, mais non entièrement dissous. Des substances salées, des combinaisons sulfurées, des gaz sont restés engagés dans les sédiments qui, peu à peu, remplissaient la lagune.

Les dépôts d'asphalte se sont opérés dans des conditions sensiblement différentes, et ce qui se passe dans la mer Rouge nous révèle dans une certaine mesure les conditions d'origine de l'asphalte dans l'urgonien du Jura. Ainsi que j'ai essayé de le démontrer ailleurs, des mouvements orogéniques avaient déjà ébauché les principaux traits de la structure des chaînons. C'est des deux côtés de la première chaîne (Mont Colombier Chasseron) que nous trouvons ces dépôts de rivage formés en eau agitée, plus ou moins récifale, et par conséquent bien différente du facies lagunaire du pétrole.

Mais, et c'est ici qu'il me paraît nécessaire d'insister, les influences physiques ont toujours été de leur nature variables et sujettes à des modifications incessantes. Il en est résulté ce fait que nous pouvons voir sur certains points,

comme en Alsace, la formation simultanée de l'asphalte et des sables pétrolifères, de telle sorte que chaque gisement a son histoire, qui mériterait d'être étudiée à part. C'est ce que j'ai essayé pour la région jurassienne (chapitre VIII).

Évaporation et sursaturation. — L'évaporation de l'eau des mers, la concentration et la sursaturation qui en sont la conséquence, constituent les éléments les plus actifs de la bituminisation des substances organiques animales. C'est ce que les belles observations de M. Dieulafait me semblent avoir démontré d'une manière irrécusable. On pourrait, à la vérité, objecter qu'elles ne s'appliquent qu'à la formation des substances minérales salines. Mais dès le moment où il est reconnu que celles-ci accompagnent presque partout les hydrocarbures solides, liquides ou gazeux, on ne peut se refuser à admettre la concomitance des phénomènes, dans la nature actuelle aussi bien que dans les temps géologiques.

C'est ce qu'admettent d'ailleurs MM. Fuchs et de Launay lorsqu'ils disent : le sel gemme renferme de nombreuses bulles de carbures d'hydrogène liquides ou gazeux. Ces bulles sont visibles à l'œil nu et les gaz paraissent remplir également les fissures et les cavités accidentelles des couches ¹.

Pour se faire une idée de l'importance de l'évaporation et de la précipitation du sel dans certaines circonstances données, il suffira de dire que les eaux de la mer Caspienne pénétrant dans le golfe de Karabogaz n'y transportent pas moins de 360 000 tonnes de sel par vingt-quatre heures.

1. *Traité*, p. 435.

Sans nous arrêter à cette énorme proportion, qui permet d'expliquer la puissance du dépôt de sel de Stassfurth, nous tiendrons compte du fait que les nombreux poissons qui sont entraînés dans ce golfe par le courant de la Caspienne périssent très rapidement. « Comme ces poissons ne serviront de pâture à aucun être, comme d'un autre côté leur décomposition sera presque empêchée par l'énorme quantité de substances salines du Karabogaz, les poissons seront relativement conservés, imprégnés de substances métallifères sulfurées, le tout associé à un bitume très spécial provenant de la décomposition des poissons ¹. »

Telle est, en résumé, la démonstration de M. Dieulafait. On peut tout aussi bien concevoir l'apport dans le même bassin d'animaux terrestres, de mollusques, de poissons d'eau douce dont la conservation ou la transformation en bitume sera favorisée par la concentration des eaux salées.

Émersion et immersion répétées. — Dans le cas dont je viens de parler, la sursaturation joue un rôle très important. Il est évident qu'il ne peut en être de même dans les cas de bituminisation au sein de bassins lacustres, sans communication avec la mer. Mais ici intervient, ou peut intervenir un autre phénomène, c'est celui de la mise à sec d'un bassin lacustre, de l'émergence des dépôts vaseux qui s'y sont formés, et, par conséquent, de la mort des animaux qui vivaient dans ce milieu. J'ai essayé, dans le chapitre V, de faire la démonstration de ce qui se passe en pareil cas dans le Doubs. D'autre part je rappellerai les démonstrations de Engler sur le processus de la décompo-

¹. Origine et mode de formation, etc., *Revue scientifique*, XXXI, p. 615.

sition cadavérique, de la formation de l'*adipocire* et des phénomènes subséquents.

Ai-je besoin d'ailleurs de dire que je n'ai pas la prétention de tout expliquer et qu'il s'agit tant seulement d'indiquer la voie à suivre pour quiconque voudra, à son tour, chercher la solution du problème.

Nature des substances. — Le processus de décomposition des végétaux est fort différent de celui des animaux, et par conséquent donne lieu à des combinaisons d'hydrocarbures variées. C'est d'ailleurs ce qu'ont démontré les analyses chimiques de tous les gisements bitumineux et pétrolifères. Déjà, avant 1850, M. Bousingault avait été frappé de la différence que présente le bitume asphaltique de Lobsann, comparé à celui de Pechelbronn.

Il existe incontestablement dans la nature des hydrocarbures formés exclusivement de substances organiques animales. De ce nombre sont les bitumes de la mer Rouge, recueillis à la surface du récif de polypiers ou du banc de mollusques, dont ils forment le résidu de décomposition. De même on ne peut douter que les substances huileuses et fétides observées par Lesquereux à Lund, en Suède, et sur les côtes de la Sardaigne, proviennent exclusivement des herbes marines. Mais il est non moins vraisemblable que les schistes bitumineux du Lias, du Permien, du terrain houiller de Commeny, résultent de la décomposition simultanée de substances végétales et animales.

État dans lequel se trouvaient les substances organiques au moment du dépôt. — Nous avons vu que le processus de fossilisation des matières minérales formant la partie solide du corps des animaux variait considé-

rablement suivant la nature de ces matières et leur manière d'être au moment de leur ensevelissement dans les terrains sédimentaires. Nous avons vu qu'il en était de même pour les végétaux ligneux qui forment la houille. Le cas le plus fréquent, le plus universel, dirions-nous, est celui de la mort de l'animal ou de la plante, dont les restes solides sont jetés sur la plage ou vont s'ensevelir au fond du bassin de sédimentation, tandis que les parties molles ou organiques sont dissoutes et disparaissent rapidement, laissant tout au plus une empreinte quelconque.

Mais il arrive aussi, et le cas est peut-être plus fréquent qu'on ne se l'imagine, que l'animal, ou la plante, est enseveli à l'état vivant, ou pour mieux dire frais, dans les sédiments. Il est ainsi isolé de tout contact avec l'air extérieur, soustrait à l'action dissolvante des agents de fermentation et de putréfaction. Que se passe-t-il alors? C'est ce que les belles *Expériences sédimentaires* de M. Fayol¹ viennent de nous révéler, en nous indiquant la voie à suivre pour quiconque s'intéresse aux questions de ce genre.

« On sait, dit-il, que les matières organiques exposées à l'air finissent par se transformer entièrement en éléments gazeux. Il n'en est plus de même lorsque ces matières sont protégées contre les actions atmosphériques par une couche d'eau ou de sédiments terreux.... Divers animaux, rats, poissons morts, ont été jetés dans un bassin de deux mètres de profondeur, plein d'eau. »

« Le rat vivant se débat quelques heures à la surface de l'eau; au moment où il meurt, il s'enfonce. Après une im-

1. *Études*, etc., 3^e partie.

mersion de deux ou trois jours, il reparait à la surface où il surnage pendant huit à dix jours, puis il s'enfonce définitivement. »

Des poissons morts coulent à fond immédiatement; ils reparaissent à la surface 12 heures après, surnagent 5 à 6 jours et s'enfoncent définitivement. A ce moment ils sont déjà en partie décomposés; la décomposition se poursuit au fond; au bout d'une quinzaine de jours la forme des poissons est à peine reconnaissable ¹. »

Il m'a paru intéressant de reproduire textuellement ces quelques lignes des *Études*, et de les rapprocher de celles qui sont consacrées à ce même sujet dans le *Traité* de MM. Fuchs et de Launay.

« Lorsqu'on cherche à se rendre compte des conditions dans lesquelles végétaux et poissons ont pu s'accumuler et se convertir en produits bitumineux, on se heurte à des difficultés très grandes. Les poissons qui meurent remontent à la surface au bout de quelque temps, toutes les fois que leur vessie natale est assez grande, et sont dévorés par les oiseaux (?). Les autres restent là où ils sont morts et y sont en général détruits par d'autres animaux (?). Il conviendrait, pour expliquer ce qui a pu se passer dans les temps anciens, d'examiner aujourd'hui quelles conditions spéciales peuvent amener leur conservation, leur emprisonnement dans les argiles et quelle proportion exacte d'hydrocarbures il peut en résulter. C'est un travail qui n'a pas encore été entrepris, à notre connaissance ². »

Influence des sédiments minéraux. — Considérés en

1. *Études*, p. 446.

2. *Traité*, p. 71.

eux-mêmes, les sédiments minéraux n'exercent pas une influence marquée sur le métamorphisme des substances organiques. Les hydrocarbures se rencontrent aussi bien dans les calcaires, les argiles, les grès que dans les sables purs. En revanche, il semblerait que cette influence s'exerce sur la *nature* des nombreuses variétés de substances bitumineuses. Ainsi, les pétroles seraient associés de préférence aux roches sableuses, aux grès, aux schistes, tandis que les bitumes visqueux ou solides se rencontrent dans les roches calcaires. Mais, comme nous l'avons vu, cela peut tenir à la nature végétale ou animale des substances, et aussi à l'état de ces substances au moment de l'ensevelissement.

Il m'a toujours paru que, si des expériences pouvaient et devaient être tentées dans cette direction, elles devraient se faire dans des conditions naturelles, analogues à celles de M. Fayol bien plutôt qu'en opérant dans le laboratoire, à l'aide de la chaleur, de la pression, etc. Je ne doute pas qu'on obtînt des résultats très intéressants en opérant à la fois sur des substances minérales et sur des substances organiques.

CHAPITRE VIII

ÉTAT ET MANIÈRE D'ÊTRE DANS LA NATURE DES SUBSTANCES BITUMINEUSES

Constitution des gisements bitumineux en général. — Deux états ou manières d'être des composés bitumineux. — État initial. — État remanié. — Disposition stratigraphique. — 1. *État initial ou de formation*. — Asphalte, caractères généraux. — Bitume glutineux en amas. — Bitume dans les fossiles. — Schistes bitumineux. — Le pétrole liquide. — 2. *État remanié ou de déplacement*. — Généralités. — Bitumes asphaltiques. — Sources naturelles de pétrole. — Malthé ou bitume glutineux pétrolifère. — Ozokérite. — Conclusions.

Constitution des gisements bitumineux en général. — La plupart des gisements bitumineux sont ensevelis sous les dépôts postérieurs à leur formation. Aussi leur existence n'a été révélée souvent que par des causes plus ou moins fortuites. En ce qui concerne l'asphalte, ce sont des affleurements résultant de dislocations et d'érosion. Pour le pétrole ce sont les sources d'huile minérale plus ou moins mélangée avec de l'eau douce ou salée.

Mais ni dans l'un ni dans l'autre cas il n'était possible de se rendre compte de la manière d'être de ces substances relativement aux terrains encaissants. En ce qui concerne

le pétrole en particulier, son apparition sous forme de sources a eu pour conséquence de lui faire appliquer les notions admises au sujet de l'eau souterraine. On a évoqué l'existence de *réservoirs*, situés à une certaine profondeur, et capables de fournir indéfiniment à l'écoulement vers la surface. De là à conclure que de semblables sources avaient pu exister dans les temps géologiques, au moment du dépôt des sédiments, il semblait qu'il n'y avait aucun doute. Nous avons vu que tel était en particulier le raisonnement de M. Coquand dans ses belles études sur les provinces moldo-valaques.

D'autre part, le même auteur considérait les salses et les volcans de boue comme des phénomènes hydrothermaux, ramenant au jour les substances introduites dans les terrains au moment de leur formation. Il admettait la reproduction du phénomène, tout aussi bien que M. Daubrée dont il combattait cependant les théories. Il en est de même au reste de la plupart des auteurs, et nous avons vu M. Le Bel imaginer sa théorie du « pétrole, saturé de gaz sous des pressions considérables, se conservant comme dans un tube de verre scellé à la lampe jusqu'au moment où la sonde l'atteint et le fait jaillir ». Je ferai observer qu'il n'est même pas nécessaire que la sonde aille le chercher, et que, depuis des siècles, il revient tout naturellement à la surface, avec l'eau plus ou moins minéralisée des sources de Pechelbronn.

C'est à cette contradiction, apparente plus que réelle, des théories organique et hydrothermale ou chimique, qu'il faut attribuer la longue controverse qui règne depuis plus de trente ans sur le sujet qui nous occupe; de part et d'autre,

on a généralement confondu la *formation* des hydrocarbures avec le *moment de leur réapparition* à la surface.

Deux états ou manières d'être des composés bitumineux. — De tout ce que nous avons dit jusqu'ici, il résulte que nous devons distinguer deux états ou manières d'être des composés bitumineux qui se présentent à nous, soit à la surface, soit dans les profondeurs du sol.

État initial. — Le premier, que j'appelle *état initial* ou de *formation*, est représenté dans les terrains stratifiés, c'est-à-dire dans ceux qui présentent une série de couches superposées. Il y existe à l'état d'*imprégnation* des roches et, plus rarement, d'*amas* bitumineux, visqueux ou solides. Je reviendrai plus loin sur les caractères particuliers des gisements qui correspondent à cet état initial des composés bitumineux.

État remanié. — Le deuxième état, que j'appelle *état remanié* ou de *transformation*, se rencontre dans les terrains qui ont été modifiés par des dislocations, postérieurement à la solidification des matériaux, déposés à l'état meuble ou plastique.

Ce remaniement ou ce transport des hydrocarbures se présente, ou peut se présenter dans les gisements de toute nature, asphaltes, schistes bitumineux ou roches pétrolières. Il suffit bien souvent d'une faible augmentation de la chaleur pour le produire. Presque toujours il est accompagné d'une transformation de la substance : ainsi le pétrole abandonne un véritable bitume par la volatilisation des huiles légères, l'asphalte glutineux de la mer Morte devient solide. Enfin je serais disposé à croire que les masses énormes de gaz combustibles de la Pensylvanie,

bien loin d'exister tout formés dans les profondeurs, prennent naissance au moment où la sonde les met en communication avec l'extérieur.

Mais comme il n'est pas possible d'établir une distinction entre les *bitumes dérivés de l'asphalte* et ceux que l'on pouvait considérer comme les *résidus* du pétrole, je me bornerai à diviser ce chapitre en deux sections, renvoyant d'ailleurs pour les détails au chapitre V : *Étude des gisements*.

I. — État initial ou de formation.

Asphalte. — L'asphalte est défini en ces termes dans les traités de minéralogie : *Asphalte*. Amorphe. Cassure conchoïde, inégale. Éclat résineux, noire ou brunâtre, facilement fusible. Brûle avec une flamme fuligineuse.

Pour nous l'asphalte est un calcaire imprégné plus ou moins fortement de bitume, dur à la température ordinaire, se ramollissant sous l'influence de la chaleur et pouvant livrer, par la distillation, des hydrocarbures solides, liquides et gazeux.

Quant à la texture de la roche, elle présente toutes les variétés depuis la plus compacte à la plus poreuse et la plus friable.

En étudiant des échantillons d'asphalte de différentes provenances, il est facile de constater de profondes différences, dans le mode d'agrégation des matières minérales, dans la structure de ces matières, la densité de la roche, etc. La porosité, si souvent invoquée comme ayant favorisé la

pénétration du bitume, est souvent nulle, c'est particulièrement le cas de l'asphalte du *bon banc* du Val-de-Travers, où nous voyons en revanche les bancs de calcaire saccharoïde absolument dépourvus de bitume. A Lobsann, ce même facies, qui se présente sur beaucoup de points, n'est cependant pas général et les échantillons que j'ai sous les yeux présentent une structure homogène très dense.

Il est même bien remarquable que l'*asphalte maigre* de Lobsann, la *crappe* du Val-de-Travers, sont les roches les plus friables, et celles qui, en apparence, se seraient le mieux prêtées à l'imprégnation des émanations bitumineuses.

Bitume glutineux en amas. — Le bitume pur, à l'état initial ou de formation, se présente aussi dans les roches calcaires compactes où il remplit des vacuoles, des poches, des cavités de formes et de dimensions variables (fig. 5 et 7).

Ce bitume se distingue aisément de celui que l'on rencontre à l'état remanié et concentré, parce qu'il est impossible de découvrir la moindre trace de communication d'une cavité à une autre. Il a été enseveli tel quel dans la roche, au moment du dépôt des éléments calcaires qui la constituent, et englobé à l'état de corps flottant, formé de la réunion des substances bitumineuses d'animaux, à la façon de celui qui imprègne les bancs d'asphalte et dont il ne nous reste d'ailleurs aucun vestige. Le fait est d'autant plus probable que ces géodes bitumineuses se rencontrent quelquefois avec les fossiles bituminisés dont je parlerai bientôt.

Le bitume glutineux à l'état initial a pourtant, dans cer-

tains cas, subi des changements ou des modifications dans sa nature primitive. Il arrive assez souvent, surtout près de la surface du sol, que la partie liquide soit volatilisée, et qu'il ne reste qu'un résidu goudronneux, noirâtre ou brun, décelant la présence du bitume de remplissage. Dans ce cas, il y a même une légère imprégnation de la roche encaissante. De là vient que c'est seulement dans les carrières, les tranchées profondes, qu'il m'a été possible de l'observer. Aussi, je ne doute pas que ce facies soit beaucoup plus répandu qu'on ne se l'imagine.

Bitume glutineux dans les fossiles. — Je crois m'être suffisamment étendu sur la manière d'être du bitume dans les fossiles de l'urgonien et de l'aptien pour ne pas y revenir (fig. 3 et 6). J'insisterai seulement sur ce qui a rapport au métamorphisme subi par le test des mollusques et des polypiers. La dissolution de la substance calcaire a eu pour conséquence la formation d'un vide dans lequel s'est logé le bitume. Mais, en outre, le carbonate de chaux dissous s'est recristallisé sur les parois de l'empreinte extérieure et du moule, formant ainsi de véritables géodes de spath cristallin pur, ou coloré par le bitume.

Ce phénomène de dissolution chimique n'est d'ailleurs pas spécial aux gisements jurassiens. Je l'ai observé sur des échantillons de provenances diverses, et en particulier sur ceux du calcaire lacustre à lymnées et planorbes du Wurtemberg. On peut admettre qu'il en est de même pour les gisements de la Valachie étudiés par M. Coquand, ainsi que des nombreux gisements asphaltifères dont j'ai fait l'étude dans le chapitre V.

Schistes bitumineux. — Les schistes bitumineux ne

différent de l'asphalte que par le fait de l'imprégnation par le pétrole, d'une roche argileuse au lieu d'une roche calcaire. Quant à la manière d'être de ce bitume, je renvoie au chapitre V, car il y a autant de facies que de gisements et, jusqu'ici, il n'a paru que fort peu d'études stratigraphiques et pétrographiques à leur sujet. Ainsi, tandis que le bitume est encore intimement combiné avec la roche à Autun, à Buxières, etc., il apparaît à l'état concentré dans les schistes cuivreux à poissons du Mansfeld.

D'autre part, il semblerait que dans certains gisements pétrolifères de la Moldavie, à Pocura, par exemple, le bitume imprègne de véritables schistes, ou même des argiles. Ces couches sont en même temps salifères, et les puits qu'on y creuse recueillent à la fois du sel et du pétrole, ce qui indique aussi la possibilité d'une translation et d'une concentration récente.

Le pétrole liquide. — « Les huiles de pétrole, dit M. Deutsch, se présentent sous des aspects très divers. Elles sont tantôt très fluides, comme en Amérique, tantôt denses et sirupeuses comme en Russie. » A ce point de vue, on croirait pouvoir appliquer aux premières le nom de naphte, plutôt qu'aux pétroles de Russie pour lesquels le nom a été créé. Mais tout porte à croire que le naphte de la mer Caspienne est un pétrole qui a abandonné son goudron dans le sein de la terre.

En termes généraux, on peut admettre que l'expression de *sirupeux* est préférable à celle de liquide pour les huiles minérales provenant du sein de la terre.

Quant à leur état ou manière d'être, il me paraît démontré qu'elles y existent à l'état d'imprégnation des roches

sableuses, et même des grès et conglomérats compacts des terrains tertiaires, ainsi que je l'ai observé dans la molasse des environs d'Orbe. La *porosité*, si souvent invoquée au sujet de l'imprégnation par les *venues* ou les *émanations* souterraines, n'est nullement un caractère spécial ou exclusif des gisements pétrolifères, et il y a tout lieu de croire que bien des niveaux considérés comme improductifs, ne le sont pas en réalité. La sonde les traverse sans produire l'appel ou la précipitation de l'huile, comme cela se passe dans les sables peu cohérents. A moins toutefois, ce qui est possible, que les dislocations, les cassures, les *lithoclases*, suivant une expression de M. Daubrée, n'aient permis à l'huile de se concentrer dans les interstices des roches compactes. Il y aurait de cette façon un *passage* de l'état initial à l'état remanié. Ainsi s'expliqueraient les explosions de gaz, les jaillissements instantanés de l'huile, observés en Pensylvanie, à Pechelbronn, etc.

Quoi qu'il en soit, je ne saurais admettre l'existence des réservoirs dans lesquels existeraient en superposition immédiate le gaz, l'huile et l'eau.

Bitume solide, malthe. — « La section des amas bitumineux par un plan perpendiculaire à leur direction, correspond, dans la plupart des cas, à celle d'une flaque remplie d'eau dans laquelle le bitume se serait ensuite modifié. » Ainsi s'exprime M. Coquand au sujet du bitume de Sélénitza¹, caractérisant très nettement le mode de formation du malthe pur analogue à celui de la mer Morte. Mais, suivant sa théorie de prédilection, il considère ce bitume

1. Fig. 18, 19, 20, 21.

comme amené par des sources à l'état visqueux, et enseveli pendant la sédimentation des grès et des poudingues de la mer tertiaire, ce qui n'est pas exact.

Il me paraît inutile de revenir sur ce que j'ai dit précédemment au sujet de la sédimentation et de la fossilisation. Nous sommes ici en présence d'un facies bitumineux particulier, dû à la volatilisation immédiate des hydrocarbures et à la concentration du bitume au moment même de la formation des terrains.

II. — État remanié ou de déplacement.

Généralités. — Ce sont les phénomènes d'émanation ou d'épanchement du bitume dans la mer Morte qui ont fourni à M. Lartet la base de sa théorie éruptive et volcanique, de même que M. Coquand a édifié sa théorie hydrominérale sur les volcans de boue des différents gisements observés par lui. Ni l'un ni l'autre de ces savants ne s'est rendu compte que les composés bitumineux qu'ils avaient sous les yeux n'étaient autre chose que les produits secondaires de gisements primitifs ensevelis, et plus ou moins invisibles, dans les roches sédimentaires composant les terrains du voisinage.

Aussi lorsque l'attention des naturalistes fut attirée par les sources de naphte du Caucase ou celles du pétrole de la Pennsylvanie, on admit, presque sans contestation, leur origine éruptive, et lorsque, dans ces diverses contrées, la sonde fit jaillir les flots d'huile minérale, au lieu de l'eau salée que l'on cherchait, on se borna à imaginer que chaque

niveau pétrolifère résultait d'un épanchement particulier, et constituait un réservoir plus ou moins ancien, un lac formé par les sources hydrocarburées.

Je crois avoir suffisamment démontré, par la description des gisements, le mal-fondé de ces conceptions théoriques.

Il ne me reste qu'à résumer succinctement les caractères des gisements qui appartiennent à ce second état des hydrocarbures naturels.

Bitumes asphaltiques. — Dans l'état actuel de mes connaissances, je ne crois pas qu'il existe de gisements pétrolifères, c'est-à-dire d'huile minérale provenant des roches calcaires, par suintement ou par écoulement, mais tant seulement des bitumes glutineux et solides, tels que le malthe et le bitume de Judée. J'en attribue la cause au fait que les végétaux aquatiques n'ont pas contribué à la formation des hydrocarbures de ce groupe.

Le type le plus caractéristique des bitumes asphaltiques est celui de la mer Morte, où nous le voyons parfaitement pur et très abondant. Nous ne savons, à la vérité, rien des circonstances qui déterminent son apparition à la surface de l'eau. Il vient de la profondeur, cela est certain, mais cela ne prouve nullement qu'il soit encore en voie de formation éruptive ou volcanique. Les « rochers qui distillent la poix » vers Masada, démontrent bien qu'il s'agit en réalité d'une exsudation des roches dans lesquelles le bitume est enfermé.

Ce bitume pur se retrouve dans la vallée du Jourdain à Wady Sebbeh et Wady Mahawat, où « il découle des fissures en formant des stalactites », etc.

Dans ces gisements, aussi bien qu'à Nébi Musa, on observe ce que j'appellerais volontiers un *troisième état* du bitume, celui de la réimprégnation des terrains superficiels qu'il cimente et transforme de nouveau en roche asphaltique.

Bitume de la Trinité. — Je n'hésite pas à considérer l'immense dépôt du lac de la Braie, dans l'île de la Trinité, comme provenant de l'écoulement ou du suintement des roches asphaltiques qui constituent la plus grande partie de son enceinte, et qui sont d'ailleurs très développées dans toute cette partie de l'île. Mais ce bitume est terreux, mélangé d'une forte proportion de limon de formation lacustre. Il renferme même fréquemment des plantes herbacées marécageuses, qui sont tout à fait étrangères au bitume lui-même.

Le gisement de Guaracaro ne différerait de celui-ci que par la moins grande abondance de matières limoneuses, mais tout indique qu'il doit son origine à des phénomènes identiques.

Sources naturelles de pétrole. — Aucun des auteurs qui ont écrit sur le pétrole, pas même M. Mendeleef, ne semble avoir voulu affirmer que le pétrole des sources du Caucase ou de la Pensylvanie provient, actuellement encore, par sublimation des profondeurs inconnues. C'est par conséquent admettre le fait que l'huile minérale est de formation ancienne, et dès lors se trouve justifiée la distinction que j'ai établie entre les deux états ou stades de formation des hydrocarbures.

Les sources de pétrole, toujours accompagnées d'eau, minérale ou non, sont très répandues, aussi bien dans les

contrées où l'on ne possède que des indices d'huile minérale, que dans celles où existent des gisements pétrolifères abondants. Pour s'en convaincre on n'a qu'à relire notre chapitre V. Depuis les suintements à peine visibles, aux épanchements de naphte de Bakou et de la région du Caucase, il se produit une série de manifestations hydro-minérales dont l'étude exigerait des volumes. Je me bornerai à un rapide exposé sur l'une des formes qui résultent des phénomènes geysériens anciens des épanchements d'hydrocarbures.

Malthe ou bitume glutineux pétrolifère. — Le naphte pur apparaît rarement dans les sources de pétrole. On cite cependant à Surakhany, près de Bakou, des forages ayant donné de petites quantités de naphte léger provenant des sables aralo-casiens, qui ont pu être employés sans distillation à l'éclairage de Bakou.

Dans la rade même, existent des « sorties de naphte importantes, signalées par les irisations qu'elles produisent à la surface de la mer et par des bouillonnements violents de gaz inflammable, dont le principal a lieu près de la côte en face de Beibat ¹ ».

Il me paraît hors de doute que nous sommes ici en présence d'une distillation naturelle des hydrocarbures dont le gisement se trouve dans les couches tertiaires de cette région. On en aurait la preuve dans l'existence, à la surface même du sol, des résidus de ce pétrole sous forme de bitume auquel on donne le nom de *kir*. On recueille ce kir autour des salses qui laissent échapper du naphte.

1. Deutsch, p. 46.

Toute la région présente ainsi un grand développement de ces phénomènes éruptifs de gaz, de naphte, de salses, laissant le bitume glutineux ou même très sec près de la surface.

Ozokérite. — L'ozokérite est du pétrole solide à la température ordinaire, avons-nous dit; aussi ne pouvons-nous songer à discuter les expériences et les démonstrations de MM. Engler et Hofer sur la décomposition cadavérique et la formation de l'adipocire.

L'existence de l'ozokérite à l'état de filon de remplissage (et non de filon éruptif, comme on l'a dit) démontre d'une manière incontestable que cette substance rentre bien dans notre groupe des hydrocarbures à l'état de remaniement.

La couleur jaune et l'absence de goudron prouvent qu'elle provient de la distillation naturelle du pétrole, auquel la cire minérale est associée. Quant à expliquer la cause de cette distillation, le moment où elle s'est opérée, je m'abstiens de toute explication, estimant que ces questions rentrent dans le domaine de la chimie organique.

Conclusions. — L'hypothèse de l'origine organique des hydrocarbures naturels permet d'expliquer sans aucune difficulté tous les faits que nous avons signalés. Elle se transforme en un système complet, dont la valeur s'impose à quiconque cherche la solution de cette importante question.

Tout peut se concevoir à mesure qu'on admet la précipitation simultanée des matières minérales et des substances organiques, provenant de la décomposition des animaux et des végétaux, lorsque ceux-ci se sont trouvés dans des

conditions de milieu, d'état ou de manière d'être, au moment de leur ensevelissement.

Tout devient obscur, inexplicable, dans l'hypothèse de la formation des hydrocarbures dans les profondeurs du globe, sous l'influence d'une température élevée et d'une pression considérable.

CHAPITRE IX

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE L'ASPHALTE, DU BITUME ET DU PÉTROLE DANS LE JURA

Généralités. — Le bitume jurassique. — L'asphalte urgonien. — Le bitume de l'aptien. — Le pétrole de la molasse. — Les phénomènes orogéniques. — La formation du gaz des marais.

Généralités. — L'existence dans les terrains sédimentaires d'hydrocarbures de diverse nature, est beaucoup plus fréquente qu'on ne l'avait admis jusqu'ici. Mais il faut bien dire que, dans la plupart des cas, on ne possède que des *indices* de cette existence, lesquels sont insuffisants à faire présumer l'existence de gisements exploitables. J'espère avoir démontré que, malgré leur exigüité, ces gisements sont de la plus grande utilité pour quiconque veut se livrer à l'étude de la *genèse* de l'asphalte, du bitume et du pétrole. A ce point de vue la chaîne du Jura et la région qui l'avoisine semblent avoir été plus particulièrement un centre de dépôts ou de formations bitumineuses. Mais ces dépôts ne se sont point opérés d'une manière consécutive, et ils présentent, suivant leur âge, des caractères absolu-

ment différents. C'est pourquoi il m'a paru intéressant de retracer, à grands traits, l'*histoire géologique* des substances bitumineuses de cette région, en attendant que des monographies analogues puissent être consacrées aux divers gisements pétrolifères actuellement connus.

Le bitume jurassique. — C'est dans les *schistes à posidonies* du lias que nous observons les indices les plus anciens de formation bitumineuse. L'existence de cette assise dans le Jura central a été révélée par le percement du grand tunnel des Loges pour la voie ferrée Neuchâtel Chaux-de-Fonds. Tout ce qu'on a pu constater du reste, c'est la parfaite identité de ces marnes schisteuses avec les schistes bitumineux du Wurtemberg. Il n'est guère douteux qu'ici nous soyons en présence d'hydrocarbures provenant de la bituminisation des mollusques marins et en particulier des posidonies dont les empreintes sont accumulées avec profusion dans la roche.

A ce facies marno-calcaire succèdent les assises calcaires compactes, sans trace de bitume de l'oolithe inférieure (bajocien), puis apparaissent de nouveau des couches marneuses noires du bathonien, c'est-à-dire les roches à ciment de Noiraigue et de Vallorbes. Ici le bitume existe aussi, mais à l'état glutineux, remplissant les fissures de la roche, ou même, comme à Vallorbes, imprégnant des graviers d'éboulis modernes. Il est donc ici à l'état de remaniement et de concentration. Certains indices me portent à penser qu'il provient de la décomposition de plantes marines, bien plutôt que de celle des mollusques, qui sont bien moins abondants que dans le lias.

-. Sans nous arrêter aux *traces*, peu importantes, de sub-

stances bitumineuses dans les fissures des couches de calcaire compact du Jura, nous rappellerons que c'est dans les environs de Belley (Ain) que se rencontrent de véritables gisements de schistes bitumineux ayant donné lieu à des tentatives d'exploitation. D'après M. Narcy ¹, le gisement d'Orbagnou doit rentrer dans les pyroschistes. La matière combustible, traitée par l'acide chlorhydrique, se résout en un liquide noir, visqueux, et il s'en dégage une odeur à la fois bitumineuse et désagréable, etc.

L'asphalte urgonien. — Le système jurassique est nettement séparé du système crétacé par les couches lacustres du purbeckien, dans lesquelles il n'a pas été constaté d'indices bitumineux ². Il en est de même des étages inférieurs, valangien et hauterivien, mais avec les premières couches de l'urgonien, le processus de bituminisation apparaît d'une façon générale, sur tout le pourtour du territoire émergé que je considère comme constituant le rudiment de la première chaîne du Jura.

Le facies absolument calcaire des couches urgoniennes contraste singulièrement avec celui des étages sur lesquels il repose, aussi bien qu'avec celui des grès verts qui le recouvrent. D'où proviennent les masses de carbonate de chaux précipitées à l'état de limon impalpable qui constituent les bancs puissants de cet étage aussi bien dans les vallées que sur le littoral du Jura? C'est ce que l'on ne paraît pas encore avoir recherché. Pourquoi le bitume n'est-il pas répandu partout et se trouve-t-il localisé sur

1. *Les bitumes*, p. 126.

2. Il n'en est pas de même dans le Hanovre où certains gisements asphaltiques paraissent appartenir à cet âge de formation, ou au Wealdien.

certains points et dans des assises de facies différent? C'est ce que je voudrais maintenant examiner.

Ce n'est pas seulement là où on l'observe que le bitume s'est formé, mais bien dans toute l'étendue du bassin, au voisinage du territoire émergé constituant un rivage aride et stérile, comparable à celui de la mer Rouge. La surabondance des mollusques et des polypiers, ayant pour conséquence le retard de décomposition des substances organiques et, finalement, la bituminisation de celles-ci, il se produisait ainsi des amas flottants de corps gras, d'huile animale, susceptibles de s'incorporer aux sables calcaires et de former les couches d'asphalte, plus ou moins riches en bitume, que nous exploitons aujourd'hui. Il est à présumer que, dans ce premier cas, le liquide huileux était mélangé d'une certaine proportion d'eau de la mer, ce qui expliquerait l'égalité d'imprégnation, la formation des cristaux de calcite, etc.

Cette formation du bitume aux dépens des substances organiques coïncide, chose assez remarquable, avec la dissolution du carbonate de chaux formant le test ou les téguments calcaires des mollusques et des rayonnés. Des bancs épais de calcaire blanc se formaient sans conserver de traces de ces matières, sauf pourtant les *amas* de bitume pur, inclus dans ces couches sur certains points. Dans ce cas il faut admettre une résistance à la pénétration et à la combinaison des substances grasses et du limon calcaire, c'est-à-dire un phénomène inverse de celui de la formation de l'asphalte.

Si nous sommes réduits à des présomptions sur le processus de la bituminisation dans les deux cas qui précèdent,

il n'en est plus de même dans celui de la transformation directe de chaque organisme en bitume. J'ai suffisamment développé ce point pour que je puisse me dispenser d'y revenir.

Bitume de l'aptien. — Le passage de l'urgonien à l'aptien est marqué par le dépôt de couches marneuses et même d'argiles non bitumineuses, indiquant un changement important dans la sédimentation, ou plutôt dans les matériaux qui forment ces dépôts. Nous avons vu qu'il se présente bientôt, cependant, une *réurrence* des phénomènes de bituminisation, laquelle nous révèle avec la plus parfaite évidence la *transformation* directe des mollusques en bitume. Ici, il est vrai, nous n'avons plus de polypiers, mais la bonne conservation de la plupart des fossiles démontre que la formation des couches s'opérait dans des conditions sensiblement différentes de celles qui régnaient pendant le dépôt des couches purement calcaires de l'urgonien.

La plupart des espèces appartiennent au facies de rivage tranquille. Ce sont essentiellement des acéphales à coquille épaisse, appartenant à des formes variées. Ces coquilles, ensevelies dans le limon calcaire, les unes privées de substances organiques, les autres encore occupées par le mollusque, subissent une série de transformations très remarquables dont j'ai essayé de donner une idée dans le chapitre V, mais qui mériterait une étude particulière.

L'étage aptien, partie supérieure du groupe néocomien, n'a été reconnu que dans la vallée étroite qui sépare la première et la seconde chaîne du Jura. Tout me porte à croire que la mer de cette époque ne s'est pas étendue plus à

l'ouest. C'est donc bien le type d'une mer étroite et allongée qu'on pourrait, à ce point de vue, comparer à la mer Rouge. Par-dessus les dépôts qu'elle a laissés, viennent les divers étages des grès verts, dans lesquels se présente un autre facies de transformation des substances organiques, celui des sables à fossiles phosphatés. Mais nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Le pétrole de la molasse. — Avec le dépôt des couches de calcaire crayeux du cénomanién, la mer se retire pour longtemps, et la région qui nous occupe devient terre-ferme. Les premiers indices de sédimentation consistent dans les dépôts sidérolithiques, contemporains des couches éocènes du bassin de Paris. Au-dessus d'eux, et sans qu'il soit possible de les distinguer, viennent ces dépôts de marne rouge lie de vin, de sable, de grès et même de poudingues, auxquels on a donné le nom de *Molasse rouge*. Ces couches, qui présentent tous les caractères d'une formation de rivage terrestre, renferment à divers niveaux le pétrole en quantité assez notable pour qu'il ait fixé l'attention. Ce qui me paraît digne de remarque, c'est l'extension géographique de cette formation, concentrée autour de la première chaîne du Jura, et surtout à sa base orientale. Il s'agit ici bien réellement de dépôts opérés sous l'influence de causes physiques générales, puisque les caractères de la formation présentent une si remarquable analogie avec ceux de la région pétrolifère de la vallée du Rhin à Pechelbronn, et même, jusqu'à un certain point, de celle de la région subcarpathique. Aussi reviendrai-je dans le prochain chapitre sur ce sujet important.

Les phénomènes orogéniques. — C'est grâce aux phé-

nomènes de plissement et de dislocation des couches sédimentaires, qu'il nous est aujourd'hui possible d'observer les gisements bitumineux ensevelis primitivement dans les profondeurs du sol jurassien et subjurassien. A quelle époque ces mouvements orogéniques ont-ils commencé à se manifester avec une certaine intensité? On a été généralement d'accord pour envisager que c'était à l'époque du retrait de la molasse marine qui constitue les hauteurs du plateau d'Échallens. Mes recherches les plus récentes me portent à penser qu'il faut reculer sensiblement la date de ces phénomènes. Il existe en effet entre les couches crétaées, les plus supérieures du Jura et les premiers dépôts molassiques, un grand hiatus, qui implique une émerision incontestable de la région. Pendant cette période, les couches crétaées ont été ravinées, remaniées, et les matériaux entraînés au loin. Tout indique, à mon point de vue, que les collines néocomiennes du mont de Chamblon, d'Orbe, du Mormont, formaient déjà des îlots, des récifs, autour desquels vinrent se déposer les premières couches de la molasse. Il y aurait donc *discordance*, et non *concordance* de stratification. Le mouvement orogénique qui a donné au Jura son relief actuel, ne serait que la continuation lente et graduelle de ceux qui l'ont précédé, ou, pour mieux dire, il n'aurait pris fin qu'après le dépôt des dernières assises de la molasse miocène, qui se retrouvent encore à plus de 1000 mètres dans les hautes villes du Jura.

C'est à ce moment que commencent à se produire les *dislocations*, si caractéristiques, des chaînons du Jura. Simples fractures d'abord, ces dislocations sont transformées, par érosion atmosphérique surtout, en dépressions

médianes auxquelles nous donnons le nom de *combes*, de *cluses*, de *ruz*, de *cirques*, etc.

Même les dépôts des vallées synclinales sont ravinés par les cours d'eau, et ainsi, apparaissent les profils naturels qui nous permettent d'observer les couches asphaltiques du Val-de-Travers, de la vallée du Rhône, autrefois ensevelies sous les dépôts postérieurs.

La formation du gaz des marais. — Il pourrait sembler que l'histoire de la formation des hydrocarbures dans le Jura ait cessé avec le dépôt des couches de la molasse rouge. Mais, si l'on veut bien se reporter à ce que nous avons dit de la *genèse* de ce groupe de substances, si de plus on admet leur origine organique, on comprendra pourquoi je juge à propos de revenir encore sur la formation du gaz des marais, dont la vallée du Doubs nous offre un si remarquable exemple. Y a-t-il au fond, en ne tenant pas compte des *proportions* du phénomène, une si grande différence entre les *émissions souterraines* de gaz de la Pensylvanie et les *émissions sous-lacustres* du Doubs? Ne pouvons-nous pas admettre que dans tous nos marais du Jura et du littoral molassique, il se forme actuellement des hydrocarbures gazeux plus ou moins abondants? Il m'a toujours paru que la solution des questions que soulèvent les phénomènes les plus grandioses était subordonnée à celle de l'étude raisonnée des faits qui sont immédiatement accessibles à nos investigations. Voilà pourquoi je tenais à évoquer une fois de plus l'action des causes actuelles, et à attirer l'attention sur un sujet de recherches trop négligé jusqu'ici.

CHAPITRE X

LA RECHERCHE ET L'AVENIR DU PÉTROLE

Généralités. — 1. *Notes statistiques sur le pétrole.* — Statistique du pétrole aux États-Unis. — Le gaz naturel à Pittsburg, son déclin. — Statistique des puits à Bakou. — Production du pétrole et de l'ozokérite en Autriche-Hongrie. — L'exploitation des mines de pétrole en Galicie. — 2. *La recherche du pétrole.* — Généralités. — Bassins pétrolifères. — Application du principe à la molasse de la région molassique sub-jurassienne. — Étendue du champ de recherches pour les premières explorations. — Programme des recherches par sondages. — 3. *L'avenir du pétrole.* — Généralités. — Épuisement des gisements connus et exploités. — Europe centrale. — Europe orientale, Russie. — Asie.

Généralités. — Ainsi qu'on a pu le constater, l'étude des gisements des hydrocarbures naturels, et en particulier du pétrole, d'abord purement scientifique, est devenue depuis peu d'années une question économique et industrielle de la plus grande importance. De toutes parts on s'est adressé aux savants soit pour leur demander des directions pour la recherche du gisement pétrolifère, soit pour poser la question de permanence dans la formation des huiles minérales. Dans l'un comme dans l'autre cas, les réponses ont été ce qu'elles pouvaient être, plus ou moins contradictoires et en opposition les unes aux autres.

Aussi longtemps qu'on n'était pas d'accord sur l'origine

et le mode de formation des hydrocarbures, que l'on se basait sur des hypothèses et des théories, il n'y avait rien à attendre de satisfaisant. D'autre part, la publication du mémoire de M. Mendeleef ouvrait une nouvelle voie aux spéculations financières et philosophiques de quiconque jugeait à propos d'intervenir dans le débat, au point de faire croire que, plus on avançait, plus on s'éloignait du but¹.

Programme des recherches par sondages. — L'expérience acquise partout a suffisamment démontré qu'il ne suffisait pas du résultat d'un sondage heureux pour justifier des présomptions, et pour assurer un rendement certain et quelque peu prolongé de l'exploitation de l'huile minérale. A Pechelbronn, on est arrivé actuellement au chiffre d'environ 500 sondages, sur lesquels on compte 31 puits jaillissants, ce qui est magnifique. Mais précisément pour cette raison il y a lieu de prévoir de nombreux forages dans la région présumée la plus favorable. Par

1. Voici, comme exemple, quelques-unes de ces appréciations.

• Une autre question, qui intéresse au plus haut point l'industrie du pétrole, a été souvent posée; la formation de l'huile minérale, quelle qu'elle soit, est-elle le résultat du travail des siècles passés, ou bien continue-t-elle à se produire de nos jours, et par conséquent la source de l'huile est-elle inépuisable?

• La question est difficile à résoudre; cependant il y a tout lieu de supposer que l'existence du pétrole n'est pas limitée aux couches actuellement exploitées, et que, chaque jour, la nature qui ne s'arrête jamais dans son œuvre créatrice, distille de nouvelles masses du précieux liquide. » (Hue, *Le pétrole*, p. 7.)

• Le savant russe Mendeleef, chimiste éminent d'ailleurs, qui a visité, chargé de missions officielles, les principales contrées productrices de pétrole de l'Europe et de l'Amérique, vient d'édifier « une nouvelle théorie », etc. Cette théorie, si elle est vraie, aurait au moins le grand avantage de nous laisser croire à la richesse inépuisable des dépôts pétrolifères, puisque le même procédé pourrait continuer de produire du pétrole tous les jours. » (Daniel Bellet, *Le pétrole*, in *Magasin pittoresque*.)

conséquent, mon programme s'éloigne considérablement de celui qui paraît avoir été suivi pour les recherches récentes de pétrole en France ¹.

Je considère comme principe absolu qu'un sondage ne doit pas dépasser la rencontre du *substratum*. D'autre part, un résultat négatif, même répété, ne doit pas être une cause d'abandon, étant donnée la disposition en couches, lentilles, ou amas, étagés ou superposés, en plan irrégulier, comme on l'a observé à Pechelbronn.

J'ai cherché à démontrer qu'il est cependant possible, non seulement de s'entendre, mais de prouver d'une part, que la *production* des sources de pétrole n'est pas indéfinie, que les bassins pétrolifères s'épuisent tout aussi bien que les couches de houille que l'on exploite, de l'autre que la *formation* des hydrocarbures naturels, si elle se continue encore, est insuffisante à satisfaire aux besoins toujours croissants de l'industrie moderne. S'il m'était permis de faire une comparaison, je dirais qu'il en est du pétrole comme de la tourbe dont la formation est loin de compenser la quantité exploitée actuellement.

Mais comme il peut arriver que beaucoup de lecteurs de ce livre ne soient pas entièrement convaincus de l'épui-

1. • Divers sondages ont été tentés pour chercher du pétrole en France. A Gabian (Hérault), on est descendu à 413 mètres : à la Fontaine ardente de Grenoble, à 198 mètres, sans aucun résultat. Au nord de Seyssel (Ain), un sondage est actuellement en cours. Enfin, dans la Limagne d'Auvergne, M. Clercy a fait divers sondages en 1892. Aux environs du Pont-du-Château, on s'est arrêté à 220 mètres sans avoir rien trouvé ; à Pont-Battu près de Riom, on n'a rencontré jusqu'à 275 mètres que des traces d'huile et de gaz combustibles. Ce sondage, qui n'est pas terminé, est sorti à 220 mètres de profondeur des marnes à *cypris faba* aquitaniennes pour entrer dans les argiles tongriennes. »

(Fuchs et de Launay, *Traité*, p. CX.)

sement des gisements, même les plus abondants, je consacrerai quelques pages à résumer les publications qui s'y rapportent. Puis j'exposerai quelles sont, en admettant la théorie de l'origine organique, les *présomptions* qui peuvent guider dans l'avenir ceux qui s'occupent de la recherche des huiles minérales.

I. — Notes statistiques sur le pétrole.

Statistique du pétrole aux États-Unis. — Le *Traité* de MM. Fuchs et de Launay renferme¹ un tableau très intéressant de la production du pétrole dans les centres de production des États-Unis de 1860 à 1862. Presque partout la période du début est suivie d'un accroissement, parfois formidable, suivi d'une diminution et même par de l'épuisement total. Voici quelques extraits de ce tableau.

Oil Creek, centre initial d'exploitation, débute en 1860 avec 120 000 barils². Le maximum se présente en 1869 avec 3 000 000 de barils, pour tomber en 1882 à 280 000.

Central Alleghanys commence à la même époque, et atteint son maximum en 1872, avec 800 000 barils, puis descendra à 180 000 en 1882.

Tidioute and Fagiendas atteint 1 million de barils dans les années 1870 à 1872, et ne donne plus, en 1882, que 193 000 barils.

L'histoire du groupe de Pithole est la plus remarquable. Il débute en 1865 et 1866 avec 900 000 barils, diminue

1. *Traité*, p. 84.

2. Le baril vaut 160 litres.

graduellement, pour finir en 1880 avec 3000 barils. Le gisement est épuisé.

Mais, dans la même période, *Butler and Armstrong* commence avec une production de 1000 barils, arrive en 1877 à 5 500 000, pour redescendre en 1882 à 1 300 000. *Clairon* a une histoire analogue.

La production de *Bradford* est la plus prodigieuse de toutes. Dans les années 1867 à 1874, elle est de 1000 à 3000 tonnes. En 1880, elle atteint le chiffre de 23 millions de tonnes, alors que tous les autres bassins n'en produisent que deux à trois millions.

Alleghany County, l'un des derniers centres exploités, commence en 1880 avec 5000 barils et atteint deux ans plus tard 6 450 000 barils, chiffre qui s'est dès lors sans doute encore accru.

En présence de ces chiffres, la production des États voisins et du Canada devient presque insignifiante, puisqu'elle n'atteint nulle part dans une année un million de barils.

Au reste il est à remarquer qu'il y a une énorme différence dans la production des différents niveaux. Plus on s'approfondit, plus elle augmente (ce qui ne veut pas dire qu'il en sera toujours ainsi).

Ainsi, tandis qu'en 1882, les deux niveaux supérieurs n'atteignaient pas 300 000 barils, le troisième niveau produisait près de 24 millions de barils.

D'ailleurs ces niveaux ne se présentent pas d'une manière constante dans toute l'étendue du bassin; c'est ce que démontre la rencontre des puits stériles, par rapport aux puits productifs.

« D'une façon générale, le rendement de tout puits

diminue avec le temps et souvent très vite. On admet que le rendement moyen d'un puits est de 15 hectolitres par vingt-quatre heures, et sa durée moyenne d'exploitation de deux années, chiffre très supérieur à celui de Bakou, où la durée moyenne n'est guère que de six mois ¹. »

Le gaz naturel à Pittsburg, son déclin ². — Le gaz naturel provenant des puits de recherche du pétrole à Pittsburg, en Pensylvanie, était d'une abondance telle que son emmagasinement et sa canalisation avaient transformé la pratique industrielle de cette ville, tant au point de vue de l'éclairage qu'à celui du chauffage.

D'après les renseignements parvenus vers la fin de l'hiver 1888, une réduction sensible s'était manifestée dans la production, puis l'été avait ramené l'abondance. Mais les mêmes symptômes d'épuisement se renouvelèrent au commencement de la saison froide, et persistèrent d'une manière inquiétante. On prit différentes mesures pour parer à la réduction de pression à l'orifice des puits, mais ces mesures ne donnèrent aucun résultat. Il paraît du reste que le mal est général et ne se confine pas à Pittsburg. Les districts environnants sont atteints; ainsi que les régions pétrolifères de l'Ohio et de l'Indiana. Cette cessation imprévue ne sera pas l'un des caractères les moins particuliers de cette production extraordinaire et qu'on n'a, malheureusement, pas pu régler — surtout à l'origine — d'une manière suffisante, pour en assurer plus longtemps l'emploi.

Statistique des puits à Bakou. — L'exploitation du

1. *Traité*, p. 86.

2. *La Nature*, décembre 1889.

pétrole dans la région du Caucase est soumise à des fluctuations non moins fréquentes que dans la Pensylvanie. Aucun puits n'est intarissable, et le jaillissement, s'il se manifeste au début, finit par cesser; il faut alors recourir au pompage dont l'effet est plus ou moins limité.

En 1885, sur 344 puits forés à Bakou, 142 étaient productifs, 200 étaient épuisés, interrompus par accidents, ou en percement.

Comme exemple citons le Puits N° 13. — A jailli le 2 mai 1887, d'une façon intermittente : il se dégageait beaucoup de gaz, et le jet entraînait beaucoup de sable.

Il a fourni le	3 mai.....	80,000	kilos.
—	le 4 et le 5.....	40,000	—
—	le 6 et le 7.....	80,000	—
—	le 8 mai.....	100,000	—
—	le 9 —.....	80,000	—
Le 10 et le 11 la fontaine s'est arrêtée.			
—	le 12 —.....	20,000	—
—	le 13 —.....	40,000	—
Le jet cesse de nouveau jusqu'au 18 mai.			
—	le 19 —.....	40,000	—
—	le 20 —.....	30,000	—
—	le 21 —.....	24,000	—

Depuis, l'huile a cessé de jaillir, et l'on extrayait, en 1888, 250 à 500 tonnes.

« En résumé, les conditions d'exploitation sont essentiellement variables.

Le plus souvent une fontaine est jaillissante au début; au bout de quelque temps, elle devient intermittente; puis il faut aller puiser le naphte au fond du puits.

Les difficultés sont souvent très grandes; on doit toujours s'attendre à voir les puits se transformer en fontaine jaillissante pendant que l'on pompe. Le plus grand danger

est l'incendie. Il se dégage constamment des gaz combustibles; tout le sol et les bois sont tellement imprégnés de naphte que lorsqu'un incendie se déclare, il est à craindre pour tous.

Un puits dure en moyenne deux ans; il faut ensuite recommencer le fonçage, jusqu'à ce que l'on arrive à un autre niveau suffisamment riche en naphte pour pouvoir être exploité avantageusement ¹. »

Production du pétrole et de l'ozokérite en Autriche-Hongrie. — Le pétrole de la région carpathique n'a commencé à prendre de l'importance qu'en 1883. Cette année, la production était de 166 500 barils. Elle s'est élevée régulièrement et graduellement de façon à atteindre en 1890 816 000 barils ².

La production de l'ozokérite ne paraît pas avoir suivi la même progression, Elle était de 86 610 quintaux métriques en 1877. En 1883, elle a atteint son maximum avec 139 554 quintaux, pour tomber en 1890 à 61 699 quintaux.

L'exploitation des sources de pétrole en Galicie. — Le percement d'un puits de 620 mètres de profondeur à Rowie près de Ducla a été opéré en 450 journées. Parmi les différentes couches rencontrées, ce sont le plus souvent les grès et la glaise.

Les gaz ont commencé à se dégager à la profondeur de 280 mètres; ils atteignent le maximum à 550 mètres. On a constaté le pétrole à 325 mètres, et commencé à l'exploiter à 363 mètres, pendant quatre mois. En traversant de nouvelles couches de schistes, il a reparu à 480 mètres. A

1. Fuchs, etc., *Traité*, p. 404.

2. *Mercurie scientifique*, 1893, p. 153.

515 mètres sa quantité a augmenté, et ce n'est qu'à 571 mètres que la source de pétrole s'est manifestée définitivement.

Au commencement, ce puits fournissait 70 barils par jour, mais depuis quelque temps le rendement a considérablement diminué et on n'en extrait à présent que 50 barils de 150 kilogrammes par jour ¹.

II. — La recherche du pétrole.

Généralités. — D'une manière générale, on peut dire que, jusqu'ici, la recherche du pétrole a été livrée au hasard, et qu'elle a pour point de départ des indices plus ou moins incertains, tels que l'apparition de sources naturelles. Aussi longtemps que les idées théoriques de l'origine éruptive étaient en faveur, on ne pouvait, effectivement, demander à la science des indications quelque peu sérieuses sur l'étendue des gisements, l'importance des niveaux pétrolifères, ni surtout sur le choix des emplacements favorables pour les sondages. En effet, nous avons vu MM. Fuchs et Sarasin prendre pour base les *alignements* des sources naturelles de pétrole de Campina (Valachie); s'attacher à suivre à la boussole la direction des plissements ou des fissures des couches, et conseiller de pratiquer les sondages sur ces mêmes alignements. C'était préjuger la production indéfinie de l'huile minérale, alors que les réservoirs de celle-ci étaient déjà en grande partie épuisés par l'écoulement des sources naturelles.

1. *Mercuré scientifique*, février 1893.

Sans m'arrêter davantage sur l'insuffisance des données qui peuvent résulter de l'application de cette théorie, je chercherai à faire ressortir les conséquences que l'on peut tirer de l'origine sédimentaire des gisements pétrolifères.

Bassins pétrolifères. — En thèse générale, les bassins pétrolifères peuvent être assimilés aux bassins houillers, avec lesquels ils présentent les plus grands rapports d'origine et de dispositions stratigraphiques. C'est dire que les principes qui sont applicables à la recherche de la houille doivent servir de base pour la recherche du pétrole.

Ainsi, le point de départ des investigations doit être l'étude géologique, aussi complète que possible, de la région présumée devoir renfermer du pétrole.

L'étendue et les limites de la formation, les couches sur lesquelles elle repose, et que nous pouvons assimiler aux *morts-terrains* des mineurs, les *couches stériles*, qui peuvent être superposées aux *couches productives*, ou présumées devoir l'être, doivent donc précéder l'exécution des sondages et servir de guide pour l'emplacement de ceux-ci.

De même que, dans un bassin houiller, les couches de charbon varient d'épaisseur, d'étendue, qu'elles sont plus ou moins nombreuses, de même aussi il faut s'attendre à ce que les résultats de sondages, même très rapprochés, soient tout à fait dissemblables, et même négatifs. Enfin et surtout il faut prévoir l'épuisement, à terme plus ou moins rapproché, des niveaux pétrolifères, même les plus riches.

Si, à un certain point de vue, la découverte du pétrole donne lieu à des résultats beaucoup plus économiques que la houille, surtout si on arrive à des puits jaillissants, il ne

faut pas oublier qu'il subsiste de grandes incertitudes au point de vue de l'importance réelle des gisements. Il pourra arriver que ceux-ci, renfermant des huiles mélangées d'une forte quantité de goudron, résistent aux systèmes de pompes les plus perfectionnés. Des niveaux pétrolifères peu développés en étendue, peu puissants, seront inutilisables, alors que, exploités en galerie comme le charbon, ils eussent produit un rendement satisfaisant. On peut se demander si, dans ces cas-là, on ne viendra pas un jour à reprendre certaines exploitations, par puits et galeries, comme cela se pratique du reste pour l'ozokérite en Galicie, et pour l'asphalte dans la plupart des gisements connus.

Application du principe à la molasse de la région molassique subjurassienne. — Dans le chapitre V, j'ai fait connaître les indices matériels de l'existence du pétrole dans la molasse de Chavornay, Orbe, Method, Dardagny, Forens, Pyrimont, etc. Ces indices sont, en eux-mêmes, insuffisants pour assurer un résultat favorable dans le cas d'une exploitation des couches pétrolifères, suivant la méthode usitée autrefois.

Mais, en revanche, ces indices constituent des présomptions suffisantes de l'existence, *en profondeur*, de couches également pétrolifères, qu'il serait possible de reconnaître par des sondages, pratiqués sur différents points de la région.

Quels sont ces points? C'est ce qu'il convient d'examiner.

Tout d'abord, il est entendu que nous laissons de côté tout ce qui se rapporte aux indices et à l'existence de l'asphalte et des bitumes antérieurs à la molasse pour nous en tenir aux affleurements reconnus jusqu'ici dans ce terrain.

Ces affleurements constituent trois groupes (carte fig. 28).
 Ce sont ceux de la vallée du Rhône, de Dardagny et de

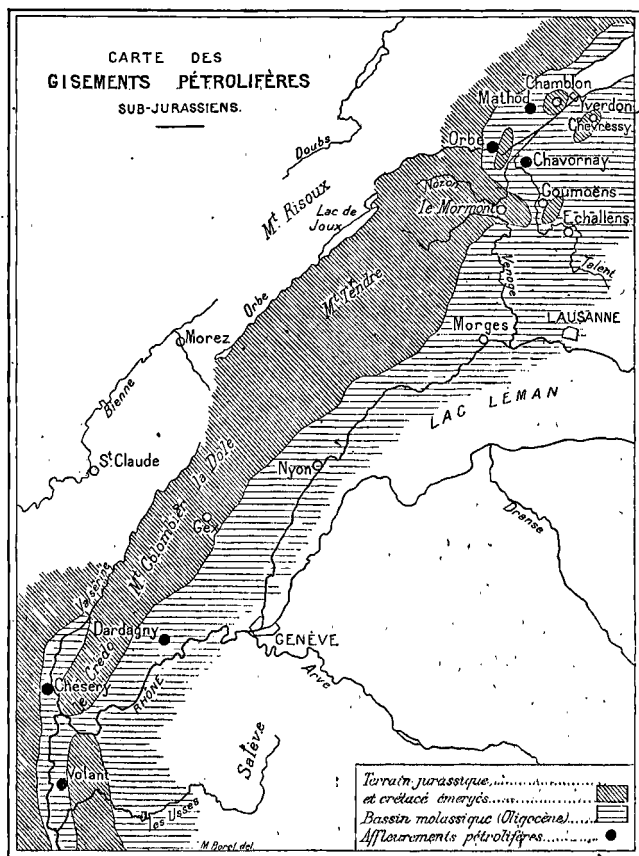


Fig. 28.

Chavornay-Orbe. Le premier paraît peu puissant et peu étendu et doit être réservé pour les recherches ultérieures. Le second présente déjà des conditions plus favorables; mais c'est incontestablement dans la vallée de l'Orbe, entre

le lac de Neuchâtel et le Mormont que nous rencontrons une assez grande étendue de territoire et les présomptions

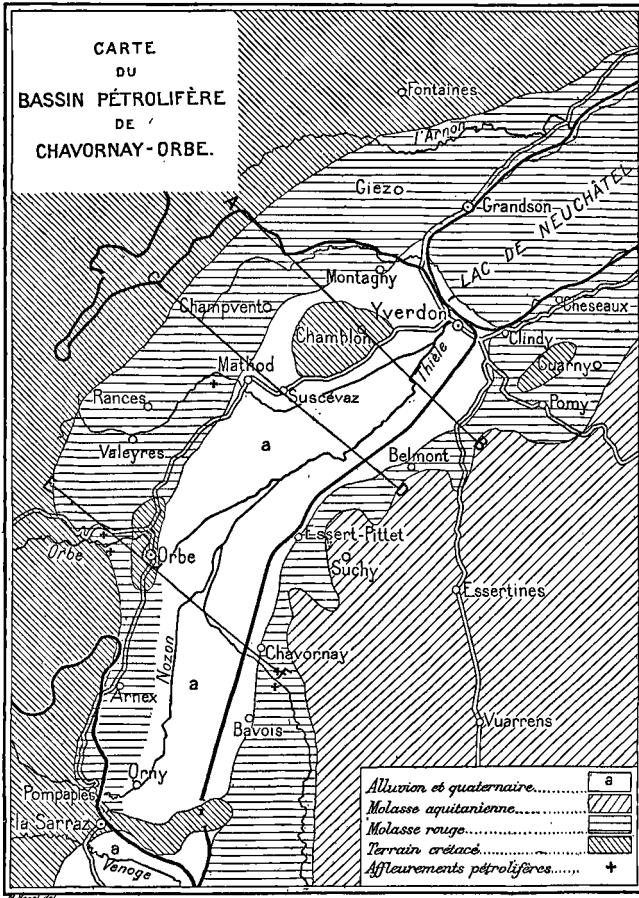


Fig. 29.

les plus sérieuses, relativement à la puissance des couches de la molasse pétrolifère.

Non seulement les deux flancs de cette vallée de La

Sarraz à Onnens, et de Bavois à Yvonand, présentent des affleurements connus dès longtemps, mais encore le fond même de cette large vallée est constitué par un dépôt peu épais d'alluvions modernes, au-dessous duquel peuvent exister cent, ou même quelques centaines de mètres, de

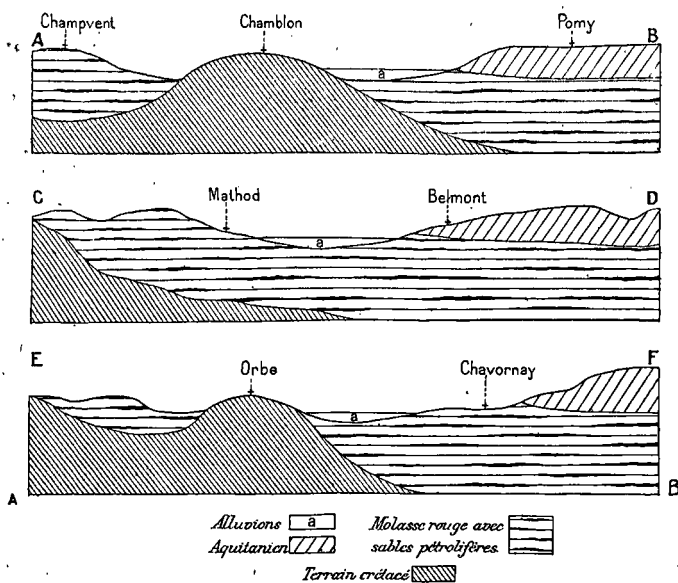


Fig. 30. — Coupes de la vallée de l'Erbe.

molasse pétrolifère, à en juger par les résultats obtenus dans les sondages de Pêchelbronn, dans des conditions analogues.

Quant aux limites de ce champ de recherche, elles sont nettement indiquées à l'ouest par les affleurements de l'urgonien, de La Sarraz à Concise, ainsi que par les pointements du même terrain à Orbe, au Mont-de-Chamblon, etc. (fig. 29).

C'est en prévision de ce cas que j'ai dressé la série de coupes en travers la vallée de l'Orbe (fig. 30), en indiquant les emplacements éventuels de sondages dans cette région. Il suffira de l'exécution de quelques-uns d'entre eux pour justifier ou infirmer les présomptions d'existence du pétrole et la profondeur ou la puissance des couches molassiques.

Quant au coût de ces travaux, il ne serait pas très élevé si, comme je le pense, on a recours au système de forage à tige creuse (système Fauvel) appliqué aux forages de Pechelbronn¹.

III. — L'avenir du pétrole.

Généralités. — L'avenir du pétrole comporte naturellement deux ordres de questions : l'un, se rapportant à la production des gisements en voie d'exploitation, l'autre, à la découverte de nouveaux gisements. Ni l'un ni l'autre de ces sujets n'a encore été traité, à ma connaissance du moins, d'une manière réellement scientifique : il y a donc, de ma part, quelque hardiesse à en aborder la solution.

L'éclairage au pétrole a opéré depuis quelque trente ans une véritable révolution dans l'éclairage public et particulier ; nul ne songe à le contester. Mais il est non moins certain que les procédés de fabrication du gaz, et surtout les progrès de l'éclairage électrique, font prévoir, pour l'avenir, et dans bien des cas, la substitution de ces procé-

1. Voir à ce sujet l'article de M. Ch. Grad, *La Nature*, 1890, p. 471.

dés à celui qui vient d'obtenir un si légitime succès. Dès lors, dira-t-on, à quoi bon se préoccuper de la recherche de nouveaux gisements d'huile minérale au moment où leur emploi risque d'être abandonné?

Ceux qui raisonnent de cette façon montrent qu'ils ne connaissent qu'imparfaitement l'une des applications les plus importantes des huiles minérales, celle du graissage des machines et des essieux des voitures de chemin de fer. Qu'advierait-il le jour où les huiles minérales, dont l'emploi se chiffre par millions, feraient défaut? C'est ce qu'il n'est pas possible de prévoir.

Or les statistiques de production des établissements qui opèrent la distillation nous apprennent que, en moyenne générale, les sources de pétrole produisent 50 p. 100 d'huile d'éclairage, et 50 p. 100 d'huiles lubrifiantes pour usages industriels. (Je néglige à dessein les sous-produits, tels que les huiles légères, les paraffines et résidus de toute nature.)

On voit qu'il vaut la peine d'aborder ce sujet, sinon de le résoudre, autrement que les auteurs de traités de vulgarisation, qui se prononcent plus ou moins catégoriquement en faveur de la théorie Mendeleef.

Épuisements des gisements connus et exploités. — Je considère l'épuisement des sources de pétrole, jaillissantes ou exploitées au moyen de pompes, comme certain dans un avenir plus ou moins rapproché. C'est ce qui me paraît résulter de la statistique même des sources de la Pensylvanie. Si, comme nous l'avons vu, les niveaux pétrolifères existent dans des conditions analogues à celles des bancs de houille, il faut reconnaître que jamais leur exploitation

ne pourra se faire d'une manière complète, et que, toujours, il restera dans le sein de la terre des masses de résidus bitumineux dont l'exploitation exigerait le fonçement de puits et l'ouverture de galeries, comme cela se passait autrefois à Pechelbronn.

Les puits du Caucase, eux aussi, tariront, mais, autant qu'il m'est permis d'en juger, le territoire des steppes et des lacs de la région aralo-caspienne, dont l'étendue est immense, recèle une masse de pétrole tout aussi inépuisable que celle du bassin houiller des Apalaches.

Je jeterai encore un rapide coup d'œil sur les éventualités de découvertes dans les différentes parties de l'Europe et des autres contrées du globe.

Europe centrale. — Tous les indices recueillis jusqu'ici, relativement au pétrole, nous montrent celui-ci comme concentré dans le terrain tertiaire inférieur et moyen des principaux bassins fluviaux, le Rhône, l'Adige, le Danube. Mais on peut dire que tout est encore à découvrir, en ce qui concerne le développement et la puissance des dépôts superposés aux assises supposées devoir renfermer le pétrole. Je ne reviendrai pas sur ce que j'ai dit au sujet de l'huile minérale, qui doit être cherchée, non dans les régions soulevées et disloquées, mais dans leur voisinage, dans les plaines basses ou les plateaux formés de sédiments argilo-sableux. Nous ne savons rien, ou presque rien, des terrains qui forment le sous-sol de la grande plaine du Danube, au nord des Alpes. Il en est de même de la vallée de l'Adige, entre les Alpes et les Apennins, de la Vénétie, etc. Quelques affleurements tertiaires dans l'Émilie ont provoqué des recherches qui n'ont pas été couronnées

de succès. De même, il serait bien singulier que le pétrole fût concentré dans le voisinage immédiat de Pechelbronn, alors que la large vallée du Rhin, entre Bâle et Mayence, est formée de terrains plus ou moins semblables à ceux qui ont été traversés par les sondages.

J'ai exposé, dans le chapitre précédent, mes vues sur la région molassique du plateau suisse, mais il est évident que la découverte du pétrole dans cette région n'aurait jamais une influence marquée sur la production de cette substance.

En ce qui concerne le bassin de la Seine et de la Loire, je considère le facies des dépôts tertiaires comme peu propice à l'existence du pétrole. Il n'y aurait guère que dans la formation de la Limagne d'Auvergne, qui a d'ailleurs fourni des indices, que des découvertes imprévues puissent se produire.

Dans le bassin de la Garonne, mêmes conclusions.

Europe orientale. Russie. — Les terrains pétrolifères de la Moldo-Valachie, aussi bien que les dépôts salifères du nord des Carpathes, de la Poméranie, appartiennent au grand bassin tertiaire de la Russie, dont ils indiquent le rivage occidental, tandis que les gisements aralo-caspiens jalonnent le rivage méridional. Ce sont ces régions qui constituent la *terre de l'avenir* du pétrole, soit par l'extension des exploitations actuelles, soit par la découverte de nouvelles régions pétrolifères. Mais il n'entre pas dans le cadre de ce travail d'aborder les considérations qui me portent à cette conclusion. Je me borne à constater qu'ici encore les régions montagneuses, comme le Caucase, les monts d'Arménie, sont absolument stériles en huile miné-

rale, et que celles-ci doivent être cherchées dans les plaines et les steppes.

Asie. — Si les présomptions d'existence de bassins pétroliers d'une étendue un peu considérable font défaut en ce qui concerne l'Europe, dont plus de la moitié de territoire est formée de régions montagneuses, il en est tout autrement de l'Asie et des îles qu'on est convenu d'appeler l'Australasie.

La Birmanie en particulier est connue dès longtemps par les gisements de la plaine de l'Iraouady exploités par les indigènes, mais sur lesquels l'attention des ingénieurs anglais vient de se porter. Nous avons vu, dans le chapitre I, quel était l'avenir plein de promesses des îles du Japon, de Java, de Sumatra, Bornéo et Célèbes, de l'île de Formose et de la Chine, contrées à peine explorées à l'heure qu'il est, mais dont l'avenir réserve pour l'avenir bien des surprises.

Les *volcans de boue* de la Nouvelle-Zélande, ces éruptions continues ou intermittentes d'asphalte, de pétrole, d'eau et de terres délayées, révèlent l'existence de dépôts importants, rapprochés à la surface du sol, et non pas enfouis dans les profondeurs, où on avait pensé les découvrir par des sondages. Là encore et surtout, se trouvent les *réserves de l'avenir* que, à mon point de vue, il est peu probable de découvrir dans le petit coin de terre auquel nous donnons le nom de continent européen.

RÉSUMÉ

Arrivé au terme de ce travail, que je ne considère d'ailleurs que comme un *essai*, résumant les données acquises, sur les hydrocarbures naturels et dans lequel j'ai cherché à mettre d'accord les théories avec les faits, bien plutôt qu'à faire prévaloir un système préféré, je voudrais jeter un coup d'œil sur les résultats auxquels je suis arrivé.

I. Après bien des controverses et des débats, les géologues ont, pour la plupart, admis la doctrine des causes actuelles, et renoncé aux hypothèses fondées sur la suspension ou l'interruption des lois naturelles de la physique du globe. La production des substances bitumineuses est soumise actuellement, comme elle l'a été dans les temps géologiques, à une série de facteurs géophysiques s'exerçant sur les substances organiques animales et végétales. Il n'est nullement nécessaire d'invoquer les forces souterraines, les éruptions volcaniques, les dislocations profondes des chaînes de montagnes, pour expliquer la présence des carbures d'hydrogène naturels, soit à la surface, soit dans les profondeurs du sol.

II. Au point de vue de leur genèse ou de leur origine les substances bitumineuses, asphalte, pétrole, etc., peuvent se présenter à nous sous deux états différents.

1° D'une part, à l'état initial ou de première formation, soit qu'elles aient été ensevelies dans les couches sédimentaires, soit qu'elles se montrent encore à la surface, dans les régions propres à leur développement.

2° D'autre part, en amas, ou gisements résultant de leur déplacement provoqué par les dislocations postérieures à leur ensevelissement. C'est à ce déplacement qu'il faut attribuer les sources naturelles de pétrole connues dès la plus haute antiquité, aussi bien que les suintements, ou émissions de bitume visqueux qui, dans certaines régions, deviennent solides par l'exposition à l'air.

III. La distillation lente des corps organisés marins doit être plus ou moins assimilée au procédé de conservation des bois fossiles au fond des marais, des tourbières, etc., sous la vase. Mais tandis que pour ceux-ci l'absence de l'air suffit pour assurer la conservation, pour ceux-là, la présence d'une enveloppe complètement imperméable est encore nécessaire pour empêcher la décomposition complète en gaz volatils, comme cela a lieu pour tous les animaux simplement ensevelis sous l'eau.

IV. La présence ou l'existence des *sources naturelles* de pétrole, au voisinage des régions montagneuses, s'explique, non point par les dislocations du sol, mais par le fait que la formation de ces reliefs est *antérieure* à celle de l'huile minérale. Loin donc de considérer ces sources comme pouvant servir de guide dans les recherches, on devra les considérer comme des *indices de l'épuisement pro-*

chain des nappes sableuses imprégnées d'huile, ces réservoirs n'étant pas susceptibles comme ceux de nos sources de se remplir indéfiniment par l'eau de pénétration de la surface.

V. Si donc nous repoussons comme non fondée l'hypothèse éruptive, il s'ensuit que la recherche du pétrole devra se faire en tenant compte des *conditions de formation* des terrains sédimentaires, de l'*extension des bassins* dans lesquels ils se sont déposés, des terrains qui leur sont superposés, etc.

VI. S'il est indiscutable que les hydrocarbures naturels se rencontrent dans les terrains sédimentaires, depuis les plus anciens jusqu'à ceux qui se forment encore sous nos yeux, il est non moins certain que jusqu'ici, c'est dans les formations d'âge tertiaire qu'ils sont les plus étendus et les plus répandus, si toutefois nous exceptons les dépôts siluriens et dévoniens de l'Amérique du Nord formés sous l'empire de conditions géophysiques qui n'ont pas encore été reconnues dans d'autres régions, où existent des formations du même âge.

VII. D'une manière générale, les indices d'existence des hydrocarbures solides, liquides ou gazeux, manifestés par les volcans de boue, les salses, les dégagements de gaz naturels font présumer des gisements rapprochés de la surface, en sorte qu'il est inutile de prévoir, dans ces cas, un résultat favorable de sondages poussés à une grande profondeur.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

NOTICE SUR LA VIE ET LES TRAVAUX D'AUG. JACCARD.....	V
PRÉFACE.....	IX

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION. — HISTORIQUE

But de ce travail, 1. — Age des formations bitumineuses, 2. — Historique, antiquité, 3. — xviii ^e siècle, 4. — xix ^e siècle, 6. — Découverte du pétrole aux États-Unis, 7. — Pensylvanie, 7. — Virginie, Ohio, Kentucky, Canada, 10. — Russie, 11. — Galicie, 11. — Japon, 12. — Bolivie, 13. — Archipel asiatique, 13. — Nouvelle-Zélande, 14. — Pérou, 14. — Résumé....	15
---	----

CHAPITRE II

ORIGINE ET FORMATION DES TERRAINS ET DES ROCHES

Généralités, 16. — Classification générale, 17. — Terrains sédimentaires, 17. — La sédimentation, 17. — La fossilisation des animaux. La fossilisation des végétaux, 20. — Terrains primitifs, 21. — Roches cristallines et volcaniques, 22. — Point de départ des roches éruptives, 25. — Substances gazeuses des volcans, 26. — Leur origine, 27. — Formation des filons, 28. — Phénomènes orogéniques, 29. — Durée des temps géologiques, 30. — Tableaux des terrains et des périodes géologiques, 31. — Résumé.....	32
---	----

CHAPITRE III

LES HYPOTHÈSES ET LES THÉORIES

Temps anciens, 34. — 1801. Léopold de Buch, 35. — 1834. Virlet d'Aoust, 36. — 1836. Puvis, Rozet, 37. — 1839-1840. Millet Itier, 38. — 1850, 1867, 1871. Daubrée, 40. — 1855. Hessel et Kopp, 41. — 1860, 1874. Benoit, 42. — 1863. Chancourtois, 44. — 1866. Ansted, 45. — 1866, 1881. L. Malo, 46. — 1866. Lartet, 48. — 1865. Lesquereux, 50. — 1865. Sterry-Hunt, 53. — 1866. Berthelot, 54. — 1865. Foucou, 54. — 1866. Cahours, 55. — 1867, 1868, Coquand, 56. — 1867. Desor, 60. — 1868. Fraas, 60. — 1868. Desor, Abich, Fraas, Hébert, Roemer, 64. — 1869. Raulin, 66. — 1869. C. Knab, 66. — 1870. Figuier, 68. — 1871, 1890. Jaccard, 68. — 1872. Fuchs et Sarasin, 70. — 1877. Mendeleef, 71. — 1880. Höfer, 72. — 1881, 1893. De Lapparent, 73. — 1852. Dieulafoy, 75. — 1883.	
---	--

JACCARD.

19

- Briart, St. Meunier, 76. — 1885. Le Bel, 78. — 1888. Orton, 80. — 1889. Travaglia, 80. — Auteurs divers : Ferrée, Engler, Hüfer, Zaloziesky, Ochsenius, Sickenberg, Veith et Schestopel, 82. — 1884. Narcy, 86. — 1893. Fuchs et de Launay..... 87

CHAPITRE IV

EXAMEN CRITIQUE DES HYPOTHÈSES ET DES THÉORIES

- Généralités, 89. — 1. *Origine chimique*, 90. — Sublimation, éruption, premières hypothèses, 90. — Sublimation, imprégnation. Virlet d'Aoust, Puvis, Rozet, 91. — Dislocations, émanations. Daubrée, 91. — Dislocations, phénomènes éruptifs, alignements, Chancourtois, 92. — Origine chimique, expériences. Boussingault, Berthelot, Le Bel, 92. — Origine minérale, hypothèses. Mendeleef, 93. — Imprégnation, théorie hydro-minérale. Coquand, 94. — Emanations, éruptions. Lartet, 96. — Théorie volcanique, de Lapparent, Fuchs et Sarasin, Fuchs et de Launay, 97. — 2. *Origine organique et chimique. Distillation*. Généralités, 100. — Millet, Uier, Hessel et Kopp, Ansted, 101. — Distillation, sublimation. Benoit, L. Malo, 101. — 3. *Origine organique*. Généralités, 102. — Premières démonstrations. Daubrée, Lartet, Coquand, 103. — Origine végétale. Lesquereux, 105. — Origine animale. Fraas, Knab, 106. — Progrès de la théorie organique, démonstration, Jaccard, 107. — Origine animale et végétale. Figuiet, St. Meunier, Briart, 108. — Expériences de laboratoire, Ferrée, Engler, Hüfer, Zaloziesky, Ochsenius, Sickenberg, 109. — Résumé..... 110

CHAPITRE V

ÉTUDE DES GISEMENTS

I. — *Gisements asphaltiques et bitumineux.*

- Définition, considérations générales, 114. — 1. *Gisements asphaltiques*, 112. — L'asphalte au Val-de-Travers, historique, 113. — Essais et analyses, 115. — Géologie, 115. — Étude de l'asphalte urgonien, 116. — Étude de l'aptien bitumineux, 119. — Gisements urgoniens du pied du Jura, 122. — Auvergnier, 122. — Bevaix, 124. — Saint-Aubin, 125. — Le Mormont, Thoiry, Bellegarde, 126. — L'asphalte de Pyrimont, d'après M. Benoit, 126. — Volant-Perrette, Challonges, 128. — Observations personnelles, 128. — Mussières, Frangy, Lovagny, Bourbonges, Chavaroche, 129. — Lelex, Forens, 131. — Urgonien non asphaltique, 131. — L'asphalte et le bitume dans les couches jurassiques. Vallorbes, Noiraigue, 133. — L'asphalte de Lobsann, Lampersloch, 134. — Observations, 134. — Bitume du muschelkalk des Vosges, 136. — Asphalte d'Auvergne, 137. — Pont-du-Château, les Roys, Lussat, Malinrat, 137. — L'âge des tufs bitumineux de la Limagne, 137. — Servas, Saint-Jean-de-Marvejols. Asphalte du Hanovre, Limmer, Vorvohle, Brunswick, 139. — Haering, Tyrol, 143. — Italie, Apennins, 144. — Formation asphaltique de l'Auvergne, 145. — Observations, 145. — Raguse en Sicile, 145. — Observations, 146. — L'asphalte en Russie, Sizrau, 148. — Bitume de Judée et de la Mer Morte..... 149

II. — *Schistes bitumineux, Boghead, Cannel-coal.*

- Généralités, 152. — Schistes bitumineux d'Autun, 153. — Houille bitumineuse d'Hillsboro. Nouveau-Brunswick, 154. — Houille bitumineuse de la Caroline du Nord, 154. — Schistes cuivreux et bitumineux du Mansfeld, 155. — Schistes de Ménat, Auvergne..... 156

CHAPITRE VI

ÉTUDES DES GISEMENTS (SUITE)

III. — *Gisements pétrolifères et bitumineux.*

- Généralités, 158. — Gisement de Pechelbronn, 158. — Historique, 158. — Géologie, 161. — Observations, 163. — Le bitume de Bastennes, 163. — Le pétrole de la région molassique sub-jurassienne, 163. — Gisements de la molasse vaudoise, Mathod, Chavornay, Orbe, 164. — Dardagny, Sattigny, 166. — Pyrimont, 168. — La Vojutza-Selenitza (Albanie), 167. — Le pétrole et l'ozokérite de la Moldavie, 170. — Les argiles pétrolifères et salifères de la Valachie. Modreni, Berka, Sarata, Plojezti, Pocurreza, 174. — Les sources de pétrole de Campina (Valachie), 178. — Le pétrole de Galicie et les industries de l'ozokérite, 180. — Le pétrole de l'île de Zante, 188. — Les sources de naphte dans la région du Caucase, 190. — Le pétrole de Bakou, 192. — Les terrains à pétrole et ozokérite du nord du Caucase, d'après Coquand, 193. — Le naphte de la presqu'île d'Apchéron, 196. — Les volcans de boue et le pétrole de la Crimée, 197. — Amérique du Nord, notes de M. Daubrée, 199. — Observations, 202. — Les pétroles d'Amérique, d'après MM. Fuchs et de Launay, 203. — Le pétrole du Canada, l'ozokérite de l'Utah, 208. — Le bitume de la Trinité, 210. — Le bitume de Cuba, d'après M. Narcy, 212. — Le bitume du calcaire de la Havane, d'après M. H. de Saussure, 213. — Observations, 214. — Le bitume flottant de l'océan Atlantique..... 215

IV. — *Les gaz naturels combustibles.*

- Généralités, 215. — Le gaz naturel aux États-Unis, 217. — Le gaz naturel des régions pétrolifères de la Pensylvanie, 218. — Le gaz inflammable des bassins du Doubs, 218. — Conclusions..... 221

CHAPITRE VII

CAUSES DE LA FORMATION DES SUBSTANCES BITUMINEUSES

I. — *Remarques préliminaires sur la fossilisation.*

- Considérations générales, 223. — Formations calcaires, 224. — Formations argileuses, 225. — Formations sableuses, 226. — Fossilisation des substances organiques animales, 228. — Calcaires bitumineux, 229. — Fossilisation des végétaux, 229. — Houillification, 229. — Bituminisation, 230. — Végétaux aquatiques, algues, fucus, 231. — Résine fossile, ambre, succin..... 232

- II. — *Causes de la bituminisation des substances organiques.*
 Généralités, 233. — *a. Causes générales.* — Le temps, 235. —
 La pression, 236. — La chaleur, 236. — Observations, 237.
 — *b. Causes particulières.* — Conditions géophysiques, 237.
 — Évaporation et sursaturation, 237. — Emerision et immer-
 sion, 240. — Nature des substances animales ou végétales,
 241. — Influence de l'état dans lequel se trouvaient les sub-
 stances organiques au moment du dépôt, 241. — Influence
 des sédiments minéraux..... 243

CHAPITRE VIII

ÉTAT ET MANIÈRE D'ÊTRE DANS LA NATURE DES SUBSTANCES BITUMEUSES

- Constitution des gisements bitumineux en général, 245. —
 Deux états ou manières d'être des composés bitumineux,
 247. — *État initial*, 247. — *État remanié*, 247. — Disposition
 stratigraphique, 247. — 1. *État initial ou de formation.* —
 Asphalte, caractères généraux, 248. — Bitume glutineux en
 amas, 249. — Bitume dans les fossiles, 250. — Schistes bitu-
 mineux, 250. — Le pétrole liquide, 251. — 2. *État remanié ou*
de déplacement. — Généralités, 253. — Bitumes asphaltiques,
 254. — Sources naturelles de pétrole, 255. — Malthé ou bitume
 glutineux pétrolier, 256. — Ozokérite, 257. — Conclusions. 257

CHAPITRE IX

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE L'ASPHALTE, DU BITUME ET DU PÉTROLE
DANS LE JURA

- Généralités, 259. — Le bitume jurassique, 260. — L'asphalte
 urgonien, 261. — Le bitume de l'aptien, 263. — Le pétrole
 de la molasse, 264. — Les phénomènes orogéniques, 264. —
 La formation du gaz des marais..... 264

CHAPITRE X

LA RECHERCHE ET L'AVENIR DU PÉTROLE

- Généralités, 267. — 1. *Notes statistiques sur le pétrole*, 270. —
 Statistique du pétrole aux États-Unis, 270. — Le gaz naturel
 à Pittsburg, son déclin, 272. — Statistique des puits à Bakou,
 272. — Production du pétrole et de l'ozokérite en Autriche-
 Hongrie, 274. — L'exploitation des mines de pétrole en Ga-
 licie, 274. — 2. *La recherche du pétrole*, 275. — Généralités,
 275. — Bassins pétroliers, 276. — Application du principe
 à la molasse de la région molassique sub-jurassienne, 277.
 — Étendue du champ de recherches pour les premières
 explorations, 280. — Programme des recherches par son-
 dages, 280. — 3. *L'avenir du pétrole*, 281. — Généralités, 281.
 — Epuisement des gisements connus et exploités, 282. —
 Europe centrale, 283. — Europe orientale, Russie, 284. — Asie. 285
 Résultats..... 286

EXTRAIT DU CATALOGUE
 DE
LIVRES DE FONDS

Philosophie * Histoire * Sciences * Médecine

	Pages.		Pages.
BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE.		RÉCENTES PUBLICATIONS MÉDICALES ET SCIENTIFIQUES.....	18
Format in-12.....	2	Pathologie et thérapeutique médicales.....	18
Format in-8.....	4	Pathologie et thérapeutique chirurgicales.....	19
COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES.....	7	Hygiène, Thérapeutique ...	21
Philosophie ancienne.....	7	Anatomie, Physiologie	22
Philosophie moderne.....	7	Maladies nerveuses, mentales	23
Philosophie écossaise.....	8	Physique, Chimie.....	24
Philosophie allemande.....	8	Histoire naturelle	25
BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE.....	9	Anthropologie	26
RECUEIL DES INSTRUCTIONS DIPLOMATIQUES.....	11	Hypnotisme, Sciences occultes	27
INVENTAIRE ANALYTIQUE DES ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES.....	11	Histoire des sciences.....	28
BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE.....	12	DIVERS	29
Sciences sociales.....	12	PUBLICATIONS PÉRIODIQUES ...	30
Physiologie	13	Revue philosophique	30
Philosophie scientifique.....	13	Revue historique	30
Anthropologie.....	14	Annales de l'École des sciences politiques.....	31
Zoologie	14	Revue mensuelle de l'École d'anthropologie.....	31
Botanique, Géologie.....	14	Annales des sciences psychiques.....	31
Chimie.....	15	Revue de médecine.....	32
Astronomie, Mécanique.....	15	Revue de chirurgie.....	32
Physique	15	Journal de l'Anatomie et de la Physiologie.....	32
Théorie des Beaux-Arts.....	15	Recueil d'ophtalmologie.....	32
BIBLIOTHÈQUE UTILE.....	16		

On peut se procurer tous les ouvrages qui se trouvent dans ce Catalogue par l'intermédiaire des libraires de France et de l'Étranger.

On peut également les recevoir franco par la poste, sans augmentation des prix désignés, en joignant à la demande des TIMBRES-POSTE FRANÇAIS ou un MANDAT sur Paris.

FÉVRIER 1893

Les titres précédés d'un *astérisque* sont recommandés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des élèves et des professeurs et pour les distributions de prix des lycées et collèges. — Les lettres V. P. indiquent les volumes adoptés pour les distributions de prix et les Bibliothèques de la Ville de Paris.

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-12, brochés, à 2 fr. 50.

Cartonnés toile, 3 francs. — En demi-reliure, plats papier, 4 francs.

- ALAUX, professeur à la Faculté des lettres d'Alger. **Philosophie de M. Cousin.**
- ARREAT (L.). **La morale dans le drame, l'épopée et le roman.** 2^e édition.
- AUBER (Ed.). **Philosophie de la médecine.**
- BALLET (G.), professeur agrégé à la Faculté de médecine. **Le Langage intérieur** et les diverses formes de l'aphasie, avec figures dans le texte. 2^e édit.
- BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, de l'Institut. * **De la Métaphysique.**
- BEAUSSIRE, de l'Institut. * **Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française.**
- BERSOT (Ernest), de l'Institut. * **Libre Philosophie.** (V. P.)
- BERTAULD, de l'Institut. * **L'Ordre social et l'Ordre moral.**
— **De la Philosophie sociale.**
- BERTRAND (A.), professeur à la Faculté des lettres de Lyon. **La Psychologie de l'effort et les doctrines contemporaines.** 1889.
- BINET (A.). **La Psychologie du raisonnement, expériences par l'hypnotisme.**
- BOUTMY (E.), de l'Institut. **Philosophie de l'architecture en Grèce.** (V. P.)
- CHALLEMEL-LACOUR. * **La Philosophie individualiste, étude sur G. de Humboldt.** (V. P.)
- CONTA (B.). **Les Fondements de la métaphysique, traduit du roumain par D. Tescanu.** 1890.
- COSTE (Ad.). **Les Conditions sociales du bonheur et de la force.** 3^e édit. (V. P.)
- DELBOEUF (J.), professeur à l'Université de Liège. **La Matière brute et la Matière vivante.**
- ESPINAS (A.), professeur à la Faculté des lettres de Bordeaux. * **La Philosophie expérimentale en Italie.**
- FAIVRE (E.), professeur à la Faculté des sciences de Lyon. **De la Variabilité des espèces.**
- FÉRÉ (Ch.). **Sensation et Mouvement. Étude de psycho-mécanique, avec figures.**
— **Dégénérescence et Criminalité, avec figures.**
- FONVIELLE (W. de). **L'Astronomie moderne.**
- FRANCK (Ad.), de l'Institut. * **Philosophie du droit pénal.** 3^e édit.
— **Des Rapports de la Religion et de l'Etat.** 2^e édit.
— **La Philosophie mystique en France au XVIII^e siècle.**
- GAUCKLER. **Le Beau et son histoire.**
- GUYAU. **La Genèse de l'idée de temps.** 1890.
- HARTMANN (E. de). **La Religion de l'avenir.** 2^e édit.
— **Le Darwinisme, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine.** 3^e édit.
- HERBERT SPENCER. * **Classification des sciences.** 4^e édit.
— **L'Individu contre l'État.** 3^e édit.
- JANET (Paul), de l'Institut. * **Le Matérialisme contemporain.** 5^e édit.
— * **Philosophie de la Révolution française.** 5^e édit. (V. P.)
— * **Saint-Simon et le Saint-Simonisme.**
- JANET (Paul), de l'Institut. **Les Origines du socialisme contemporain.** 2^e éd. 1892.
— **La philosophie de Lamennais.** 1890.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12,
à 2 fr. 50 le volume.

- LAUGEL (Auguste). * **L'Optique et les Arts.** (V. P.)
— * **Les Problèmes de la nature.**
— * **Les Problèmes de la vie.**
— * **Les Problèmes de l'âme.**
— * **Philosophie de la Révolution française.** 4^e édit. (V. P.)
LEMOINE (Albert). * **Le Vitalisme et l'Animisme.**
LEOPARDI. **Opuscules et Pensées**, traduit de l'italien par M. Aug. Dapples.
LEVALLOIS (Jules). **Déisme et Christianisme.**
LÉVÊQUE (Charles), de l'Institut. * **Le Spiritualisme dans l'art.**
— * **La Science de l'invisible.**
LÉVY (Antoine). **Morceaux choisis des philosophes allemands.**
LIARD, directeur de l'Enseignement supérieur. * **Les Logiciens anglais contemporains.** 3^e édit.
— **Des définitions géométriques et des définitions empiriques.** 2^e édit.
LOMBROSO. **L'anthropologie criminelle et ses récents progrès.** 2^e édit. 1891.
— **Nouvelles recherches d'anthropologie criminelle et de psychiatrie.** 1892.
— **Les applications de l'anthropologie criminelle.** 1892.
LUBBOCK (Sir John). **Le bonheur de vivre.** 2 volumes. 1891-1892.
LYON (Georges), maître de conférences à l'École normale. **La Philosophie de Hobbes.** 1893.
MARIANO. **La Philosophie contemporaine en Italie.**
MARION, professeur à la Sorbonne. * **J. Locke, sa vie, son œuvre.**
MILSAND. * **L'Esthétique anglaise**, étude sur John Ruskin.
MOSSO. **La Peur.** Étude psycho-physiologique (avec figures). (V. P.)
MAUS (L.), avocat à la Cour d'appel de Bruxelles. **De la justice pénale.**
PAULHAN (Fr.). **Les Phénomènes affectifs et les lois de leur apparition.**
— Frédéric de Maistre, sa philosophie. 1893.
QUEYRAT (Fr.), professeur de l'Université. **L'imagination et ses variétés chez l'enfant.** 1893.
RÉMUSAT (Charles de), de l'Académie française. * **Philosophie religieuse.**
RIBOT (Th.), professeur au Collège de France, directeur de la *Revue philosophique*. **La Philosophie de Schopenhauer.** 4^e édition.
— * **Les Maladies de la mémoire.** 7^e édit.
— **Les Maladies de la volonté.** 7^e édit.
— **Les Maladies de la personnalité.** 4^e édit.
— **La Psychologie de l'attention.** (V. P.)
RICHE (Ch.), professeur à la Faculté de médecine. **Essai de psychologie générale** (avec figures). 2^e édit.
ROBERTY (E. de). **L'inconnaissable, sa métaphysique, sa psychologie.** 1889.
— **L'Agnosticisme.** Essai sur quelques théories pessimistes de la connaissance. 1892.
ROISEL. **De la Substance.**
SAIGEY. **La Physique moderne.** 2^e tirage. (V. P.)
SAISSET (Emile), de l'Institut. * **L'Âme et la Vie.**
— * **Critique et Histoire de la philosophie** (fragm. et disc.).
SCHMIDT (O.). **Les Sciences naturelles et la Philosophie de l'inconscient.**
SCHÖEBEL. **Philosophie de la raison pure.**
SCHOPENHAUER. * **Le Livre arbitre**, traduit par M. Salomon Reinach. 5^e édit.
— * **Le Fondement de la morale**, traduit par M. A. Burdeau. 4^e édit.
— **Pensées et Fragments**, avec intr. par M. J. Bourdeau. 10^e édit.
SELDEN (Camille). **La Musique en Allemagne**, étude sur Mendelssohn. (V. P.)
SICILIANI (P.). **La Psychogénie moderne.**
SIGHELE. **La foule criminelle**, essai de psychologie collective. 1892.
STRICKER. **Le Langage et la Musique**, traduit de l'allemand par M. Schwiedland.
STUART MILL. * **Auguste Comte et la Philosophie positive.** 4^e édit. (V. P.)
— **L'Utilitarisme.** 2^e édit.
TAINÉ (H.), de l'Académie française. **L'Anglais**, étude sur Carlyle.
— * **Philosophie de l'art dans les Pays-Bas.** 2^e édit. (V. P.)

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-12,
à 2 fr. 50 le volume.

- TAINE (H.), de l'Académie française. * *Philosophie de l'art en Grèce*. 2^e édit. (V. P.)
TARDE. *La Criminalité comparée*. 2^e édition.
— *Les Transformations du droit*. 1893.
THAMIN (R.), professeur à la faculté des lettres de Lyon. *Éducation et positivisme*. 1892. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences morales et politiques.
TISSIÉ * *Les Rêves*, avec préface du professeur Azam. 1890.
VIANNA DE LIMA. *L'Homme selon le transformisme*. (V. P.)
WUNDT. *Hypnotisme et suggestion*, étude critique. 1893.
ZELLER. *Christian Baur et l'École de Tubingue*, traduit par M. Ritter.

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-8.

Brochés à 5 fr., 7 fr. 50 et 10 fr. le vol. — Cart. anglais, 1 fr. en plus par volume.
Demi-reliure, en plus..... 2 francs par volume.

- AGASSIZ. * *De l'Espèce et des Classifications*. 1 vol. 5 fr.
ARRÉAT. *Psychologie du peintre*. 1 vol. 1892. 5 fr.
BAIN (Alex.). * *La Logique inductive et déductive*. Traduit de l'anglais par M. G. Compayré, 2 vol. 2^e édition. 20 fr.
— * *Les Sens et l'Intelligence*. 1 vol. Traduit par M. Cazelles. 2^e édit. 10 fr.
— *Les Émotions et la Volonté*. Trad. par M. Le Monnier. 1 vol. 10 fr.
BARDOUX, * *Les Légistes, leur influence sur la société française*. 1 vol. 5 fr.
BARNI (Jules). * *La Morale dans la démocratie*. 1 vol. 2^e édit. (V. P.). 5 fr.
BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE (de l'Institut). *La philosophie dans ses rapports avec les sciences et la religion*. 1 vol. 1889. 5 fr.
BERGSON, docteur ès lettres, professeur au lycée Henri IV. *Essai sur les données immédiates de la conscience*. 1 vol. 1889. 3 fr. 75
BOURDEAU (L.). *Le Problème de la mort, ses solutions imaginaires d'après la science positive*. 1 vol. 1893. 7 fr. 50
BOURDON, docteur ès lettres. *L'Expression des émotions et des tendances dans le langage*. 1 vol. in-8. 1892. 5 fr.
BUCHNER. *Nature et Science*. 1 vol. 2^e éd. trad. de l'allemand par M. Lauth. 7 fr. 50
CARRAU (Ludovic), professeur à la Sorbonne. *La Philosophie religieuse en Angleterre, depuis Locke jusqu'à nos jours*. 1 vol. 1888. 5 fr.
CLAY (R.). *L'Alternative, contribution à la psychologie*. 1 vol. Traduit de l'anglais par M. A. Burdeau, député. 2^e édit. 1892. 10 fr.
COLLINS (Howard). *La philosophie de Herbert Spencer*. 1 vol., précédé d'une préface de M. Herbert Spencer, traduit de l'anglais par H. de Varigny. 1891. 10 fr.
DEWAULE, docteur ès lettres. *Condillac et la psychologie anglaise contemporaine*. 1 vol. in-8. 5 fr.
EGGER (V.), professeur à la Faculté des lettres de Nancy. *La Parole intérieure*. 1 vol. 5 fr.
FERRI (Louis), professeur à l'Université de Rome. *La Psychologie de l'association, depuis Hobbes jusqu'à nos jours*. 1 vol. 7 fr. 50
FLINT, professeur à l'Université d'Edimbourg. *La Philosophie de l'histoire en France*. 1 vol. 7 fr. 50
— * *La Philosophie de l'histoire en Allemagne*. 1 vol. 7 fr. 50
FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon. *Essai sur le libre arbitre*. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences morales et politiques. 1 vol. 10 fr.
FOUILLEE (Alf.), ancien maître de conférences à l'École normale supérieure.
— * *La Liberté et le Déterminisme*. 1 vol. 2^e édit. 7 fr. 50
— *Critique des systèmes de morale contemporains*. 1 vol. 2^e édit. 7 fr. 50
— *L'Avenir de la Morale, de l'Art et de la Religion, d'après Guyau*. 1 vol. 3 fr. 75
— *L'Avenir de la métaphysique fondée sur l'expérience*. 1 vol. 1890. 5 fr.
— * *L'Évolutionnisme des idées-forces*. 1 vol. 1890. 7 fr. 50
FRANCK (A.), de l'Institut. *Philosophie du droit civil*. 1 vol. 5 fr.
GAROFALO, agrégé de l'Université de Naples. *La Criminologie*. 1 vol. 3^e édit. 7 fr. 50

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

- GURNEY, MYERS et PODMORE. Les *Hallucinations télépathiques*, traduit et abrégé des « *Phantasms of The Living* » par L. MARILLIER, maître de conférences à l'École des hautes études, préface de CH. RICHER. 1 vol. 2^e édit. 1892. 7 fr. 50
- GUYAU. La *Morale anglaise contemporaine*. 1 vol. 2^e édit. 7 fr. 50
- *Les Problèmes de l'esthétique contemporaine*. 1 vol. 5 fr.
- *Esquisse d'une morale sans obligation ni sanction*. 1 vol. 2^e édit. 1893. 5 fr.
- *L'Irréligion de l'avenir*, étude de sociologie. 1 vol. 3^e édit. 7 fr. 50
- *L'Art au point de vue sociologique*. 1 vol. 7 fr. 50
- *Hérédité et Éducation*, étude sociologique. 1 vol. 2^e édit. 5 fr.
- HERBERT SPENCER. * *Les Premiers Principes*. Traduit par M. Cazelles. 1 fort v. 10 fr.
- *Principes de biologie*. Traduit par M. Cazelles. 2 vol. 20 fr.
- * *Principes de psychologie*. Trad. par MM. Ribot et Espinas. 2 vol. 20 fr.
- * *Principes de sociologie*. 4 vol., traduits par MM. Cazelles et Gerschel :
Tome I. 10 fr. — Tome II. 7 fr. 50. — Tome III. 15 fr. — Tome IV. 3 fr. 75
- * *Essais sur le progrès*. Traduit par M. A. Burdeau. 1 vol. 5^e édit. 7 fr. 50
- *Essais de politique*. Traduit par M. A. Burdeau. 1 vol. 3^e édit. 7 fr. 50
- *Essais scientifiques*. Traduit par M. A. Burdeau. 1 vol. 2^e édit. 7 fr. 50
- * *De l'Éducation physique, intellectuelle et morale*. 1 vol. 10^e édit. 5 fr.
- HIRTH (G.). *Physiologie de l'Art*. Traduit de l'allemand et introd. par M. L. Arréat. 1 vol. in-8. 1892. 5 fr.
- HUXLEY, de la Société royale de Londres. * *Hume, sa vie, sa philosophie*. Traduit de l'anglais et précédé d'une introduction par G. COMPAYRÉ. 1 vol. 5 fr.
- JANET (Paul), de l'Institut. * *Les Causes finales*. 1 vol. 2^e édit. 10 fr.
- * *Histoire de la science politique dans ses rapports avec la morale*. 2 forts vol. 3^e édit., revue, remaniée et considérablement augmentée. 20 fr.
- JANET (Pierre), docteur ès lettres, professeur au collège Rollin. *L'automatisme psychologique*, essai sur les formes inférieures de l'activité mentale. 1 vol. 1889. 7 fr. 50
- JAURÈS (J.), professeur à la Faculté des lettres de Toulouse. *De la réalité du Monde sensible*. 1 vol. 7 fr. 50
- LAUGEL (Auguste). *Les Problèmes (Problèmes de la nature, problèmes de la vie, problèmes de l'âme)*. 1 vol. 7 fr. 50
- LAVELEYE (de), correspondant de l'Institut. *De la Propriété et de ses formes primitives*. 1 vol. 4^e édit. revue et augmentée, 1891. 10 fr.
- *Le Gouvernement dans la démocratie*. 2 vol. 2^e édit. 1892. 15 fr.
- LIARD, directeur de l'enseignement supérieur. *Descartes*. 1 vol. 5 fr.
- * *La Science positive et la Métaphysique*. 1 vol. 3^e édit. 7 fr. 50
- LOMBROSO. *L'Homme criminel (criminel-né, fou-moral, épileptique)*, précédé d'une préface de M. le docteur LETOURNEAU. 1 vol. 10 fr.
- *Atlas de 40 planches, avec portraits, fac-similés d'écritures et de dessins, tableaux et courbes statistiques pour accompagner le précédent ouvrage*. 2^e édit. 12 fr.
- *L'Homme de génie*, traduit sur la 8^e édition italienne par FR. COLONNA D'ISTRIA, et précédé d'une préface de M. CH. RICHER. 1 vol. avec 11 pl. hors texte. 10 fr.
- LOMBROSO et LASCHI. *Le Crime politique et les révolutions*. 2 vol. avec planches hors texte. 1892. 15 fr.
- LYON (Georges), maître de conférences à l'École normale supérieure. *L'Idéalisme en Angleterre au XVIII^e siècle*. 1 vol. 1888. 7 fr. 50
- MARION (H.), professeur à la Sorbonne. *De la Solidarité morale*. Essai de psychologie appliquée. 1 vol. 3^e édit. (V. P.) 5 fr.
- MATTHEW ARNOLD. *La Crise religieuse*. 1 vol. 7 fr. 50
- MAUDSLEY. *La Pathologie de l'esprit*. 1 vol. Trad. de l'anglais par M. Germont. 10 fr.
- NAVILLE (E.), correspond. de l'Institut. *La physique moderne*, 1 v. 2^e éd. 1890. 5 fr.
- NOVICOW. *Les Luttes entre Sociétés humaines et leurs phases successives*. 1 vol. 1893. 10 fr.
- PAULHAN (Fr.). *L'activité mentale et les éléments de l'esprit*. 1 vol. 1889. 10 fr.
- PÉREZ (Bernard). *Les trois premières années de l'enfant*. 1 vol. 5^e édit. 5 fr.
- *L'Enfant de trois à sept ans*. 1 vol. 2^e édit. 5 fr.
- *L'Éducation morale dès le berceau*. 1 vol. 2^e édit. 5 fr.
- *L'Art et la Poésie chez l'enfant*. 1 vol. 5 fr.
- *Le Caractère, de l'enfant à l'homme*. 1 vol. 1891. 5 fr.

Suite de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, format in-8.

- PICAVET (E.), maître de conférences à l'École des hautes études. **Les Idéologues**, essai sur l'histoire des idées, des théories scientifiques, philosophiques, religieuses, etc., en France, depuis 1789. 1 vol. (Couronné par l'Académie française.) 10 fr.
- PIDERIT. **La Mimique et la Physiognomonie**. Trad. de l'allemand par M. Girot. 1 vol., avec 95 figures dans le texte. (V. P.) 5 fr.
- PILLON (F.), ancien rédacteur de la *Critique philosophique*. **L'année philosophique**, 1^{re}, 2^e et 3^e années, 1890, 1891 et 1892. 3 vol. Chaque volume séparément. 5 fr.
- PREYER, professeur à l'Université de Berlin. **Éléments de physiologie**. Traduit de l'allemand par M. J. Soury. 1 vol. 5 fr.
- **L'Âme de l'enfant**. Observations sur le développement psychique des premières années. 1 vol., traduit de l'allemand par M. H. C. de Varigny. 10 fr.
- PROAL. **Le Crime et la Peine**. 1 vol. 1892. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences morales et politiques. 10 fr.
- RAUH (F.), professeur à la Faculté des lettres de Toulouse. **Essai sur le fondement métaphysique de la morale**. 1 vol. 1891. 5 fr.
- RIBOT (Th.), professeur au Collège de France, directeur de la *Revue philosophique*. **L'Hérédité psychologique**. 1 vol. 4^e édit. 7 fr. 50
- * **La Psychologie anglaise contemporaine**. 1 vol. 3^e édit. 7 fr. 50
- * **La Psychologie allemande contemporaine**. 1 vol. 2^e édit. 7 fr. 50
- RICARDOU (A.), docteur ès lettres. **De l'Idéal**, étude philosophique. 1 vol. 1891. Couronné par l'Académie des sciences morales et politiques. 5 fr.
- RICHEL (Ch.), professeur à la Faculté de médecine de Paris. **L'Homme et l'Intelligence**. Fragments de psychologie et de physiologie. 1 vol. 2^e édit. 10 fr.
- ROBERTY (E. de). **L'Ancienne et la Nouvelle philosophie**. 1 vol. 7 fr. 50
- **La Philosophie du siècle** (positivisme, criticisme, évolutionnisme). 1 vol. 5 fr.
- ROMANES. **L'évolution mentale chez l'homme**. 1891. 1 vol. 7 fr. 50
- SAIGY (E.). **Les Sciences au XVIII^e siècle**. La physique de Voltaire. 1 vol. 5 fr.
- SCHOPENHAUER. **Aphorismes sur la sagesse dans la vie**. 3^e édit. Traduit par M. Cantacuzène. 1 vol. 5 fr.
- **De la quadruple racine du principe de la raison suffisante**, suivi d'une *Histoire de la doctrine de l'idéal et du réel*. Trad. par M. Cantacuzène. 1 vol. 5 fr.
- **Le monde comme volonté et comme représentation**. Traduit par M. A. Burdeau. 3 vol., chacun séparément. 7 fr. 50
- SÉAILLES, maître de conf. à la Sorbonne. **Essai sur le génie dans l'art**. 1 v. 5 fr.
- SERGI, professeur à l'Université de Rome. **La Psychologie physiologique**, traduit de l'italien par M. Mouton. 1 vol. avec figures. 7 fr. 50
- SOLLIER (D^r Paul). * **Psychologie de l'idiot et de l'imbécile**. 1 vol. avec 12 planches hors texte. 1891. 5 fr.
- SOURIAU (Paul), professeur à la Faculté des lettres de Lille. **L'Esthétique du mouvement**. 1 vol. 1889. 5 fr.
- **La Suggestion dans l'art**. 1 vol. 1893. 5 fr.
- STUART MILL. * **La Philosophie de Hamilton**. 1 vol. 10 fr.
- * **Mes Mémoires**. Histoire de ma vie et de mes idées. 1 vol. 5 fr.
- * **Système de logique déductive et inductive**. 3^e édit. 2 vol. 20 fr.
- * **Essais sur la religion**. 2^e édit. 1 vol. 5 fr.
- SULLY (James). **Le Pessimisme**. Traduit de l'anglais par MM. Bertrand et Gérard. 1 vol. 7 fr. 50
- VACHEROT (Et.), de l'Institut. **Essais de philosophie critique**. 1 vol. 7 fr. 50
- **La Religion**. 1 vol. 7 fr. 50
- WUNDT. **Éléments de psychologie physiologique**. 2 vol. avec figures, trad. de l'allemand par le D^r Élie Rouvier, et précédés d'une préface de M. D. Nolen. 20 fr.

ÉDITIONS ANGLAISES

AUGUSTE LAUGEL. The United States during the war. In-8.	7 sh. 6 p.	H. TAINE. Italy (Naples et Rome).	7 sh. 6 p.
ALBERT RÉVILLE. History of the doctrine of the deity of Jesus-Christ.	3 sh. 6 p.	H. TAINE. The Philosophy of Art.	3 sh.
		PAUL JANET. The Materialism of present day	1 vol. in-18, rel.
			3 sh.

COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES

PHILOSOPHIE ANCIENNE

- ARISTOTE (Œuvres d'), traduction de J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE.
- **Psychologie** (Opuscules), avec notes. 1 vol. in-8. 10 fr.
 - **Rhétorique**, avec notes. 1870. 2 vol. in-8. 16 fr.
 - **Politique**, 1868, 1 v. in-8. 10 fr.
 - **La Métaphysique d'Aristote**. 3 vol. in-8, 1879. 30 fr.
 - **Traité de la production et de la destruction des choses**, avec notes. 1866. 1 v. gr. in-8. 10 fr.
 - **De la Logique d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. 2 vol. in-8. 10 fr.
 - **Table alphabétique des matières de la traduction générale d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. 2 forts vol. in-8. 1892. 30 fr.
 - **L'Esthétique d'Aristote**, par M. BÉNARD. 1 vol. in-8. 1889. 5 fr.
- SOCRATE. * **La Philosophie de Socrate**, par M. Alf. FOUILLÉE. 2 vol. in-8. 16 fr
- **Le Procès de Socrate**. Examen des thèses socratiques, par M. G. SOREL. 1 vol. in-8. 1889. 3 fr. 50
- PLATON. **Études sur la Dialectique dans Platon et dans Hegel**, par M. Paul JANET. 1 vol. in-8. 6 fr.
- **Platon et Aristote**, par VAN DER REST. 1 vol. in-8. 10 fr.
 - **Platon, sa philosophie, précédé d'un aperçu de sa vie et de ses œuvres**, par Ch. BÉNARD. 1 vol. in-8. 1893. 10 fr.
- ÉPICURE. **La Morale d'Épicure** et ses rapports avec les doctrines contemporaines, par M. GUYAU. 1 vol. in-8. 3^e édit. . . . 7 fr. 50
- ÉCOLE D'ALEXANDRIE. * **Histoire de l'École d'Alexandrie**, par M. BARTHÉLEMY-ST-HILAIRE. 1 vol. in-8. 6 fr.
- BÉNARD (Ch.). **La Philosophie ancienne**, histoire de ses systèmes. 1^{re} partie : *La Philosophie et la Sagesse orientales*. — *La Philosophie grecque avant Socrate*. — *Socrate et les socratiques*. — *Études sur les sophistes grecs*. 1 vol. in-8. 1885. 9 fr.
- BROCHARD (V.). **Les Sceptiques grecs** (couronné par l'Académie des sciences morales et politiques). 1 vol. in-8. 1887. 8 fr.
- FABRE (Joseph). * **Histoire de la philosophie, antiquité et moyen âge**. 1 vol. in-8. 3 fr. 50
- FAVRE (M^{me} Jules), née VELTEN. **La Morale des stoïciens**. 1 volume in-8. 1887. 3 fr. 50
- **La Morale de Socrate**. 1 vol. in-8. 1888. 3 fr. 50
 - **La Morale d'Aristote**. 1 vol. in-8. 1889. 3 fr. 50
- OGEREAU. **Essai sur le système philosophique des stoïciens**. 1 vol. in-8. 1885. 5 fr.
- TANNERY (Paul). **Pour l'histoire de la science hellène** (de Thalès à Empédocle). 1 v. in-8. 1887. 7 fr. 50
- RODIER (G.). **La Physique de Straton de Lampsaque**. 1 vol. in-8. 3 fr.

PHILOSOPHIE MODERNE

- LEIBNIZ. * **Œuvres philosophiques**, avec introduction et notes par M. Paul JANET. 2 vol. in-8. 16 fr.
- **Leibniz et Pierre le Grand**, par FOUCHER DE CAREIL. 1 v. in-8. 2 fr.
 - **Leibniz et les deux Sophie**, par FOUCHER DE CAREIL. In-8. 2 fr.
- DESCARTES, par L. LIARD. 1 v. in-8 5 fr.
- **Essai sur l'Esthétique de Descartes**, par KRANTZ. 1 v. in-8. 6 fr.
- GASSENDI. **La philosophie de Gassendi**, par M. F. THOMAS. 1 vol. in-8. 1889. 6 fr.
- LOCKE. * **Sa vie et ses œuvres**, par M. MARION. 1 vol. in-8. . . . 2 fr. 50
- MALEBRANCHE. * **La Philosophie de Malebranche**, par M. OLLÉ-LAPRUNE, 2 vol. in-8. 16 fr.
- PASCAL. **Études sur le scepticisme de Pascal**, par M. DROZ. 1 vol. in-8. 6 fr.
- VOLTAIRE. **Les Sciences au XVIII^e siècle**. Voltaire physicien, par M. Em. SAIGEY. 1 vol. in-8. 5 fr.
- FRANCK (Ad.). **La Philosophie mystique en France au XVIII^e siècle**. 1 vol. in-8. . . . 2 fr. 50
- DAMIRON. **Mémoires pour servir à l'histoire de la philosophie au XVIII^e siècle**. 3 vol. in-8. 15 fr.

PHILOSOPHIE ÉCOSSAISE

- DUGALD STEWART. * **Éléments de la philosophie de l'esprit humain**, traduits de l'anglais par L. PEISSE. 3 vol. in-12... 9 fr.
- HAMILTON. * **La Philosophie de Hamilton**, par J. STUART MILL. 1 vol. in-8..... 10 fr.
- HUME. * **Sa vie et sa philosophie**, par Th. HUXLEY, trad. de l'angl. par M. G. COMPAYRÉ. 1 vol. in-8. 5 fr.
- BACON. **Étude sur François Bacon**, par M. J. BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE. 1 vol. in-18.. 2 fr. 50
- * **Philosophie de François Bacon**, par M. CH. ADAM (ouvrage couronné par l'Institut). 1 volume in-8..... 7 fr. 50

PHILOSOPHIE ALLEMANDE

- KANT. **La Critique de la raison pratique**, traduction nouvelle avec introduction et notes, par M. PICA-VET. 1 vol. in-8. 1838... 6 fr.
- **Critique de la raison pure**, trad. par M. TISSOT. 2 v. in-8. 16 fr.
- Même ouvrage, traduction par M. Jules BARNI. 2 vol. in-8.. 16 fr.
- **Éclaircissements sur la Critique de la raison pure**, trad. par M. J. TISSOT. 1 vol. in-8... 6 fr.
- **Principes métaphysiques de la morale**, augmentés des *Fondements de la métaphysique des mœurs*, traduct. par M. TISSOT. 1 vol. in-8..... 8 fr.
- Même ouvrage, traduction par M. Jules BARNI. 1 vol. in-8... 8 fr.
- * **La Logique**, traduction par M. TISSOT. 1 vol. in-8..... 4 fr.
- * **Mélanges de logique**, traduction par M. TISSOT. 1 v. in-8. 6 fr.
- * **Prolégomènes à toute métaphysique future** qui se présentera comme science, traduction de M. TISSOT. 1 vol. in-8... 6 fr.
- * **Anthropologie**, suivie de divers fragments relatifs aux rapports du physique et du moral de l'homme, et du commerce des esprits d'un monde à l'autre, traduction par M. TISSOT. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- **Traité de pédagogie**, trad. J. BARNI; préface et notes par M. Raymond THAMIN. 1 vol. in-12. 2 fr.
- **Principes métaphysiques de la science de la nature**, traduits pour la 1^{re} fois en français et accompagnés d'une introduction sur la Philosophie de la nature dans Kant, par CH. ANDLER et ED. CHAVANNES, anciens élèves de l'École normale supérieure, agrégés de l'Université. 1 vol. grand in-8, 1891. 4 fr. 50
- FICHTE. * **Méthode pour arriver à la vie bienheureuse**, trad. par M. Fr. BOULLIER. 1 vol. in-8. 8 fr.
- FICHTE. **Destination du savant et de l'homme de lettres**, traduit par M. NICOLAS. 1 vol. in-8. 3 fr.
- * **Doctrines de la science**. 1 vol. in-8..... 9 fr.
- SCHELLING. **Bruno**, ou du principe divin. 1 vol. in-8..... 3 fr. 50
- HEGEL. * **Logique**. 2^e édit. 2 vol. in-8..... 14 fr.
- * **Philosophie de la nature**. 3 vol. in-8..... 25 fr.
- * **Philosophie de l'esprit**. 2 vol. in-8..... 18 fr.
- * **Philosophie de la religion**. 2 vol. in-8..... 20 fr.
- **La Poétique**, trad. par M. Ch. BÉNARD. Extraits de Schiller, Goethe, Jean, Paul, etc., et sur divers sujets relatifs à la poésie. 2 v. in-8. 12 fr.
- **Esthétique**. 2 vol. in-8, traduit par M. BÉNARD..... 16 fr.
- **Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française**, par E. BEAUSSIRE. 1 vol. in-18..... 2 fr. 50
- * **La Dialectique dans Hegel et dans Platon**, par M. Paul JANET. 1 vol. in-8. 6 fr.
- **Introduction à la philosophie de Hegel**, par VÉRA. 1 vol. in-8. 2^e édit..... 6 fr. 50
- HUMBOLDT (G. de). **Essai sur les limites de l'action de l'État**. 1 vol. in-18..... 3 fr. 50
- * **La Philosophie individualiste**, étude sur G. de HUMBOLDT, par M. CHALLEMEL-LACOUR. 1 v. in-18. 2 fr. 50
- SCHILLER. **L'esthétique de Schiller**, par FR. MONTARGIS. 1 vol. in-8..... 4 fr.
- STAHL. * **Le Vitalisme et l'Animisme de Stahl**, par M. Albert LEMOINE. 1 vol. in-18... 2 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-18 brochés à 3 fr. 50. — Volumes in-8 brochés de divers prix

Cartonnage anglais en plus, 50 cent. par vol. in-18; 1 fr. par vol. in-8.

Demi-reliure en plus, 1 fr. 50 par vol. in-18; 2 fr. par vol. in-8.

EUROPE

SYBEL (H. de). * **Histoire de l'Europe pendant la Révolution française**, traduit de l'allemand par M^{lle} DOSQUET. Ouvrage complet en 6 vol. in-8. 42 fr.

FRANCE

- BLANC (Louis). **Histoire de Dix ans (1830-1840)**. 5 vol. in-8. 25 fr.
— 25 pl. en taille-douce. Illustrations pour l'*Histoire de Dix ans*. 6 fr.
- CARNOT (H.), sénateur. * **La Révolution française, résumé historique**.
1 volume in-18. Nouvelle édit. (V. P.) 3 fr. 50
- DEBIDOUR. * **Histoire diplomatique de l'Europe, de 1815 à 1878**. 2 vol. in-8. 1891. 18 fr.
- ÉLIAS REGNAULT. **Histoire de Huit ans (1840-1848)**. 3 vol. in-8. 15 fr.
— 14 planches en taille-douce, illustrations pour l'*Histoire de Huit ans*. 4 fr.
- GAFFAREL (P.), professeur à la Faculté des lettres de Dijon. * **Les Colonies françaises**. 1 vol. in-8. 5^e édit. (V. P.) 5 fr.
- LAUGEL (A.). * **La France politique et sociale**. 1 vol. in-8. 5 fr.
- TAXILE DELORD. * **Histoire du second Empire (1848-1870)**. 6 v. in-8. 42 fr.
- WAHL, professeur au lycée Lakanal. **L'Algérie**. 1 vol. in-8. 2^e édit. (V. P.)
(Ouvrage couronné par l'Académie des sciences morales et politiques.) 5 fr.
- LANESSAN (de), gouverneur général de l'Indo-Chine. **L'Expansion coloniale de la France**. Étude économique, politique et géographique sur les établissements français d'outre-mer. 1 fort vol. in-8, avec cartes. 1886. (V. P.) 12 fr.
- **L'Indo-Chine française**. Étude économique, politique et administrative sur la Cochinchine, le Cambodge, l'Annam et le Tonkin. (Ouvrage couronné par la Société de géographie commerciale de Paris, médaille Duplex.) 1 vol. in-8, avec 5 cartes en couleurs hors texte. 1889. 15 fr.
- SILVESTRE (J.). **L'empire d'Annam et les Annamites**, publié sous les auspices de l'administration des colonies. 1 vol. in-8, avec 1 carte de l'Annam. 1889. 3 fr. 50

ANGLETERRE

- BAGEHOT (W.). * **Lombard-street. Le Marché financier en Angleterre**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- LAUGEL (Aug.). * **Lord Palmerston et lord Russel**. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- SIR CORNEWAL LEWIS. * **Histoire gouvernementale de l'Angleterre depuis 1770 jusqu'à 1830**. Traduit de l'anglais. 1 vol. in-8. 7 fr.
- REYNALD (H.), doyen de la Faculté des lettres d'Aix. * **Histoire de l'Angleterre depuis la reine Anne jusqu'à nos jours**. 1 vol. in-18. 2^e édit. (V. P.) 3 fr. 50
- THACKERAY. **Les Quatre George**. 1 vol. in-18. (V. P.) 3 fr. 50

ALLEMAGNE

- VÉRON (Eug.). * Histoire de la Prusse, depuis la mort de Frédéric II jusqu'à la bataille de Sadowa. 1 vol. in-18. 5^e édit. revue par M. P. BONDOIS. (V. P.) 3 fr. 50
— * Histoire de l'Allemagne, depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours. 1 vol. in-18. 3^e édit., mise au courant des événements par M. P. BONDOIS. (V. P.) 3 fr. 50

AUTRICHE-HONGRIE

- ASSELIN (L.). * Histoire de l'Autriche, depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours. 1 vol. in-18. 3^e édit. (V. P.) 3 fr. 50

ITALIE

- SORIN (Élie). Histoire de l'Italie, depuis 1815 jusqu'à la mort de Victor-Emmanuel. 1 vol. in-18. 1888. (V. P.) 3 fr. 50

ESPAGNE

- REYNALD (H.). * Histoire de l'Espagne, depuis la mort de Charles III jusqu'à nos jours. 1 vol. in-18. (V. P.) 3 fr. 50

RUSSIE

- CRÉHANGE (M.). Histoire contemporaine de la Russie. 1 vol. in-18. (V. P.) 3 fr. 50

SUISSE

- DAENDLIKER. Histoire du peuple suisse. Trad. de l'allemand par M^{me} Jules FAVRE et précédé d'une Introduction de M. Jules FAVRE. 1 vol. in-8. (V. P.) 5 fr.

AMÉRIQUE

- DEBERLE (Aif.). Histoire de l'Amérique du Sud, depuis sa conquête jusqu'à nos jours. 1 vol. in-18. 2^e édit. (V. P.) 3 fr. 50
LAUGEL (Aug.). * Les États-Unis pendant la guerre. 1861-1864. Souvenirs personnels. 1 vol. in-18, cartonné. 4 fr.

- BARNI (Jules). * Histoire des idées morales et politiques en France au dix-huitième siècle. 2 vol. in-18. (V. P.) Chaque volume. 3 fr. 50
— * Les Moralistes français au dix-huitième siècle. 1 vol. in-18 faisant suite aux deux précédents. (V. P.) 3 fr. 50
DESPOIS (Eug.). * Le Vandalisme révolutionnaire. Fondations littéraires, scientifiques et artistiques de la Convention. 4^e édition, précédée d'une notice sur l'auteur par M. Charles BIGOT. 1 vol. in-18. (V. P.) 3 fr. 50
GUÉROULT (Georges). Le Centenaire de 1789, évolution politique, philosphique, artistique et scientifique de l'Europe depuis cent ans. 1 vol. in-18. 1889. 3 fr. 50
LAVELEYE (E. de), correspondant de l'Institut. Le Socialisme contemporain. 1 vol. in-18. 7^e édit. augmentée. 3 fr. 50
MARCELLIN PELLET, ancien député. Variétés révolutionnaires. 3 vol. in-18, précédés d'une Préface de A. RANC. Chaque vol. séparém. 3 fr. 50
SPULLER (E.), sénateur, ancien ministre de l'Instruction publique. Figures disparues, portraits contemporains, littéraires et politiques. 2 vol. in-18. Chacun séparément. 3 fr. 50
— Histoire parlementaire de la deuxième République. 1 v. in-18. (V. P.). 3 fr. 50
— Éducation de la démocratie. 1 vol. in-18, 1892. 3 fr. 50
— L'Évolution politique et sociale de l'église, 1 vol. in-18. 1893. 3 fr. 50
BOURDEAU (J.). Le Socialisme allemand et le Nihilisme russe. 1 vol. in-18. 1892. 3 fr. 50
AULARD. Le Culte de la raison et le Culte de l'Être suprême. Étude historique (1793-1794). 1 vol. in-18. 1892. 3 fr. 50
— Études et leçons sur la Révolution française. 1 vol. in-18. 1893. 3 fr. 50
BÉRARD. La Turquie et l'Hellénisme contemporain. 1 vol. in-18. 1893. 3 fr. 50
SIMON (Ed.). L'Allemagne et la Russie au XIX^e siècle. 1 vol. in-18. 1893. 3 fr. 50

RECUEIL DES INSTRUCTIONS

DONNÉES

AUX AMBASSADEURS ET MINISTRES DE FRANCE

DEPUIS LES TRAITÉS DE WESTPHALIE JUSQU'À LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

Publié sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques
au Ministère des Affaires étrangères.

Beaux volumes in-8 cavalier, imprimés sur papier de Hollande.

- I. — AUTRICHE, avec Introduction et notes, par M. Albert SOREL, membre de l'Institut. 20 fr.
- II. — SUÈDE, avec Introduction et notes, par M. A. GEFFROY, membre de l'Institut. 20 fr.
- III. — PORTUGAL, avec Introduction et notes, par le vicomte DE CAIX DE SAINT-AYMOUR. 20 fr.
- IV et V. — POLOGNE, avec Introduction et notes, par M. LOUIS FARGES, 2 vol. 30 fr.
- VI. — ROME, avec Introduction et notes, par M. G. HANOTAUX, 20 fr.
- VII. — BAVIÈRE, PALATINAT ET DEUX-PONTS, avec Introduction et notes, par M. André LEBON. 25 fr.
- VIII et IX. — RUSSIE, avec introduction et notes, par M. Alfred RAMBAUD. 2 vol. Le 1^{er} volume, 20 fr. Le second volume 25 fr.

La publication se continuera par les volumes suivants :

NAPLES ET PARME, par M. Joseph Reinach.	PRUSSE, par M. E. Lavisse.
ESPAGNE, par M. Morel-Fatio.	TURQUIE, par M. Girard de Rialle.
ANGLETERRE, par M. Jusserand.	DANEMARK, par M. Geffroy.
	VENISE, par M. Jean Kaulek.

INVENTAIRE ANALYTIQUE

DES

ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

PUBLIÉ

Sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques

- I. — Correspondance politique de MM. de CASTILLON et de MARILLAC, ambassadeurs de France en Angleterre (1538-1540), par M. JEAN KAULEK, avec la collaboration de MM. Louis Farges et Germain Lefèvre-Pontalis. 1 beau vol. in-8 raisin sur papier fort. 15 fr.
- II. — Papiers de BARTHÉLEMY, ambassadeur de France en Suisse, de 1792 à 1797 (année 1792), par M. JEAN KAULEK. 1 beau vol. in-8 raisin sur papier fort. 15 fr.
- III. — Papiers de BARTHÉLEMY (janvier-août 1793), par M. JEAN KAULEK. 1 beau vol. in-8 raisin sur papier fort. 15 fr.
- IV. — Correspondance politique de ODET DE SELVE, ambassadeur de France en Angleterre (1546-1549), par M. G. LEFÈVRE-PONTALIS. 1 beau vol. in-8 raisin sur papier fort. 15 fr.
- V. — Papiers de BARTHÉLEMY (septembre 1793 à mars 1794), par M. JEAN KAULEK. 1 beau vol. in-8 raisin sur papier fort. 18 fr.
- VI. — Papiers de BARTHÉLEMY (avril 1794 à février 1795), par M. JEAN KAULEK. 1 beau vol. in-8 raisin sur papier fort. 20 fr.

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Publiée sous la direction de M. Émile ALGLAVE

La *Bibliothèque scientifique internationale* est une œuvre dirigée par les auteurs mêmes, en vue des intérêts de la science, pour la populariser sous toutes ses formes, et faire connaître immédiatement dans le monde entier les idées originales, les directions nouvelles, les découvertes importantes qui se font chaque jour dans tous les pays. Chaque savant expose les idées qu'il a introduites dans la science et condense pour ainsi dire ses doctrines les plus originales.

On peut ainsi, sans quitter la France, assister et participer au mouvement des esprits en Angleterre, en Allemagne, en Amérique, en Italie, tout aussi bien que les savants mêmes de chacun de ces pays.

La *Bibliothèque scientifique internationale* ne comprend pas seulement des ouvrages consacrés aux sciences physiques et naturelles; elle aborde aussi les sciences morales, comme la philosophie, l'histoire, la politique et l'économie sociale, la haute législation, etc.; mais les livres traitant des sujets de ce genre se rattachent encore aux sciences naturelles, en leur empruntant les méthodes d'observation et d'expérience qui les ont rendues si fécondes depuis deux siècles.

Cette collection paraît à la fois en français, en anglais, en allemand et en italien : à Paris, chez Félix Alcan; à Londres, chez C. Kegan, Paul et C^e; à New-York, chez Appleton; à Leipzig, chez Brockhaus; à Milan, chez Dumolard frères.

LISTE PAR ORDRE DE MATIÈRES

DÈS 76 VOLUMES PUBLIÉS

DE LA BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Chaque volume in-8, cartonné à l'anglaise. . . . 6 francs.

SCIENCES SOCIALES

- * **Introduction à la science sociale**, par HERBERT SPENCER. 1 vol. in-8, 9^e édit. 6 fr.
- * **Les Bases de la morale évolutionniste**, par HERBERT SPENCER. 1 vol. in-8, 4^e édit. 6 fr.
- Les Conflits de la science et de la religion**, par DRAPER, professeur à l'Université de New-York. 1 vol. in-8, 8^e édit. 6 fr.
- Le Crime et la Folie**, par H. MAUDSLEY, professeur de médecine légale à l'Université de Londres. 1 vol. in-8, 5^e édit. 6 fr.
- * **La Défense des États et les Camps retranchés**, par le général A. BRIALMONT, inspecteur général des fortifications et du corps du génie de Belgique. 1 vol. in-8, avec nombreuses figures dans le texte et 2 pl. hors texte, 4^e édit. (*sous presse*). 6 fr.

- * **La Monnaie et le Mécanisme de l'échange**, par W. STANLEY JEVONS, professeur à l'Université de Londres. 1 vol. in-8. 4^e édit. (V. P.) 6 fr.
- La Sociologie**, par de ROBERTY. 1 vol. in-8. 2^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **La Science de l'éducation**, par Alex. BAIN, professeur à l'Université d'Aberdeen (Écosse). 1 vol. in-8, 7^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **Lois scientifiques du développement des nations dans leurs rapports avec les principes de l'hérédité et de la sélection naturelle**, par W. BAĞEHOT. 1 vol. in-8. 5^e édit. 6 fr.
- * **La Vie du langage**, par D. WHITNEY, professeur de philologie comparée à Yale-College de Boston (États-Unis). 1 vol. in-8. 3^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **La Famille primitive**, par J. STARCKE, professeur à l'Université de Copenhague. 1 vol. in-8. 6 fr.

PHYSIOLOGIE

- Les Illusions des sens et de l'esprit**, par James SULLY. 1 vol. in-8. 2^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **La Locomotion chez les animaux** (marche, natation et vol), suivie d'une étude sur *l'Histoire de la navigation aérienne*, par J.-B. PETTIGREW, professeur au Collège royal de chirurgie d'Édimbourg (Écosse). 1 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte. 2^e édit. 6 fr.
- Les Nerfs et les Muscles**, par J. ROSENTHAL, professeur à l'Université d'Erlangen (Bavière). 1 vol. in-8, av. 75 grav. 3^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **La Machine animale**, par E.-J. MAREY, membre de l'Institut, prof. au Collège de France. 1 vol. in-8, avec 117 figures. 4^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **Les Sens**, par BERNSTEIN, professeur de physiologie à l'Université de Halle (Prusse). 1 vol. in-8, avec 91 figures dans le texte. 4^e édit. (V. P.) 6 fr.
- Les Organes de la parole**, par H. DE MEYER, professeur à l'Université de Zurich, traduit de l'allemand et précédé d'une introduction sur *l'Enseignement de la parole aux sourds-muets*, par O. CLAVEAU, inspecteur général des établissements de bienfaisance. 1 vol. in-8, avec 51 grav. 6 fr.
- La Physionomie et l'Expression des sentiments**, par P. MANTEGAZZA, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Florence. 1 vol. in-8, avec figures et 8 planches hors texte. 6 fr.
- Physiologie des exercices du corps**, par le docteur F. LAGRANGE. 1 vol. in-8. 5^e édit. (V. P.). Ouvrage couronné par l'Institut. 6 fr.
- La Chaleur animale**, par CH. RICHEL, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte. 6 fr.
- Les Sensations internes**, par H. BEAUNIS, directeur du laboratoire de psychologie physiologique à la Sorbonne. 1 vol. in-8. 6 fr.
- * **Les Virus**, par M. ARLOING, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, directeur de l'école vétérinaire. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.

PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE

- * **Le Cerveau et ses fonctions**, par J. LUYSS, membre de l'Académie de médecine, médecin de la Charité. 1 vol. in-8, avec fig. 6^e édit. (V. P.) 6 fr.
- Le Cerveau et la Pensée chez l'homme et les animaux**, par CHARLTON BASTIAN, professeur à l'Université de Londres. 2 vol. in-8 avec 184 fig. dans le texte. 2^e édit. 12 fr.
- Le Crime et la Folie**, par H. MAUDSLEY, professeur à l'Université de Londres. 1 vol. in-8, 5^e édit. 6 fr.
- * **L'Esprit et le Corps, considérés au point de vue de leurs relations**, suivi d'études sur les *Erreurs généralement répandues au sujet de l'esprit*, par Alex. BAIN, prof. à l'Université d'Aberdeen (Écosse). 1 v. in-8, 4^e éd. (V. P.) 6 fr.
- * **Théorie scientifique de la sensibilité : le Plaisir et la Peine**, par Léon DUMONT. 1 vol. in-8, 3^e édit. 6 fr.
- La Matière et la Physique moderne**, par STALLO, précédé d'une préface par M. Ch. FRIEDEL, de l'Institut. 1 vol. in-8, 2^e édit. 6 fr.
- Le Magnétisme animal**, par A. BINET et Ch. FÉRE. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte. 3^e édit. 6 fr.
- L'Intelligence des animaux**, par ROMANES. 2 v. in-8, 2^e édit., précédée d'une préface de M. E. PERRIER, prof. au Muséum d'histoire naturelle. (V. P.) 12 fr.
- L'Évolution des mondes et des sociétés**, par C. DREYFUS, député de la Seine. 1 vol. in-8. 3^e édit. 6 fr.

Les Altérations de la personnalité, par Alf. BINET, directeur adjoint du laboratoire de psychologie à la Sorbonne (Hautes études). 1 vol. in-8, avec gravures. 6 fr.

ANTHROPOLOGIE

- * **L'Espèce humaine**, par A. DE QUATREFAGES, membre de l'Institut, professeur d'anthropologie au Muséum d'histoire naturelle de Paris. 1 vol. in-8. 10^e édit. (V. P.) 6 fr.
- Ch. Darwin et ses précurseurs français**, par A. DE QUATREFAGES, 1 vol. in-8. 2^e édition. 6 fr.
- * **L'Homme avant les métaux**, par N. JOLY, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse. 1 vol. in-8, avec 150 figures dans le texte et un frontispice. 4^e édit. (V. P.) 6 fr.
- * **Les Peuples de l'Afrique**, par R. HARTMANN, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 93 figures dans le texte. 2^e édit. (V. P.) 6 fr.
- Les Singes anthropoïdes, et leur organisation comparée à celle de l'homme**, par R. HARTMANN, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 63 figures gravées sur bois. 6 fr.
- * **L'Homme préhistorique**, par SIR JOHN LUBBOCK, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. in-8, avec 228 gravures dans le texte. 3^e édit. 12 fr.
- La France préhistorique**, par E. CARTAILHAC. 1 vol. in-8, avec gravures dans le texte. 6 fr.
- L'Homme dans la Nature**, par TOPINARD, ancien secrétaire général de la Société d'Anthropologie de Paris. 1 vol. in-8, avec 101 gravures dans le texte. 6 fr.
- Les Races et les Langues**, par André LEFÈVRE, professeur à l'École d'Anthropologie de Paris. 1 vol. in-8. 6 fr.

ZOOLOGIE

- * **Descendance et Darwinisme**, par O. SCHMIDT, professeur à l'Université de Strasbourg. 1 vol. in-8, avec figures. 5^e édit. 6 fr.
- Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques**, par O. SCHMIDT. 1 vol. in-8, avec 51 figures dans le texte. 6 fr.
- Fourmis, Abeilles et Guêpes**, par sir JOHN LUBBOCK, membre de la Société royale de Londres. 2 vol. in-8, avec figures dans le texte et 13 planches hors texte, dont 5 coloriées. (V. P.) 12 fr.
- * **Les sens et l'instinct chez les animaux**, et principalement chez les insectes, par Sir JOHN LUBBOCK. 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.
- L'Écrevisse**, introduction à l'étude de la zoologie, par Th.-H. HUXLEY, membre de la Société royale de Londres et de l'Institut de France, professeur d'histoire naturelle à l'École royale des mines de Londres. 1 vol. in-8, avec 82 figures dans le texte. 6 fr.
- * **Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal**, par P.-J. VAN BENEDE, professeur à l'Université de Louvain (Belgique). 1 vol. in-8, avec 82 figures dans le texte. 3^e édit. (V. P.) 6 fr.
- La Philosophie zoologique avant Darwin**, par EDMOND PERRIER, de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris. 1 vol. in-8. 2^e édit. (V. P.) 6 fr.
- Darwin et ses précurseurs français**, par A. de QUATREFAGES, de l'Institut. 1 vol. in-8, 2^e édit. 6 fr.

BOTANIQUE — GÉOLOGIE

- Les Champignons**, par COOKE et BERKELEY. 1 vol. in-8, avec 110 fig. 4^e édit. 6 fr.
- L'Évolution du règne végétal**, par G. DE SAPORTA, correspondant de l'Institut, et MARION, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Marseille.
 - I. *Les Cryptogames*. 1 vol. in-8, avec 85 figures dans le texte. (V. P.) 6 fr.
 - II. *Les Phanérogames*. 2 v. in-8, avec 136 fig. dans le texte. 12 fr.
- * **Les Volcans et les Tremblements de terre**, par FUCHS, professeur à l'Université de Heidelberg. 1 vol. in-8, avec 36 figures et une carte en couleur. 4^e édition. (V. P.) 6 fr.
- La période glaciaire**, principalement en France et en Suisse, par A. FALSAN. 1 vol. in-8, avec 105 gravures et 2 cartes hors texte. (V. P.) 6 fr.
- Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes**, par A. DAUBRÉE, de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle. 1 vol. in-8. 2^e édit., avec 89 gravures dans le texte. (V. P.) 6 fr.

- L'Origine des plantes cultivées, par A. DE CANDOLLE, correspondant de l'Institut. 1 vol. in-8, 3^e édit. (V. P.) 6 fr.
Introduction à l'étude de la botanique (*le Sapin*), par J. DE LANESSAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8. 2^e édit., avec figures dans le texte. (V. P.) 6 fr.
Microbes, Ferments et Moisissures, par le docteur L. TROUSSERT. 1 vol. in-8, avec 108 figures dans le texte. 2^e éd. (V. P.) 6 fr.

CHIMIE

- Les Fermentations, par P. SCHUTZENBERGER, membre de l'Académie de médecine, professeur de chimie au Collège de France. 1 vol. in-8, avec figures. 5^e édit. 6 fr.
* La Synthèse chimique, par M. BERTHELOT, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur de chimie organique au Collège de France. 1 vol. in-8. 6^e édit. 6 fr.
* La Théorie atomique, par Ad. WURTZ, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences et à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8, 5^e édit., précédée d'une introduction sur la *Vie et les travaux* de l'auteur, par M. CH. FRIEDEL, de l'Institut. 6 fr.
* La Révolution chimique (*Lavoisier*), par M. BERTHELOT. 1 vol. in-8. 6 fr.

ASTRONOMIE — MÉCANIQUE

- * Histoire de la Machine à vapeur, de la Locomotive et des Bateaux à vapeur, par R. THURSTON, professeur de mécanique à l'Institut technique de Hoboken, près de New-York, revue, annotée et augmentée d'une Introduction par M. HIRSCH, professeur de machines à vapeur à l'École des ponts et chaussées de Paris. 2 vol. in-8, avec 160 figures dans le texte et 16 planches tirées à part. 3^e édit. (V. P.) 12 fr.
* Les Étoiles, notions d'astronomie-sidérale, par le P. A. SECCHI, directeur de l'Observatoire du Collège Romain. 2 vol. in-8, avec 68 figures dans le texte et 16 planches en noir et en couleurs, 2^e édit. (V. P.) 12 fr.
Le Soleil, par G.-A. YOUNG, professeur d'astronomie au Collège de New-Jersey. 1 vol. in-8, avec 87 figures. (V. P.) 6 fr.

PHYSIQUE

- La Conservation de l'énergie, par BALFOUR STEWART, professeur de physique au collège Owens de Manchester (Angleterre), suivi d'une étude sur la *Nature de la force*, par P. DE SAINT-ROBERT (de Turin). 1 vol. in-8 avec figures. 4^e édit. 6 fr.
* Les Glaciers et les Transformations de l'eau, par J. TYNDALL, professeur de chimie à l'Institution royale de Londres, suivi d'une étude sur le même sujet, par HELMHOLTZ, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec nombreuses figures dans le texte et 8 planches tirées à part sur papier teinté, 5^e édit. (V. P.) 6 fr.
* La Photographie et la Chimie de la lumière, par VOGEL, professeur à l'Académie polytechnique de Berlin. 1 vol. in-8, avec 95 figures dans le texte et une planche en photoglyptie, 4^e édit. (*épuisé*). 6 fr.
La Matière et la Physique moderne, par STALLO, précédé d'une préface par CH. FRIEDEL, membre de l'Institut. 1 vol. in-8. 2^e édit. 6 fr.

THÉORIE DES BEAUX-ARTS

- * Le Son et la Musique, par P. BLASERNA, professeur à l'Université de Rome, suivi des *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*, par H. HELMHOLTZ, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec 41 figures, 4^e édit. (V. P.) 6 fr.
Principes scientifiques des Beaux-Arts, par E. BRUCKE, professeur à l'Université de Vienne, suivi de *l'Optique et les Arts*, par HELMHOLTZ, professeur à l'Université de Berlin. 1 vol. in-8, avec figures, 4^e édit. (V. P.) 6 fr.
* Théorie scientifique des couleurs et leurs applications aux arts et à l'industrie, par O. N. ROOD, professeur de physique à Columbia-College de New-York (Etats-Unis). 1 vol. in-8, avec 130 figures dans le texte et une planche en couleurs. (V. P.) 6 fr.

BIBLIOTHÈQUE UTILE

107 VOLUMES PARUS.

Le volume de 192 pages, broché, 60 centimes.
Cartonné à l'anglaise, 1 fr.

HISTOIRE DE FRANCE

Les Mérovingiens, par BUCHEZ, ancien président de l'Assemblée constituante.

Les Carolingiens, par BUCHEZ.

Les Luttes religieuses des premiers siècles, par J. BASTIDE. 4^e édition.

Les Guerres de la Réforme, par J. BASTIDE. 4^e édit.

La France au moyen âge, par F. MORIN.

Jeanne d'Arc, par Fréd. LOCK.

Décadence de la monarchie française, par Eug. PELLETAN. 4^e édit.

* **La Révolution française**, par H. CARNOT (2 volumes).

La Défense nationale en 1792, par P. GAFFAREL.

Napoléon 1^{er}, par Jules BARNI.

* **Histoire de la Restauration**, par Fréd. LOCK. 3^e édit.

* **Histoire de Louis-Philippe**, par Edgar ZEVORT. 2^e édit.

Mœurs et Institutions de la France, par P. BONDOIS. 2 volumes.

Léon Gambetta, par J. REINACH.

* **Histoire de l'armée française**, par L. BÈRE.

* **Histoire de la marine française**, par Alfr. DONEAUD. 2^e édit.

* **Histoire de la conquête de l'Algérie**, par QUESNEL.

PAYS ÉTRANGERS

L'Espagne et le Portugal, par E. RAYMOND. 2^e édition.

Histoire de l'empire ottoman, par L. COLLAS. 2^e édition.

* **Les Révolutions d'Angleterre**, par Eug. DESPOIS. 3^e édition.

Histoire de la maison d'Autriche, par Ch. ROLLAND. 2^e édition.

L'Europe contemporaine (1789-1879), par P. BONDOIS.

Histoire contemporaine de la Prusse, par Alfr. DONEAUD.

Histoire contemporaine de l'Italie, par Félix HENNEGUY.

Histoire contemporaine de l'Angleterre, par A. REGNARD.

HISTOIRE ANCIENNE

* **La Grèce ancienne**, par L. COMBES, 2^e édition.

L'Asie occidentale et l'Égypte, par A. OTT. 2^e édition.

L'Inde et la Chine, par A. OTT.

Histoire romaine, par CREIGHTON.

L'Antiquité romaine, par WILKINS (avec gravures).

L'Antiquité grecque, par MAHAFFY (avec gravures).

GÉOGRAPHIE

* **Torrents, fleuves et canaux de la France**, par H. BLERZY.

Les Colonies anglaises, par H. BLERZY.

Les Iles du Pacifique, par le capitaine de vaisseau JOUAN (avec 1 carte).

Les Peuples de l'Afrique et de l'Amérique, par GIRARD DE RIALLE.

Les Peuples de l'Asie et de l'Europe, par GIRARD DE RIALLE.

L'Indo-Chine française, par FAUQUE.

* **Géographie physique**, par GEIKIE, prof. à l'Univ. d'Edimbourg (avec fig.).

Continents et Océans, par GROVE (avec figures).

* **Les Frontières de la France**, par P. GAFFAREL.

L'Afrique française, par A. JOYEUX avec une préface de M. DE LANESSAN.

COSMOGRAPHIE

Les Entretiens de Fontenelle sur la pluralité des mondes, mis au courant de la science par BOILLOT.

* **Le Soleil et les Étoiles**, par le P. SECCHI, BRIOT, WOLF et DELAUNAY. 2^e édition (avec figures).

Les Phénomènes célestes, par ZURCHER et MARGOLLÉ.

A travers le ciel, par AMIGUES. **Origines et Fin des mondes**, par Ch. RICHARD. 3^e édition.

* **Notions d'astronomie**, par L. CATALAN, 4^e édition (avec figures).

SCIENCES APPLIQUÉES

Le Génie de la science et de l'industrie, par B. GASTINEAU.

* **Causeries sur la mécanique**, par BROTHIER. 2^e édit.

Médecine populaire, par le docteur TURCK. 4^e édit.

La Médecine des accidents, par le docteur BROQUÈRE.

Les Maladies épidémiques (Hygiène et Prévention), par le docteur L. MONIN.

Hygiène générale, par le docteur L. CRUVEILHIER. 6^e édit.

Petit Dictionnaire des falsifications, avec moyens faciles pour les reconnaître, par DUFOUR.

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Télescope et Microscope, par ZURCHER et MARGOLLÉ.

* **Les Phénomènes de l'atmosphère**, par ZURCHER. 4^e édit.

* **Histoire de l'air**, par ALBERT LÉVY.

Histoire de la terre, par BROTHIER.

Principaux faits de la chimie, par SAMSON. 5^e édit.

Les Phénomènes de la mer, par E. MARGOLLÉ. 5^e édit.

* **L'Homme préhistorique**, par ZABOROWSKI. 2^e édit.

Les Grands Singes, par le même.

Histoire de l'eau, par BOUANT.

PHILOSOPHIE

La Vie éternelle, par ENFANTIN. 2^e éd.

Voltaire et Rousseau, par Eug. NOËL. 3^e édit.

Histoire populaire de la philosophie, par L. BROTHIER. 3^e édit.

* **La Philosophie zoologique**, par Victor MEUNIER. 2^e édit.

ENSEIGNEMENT. — ÉCONOMIE DOMESTIQUE

De l'Éducation, par Herbert Spencer.

La Statistique humaine de la France, par Jacques BERTILLON.

Le Journal, par HATIN.

De l'Enseignement professionnel, par CARBON, sénateur. 3^e édit.

Les Délassements du travail, par Maurice CRISTAL. 2^e édit.

Le Budget du foyer, par H. LENEVEUX.

Paris municipal, par H. LENEVEUX.

Histoire du travail manuel en France, par H. LENEVEUX.

L'Art et les Artistes en France, par Laurent PICHAT, sénateur. 4^e édit.

* **La Loi civile en France**, par MORIN. 3^e édit.

Les Mines de la France et de ses colonies, par P. MAIGNE.

Les Matières premières et leur emploi dans les divers usages de la vie, par H. GENEVOIX.

Les Procédés industriels, par le même.

La Machine à vapeur, par H. GOSSIN, avec figures.

La Photographie, par H. GOSSIN.

La Navigation aérienne, par G. DALLET, avec figures.

L'Agriculture française, par A. LARBALETRIER, avec figures.

Les Chemins de fer, par G. MAXER, avec figures.

Introduction à l'étude des sciences physiques, par MORAND. 5^e édit.

Le Darwinisme, par E. FERRIÈRE.

* **Géologie**, par GEIKIE (avec fig.).

Les Migrations des animaux et le Pigeon voyageur, par ZABOROWSKI.

Premières Notions sur les sciences, par Th. HUXLEY.

La Chasse et la Pêche des animaux marins, par JOUAN.

Les Mondes disparus, par ZABOROWSKI (avec figures).

Zoologie générale, par H. BEAUREGARD (avec figures).

* **L'Origine du langage**, par ZABOROWSKI.

Physiologie de l'esprit, par PAULHAN (avec figures).

L'Homme est-il libre? par RENARD.

La Philosophie positive, par le docteur ROBINET. 2^e édit.

Premiers principes des beaux-arts, par J. COLLIER (avec gravures).

Économie politique, par STANLEY JEVONS. 3^e édit.

Le Patriotisme à l'école, par JOURDY, chef d'escadrons d'artillerie.

Histoire du libre-échange en Angleterre, par MONGREDIEN.

Économie rurale et agricole, par PETIT.

La Richesse et le bonheur, par COSTE, membre de la Société d'économie politique.

Alcoolisme ou épargne, le dilemme social, par Ad. COSTE.

DROIT

La Justice criminelle en France, par G. JOURDAN. 3^e édit.

RÉCENTES PUBLICATIONS MÉDICALES ET SCIENTIFIQUES

Demi-reliure: par volume in-8, 2 fr.; par volume grand in-8, 2 fr. 50

Pathologie et thérapeutique médicales.

- AXENFELD et HUCHARD. Traité des névroses.** 2^e édition, augmentée de 700 pages par HENRI HUCHARD, médecin des hôpitaux. 1 fort vol. in-8. 1882. 20 fr.
- BOUCHUT et DESPRÉS. Dictionnaire de médecine et de thérapeutique médicale et chirurgicale,** comprenant le résumé de la médecine et de la chirurgie, les indications thérapeutiques de chaque maladie, la médecine opératoire, les accouchements, l'oculistique, l'odontotechnie, les maladies d'oreille, l'électrisation, la matière médicale, les eaux minérales et un formulaire spécial pour chaque maladie. 5^e édit. 1889, très augmentée. 1 vol. in-4, avec 950 figures dans le texte et 3 cartes.
Prix: broché. 25 fr. — Cartonné. 27 fr. 50. — Relié. 29 fr.
- CORNIL et BABES. Les bactéries,** et leur rôle dans l'histologie pathologique des maladies infectieuses. 2 vol. gr. in-8, contenant la description des méthodes de bactériologie. 3^e édit. 1890, avec 385 figures en noir et en couleurs dans le texte et 12 planches hors texte. 40 fr.
- DAMASCHINO. Leçons sur les maladies des voies digestives.** 1 vol. in-8. 3^e tirage. 1888. 14 fr.
- DAVID. Les microbes de la bouche,** 1 vol. in-8, avec 113 gravures en noir et en plusieurs couleurs dans le texte, précédé d'une lettre-préface de M. PASTEUR. 1890. 10 fr.
- DÉJERINE (J.). Sur l'atrophie musculaire des ataxiques** (névrite motrice périphérique des ataxiques), étude clinique et anatomo-pathologique. 1 vol. in-8. 1889. 3 fr.
- DÉJERINE KLUMPKE (M^{me}). Des polynévrites et des paralysies et atrophies saturnines,** étude clinique et anatomo-pathologique. 1 vol. gr. in-8, avec gravures. 1889. 6 fr.
- DEMANGE. Etude clinique et anatomo-pathologique sur la vieillesse.** 1 vol. in-8, avec 5 planches hors texte. 1886. 4 fr.
- DUCKWORTH (Sir Dyn). La goutte,** hygiène et traitement, traduit de l'anglais par M. le D^r RODET, et précédé d'une préface de M. le D^r LÉCONCHÉ. 1 vol. gr. in-8, avec grav. dans le texte. 10 fr.
- DURAND-FARDEL. Traité pratique des maladies chroniques.** 2 vol. gr. in-8. 20 fr.
- DURAND-FARDEL. Traité des eaux minérales de la France et de l'étranger,** et de leur emploi dans les maladies chroniques. 3^e édition. 1883. 1 vol. in-8. 10 fr.
- DURAND-FARDEL. Les eaux minérales et les maladies chroniques.** Leçons professées à l'École pratique. 2^e édit. 1885. Cart. à l'anglaise. 4 fr.
- FÉRÉ (Ch.). Dégénérescence et criminalité.** 1 vol. in-18. 1888. 2 fr. 50
- FÉRÉ (Ch.). Du traitement des aliénés dans les familles.** 1 vol. in-18. 1889. 2 fr. 50
- FÉRÉ (Ch.). Les épilepsies et les épileptiques.** 1 vol. gr. in-8, avec 12 planches hors texte et 67 figures dans le texte. 1890. 20 fr.
- FÉRÉ (Ch.). La pathologie des émotions.** Études cliniques et physiologiques. 1 vol. in-8. 1893. 12 fr.

- HÉRARD, CORNIL et HANOT. **De la phthisie pulmonaire**, étude anatomo-pathologique et clinique. 1 vol. in-8, avec 65 fig. en noir et en 7 couleurs dans le texte et 2 planches coloriées. 2^e édit. entièrement remaniée. 1888. 20 fr.
- ICARD. **La femme pendant la période menstruelle**, étude de psychologie morbide et de médecine légale. 1 vol. in-8. 1890. 6 fr.
- LANCEREAUX. **Traité historique et pratique de la syphilis**. 2^e édition. 1 vol. gr. in-8, avec fig. et planches coloriées. 17 fr.
- LANDOUZY et DÉJERINE. **De la myopathie atrophique progressive** (Myopathie héréditaire sans névropathie, débutant d'ordinaire dans l'enfance par la face). 1 vol. in-8, avec fig. 3 fr. 50
- LEFEBVRE. **Des déformations ostéo-articulaires**, consécutives à des maladies de l'appareil pleuro-pulmonaire (ostéo-arthropathie hypertrophiante de Marie). 4 vol. in-8, avec gravures. 1891. 4 fr. 50
- LEMOINE (G). **De l'antisepsie médicale**. 1 vol. in-8. 1886. 3 fr. 50
- MARTINEAU. **Traité clinique des affections de l'utérus**. 1 fort vol. gr. in-8. 14 fr.
- NICATI et RIETSCH. **Recherches sur le choléra**. 1 vol. in-8. 2^e éd. 1886. 5 fr.
- ONIMUS et LEGROS. **Traité d'électricité médicale**. 1 fort vol. in-8, avec 275 fig. dans le texte. 2^e éd. par le D^r Onimus. 1887. 17 fr.
- RILLIET et BARTHEZ. **Traité clinique et pratique des maladies des enfants**. 3^e édition, refondue et augmentée par BARTHEZ et SANNÉ. — TOME I^{er}. *Maladies du système nerveux, maladies de l'appareil respiratoire*. 1 fort vol. gr. in-8. 1884. 16 fr.
- TOME II. *Maladies de l'appareil circulatoire, de l'appareil digestif et de ses annexes, de l'appareil génito-urinaire, de l'appareil de l'ovue, maladies de la peau*. 1 fort vol. gr. in-8. 1887. 14 fr.
- TOME III, terminant l'ouvrage. *Maladies spécifiques, maladies générales constitutionnelles*. 1 fort vol. gr. in-8. 1890. 25 fr.
- SPRINGER. **La croissance**. Son rôle en pathologie. Essai de pathologie générale. 1 vol. in-8. 1890. 6 fr.
- TARTENSON. **Traité clinique des fièvres larvées**. 1 vol. in-8. 1887. 6 fr.

Pathologie et thérapeutique chirurgicales.

- ANGER (Benjamin). **Traité iconographique des fractures et luxations**. 1 fort vol. in-4 avec 100 pl. hors texte color., contenant 254 fig. et 127 bois interc. dans le texte. 2^e tir., 1886. Relié. 150 fr.
- BILLROTH et WINIWARTER. **Traité de pathologie et de clinique chirurgicales générales**, traduit de l'allemand par M. le docteur DELBASTAILLE, d'après la 10^e édition allemande. 2^e édition française, 1886. 1 fort vol. gr. in-8, avec 180 fig. dans le texte. 20 fr.
- DELATTRE (G.-A.). **Traité de dystocie pratique**. 1886. 1 vol. in-8, avec 9 planches hors texte. 40 fr.
- DELBET. **Du traitement des anévrysmes**. 1 vol. in-8. 1889. 5 fr.
- DELORME. **Traité de chirurgie de guerre**. — Tome I. *Histoire de la chirurgie militaire française, plaies par armes à feu des parties molles*. 1 fort vol. gr. in-8, avec 95 figures dans le texte et une planche en chromolithographie. 16 fr.
- Tome II, complétant l'ouvrage, paraîtra en mars 1892.
- EHRMANN. **Des opérations plastiques sur le palais chez l'enfant**. 1 vol. in-8, avec 12 planches hors texte. 1889. 5 fr.
- FRITSCH. **Traité clinique des opérations obstétricales**. Traduit de l'allemand sur la 4^e édition, par le D^r J. STAS, avec préface du professeur VAN CAUVENBERGHE, de Gand. 1 vol. grand in-8, avec 90 gravures en noir et en couleurs dans le texte. 10 fr.

- GALEZOWSKI. **Des cataractes** et de leur traitement. 1^{er} fascicule.
1885. 1 vol. in-8. 3 fr. 50
Le 2^e fascicule terminant l'ouvrage. *Sous presse.*
- JAMAIN, TERRIER et PÉRAIRE. **Manuel de petite chirurgie**. 1893,
7^e édit., refondue. 1 vol. gr. in-18, avec 420 fig., cart. à l'angl. 8 fr.
- JAMAIN et TERRIER. **Manuel de pathologie et de clinique
chirurgicale**. 3^e édition.
TOME PREMIER. 1 fort vol. in-18. 8 fr.
*Maladies qui peuvent se montrer dans toutes ou presque toutes
les parties du corps: lésions inflammatoires, traumatiques; lésions
consécutives au traumatisme ou à l'inflammation. Maladies virulentes.
Tumeurs. — Affections des divers tissus et systèmes organiques.
Affections du tissu cellulaire, maladies des bourses séreuses. Affections
de la peau, des veines, des artères, des ganglions lymphatiques, des
nerfs, des muscles, des tendons, des os.*
- TOME DEUXIÈME. 1 vol. in-18. 8 fr.
*Maladies des articulations. — Affections des régions et appareils
organiques: affections du crâne et du cerveau, du rachis, maladies
de l'appareil olfactif, de l'appareil auditif, de l'appareil de la vision.*
- TOME TROISIÈME, p. MM. TERRIER, BROCA et HARTMANN. 1 vol. in-18. 8 fr.
Malad. de l'appareil de la vision (suite), de la face, des lèvres, des dents.
- TOME QUATRIÈME, par MM. TERRIER, BROCA et HARTMANN. 1 vol. in-18.
1889-1892. 8 fr.
*Maladies des gencives, des maxillaires, de la langue, de la région
parotidienne, des amygdales, de l'œsophage, des voies aériennes, du
larynx, de la trachée, du corps thyroïde, du cou, de la poitrine, du
sein, de la mamelle, etc.*
- TOME CINQUIÈME et SIXIÈME terminant l'ouvrage. *Sous presse.*
- MALGAIGNE et LE FORT. **Manuel de médecine opératoire**.
9^e édit. 2 vol. gr. in-18 avec 787 fig. dans le texte. (1887-1889.) 16 fr.,
cart. à l'anglaise. 17 fr. 50
- PAGET (Sir James). **Leçons de clinique chirurgicale**, traduites de
l'anglais par M. le docteur L.-H. PETIT, et précédées d'une Intro-
duction de M. le professeur VERNEUIL. 1 vol. gr. in-8. 8 fr.
- PÉAN. **Leçons de clinique chirurgicale** :
TOME I. Leçons professées à l'hôpital Saint-Louis pendant l'année
1874 et le premier semestre de 1875. 1 fort vol. in-8, avec 40 fig.
intercalées dans le texte et 4 planches coloriées hors texte. *Épuisé.*
- TOME II. Deuxième semestre de l'année 1875 et année 1876. 1 fort
vol. in-8, avec figures dans le texte. 20 fr.
- TOME III. Année 1877. 1 fort vol. avec fig. dans le texte. 20 fr.
- TOME IV. Années 1879 et 1880. 1 fort vol. in-8, avec 40 figures
dans le texte et 7 planches coloriées hors texte. 1886. 20 fr.
- TOME V. Années 1881 et 1882. 1 vol. in-8, avec fig. dans le
texte. 1887. 25 fr.
- TOME VI. Années 1883 et 1884. 1 vol. in-8, avec fig. 1889. 25 fr.
- TOME VII. Années 1884 et 1885. 1 fort vol. avec fig. 1890. 25 fr.
- TOME VIII. Années 1886 et 1887. 1 fort vol. avec fig. 1892. 25 fr.
- REBLAUB (Th.). **Des cystites non tuberculeuses chez la femme**.
1 vol. in-8, 1892. 4 fr.
- SIMON (P.). **Des fractures spontanées**. 1 vol. in-8. 1886. 4 fr.
- TERRIER (F.). **Éléments de pathologie chirurgicale générale**.
1^{er} fascicule : *Lésions traumatiques et leurs complications*. 1 vol.
in-8. 1884. 7 fr.
- 2^e fascicule : *Complications des lésions traumatiques. Lésions
inflammatoires*. 1 vol. in-8. 1886. 6 fr.
(Le 3^e et dernier fascicule paraîtra dans l'année 1893.)
- TERRIER (F.) et BAUDOIN. **De l'hydronephrose intermittente**.
1 vol. in-8. 5 fr.

- TERRIER et PERAIRE. **Manuel d'antiseptic et d'aseptic chirurgicales.** 1 vol. grand in-18 avec gravures dans le texte (*sous presse*).
- YVERT. **Traité pratique et clinique des blessures du globe de l'œil,** avec Introduction de M. le docteur GALEZOWSKI. 1 vol. gr. in-8. 1880. 12 fr.
- Congrès français de Chirurgie.** *Procès-verbaux, mémoires et discussions,* publiés sous la direction de MM. S. Pozzi, secrétaire général et PICQUÉ, secrétaire général adjoint.
- 1^{re} session. Paris, avril 1885. 1 vol. in-8, avec figures. 14 fr.
- 2^e session. Paris, octobre 1886. 1 vol. in-8, avec figures. 14 fr.
- 3^e session. Paris, avril 1888. 1 vol. in-8, avec figures. 14 fr.
- 4^e session. Paris, octobre 1889. 1 vol. in-8, avec figures. 16 fr.
- 5^e session. Paris, avril 1891. 1 vol. in-8, avec figures. 14 fr.
- 6^e session. Paris, mars 1892. 1 vol. in-8, avec figures. 16 fr.

Hygiène. — Thérapeutique.

- BOUCHARDAT (A. et G.). **Nouveau Formulaire magistral,** précédé d'une notice sur les hôpitaux de Paris, de généralités sur l'art de formuler, suivi d'un précis sur les eaux minérales naturelles et artificielles, d'un mémorial thérapeutique, de notions sur l'emploi des contrepoisons, et sur les secours à donner aux empoisonnés et aux asphyxiés. 1891, 2^e édition, revue et augmentée de formules nouvelles, d'une *Note sur l'alimentation dans le diabète sucré* et de la *Liste complète des mets permis aux glycosuriques.* 1 vol. in-18. 3 fr. 50. — Cartonné à l'anglaise, 4 fr. — Relié, 4 fr. 50
- BOUCHARDAT et VIGNARDOU. **Nouveau formulaire vétérinaire,** précédé de notions de pharmacie vétérinaire, de généralités sur l'art de formuler; suivi de la technique des injections hypodermiques, des inoculations et vaccinations; de la loi sur la police sanitaire, de la pratique de la désinfection des étables et des règlements de pharmacie vétérinaire militaire, terminé par un mémoire de M. Bouchardat sur l'*Atténuation des virus.* 4^e édit. conforme au nouveau Codex, revue et augmentée. 1891. 1 vol. in-18. Broché, 3 fr. 50. — Cartonné à l'anglaise, 4 fr. — Relié, 4 fr. 50
- BOUCHARDAT. **De la glycosurie ou diabète sucré,** son traitement hygiénique. 1883, 2^e édition. 1 vol. grand in-8, suivi de Notes et documents sur la nature et le traitement de la goutte, la gravelle urique, sur l'oligurie, le diabète insipide avec excès d'urée, l'hippurie, la pimélorrhée, etc. 15 fr.
- BOUCHARDAT. **Traité d'hygiène publique et privée** basée sur l'étiologie. 1 fort vol. gr. in-8. 3^e édition, 1887. 18 fr.
- LAGRANGE (F.). **L'hygiène de l'exercice chez les enfants et les jeunes gens.** 1 vol. in-18. 1890. Br. 3 fr. 50. Cart. à l'angl. 4 fr.
- LAGRANGE (F.). **De l'exercice chez les adultes.** 1 volume in-18. 1891. Br. 3 fr. 50. Cart. à l'angl. 4 fr.
- LEVILLAIN. **Hygiène des gens nerveux,** précédé de notions élémentaires sur la structure, les fonctions et les maladies du système nerveux. 1 vol. in-18. 2^e éd. 1892. Br. 3 fr. 50. Cart. à l'angl. 4 fr.
- LAYET. **Traité pratique de la vaccination animale,** avec préface de M. le professeur BROUARDEL. 1 vol. gr. in-8, contenant 22 planches coloriées hors texte. 1889. 12 fr.
- MACARIO. **Manuel d'hydrothérapie,** suivi d'une instruction sur les bains de mer (guide pratique des baigneurs). 1 vol. in-8, 4^e édit. remaniée. 1889. Br. 2 fr. 50. Cart. à l'angl. 3 fr.
- WEBER. **Climatothérapie,** traduit de l'allemand par MM. les docteurs DOYON et SPIELMANN. 1 vol. in-8. 1886. 6 fr.

Anatomie. — Physiologie.

- BASTIAN** (Charlton). **Le cerveau, organe de la pensée**, chez l'homme et chez les animaux. 2 vol. in-8, avec 184 gravures dans le texte. 2^e éd., 1888. 12 fr.
- BEAUNIS** (H.). **Les sensations internes**. 1 vol. in-8. 1889. Cart. 6 fr.
- BÉRAUD** (B.-J.). **Atlas complet d'anatomie chirurgicale topographique**, composé de 109 planches gravées sur acier, représentant plus de 200 gravures dessinées d'après nature par M. Bion, et avec texte explicatif. 1 vol. in-4. Nouveau tirage, 1886. Prix : fig. noires, relié. 60 fr. — Fig. coloriées, relié. 120 fr.
- BERNSTEIN**. **Les sens**. 1 vol. in-8 avec figures, 4^e édit. Cart. 6 fr.
- BERTAUX** (A.). **L'humérus et le fémur**, considérés dans les espèces, dans les races humaines, selon le sexe et selon l'âge. 1 vol. in-8, avec 89 figures en noir et en couleurs, dans le texte. 1891. 8 fr.
- CORNIL**. **Leçons d'anatomie pathologique**, professées pendant le premier semestre de l'année 1883-1884. 1 vol. in-8. 4 fr.
- CORNIL**. **Leçons sur l'anatomie pathologique des métrites, des salpingites et des cancers de l'utérus**. 1 vol. in-8 avec 35 gravures dans le texte. 1889. 4 fr.
- CORNIL, RANVIER et BRAULT**. **Manuel d'histologie pathologique**. 3^e édition. 2 vol. gr. in-8, avec 577 figures dans le texte. *Sous presse*.
- CORNIL et BABES**. **Les bactéries et leur rôle dans l'histologie pathologique des maladies infectieuses**. 2 vol. gr. in-8, contenant la description des méthodes de bactériologie. 3^e édit. 1890, avec 385 figures en noir et en coul. dans le texte, et 10 pl. hors texte. 40 fr.
- COURMONT**. **Le cervellet et ses fonctions**, 1 vol. in-8. 1891. 12 fr.
Ouvrage récompensé par l'Académie des Sciences (Prix Mège).
- DEBIERRE** (Ch.). **Traité élémentaire d'anatomie de l'homme** (anatomie descriptive et dissection, avec notions d'organogénie et d'embryologie générale). 2 vol. grand in-8, avec 965 grav. en noir et en couleurs dans le texte. 1890-1891. 40 fr.
Ouvrage récompensé par l'Académie des Sciences.
- On vend séparément :
- TOME I**. Manuel de l'amphithéâtre : *Système locomoteur, système vasculaire, nerfs périphériques*. 1 vol. in-8 de 950 p., avec 450 fig. en noir et en couleurs dans le texte. 1890. 20 fr.
- TOME II**. *Système nerveux central, organes des sens, splanchnologie, système vasculaire, système nerveux périphérique*. 1 vol. in-8, avec 515 gravures en noir et en plusieurs couleurs dans le texte. 1891. 20 fr.
- DEBIERRE et DOUMER**. **Vues stéréoscopiques des centres nerveux**, accompagnées d'un album contenant 48 figures schématiques avec légendes explicatives se rapportant à ces vues. 1892. 20 fr.
- DEBIERRE et DOUMER**. **Album des centres nerveux**. 48 figures schématiques avec légendes explicatives. 1892. 1 br. in-18. 1 fr. 50
- DUVAL** (Mathias). **Le placenta des rongeurs**. 1 beau vol. in-4, avec 106 fig. dans le texte, et un atlas de 22 pl. en taille-douce, hors texte. 1893. 40 fr.
- FAU**. **Anatomie des formes du corps humain**, à l'usage des peintres et des sculpteurs. 1 atlas in-folio de 25 planches, avec texte explicatif. Prix : fig. noires. 15 fr. — Figures coloriées. 30 fr.
- FÉRÉ** (Charles). **Sensation et mouvement**. Étude de psychomécanique. 1 vol. in-18, avec figures. 2 fr. 50
- LAGRANGE** (F.). **Physiologie des exercices du corps**. 1 vol. in-8. 4^e édition. 1890. Cart. à l'angl. 6 fr.
- LIEBREICH** (R.). **Atlas d'ophtalmoscopie**, représentant l'état normal et les modifications pathologiques du fond de l'œil, visibles à l'ophtalmoscope. 1 atlas in-4, avec 12 planches en chromolithographie, avec texte explicatif. 3^e édition. 1885, cart. 40 fr.

- LUYS. **Le cerveau, ses fonctions.** 1 vol. in-8. 6^e édit., 1888, avec figures. Cart. 6 fr.
- MAREY. **La machine animale.** 5^e édit., 1891, 1 v. in-8 cart. 6 fr.
- MEYER (H. de). **Les organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons, du langage** 1 vol. in-8. 1884. 6 fr.
- RETTNER (Ed.). **Développement du squelette des extrémités et des productions cornées chez les mammifères.** 1 vol. in-8, avec 4 pl. hors texte. 1885. 4 fr.
- RICHET (Ch.). **Physiologie des muscles et des nerfs.** 1 fort vol. in-8. 1882. 15 fr.
- RICHET (Ch.). **La chaleur animale.** 1 vol. in-8 avec fig. 1888. 6 fr.
- RICHET (Ch.). **Du suc gastrique chez l'homme et chez les animaux.** 1 vol. in-8, 1878, avec une planche hors texte. 4 fr. 50
- RICHET (Ch.). **Structure des circonvolutions cérébrales** (thèse de concours d'agrégation). In-8. 1878. 5 fr.
- RICHET (Ch.). **Cours de physiologie.** Programme sommaire. 1891. 1 vol. in-12. 3 fr.
- RICHET (Ch.). **Physiologie**, travaux du laboratoire du professeur Ch. RICHET. Tome I. *Système nerveux, Chaleur animale.* 1 vol. grand in-8, avec gr. 1893. 12 fr.
- SABOURIN (Ch.). **Recherches sur l'anatomie normale et pathologique de la glande biliaire de l'homme.** 1 vol. in-8, avec 233 figures dans le texte. 1888. 8 fr.
- SNELLEN. **Echelle typographique** pour mesurer l'acuité de la vision, par M. le docteur Snellen, médecin de l'hôpital Néerlandais pour les maladies des yeux, à Utrecht. 4 fr.
- SULLY (James). **Les illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8, avec figures. 2^e édit., 1888. Cart. 6 fr.
- VULPIAN. **Leçons sur l'appareil vaso-moteur** (physiologie et pathologie), recueillies par M. le docteur H. CARVILLE. 2 vol. in-8. 18 fr.
- Voir *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, pages 2 à 6.

Maladies nerveuses et mentales.

- AXENFELD et HUCHARD. **Traité des névroses.** 2^e édition, par HENRI HUCHARD, médecin des hôpitaux. 1 fort vol. in-8. 1882. 20 fr.
- CHARBONNIER. **Maladies et facultés diverses des mystiques.** 1 vol. in-8. 5 fr.
- DÉJERINE. **Sur l'atrophie musculaire des ataxiques** (névrite phérophérique des ataxiques), étude clinique et anatomo-pathologique. 1 vol. in-8. 1889. 3 fr.
- FÉRÉ (Ch.). **Du traitement des aliénés dans les familles.** 1 vol. in-18. 1889. 2 fr. 50
- FÉRÉ (Ch.). **Des épilepsies et des épileptiques.** 1 vol. gr. in-8 avec 67 gravures et 12 planches hors texte. 1890. 20 fr.
- FÉRÉ (Ch.). **Pathologie des émotions, études cliniques et physiologiques.** 1 vol. grand in-8, avec fig. 1893. 12 fr.
- GURNEY, MYERS et PODMORE. **Les hallucinations télépathiques**, traduit et abrégé des *Phantasms of the livings* par L. MARILLIER, avec une préface de M. Ch. RICHET. 1 vol. in-8. 1891. 7 fr. 50.
- ICARD. **La femme pendant la période menstruelle**, étude de psychologie morbide et de médecine légale. 1 vol. in-8. 1890. 6 fr.
- LEVILLAIN. **Hygiène des sens nerveux.** 1 vol. in-18. 2^e édit. Br. 3 fr. 50. Cart. à l'angl. 4 fr.
- LANDOUZY et DÉJERINE. **De la myopathie atrophique progressive** (Myopathie héréditaire sans névropathie, débutant d'ordinaire dans l'enfance par la face). 1 vol. in-8. 1885. 3 fr. 50
- LOMBROSO. **L'homme criminel** (fou-moral, criminel-né, épilep-

- tique), étude anthropologique et médico-légale. 1 vol. in-8. 1887. 10 fr.
 Atlas de 40 planches, accompagnant cet ouvrage. 12 fr.
MANDON. Histoire critique de la folie instantanée, temporaire, instinctive. 1 vol. in-8. 3 fr. 50
MAUDSLEY. Le crime et la folie. 1 vol. in-8. 4^e édit. 6 fr.
MAUDSLEY. La pathologie de l'esprit, traduit de l'anglais par M. GERMONT. 1 vol. in-8. 10 fr.
PADIOLEAU (de Nantes). **De la médecine morale** dans le traitement des maladies nerveuses. 1 vol. in-8 4 fr. 50
RIBOT (Th.). **Les maladies de la mémoire**. 1 vol. in-18. 7^e édition. 2 fr. 50
RIBOT (Th.). **Les maladies de la volonté**. 1 vol. in-18. 7^e édition. 2 fr. 50
RIBOT (Th.). **Les maladies de la personnalité**. 1 vol. in-18. 2^e édition. 2 fr. 50
SOLLIER. Psychologie de l'Idiot et de l'imbécile. 1 vol. in-8, avec planches hors texte. 1891. 5 fr.
TISSIÉ (Ph.). **Les rêves**, pathologie, physiologie, avec préface de M. le Professeur AZAM, 1 vol. in-18. 1890. 2 fr. 50

Physique. — Chimie.

- BERTHELOT. La synthèse chimique**. In-8. Cart. 6 fr.
BERTHELOT. La Révolution chimique, Lavoisier. 1 vol. in-8, avec gravures. 1890. cart. 6 fr.
BLASERNA. Le son et la musique, suivi des *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*, par H. HELMHOLTZ. 4^e édit. 1 vol. in-8, avec fig. Cart. 6 fr.
DUFET. Cours élémentaire de physique. 1 vol. in-12, avec 643 figures dans le texte et une planche en couleurs. Cart. 6 fr.
FALSAN. La période glaciaire principalement en France et en Suisse. 1 vol. in-8, avec 105 gravures dans le texte et 2 planches hors texte. 1889. Cart. 6 fr.
GRÉHANT. Manuel de physique médicale. 1 vol. in-18, avec 469 figures dans le texte. 7 fr.
GRIMAUX. Chimie organique élémentaire. 1 vol. in-18, 6^e édit. 1891, avec figures. 5 fr.
GRIMAUX. Chimie inorganique élémentaire. 6^e édit. 1891. 1 vol. in-18, avec figures. 5 fr.
LE NOIR. Physique élémentaire. 1 vol. in-12. 2^e édit. 1887, avec 455 figures dans le texte. 6 fr.
LE NOIR. Chimie élémentaire. 1 vol. in-12. 2^e édit. 1887, avec 72 figures. 3 fr. 50
PISANI. Traité pratique d'analyse chimique qualitative et quantitative, suivi d'un traité d'*Analyse au chalumeau*, à l'usage des laboratoires de chimie. 4^e édit. 1892. 1 vol. in-12. 3 fr. 50
PISANI et DIRVELL. La chimie du laboratoire. 1 v. in-12. 2^e édit. 1893. 4 fr.
RICHE. Manuel de chimie médicale. 1 vol. in-18, avec 200 fig. dans le texte. 3^e édition. 1881. 8 fr.
ROOD. Théorie scientifique des couleurs. 1 vol. in-8, avec figures et une planche en couleurs hors texte. Cart. 6 fr.
SAIGEY. La physique moderne. 1 vol. in-18. 2^e édit. 2 fr. 50

- SCHUTZENBERGER. **Les fermentations**, avec figures dans le texte. 1 vol. in-8. 5^e édit. 1889. Cart. 6 fr.
- SECCHI (le Père). **Les étoiles**. 2 vol. in-8, avec 63 fig. dans le texte et 17 planches en noir et en couleurs hors texte. 2^e édit. Cart. 12 fr.
- STALLO. **La matière et la physique moderne**. 1 vol. in-8 2^e éd. Cartonné. 6 fr.
- THURSTON. **Histoire de la machine à vapeur**. 2 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte et 16 planches hors texte. 3^e édit. 12 fr.
- TYNDALL (J.). **Les glaciers et les transformations de l'eau**, avec figures. 1 vol. in-8. 5^e édit. Cart. 6 fr.
- WURTZ. **La théorie atomique**. 1 vol. in-8. 5^e édit. Cart. 6 fr.
- YOUNG. **Le Soleil**. 1 vol. in-8, avec figures. Cart. 6 fr.

Histoire naturelle.

- AGASSIZ. **De l'espèce et des classifications en zoologie**. 1 vol. in-8. 5 fr.
- BEAUREGARD (H.). **Les insectes vésicants**. 1 vol. gr. in-8, avec 34 planches en lithographie et 44 gravures dans le texte. 1890. 25 fr.
- BELZUNG. **Anatomie et physiologie animales**. 1 vol. in-8, avec 540 figures. 3^e édit. 1892. 6 fr.
- BLANCHARD. **Mœurs, instincts et métamorphoses des insectes**. 1 vol. gr. in-8, avec 200 figures dans le texte et 40 planches hors texte. 2^e éd. 1877. 25 fr.
- CANDOLLE (de). **L'origine des plantes cultivées**. 1 vol. in-8, 3^e édition. Cart. 6 fr.
- CARTAILHAC. **La France préhistorique d'après les monuments et les sépultures**. 1 vol. in-8, avec 150 gravures dans le texte. 1889. Cart. 6 fr.
- COOKE et BERKELEY. **Les champignons**, avec 110 figures dans le texte. 1 vol. in-8. 4^e édit. Cart. 6 fr.
- DAUBRÉE. **Les régions invisibles du globe et des espaces célestes**. 1 vol. in-8, avec 89 figures. 2^e édit. 1892. Cart. 6 fr.
- FALSAN. **La période glaciaire**, principalement en France et en Suisse. 1 vol. in-8, avec 105 gravures et 2 cartes. 1889. Cart. 6 fr.
- HERBERT SPENCER. **Principes de biologie**, traduit de l'anglais par M. B. CAZELLES. 2 vol. in-8. 20 fr.
- HUXLEY (Th.). **L'écrevisse**, introduction à l'étude de la zoologie. 1 vol. in-8, avec 89 figures dans le texte. Cart. 6 fr.
- HUXLEY. **La physiographie**, introduction à l'étude de la nature. 1 vol. in-8, avec 128 figures dans le texte et 2 planches hors texte. 2^e édit. 8 fr.
- DE LANESSAN. **Introduction à la botanique (le Sapin)**. 1 vol. in-8, avec fig. 2^e édit. Cart. 6 fr.
- LE MONNIER. **Anatomie et physiologie végétales**. 1 vol. in-8, avec 103 figures dans le texte. 2^e édit. augmentée. 1888. 3 fr.
- LE NOIR. **Histoire naturelle élémentaire**. 1 vol. in-12, 3^e édit., avec 251 figures dans le texte. 5 fr.
- LUBBOCK. **Les fourmis, les guêpes et les abeilles**. 2 vol. in-8, avec figures et planches en couleurs. Cart. 12 fr.
- LUBBOCK. **Les sens et l'instinct chez les animaux**, principalement chez les insectes. 1 vol. in-8, avec 136 gravures dans le texte, cartonné à l'anglaise. 6 fr.
- PERRIER. **La philosophie zoologique avant Darwin**. 1 vol. in-8, 2^e édit. Cart. 6 fr.

- QUATREFAGES (de). **L'espèce humaine.** 1 vol. in-8. 10^e édit. 6 fr.
— **Darwin et ses précurseurs français.** 1 vol. in-8. 2^e édit.
1892. 6 fr.
- ROMANES. **L'intelligence des animaux,** avec préface de M. EDM.
PERRIER. 2 vol. in-8. 2^e édit. 1888. Cart. 12 fr.
- DE SAPORTA et MARION. **L'évolution du règne végétal.**
TOME I : *Les Cryptogames.* 1 vol. in-8, avec 85 figures dans le
texte. Cart. à l'anglaise. 6 fr.
TOMES II et III : *Les Phanérogames.* 2 vol. in-8, avec 136 figures
dans le texte. 1885. Cart. 12 fr.
- SCHMIDT (O.). **La descendance de l'homme et le darwinisme.**
1 vol. in-8, avec figures. 5^e édition. Cart. 6 fr.
- SCHMIDT (O.). **Les mammifères dans leurs rapports avec leurs
ancêtres géologiques.** 1887. 1 vol. in-8, avec 51 fig. Cart. 6 fr.
- TROUËSSART. **Les microbes, les ferments et les moisissures.**
1 vol. in-8 avec 107 fig. 2^e édit. revue. 1890. Cart. 6 fr.
- VAN BENEDEN. **Les commensaux et les parasites dans le
règne animal.** 1 vol. in-8, avec figures. 3^e édit. Cart. 6 fr.
- VIANNA DE LIMA. **L'homme selon le transformisme.** 1 vol. in-8.
1887. 2 fr. 50

Anthropologie.

- CARTAILHAC. **La France préhistorique.** 1 vol. in-8, avec 162 gra-
vures. 1889. 6 fr.
- EVANS (John). **Les âges de la pierre.** 1 beau vol. gr. in-8, avec
467 figures dans le texte. 15 fr. — En demi-reliure. 18 fr.
- EVANS (John). **L'âge du bronze.** 1 fort vol. in-8, avec 540 figures
dans le texte. 15 fr. — En demi-reliure. 18 fr.
- FUCHS. **Les volcans et les tremblements de terre.** 1 vol. in-8.
4^e édit. Cart. 6 fr.
- HARTMANN (R.). **Les peuples de l'Afrique.** 1 vol. in-8, avec
figures. 2^e édit. Cart. 6 fr.
- HARTMANN (R.). **Les singes anthropoïdes et leur organisation
comparée à celle de l'homme.** 1886. 1 vol. in-8, avec 63 fig.
Cart. 6 fr.
- JOLY. **L'homme avant les métaux.** 1 vol. in-8. 4^e édit., avec
figures. Cart. 6 fr.
- LUBBOCK. **L'homme préhistorique,** étudié d'après les monu-
ments et les costumes retrouvés dans les différents pays de l'Europe,
suivi d'une Description comparée des mœurs des sauvages modernes,
avec 256 fig. 3^e édit. 1888. 2 vol. in-8. Cart. 12 fr.
- LUBBOCK. **Origines de la civilisation,** état primitif de l'homme
et mœurs des sauvages modernes, traduit de l'anglais. 3^e édition,
1 vol. in-8 avec fig. Broché. 15 fr. — Relié. 18 fr.
- PIÉTREMENT. **Les chevaux dans les temps historiques et pré-
historiques.** 1 vol. gr. in-8. Broché. 6 fr.
- TARDE. **La criminalité comparée.** 1 vol. in-8. 2^e édition.
1890. 2 fr. 50
- TOPINARD. **L'homme dans la nature.** 1 vol. in-8 cart. avec
gravures. 6 fr.

Hypnotisme et Magnétisme. — Sciences occultes.

- BERGERET. Philosophie des sciences cosmologiques**, critique des sciences et de la pratique médicale. In-8 de 310 pages. 4 fr.
- BERTRAND. Traité du somnambulisme.** 1 vol. in-8. 7 fr.
- BINET. La psychologie du raisonnement**, étude expérimentale par l'hypnotisme. 1886. 1 vol. in-18. 2 fr. 50
- BINET et FÉRÉ. Le magnétisme animal.** 3^e éd., 1890. 1 vol. in-8, avec fig. Cartonné. 6 fr.
- BONJEAN. L'hypnotisme**, ses rapports avec le droit, la thérapeutique, la suggestion mentale. 1 vol. in-18. 1894. 3 fr.
- CAHAGNET. Abrégé des merveilles du ciel et de l'enfer**, de Swedenborg. 1 vol. gr. in-18. 3 fr. 50
- CAHAGNET. Magie magnétique**, ou Traité historique et pratique de fascinations, de miroirs cabalistiques, d'apports, de suspensions, de pactes, de charmes des vents, de convulsions, de possession, d'envoûtement, de sortilèges, de magie de la parole, de correspondances sympathiques et de nécromancie. 2^e édité. 1 vol. gr. in-18. 7 fr.
- CAHAGNET. Sanctuaire du spiritualisme**, ou Étude de l'âme humaine et de ses rapports avec l'univers, d'après le somnambulisme et l'extase. 1 vol. in-18. 5 fr.
- CAHAGNET. Méditations d'un penseur**, ou Mélanges de philosophie et de spiritualisme, d'appréciations, d'aspirations et de déceptions. 2 vol. in-18. 40 fr.
- CHARPIGNON. Physiologie, médecine et métaphysique du magnétisme.** 1 vol. in-8 de 480 pages. 6 fr.
- DU POTET. Traité complet de magnétisme**, cours en douze leçons. 4^e édition. 1 vol. in-8. 8 fr.
- DU POTET. Manuel de l'étudiant magnétiseur**, ou Nouvelle instruction pratique sur le magnétisme, fondée sur trente années d'expériences et d'observations. 4^e édité. 1 vol. gr. in-18. 3 fr. 50
- DU POTET. Le magnétisme opposé à la médecine.** In-8. 6 fr.
- DU POTET. La magie dévoilée, ou principes de science occulte.** (Il ne reste que quelques exemplaires de cet ouvrage.) 1 vol. in-4, papier fort, rel., avec grav. dans le texte et portr. de l'auteur. 400 fr.
- ELIPHAS LEVI. Histoire de la magie**, avec une exposition de ses procédés, de ses rites et de ses mystères. 1 vol. in-8 avec 90 fig. 2^e édité. 42 fr.
- ELIPHAS LEVI. La clef des grands mystères**, suivant Hénoch, Abraham, Hermès Trismégiste et Salomon. 1 vol. in-8. 42 fr.
- ELIPHAS LEVI. Dogme et rituel de la haute magie.** 2^e édité. 2 vol. in-8, avec 24 fig. 48 fr.
- ELIPHAS LEVI. La science des esprits**, révélation du dogme secret des cabalistes, esprit occulte des Évangiles, appréciations des doctrines et des phénomènes spirites. 1 vol. in-8. 7 fr.
- GARCIN. Le magnétisme expliqué par lui-même**, ou Nouvelle théorie des phénomènes de l'état magnétique, comparés aux phénomènes de l'état ordinaire. 1 vol. in-8. 4 fr.
- GAUTHIER. Histoire du somnambulisme connu chez tous les peuples** sous les noms divers d'extases, songes, oracles, visions. Examen des doctrines de l'antiquité et des temps modernes, sur ses causes, ses effets, ses abus, ses avantages et l'utilité de son concours avec la médecine. 2 vol. in-8. 40 fr.

- JANET (Pierre). **L'automatisme psychologique**. Essai sur les formes inférieures de l'activité humaine. 1 vol. in-8. 1889. 7 fr. 50
- LAFONTAINE. **L'art de magnétiser**, ou le magnétisme vital considéré au point de vue théorique, pratique et thérapeutique. 6^e édit. 1890. 1 vol. in-8. 5 fr.
- LAFONTAINE. **Mémoires d'un magnétiseur**. 2 vol. in-18. 7 fr.
- LEVI (Eliphas). — Voy. ELIPHAS LÉVI, ci-dessus.
- MESMER. **Mémoires et aphorismes**, suivis des procédés de d'Eslon. Nouv. édit. avec des notes par J.-J.-A. Ricard. In-18. 2 fr. 50
- MORIN. **Du magnétisme et des sciences occultes**. 1 vol. in-8. 6 fr.
- PHILIPS (J.-P.). **Cours théorique et pratique de braidisme**, ou hypnotisme nerveux, considéré dans ses rapports avec la psychologie, la physiologie et la pathologie, et dans ses applications à la médecine, à la chirurgie, à la physiologie expérimentale, à la médecine légale et à l'éducation. 1 vol. in-8. 3 fr. 50
- WUNDT. **Hypnotisme et suggestion**, étude critique. 1 vol. in-12. 2 fr. 50

Histoire des Sciences.

- AUBER (Éd.). **Institutions d'Hippocrate**, ou Exposé dogmatique des vrais principes de la médecine, extraits de ses œuvres. 1 volume gr. in-8. 10 fr.
- BOUCHUT. **Histoire de la médecine et des doctrines médicales**. 2 vol. in-8. 16 fr.
- DAVID (Th.). **Bibliographie française de l'art dentaire**. 1 fort vol. gr. in-8, avec préface du docteur L.-H. PETIT, 1889. 5 fr.
- GRIMAUX (Ed.). **Lavoisier (1743-1794)**, d'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits. 1 beau vol. grand in-8, avec 10 gravures hors texte, en taille-douce et en typographie. 1888. 15 fr.
- NICAISE. **La grande Chirurgie de Guy de Chauliac**, chirurgien, maître en médecine de l'Université de Montpellier, composée en l'an 1363, revue et collationnée sur les manuscrits et imprimés latins et français, ornée de gravures avec notes, une introduction sur le moyen âge, sur la vie et les œuvres de Guy de Chauliac, un glossaire et une table alphabétique, par E. NICAISE. 1 fort vol. grand in-8. 1891. 28 fr.
- MAINDRON (E.). **L'Académie des sciences**, histoire de l'Académie, fondation de l'Institut national, Bonaparte membre de l'Institut. 1 beau vol. grand in-8, avec 53 gravures dans le texte, portraits, plans, etc., 8 planches hors texte et 2 autographes, d'après des documents originaux. 1888. 12 fr.
- PETIT (L.-H.). **Œuvres complètes de Jean Méry, 1645-1722** (anatomie, physiologie, chirurgie), avec une préface de M. le professeur VERNEUIL. 1 vol. grand in-8, avec 3 planches et le portrait de Méry, tirés hors texte. 1887. 16 fr.
- POUCHET (G.). **Charles Robin, sa vie et son œuvre**. 1 vol. in-8, avec un beau portrait sur acier de Ch. Robin. 3 fr. 50
- POUCHET (G.). **La biologie aristotélique**. 1 vol. in-8. 1885. 3 fr. 50
- TANNERY. **Pour la science hellène**, de Thalès à Empédocle. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
- TRIAIRE (P.). **Bretonneau et ses correspondants**, ouvrage comprenant la correspondance de TROUSSEAU et de VELPEAU avec BRETONNEAU, précédé d'une introduction du D^r LEREBoullet. 2 beaux volumes in-8. 25 fr.
- TROJA. **Expériences sur la régénération des os**. Paris, 1775, traduit du latin avec notes et introduction par le D^r Vedrènes. 1 vol. in-18, 1889. 4 fr. 50

DIVERS

- BERTON. Guide et Questionnaire de tous les examens de médecine**, avec les réponses des examinateurs eux-mêmes aux questions les plus difficiles; suivi des Programmes des conférences pour l'*internat* et l'*externat*, avec de grands Tableaux synoptiques inédits d'anatomie et de pathologie. 1 vol. in-18. 3^e édit. (*Sous presse.*)
- THEVENIN ET DE VARIGNY. Dictionnaire abrégé des sciences physiques et naturelles.** 1 vol. in-18 de 630 pages, imprimé sur deux colonnes, cartonné à l'anglaise. 1889. 5 fr.
- COSTE (Ad.). Hygiène sociale contre le paupérisme.** In-8. 6 fr.
 — **Les Questions sociales contemporaines** (avec la collaboration de MM. A. BURDEAU et ARRÉAT). 1 fort vol. in-8. 40 fr.
 — **Nouvel exposé d'économie politique et de physiologie sociale.** 1 vol. in-18. 1889. 3 fr.
- COBLET D'ALVIELLA. L'Évolution religieuse** chez les Anglais, les Américains, les Hindous, etc. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
 — **L'idée de Dieu**, d'après l'anthropologie et l'histoire. 1 vol. in-8. 1892. 6 fr.
- MALON (Benoît). Le Socialisme intégral.**
 Première partie : *Histoire des théories et tendances générales.* 1 vol. grand in-8, avec portrait de l'auteur. 2^e édit. 1892. 6 fr.
 Deuxième partie : *Des réformes possibles et des moyens pratiques.* 1 vol. grand in-8. 1892. 6 fr.
 — **Précis de socialisme théorique, historique et pratique.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- QUINET (Edgar). Œuvres complètes.** 30 volumes in-18. Chaque volume. 3 fr. 50
- Chaque ouvrage se vend séparément :
- *1. Génie des religions. 6^e édition.
 - *2. Les Jésuites. — L'Ultramontanisme. 11^e édition.
 - *3. Le Christianisme et la Révolution française. 6^e édition.
 - *4-5. Les Révolutions d'Italie. 5^e édition. 2 vol. (V. P.)
 - *6. Marnix de Sainte-Aldegonde. — Philosophie de l'Histoire de France. 4^e édition. (V. P.)
 - *7. Les Roumains. — Allemagne et Italie. 3^e édition.
 - 8. Premiers travaux : Introduction à la Philosophie de l'histoire. — Essai sur Herder. — Examen de la Vie de Jésus. — Origine des dieux. — L'Église de Brou. 3^e édition.
 - 9. La Grèce moderne. — Histoire de la poésie. 3^e édition.
 - *10. Mes Vacances en Espagne. 5^e édition.
 - 11. Ahasverus. — Tablettes du Juif errant. 5^e édition.
 - 12. Prométhée. — Les Esclaves. 4^e édition.
 - 13. Napoléon (poème). (*Épuisé.*)
 - 14. L'Enseignement du peuple. — Œuvres politiques avant l'exil. 8^e édition.
 - *15. Histoire de mes idées (Autobiographie). 4^e édition.
 - *16-17. Merlin l'Enchanteur. 2^e édition. 2 vol.
 - *18-19-20. La Révolution. 10^e édition. 3 vol. (V. P.)
 - *21. Campagne de 1815. 7^e édition. (V. P.)
 - 22-23. La Création. 3^e édition. 2 vol.
 - 24. Le Livre de l'exilé. — La Révolution religieuse au XIX^e siècle. — Œuvres politiques pendant l'exil. 2^e édition.
 - 25. Le Siège de Paris. — Œuvres politiques après l'exil. 2^e édition.
 - 26. La République. Conditions de régénération de la France. 2^e édit. (V. P.)
 - *27. L'Esprit nouveau. 5^e édition.
 - 28. Le Génie grec. 1^{re} édition.
 - *29-30. Correspondance. Lettres à sa mère. 1^{re} édition. 2 vol.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REVUE PHILOSOPHIQUE

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Dirigée par Th. RIBOT, Professeur au Collège de France.

(18^e année, 1893.)

La REVUE PHILOSOPHIQUE paraît tous les mois, par livraisons de 6 ou 7 feuilles grand in-8, et forme ainsi à la fin de chaque année deux forts volumes d'environ 680 pages chacun.

CHAQUE NUMÉRO DE LA REVUE CONTIENT :

1^o Plusieurs articles de fond; 2^o des analyses et comptes rendus des nouveaux ouvrages philosophiques français et étrangers; 3^o un compte rendu aussi complet que possible des *publications périodiques* de l'étranger pour tout ce qui concerne la philosophie; 4^o des notes, documents, observations, pouvant servir de matériaux ou donner lieu à des vues nouvelles.

Prix d'abonnement :

Un an, pour Paris, 30 fr. — Pour les départements et l'étranger, 33 fr.

La livraison..... 3 fr.

Les années écoulées se vendent séparément 30 francs, et par livraisons de 3 francs.

Table générale des matières contenues dans les 12 premières années (1876-1887), par M. BÉLUGOU. 1 vol. in-8..... 3 fr.

REVUE HISTORIQUE

Dirigée par G. MONOD

Maître de conférences à l'École normale, directeur à l'École des hautes études.

(18^e année, 1893.)

La REVUE HISTORIQUE paraît tous les deux mois, par livraisons grand in-8 de 15 ou 16 feuilles, et forme à la fin de l'année trois beaux volumes de 500 pages chacun.

CHAQUE LIVRAISON CONTIENT :

I. Plusieurs *articles de fond*, comprenant chacun, s'il est possible, un travail complet. — II. Des *Mélanges et Variétés*, composés de documents inédits d'une étendue restreinte et de courtes notices sur des points d'histoire curieux ou mal connus. — III. Un *Bulletin historique* de la France et de l'étranger, fournissant des renseignements aussi complets que possible sur tout ce qui touche aux études historiques. — IV. Une *analyse des publications périodiques* de la France et de l'étranger, au point de vue des études historiques. — V. Des *Comptes rendus critiques* des livres d'histoire nouveaux.

Prix d'abonnement :

Un an, pour Paris, 30 fr. — Pour les départements et l'étranger, 33 fr.

La livraison..... 6 fr.

Les années écoulées se vendent séparément 30 francs, et par fascicules de 6 francs. Les fascicules de la 1^{re} année se vendent 9 francs.

Tables générales des matières contenues dans les dix premières années de la Revue historique.

I. — Années 1876 à 1880, par M. CHARLES BÉMONT. 1 vol. in-8. 3 fr. »

Pour les abonnés. 1 fr. 50

II. — Années 1881 à 1885, par M. RENÉ COUDERG. 1 vol. in-8. 3 fr. »

Pour les abonnés. 1 fr. 50

III. — Années 1886 à 1890. 1 vol. in-8, 5 fr. ; pour les abonnés. 2 fr. 50

ANNALES DE L'ÉCOLE LIBRE
DES
SCIENCES POLITIQUES

RECUEIL TRIMESTRIEL

Publié avec la collaboration des professeurs et des anciens élèves de l'école
(Huitième année, 1893)

COMITÉ DE RÉDACTION :

M. Émile BOUTMY, de l'Institut, directeur de l'École; M. Léon SAY, de l'Académie française, ancien ministre des Finances; M. ALF. DE FOVILLE, chef du bureau de statistique au ministère des Finances, professeur au Conservatoire des arts et métiers; M. R. STOURM, ancien inspecteur des Finances et administrateur des Contributions indirectes; M. Alexandre RIBOT, député; M. Gabriel ALIX; M. L. RENAULT, professeur à la Faculté de droit; M. André LEBON; M. Albert SOREL de l'Institut; M. A. VANDAL, auditeur de 1^{re} classe au Conseil d'État; Directeurs des groupes de travail, professeurs à l'École.

Secrétaire de la rédaction : M. Aug. ARNAUNÉ, docteur en droit.

Les sujets traités dans les *Annales* embrassent tout le champ couvert par le programme d'enseignement de l'École : *Economie, politique, finances, statistique, histoire constitutionnelle, droit international, public et privé, droit administratif, législations civile et commerciale privées, histoire législative et parlementaire, histoire diplomatique, géographie économique, ethnographie, etc.*

MODE DE PUBLICATION ET CONDITIONS D'ABONNEMENT

Les *Annales de l'École libre des sciences politiques* paraissent tous les trois mois (15 janvier, 15 avril, 15 juillet et 15 octobre), par fascicules gr. in-8, de 186 pages chacun.

Un an (du 15 janvier) : Paris, 18 fr. ; départements et étranger, 19 fr.
La livraison, 5 francs.

Les trois premières années (1886-1887-1888) se vendent chacune 16 francs, la quatrième année (1889) et les suivantes se vendent chacune 18 francs.

Revue mensuelle de l'École d'Anthropologie de Paris

(3^e année, 1893)

PUBLIÉE PAR LES PROFESSEURS :

MM. A. BORDIER (Géographie médicale), Mathias DUVAL (Anthropogénie et Embryologie), Georges HERVÉ (Anthropologie zoologique), J.-V. LABORDE (Anthropologie biologique), André LEFÈVRE (Ethnographie et Linguistique), Ch. LETOURNEAU (Sociologie), MANOUVRIER (Anthropologie physiologique), MAHOUDRAU (Anthropologie histologique), Adr. de MORTILLET (Ethnographie comparée), Gabr. de MORTILLET (Anthropologie préhistorique), HOVELACQUE, Directeur du comité d'administration de l'École.

Cette revue parait tous les mois depuis le 15 janvier 1891, chaque numéro formant une brochure in-8 raisin de 32 pages, et contenant une leçon d'un des professeurs de l'École, avec figures intercalées dans le texte et des analyses et comptes rendus des faits, des livres et des revues périodiques qui doivent intéresser les personnes s'occupant d'anthropologie.

ABONNEMENT : France et Étranger, 10 fr. — Le Numéro, 1 fr.

ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES

Dirigées par le D^r DARIEUX

(3^e année, 1893)

Les ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES ont pour but de rapporter, avec forces preuves à l'appui, toutes les observations sérieuses qui leur seront adressées, relatives aux faits soi-disant occultes : 1^o de télépathie, de lucidité, de pressentiment; 2^o de mouvements d'objets, d'apparitions objectives. En dehors de ces chapitres de faits sont publiées des théories se bornant à la discussion des bonnes conditions pour observer et expérimenter; des analyses, bibliographies, critiques, etc.

Les ANNALES DES SCIENCES PSYCHIQUES paraissent tous les deux mois par numéros de quatre feuilles in-8 carré (64 pages), depuis le 15 janvier 1891.

ABONNEMENT : Pour tous pays, 12 fr. — Le Numéro, 2 fr. 50.

Revue de Médecine

DIRECTEURS : MM.

BOUCHARD
Prof. à la Faculté de méd. de Paris, Médecin de Lariboisière, Membre de l'Académie des sciences.

CHARCOT
Prof. à la Faculté de méd. de Paris, Médecin de la Salpêtrière, Membre de l'Académie des sciences.

CHAUVEAU
Inspecteur général des écoles vétérinaires, Membre de l'Académie des sciences.

RÉDACTEURS EN CHEF : MM.

LANDOUZY
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin de l'hôpital Tenon.

LÉPINE
Prof. de clinique médicale à la Faculté de méd de Lyon, Correspondant de l'Institut.

Revue de Chirurgie

DIRECTEURS : MM.

OLLIER
Prof. de clinique chirurgicale à la Faculté de méd. de Lyon, Correspondant de l'Institut.

VERNEUIL
Professeur à la Faculté de médecine de Paris, Membre de l'Académie des sciences.

RÉDACTEURS EN CHEF : MM.

NICAISE
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Chirurgien de l'hôpital Laennec.

F. TERRIER
Professeur à la Faculté de méd. de Paris, Membre de l'Acad. de méd., Chirurgien de l'hôpital Bichat.

Ces deux Revues paraissent depuis le commencement de 1884, le 10 de chaque mois, chacune formant une livraison de 5 ou 6 feuilles d'impression, gr. in-8°, avec de nombreuses gravures dans le texte.

Elles ont continué la *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie* fondée en 1877.

Abonnement pour chaque Revue séparée.
Un an, Paris 20 fr.
— Départements et étranger 23 fr.

Abonnement pour les deux Revues réunies.
Un an, Paris 35 fr.
— Départements et étranger 40 fr.

Chaque année de la *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie*, de la *Revue de médecine* et de la *Revue de chirurgie* se vend séparément. 20 fr. — Chaque livraison. 2 fr.

JOURNAL DE L'ANATOMIE ET DE LA PHYSIOLOGIE

normales et pathologiques

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

Dirigé par MM.

GEORGES POUCHET
Professeur-administrateur
au Muséum d'histoire naturelle.

MATHIAS DUVAL
Membre de l'Académie de médecine.
Professeur à la Faculté de médecine.

VINGT-HUITIÈME ANNÉE (1892)

Ce journal, fondé par Charles Robin, paraît tous les deux mois et a pour objet : la *tératologie*, la *chimie organique*, l'*hygiène*, la *toxicologie* et la *médecine légale* dans leurs rapports avec l'anatomie et la physiologie, les applications de l'anatomie et de la physiologie à la *pratique de la médecine*, de la *chirurgie* et de l'*obstétrique*.

Il forme à la fin de l'année un beau volume grand in-8°, de 700 pages environ, avec de nombreuses gravures dans le texte et 30 planches lithographiées, ou en taille-douce, en noir et en couleurs, hors texte.

Un an : pour Paris, 30 fr. ; pour les départements et l'étranger, 33 fr. — La livraison, 6 fr.

Les treize premières années, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870-71, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876 et 1877, sont en vente au prix de 20 fr. l'année, et de 3 fr. 50 la livraison. Les années suivantes depuis 1878 coûtent 30 fr., la livraison 6 fr.

BECUEIL D'OPHTHALMOLOGIE

Dirigé par les D^{rs} GALEZOWSKI et BOUCHER

Paraissant tous les mois par livraisons in-8 de 4 feuilles
3^e série, 14^e année, 1892.

Abonnement : Un an, 20 fr., pour la France et l'Étranger. La livraison, 2 francs.

41743. — Imprimeries réunies, rue Mignon, 2, Paris.

