

SÉANCE MENSUELLE DU 27 AVRIL 1897.

Présidence de M. A. Renard, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 45.

Correspondance :

M. *Hector Fagès* nous fait part de la mort de son père, M. *Gustave Fagès*, ancien directeur général des Charbonnages de Bernissart, notre regretté confrère. — *Condoléances.*

M. *de Dorsodot* nous prie de présenter à l'assemblée une note relative au Calcaire carbonifère d'Arquenne et des Écaussines.

La dolomie, considérée par MM. Lohest et Velge comme inférieure aux calcaires à phtanites exploités près de Pont d'Arquenne, est en réalité supérieure à ces calcaires et constitue un facies dolomitique de la base du petit granit. Aux Écaussines, la faune tournaïenne monte, comme à Tournai, bien au-dessus du sommet du petit granit.

M. *L. Dollo* signale la perte considérable que la science vient de faire en la personne de M. *E.-D. Cope* (1840-1897), professeur à l'Université de Pensylvanie, à Philadelphie. Il rappelle brièvement la longue et brillante carrière de cet illustre paléontologiste, si original dans tous ses travaux, et il insiste particulièrement sur les recherches de Cope sur les Reptiles et sur les Mammifères fossiles.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

2334. *Andraee, A. Führer durch die Sammlung für allgemeine Geologie.* Hildesheim, 1897. Extrait in-16° de 37 pages.

2335. — *Führer durch die Gesteins-Sammlung oder petrographische Sammlung des Roemer-Museum.* Hildesheim, 1896. Extrait in-16° de 92 pages.

2336. **Guébbard, A.** *Tectonique d'un coin difficile des Alpes-Maritimes*. Paris, 1894. Extrait in-8° de 8 pages.
2337. — *Esquisse géologique de la commune de Mons (Var)*. Draguignan, 1897. Extrait in-8° de 99 pages et 2 planches.
2338. **Kilian, Zurcher et Guébbard.** *Notice sur la région d'Escragnolles (Alpes-Maritimes)*. Paris, 1896. Extrait in-8° de 18 pages.
2339. **Lancaster, A.** *Le climat de la Belgique en 1896*. Bruxelles, 1897. Extrait in-8° de 190 pages et 3 planches.
2340. **de Lapparent, A.** *Note sur l'histoire géologique des Vosges*. Paris, 1897. Extrait in-8° de 23 pages.
2341. **Pierret.** *Les matériaux employés dans la construction des chaussées, etc., dans le Brabant*. Bruxelles, 1897. Extrait in-8° de 19 pages.
2342. **Portis, Al.** *Contribuzioni alla storia fisica del Bacino di Roma*. Turin, 1893-1896. 2 volumes in-4° de 293 pages et 3 planches et de 513 pages et 5 planches.
2343. **Ramond, G.** *Étude géologique de l'aqueduc de l'Avre*. Paris, 1896. Extrait in-8° de 22 pages.
2344. — *Étude de géologie sur le bassin de Paris. — Note sommaire sur l'aqueduc-égout de Clichy-Achères*. Paris, 1894. Extrait in-8° de 4 pages et 1 planche.
2345. — *Géologie des Indes anglaises*. Paris, 1895. Extr. in-8° de 93 pages.
2346. **Renevier, E.** *Notice sur l'origine et l'installation du Musée géologique de Lausanne*. Lausanne, 1895. Brochure in-8° de 14 pages.
2347. — *Chronographe géologique; 12 grands tableaux en couleurs. Texte explicatif suivi d'un répertoire stratigraphique polyglotte*. Lausanne, 1897. Extrait in-8° de 173 pages et 12 tableaux.
2348. **Schoutkofski, N.** *Le volcan Berestobetzki*. Kieff, 1895. Extrait in-8° de 18 pages.
2349. **Schroeder von der Kolk.** *Beiträge zur Kartirung der quartären Sande*. Berlin, 1896. Extrait in-8° de 35 pages et 4 planches.
2350. **Toutkofsko, P.** *Sur la question du mécanisme de la formation des volcans schisteux*. Kieff, 1893. Brochure in-8° de 43 pages.
2351. — *De la photographie géologique et de la photogrammétrie géologique*. Kieff, 1894. Brochure in-8° de 50 pages.
2352. **Verbeek, R. et Fennema, R.** *Description géologique de Java et Madoura*. Amsterdam, 1896. Atlas grand in-plano de 26 feuilles au 200 000^e, 2 feuilles au 50.000^e et 22 feuilles-annexes.
2353. **Wilczek, E. et Renevier, E.** *Rapports annuels des conservateurs des Musées d'histoire naturelle de Lausanne*. Extrait. Lausanne, 1896.
2354. **Wilczek, R., Renevier, E., Larguier, J. et Blanc, H.** *Idem*. 1895.

2° Périodiques nouveaux :

Institut géologique de Mexico.

2289. BULLETIN, 1896, n° 3; 1897, n°s 4, 5 et 6.

Commission physiographique de l'Académie des Sciences de Cracovie.

2290. ATLAS GÉOLOGIQUE DE LA GALICIE. 12 feuilles au 75.000^e, avec textes.**Présentation et élection de nouveaux membres.**

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'assemblée :

En qualité de *membre effectif* :

M. J. DIDION, constructeur d'appareils de sondages, 32, rue De Joncker, à Saint-Gilles (Bruxelles).

En qualité de *membre associé regnicole* :

M. A. NAVEZ, 194, rue de la Poste, Bruxelles.

Communications des membres :

A. RUTOT. — Sur la nouvelle échelle stratigraphique des terrains quaternaires en Belgique.

M. Rutot annonce que, dans ces derniers temps, il a fait de nombreuses observations nouvelles relatives au Quaternaire à l'occasion de ses levés géologiques dans les Flandres.

Ce sont surtout les assises flandriennes et hesbayennes qu'il a pu étudier le plus en détail, ainsi que les cailloutis des hautes altitudes de la région.

En présence des observations faites, il ne lui semble plus possible d'attribuer à l'âge campinien la totalité du creusement des vallées; ce creusement a dû commencer dès l'époque tertiaire et se continuer pendant l'âge moséen, mis en lumière par les récentes publications de M. Mourlon.

Le creusement final et maximum seul doit être attribué à l'âge campinien.

Quant au limon hesbayen, il apparaît depuis les altitudes les plus basses du fond des vallées jusque très près du sommet des altitudes les

plus élevées de la Flandre, formant une nappe continue, homogène, complètement indépendante des dépôts d'autres âges.

Enfin, dans la Flandre, le Flandrien présente, sous la plaine maritime, une épaisseur considérable avec gravier à la base et faune nettement marine.

En dehors de la plaine maritime, le Flandrien s'étend largement comme une nappe sableuse surmontée d'une partie grise limoneuse.

Presque partout, le Flandrien repose sur le limon hesbayen, et il monte, sur les flancs des collines, jusqu'à la cote 50 environ, dans la partie sud de la Flandre.

Vers le nord, le sommet du Flandrien descend progressivement de la cote 50 à la cote 18, ce qui est le signe certain de l'existence d'un mouvement de soulèvement du sol de la Flandre à la fin de l'époque flandrienne.

Enfin, l'équivalence du sable flandrien et de l'Ergeron, ou limon calcaire du Hainaut, s'affirme de plus en plus.

Les grandes divisions du Quaternaire de Belgique deviennent donc ainsi plus précises et mieux définies, et leur âge relatif plus certain.

Les périodes moséenne, campinienne, hesbayenne et flandrienne sont définitivement acquises et chacune est caractérisée par des phénomènes spéciaux bien distincts, ayant laissé des traces importantes, d'où découlent logiquement l'origine et le mode de formation des dépôts.

Le temps n'est pas éloigné où l'on pourra établir une échelle stratigraphique précise et détaillée du Quaternaire de notre pays.

M. H. de Dorlodot fait la communication suivante :

H. DE DORLODOT. — Résultats de quelques excursions faites dans le calcaire carbonifère des environs d'Arquennes et des Écaussines, en compagnie de M. Malaise.

A Arquennes, M. de Dorlodot a reconnu que la succession des couches inférieures au petit granit a été établie inexactement par MM. Velge et Lohest (1). Ces géologues, considérant comme se succédant régulière-

(1) MAX LOHEST et G. VELGE, *Sur le niveau géologique du calcaire des Écaussines.* (ANN. SOC. GÉOL. DE BELG., t. XXI, mém., p. 181.) — G. VELGE, *Rapport sur l'excursion faite le 22 septembre 1894 à Feluy et à Rebecq-Rognon, sous la direction de MM. Lohest et Velge.* (ANN. SOC. ROY. MALACOL. DE BELG., Mém., p. 3.)

ment de haut en bas les couches que l'on observe le long du canal de Charleroi, en marchant de l'est à l'ouest, à partir du pont du chemin de fer, ont admis l'existence, sous le petit granit, de deux niveaux de calcaire à phtanites, séparés par 6 mètres de dolomie surmontée d'une épaisseur de 10 mètres environ, qu'ils supposent occupée par du calcaire à chaux hydraulique. Or, la comparaison des coupes de la carrière du *Trou-aux-Rats*, située près du pont du chemin de fer et de la carrière à l'ouest de la vingt-neuvième écluse, ne peut guère laisser de doute sur l'identité des couches à phtanite noir que l'on observe de part et d'autre, et que M. Velge désigne respectivement sous les lettres C et E'. L'étude détaillée de l'allure des couches confirme d'ailleurs cette conclusion, en montrant que la dolomie (terme E de M. Velge) qui s'observe dans la concavité de la courbe du canal, occupe la partie la plus déclive d'une dépression : dans un profil ouest-est, les couches dolomitiques, après s'être enfoncées assez brusquement vers l'est, ne tardent pas à se relever doucement, de manière à passer par-dessus les couches à phtanites du *Trou-aux-Rats*. En ce dernier point, la dolomitisation est fort atténuée, on ne voit guère au-dessus des calcaires à phtanites que 1^m,60 de dolomie ou calcaire dolomitique, que surmontent des bancs présentant les caractères du petit granit et visibles sur 1^m,50 environ.

Au dire des ouvriers, ces couches, par suite d'une inflexion brusque, s'abaissaient rapidement vers le sud, dans la partie la plus rapprochée du canal, et aujourd'hui enlevée par l'exploitation : on y aurait exploité jadis du petit granit de bonne qualité.

Le calcaire à phtanite noir, épais d'environ 6 mètres, repose sur des schistes alternant avec du calcaire non siliceux à crinoïdes, aussi bien au *Trou-aux-Rats* qu'à l'ouest de la vingt-neuvième écluse. Au nord de ce dernier point et plongeant sous les couches de cet affleurement, on voit, sur la berge, des bancs de calcaire alternant avec des schistes, qui sont sur le prolongement de ceux que l'on exploite dans la carrière Rousseaux (terme G de M. Velge). MM. de Dorlodot et Malaise ont trouvé, dans un banc situé à un niveau très élevé de cette carrière, de beaux échantillons de *Spiriferina octoplicata*, ou du moins de la forme tournaisienne, que l'on a l'habitude de désigner sous ce nom. Les ouvriers leur ont affirmé, comme ils l'avaient fait à MM. Velge et Lohest, que cette carrière était jadis couronnée par des bancs phtaniteux : affirmation d'ailleurs corroborée par celle de M. Dupont, qui a observé, en 1875, des bancs phtaniteux dans une carrière voisine,

aujourd'hui abandonnée. Par contre, les ouvriers ont nié que les couches devinssent plus schisteuses quand on fore plus bas.

Il résulte de ces faits que la succession des couches, à Arquennes, se présente comme suit, de haut en bas :

A. Calcaire petit granit.

B. Calcaire à crinoïdes, plus ou moins dolomitisé, pouvant passer au précédent, à la partie supérieure.

C. Calcaire à crinoïdes sporadiques et à cherts noirs.

D. Calcaire alternant avec des schistes, sur une assez grande épaisseur.

Le terme C occupe la position stratigraphique du calcaire d'Yvoir, dont il présente d'ailleurs tous les caractères; le terme B n'est qu'un facies dolomitique de la base du petit granit (1). Quant au terme D, il représente l'ensemble de l'assise d'Hastière. Cette assise, parfaitement reconnaissable dans son ensemble, ne présente plus d'une manière distincte la succession des quatre niveaux qui la caractérisent ordinairement. Cette exception constitue la règle dans la bande nord du Hainaut (2).

Les observations faites aux environs des Écaussinnes confirment l'impossibilité de considérer le sommet du petit granit comme constituant régulièrement la limite du Tournaisien supérieur. On observe, en effet, dans cette région, la faune tournaisienne jusqu'à un niveau très élevé au-dessus des derniers bancs du petit granit. C'est exactement ce qui se voit à Tournai (3); mais, à Tournai, le petit granit est peu développé et mal caractérisé. On ne peut davantage prendre comme limite supérieure le calcaire à *Paléchinides*. Des *Paléchinides* abondants peuvent se rencontrer à différents niveaux du calcaire tournaisien supérieur au petit granit, à divers niveaux du marbre noir, dans les calcaires bleu

(1) Ce terme correspond bien à la base de la dolomie de Namur, telle qu'elle s'observe à l'ouest de Namur et de là jusqu'à Landelies. Sous ce rapport, la conclusion de M. Dupont, qui a du reste reconnu le véritable ordre de superposition des couches sur la rive nord du canal, était exacte. Mais le développement de l'idée féconde, soutenue d'abord par M. Dupont lui-même, sur le synchronisme des facies dolomitiques avec des facies calcaires, a fait reconnaître que la partie inférieure de la dolomie de Namur est un facies dolomitique du petit granit. En 1875, tous les géologues admettaient encore la manière de voir de Dumont et considéraient la dolomie de Namur comme une assise bien caractérisée et constamment supérieure au calcaire à crinoïdes. Dans ces circonstances, l'hypothèse, admise par M. Dupont, d'une faille faisant succéder vers le sud le petit granit à la dolomie, s'imposait.

(2) Cf. H. DE DORLÉDOT, *Le calcaire carbonifère de la Belgique et ses relations stratigraphiques avec celui du Hainaut français*. (ANN. SOC. GEOL. DU NORD, t. XXIII, p. 224.)

(3) Cf. IDEM, *Ibid.*, p. 279.

foncé ou noirs, sur lesquels repose le calcaire de Neffe, quand ce niveau n'est pas dolomitisé, à la base de ce dernier calcaire et même à son sommet, dans les calcaires à points cristallins immédiatement sous-jacents au calcaire d'Anhée.

C. KLEMENT. — Les théories relatives à l'origine du pétrole.

La communication suivante est un simple résumé des différentes hypothèses qui ont été émises sur la formation du pétrole, résumé sans prétention d'originalité, concernant une question théorique qui intéresse au même degré les géologues, les chimistes et les industriels.

Le pétrole étant formé principalement d'hydrocarbures, c'est-à-dire de combinaisons d'hydrogène et de carbone, il sera utile de nous rappeler d'abord quelques notions générales sur la chimie de ces corps, dont le nombre est presque infini. On les divise en *séries* d'après le degré de saturation des affinités du carbone par l'hydrogène. La première de ces séries est la *série saturée*, formée par les combinaisons contenant le maximum d'hydrogène qu'un nombre donné d'atomes de carbone peut fixer. Leur formule générale est C_nH_{2n+2} . Les hydrocarbures de cette série sont des combinaisons très stables et douées de peu d'affinités chimiques pour d'autres éléments, d'où le nom de *paraffines* qu'on donne surtout aux corps solides de cette série. Ses premiers représentants, le *méthane* ou *gaz de marais* (CH_4), l'*éthane* (C_2H_6), etc., sont des corps gazeux, se condensent de plus en plus facilement avec le nombre croissant des atomes de carbone dans la molécule. A partir des combinaisons de 5 atomes de carbone, *pentanes* (C_5H_{12}), *hexanes* (C_6H_{14}), etc., ils sont liquides aux conditions de température et de pression ordinaires, et leur point d'ébullition s'élève graduellement d'une manière très régulière. Enfin, les combinaisons à partir de 16 atomes de carbone dans la molécule sont solides et forment les mélanges qu'on appelle *vaseline*, *paraffine*, etc.

Un autre groupe de séries comprend les *hydrocarbures non saturés*, combinaisons peu stables, caractérisées par une grande facilité de se combiner avec d'autres éléments et transformables par l'addition d'hydrogène en hydrocarbures saturés. La première de ces séries est la *série de l'éthylène* (C_2H_4), dont la formule générale est C_nH_{2n} . Vient ensuite la série de l'*acétylène* (C_2H_2) avec la formule générale (C_nH_{2n-2}), etc.

La dernière série d'hydrocarbures est la *série aromatique*, dont la

formule générale est C_nH_{2n-6} , et dont le premier représentant est la *benzine*, ou, comme on l'appelle actuellement, le *benzène* (C_6H_6). Les combinaisons de cette série, quoique ne contenant pas le maximum d'hydrogène possible, se caractérisent par une grande stabilité; elles se rapprochent donc, sous ce rapport, des corps de la série saturée. On explique ce fait par une constitution toute particulière de leurs molécules, pour lesquelles on admet un enchaînement cyclique des atomes de carbone.

Voyons maintenant lesquelles de ces diverses séries se trouvent dans le pétrole. On y rencontre d'abord toujours des quantités plus ou moins considérables d'hydrocarbures saturés. Le gaz de marais accompagne souvent le pétrole, comme en Pensylvanie, à Bakou et ailleurs. Toute une série d'hydrocarbures de cette catégorie ont été extraits du pétrole, souvent même sous plusieurs formes isomériques, les corps solides étant dissous dans le mélange des combinaisons liquides.

On rencontre, en outre, dans le pétrole, une certaine quantité de corps aromatiques, mais il n'y existe pas de combinaisons non saturées. A leur place, on trouve des hydrocarbures ayant la même formule générale que la série de l'éthylène : C_nH_{2n} , mais qui sont caractérisés comme des combinaisons saturées. On ne connaît pas très bien la constitution de ces corps; on suppose que ce sont des combinaisons aromatiques perhydrogénées. On leur a donné le nom de *naphtènes*. Outre les hydrocarbures, les pétroles contiennent ordinairement encore de petites quantités de combinaisons oxygénées (acides organiques, phénols, etc.), ainsi que des traces de combinaisons sulfurées et quelquefois azotées.

Telle est, en grandes lignes, la composition du pétrole. Mais les diverses combinaisons, dont je viens de donner la nomenclature, ne s'y trouvent pas toujours dans les mêmes quantités relatives. Ainsi, par exemple, les pétroles américains contiennent en quantités prépondérantes les hydrocarbures de la série saturée, tandis que le pétrole du Caucase est formé principalement de naphtènes. Le pétrole de la Galicie semble occuper une position intermédiaire.

Le pétrole brut, tel qu'il est extrait de ses gisements, n'est pas encore propre à la consommation; il doit être soumis, au préalable, à une rectification, qui consiste en une distillation fractionnée. La portion du pétrole qui distille au-dessous de 150° forme ce qu'on appelle les *essences du pétrole* ou les *essences minérales*, et dont les fractions distillant successivement ont reçu les noms d'*ether de pétrole*, de *gazoline*, de *benzine de pétrole*, de *ligroïne*, etc. Ces substances contiennent principalement des hydrocarbures de la série saturée.

La partie du pétrole qui distille entre 150° et 500° fournit les *huiles lampantes* ou les *huiles d'éclairage*, qu'on nomme quelquefois aussi *kérosène*. Elle est formée principalement de naphthènes. La partie qui distille au-dessus de 500° fournit les *huiles lourdes*, les *huiles lubrifiantes*, la *vaseline* et la *paraffine*.

Le pétrole ou, d'une manière plus générale, les substances bitumineuses, dont le pétrole est l'espèce liquide, se rencontrent dans presque tous les terrains géologiques, du Cambrien jusqu'au Tertiaire. Quelques auteurs, comme *Sickenberger*, par exemple, admettent même qu'il se forme encore actuellement sur les bords de la mer Rouge.

Les gisements du Canada et de la Pensylvanie appartiennent aux terrains paléozoïques (Devonien et Silurien), tandis que les pétroles du Caucase, de la Galicie, de la Roumanie, de l'Italie, etc., se trouvent dans le Tertiaire. On rencontre le pétrole tout aussi bien dans les couches non disloquées que dans les terrains redressés et plissés. Dans ce dernier cas, des sources abondantes ont été souvent observées le long des crêtes des plis anticlinaux. La condition principale pour la formation de gisements riches est la présence d'un réservoir poreux, formé de sable, grès, etc., et situé au-dessous d'un toit imperméable, car le pétrole, plus léger que l'eau, possède une certaine tendance ascensionnelle.

La forte pression qu'on observe souvent et qui fait monter le pétrole dans les puits de forage, peut s'expliquer, en général, par une pression artésienne. Une relation directe avec l'action volcanique n'a été observée que bien rarement. Le pétrole est presque toujours accompagné d'eaux salines.

Après ces renseignements préliminaires, passons à l'objet principal de ma communication : l'explication du mode de formation du pétrole. On est bien loin d'être d'accord à ce sujet, et les théories les plus diverses ont été émises.

On peut diviser ces théories en trois groupes. Le premier groupe de ces théories suppose que le pétrole s'est formé, et se forme probablement encore, sans l'intervention de la vie organique, par une simple synthèse minérale. On peut appeler ces théories les *théories chimiques* ou, puisqu'elles doivent avoir recours à l'intervention d'une haute température, qui ne peut être fournie que par le volcanisme, les *théories volcaniques*.

Commençons l'énumération de ces théories par celle de M. *Sokoloff*, qui, se basant sur la présence d'hydrocarbures dans les météorites, suppose que le pétrole est le produit d'une combinaison directe

d'hydrogène et de carbone pendant la première phase de la formation de notre système solaire. Les hydrocarbures ainsi formés auraient été absorbés par la masse encore liquide de la terre pour s'en séparer lors de sa solidification.

Une autre partie des théories chimiques sont de simples applications des diverses méthodes de synthèse organique, rapportées à la formation du pétrole. Des synthèses d'hydrocarbures, applicables dans notre cas, ont été surtout exécutées par des chimistes français — citons les noms de *Berthelot*, *Sainte-Claire-Deville*, *Friedel* et *Crafts*, etc. — C'est surtout en France que ces théories ont trouvé leurs partisans.

Dans cet ordre d'idées, il faut citer, avant tout, la théorie de *Berthelot*, basée sur le procédé qu'il a nommé la *synthèse pyrogénée* des hydrocarbures. On sait que ce savant, en partant de l'acétylène et en le transformant d'abord en benzine, a obtenu, par une série d'opérations synthétiques et analytiques, un grand nombre d'hydrocarbures, tant aromatiques qu'autres, dont l'acétylène est ainsi le générateur universel. Pour appliquer ce mode de formation au pétrole, il ne reste plus qu'à expliquer comment l'acétylène peut prendre naissance dans l'intérieur de la terre. A cet effet, *Berthelot* admet la présence de métaux alcalins dans le noyau igné de la terre. Par l'action de l'acide carbonique sur ces métaux, il se formerait d'abord des acétylures alcalins qui, décomposés par les vapeurs d'eau, donneraient naissance à l'acétylène. Celui-ci, soumis au traitement de la synthèse pyrogénée, formerait toute la série d'hydrocarbures qui composent le pétrole.

Bien d'autres procédés de synthèse organique ont été mis en avant pour expliquer la formation du pétrole, notamment ceux qui se basent sur l'action de métaux chauffés à une haute température sur des mélanges de gaz hydrogénés et carbonifères, tels que la synthèse du gaz de marais par l'action du cuivre incandescent sur un mélange d'hydrogène sulfuré et de sulfure de carbone, ou la synthèse de l'acétylène par l'action du fer chauffé au rouge sur un mélange d'hydrogène sulfuré avec le sulfure et l'oxyde de carbone, etc. Ainsi, par exemple, *Byasson* dit avoir obtenu, en faisant agir l'acide carbonique et l'eau dans des conditions fort simples, une petite quantité d'un liquide inflammable, presque inattaquable par l'acide sulfurique, d'une odeur ayant quelque analogie avec celle des carbures du pétrole.

Mais ces diverses théories n'ont jamais été très répandues. Il en est autrement d'une hypothèse émise en 1877 par *Mendeléeff*. Ce savant suppose, comme c'est admis généralement, que le centre de la terre est formé par un noyau métallique composé principalement de fer en

fusion. Ce fer renfermerait, comme nos fontes ordinaires, une certaine quantité de carbone à l'état de carbure de fer. L'eau, en s'infiltrant dans les fentes et fissures de la croûte terrestre, arriverait jusqu'au noyau métallique, où elle formerait, par double décomposition avec le carbure de fer, de l'oxyde de fer et des hydrocarbures, et donnerait naissance ainsi au pétrole.

Des expériences en ce sens ont été faites en 1877 et 1878 par M. Cloëz, qui a obtenu des hydrocarbures gazeux et liquides par l'action des acides sur la fonte blanche miroitante manganésifère, ainsi que par l'action de l'eau sur un alliage carburé de fer et de manganèse.

Enfin, plus récemment, M. Moissan a étudié la nature des hydrocarbures qui se forment par l'action de l'eau, à la température ordinaire, sur les divers carbures métalliques. Un certain nombre de ces carbures donnent, dans ces conditions, de l'acétylène, comme le carbure de calcium par exemple (c'est ce procédé qui est employé en grand pour la fabrication de l'acétylène); d'autres carbures, comme le carbure d'aluminium, donnent du gaz de marais; le carbure de manganèse donne un mélange de gaz de marais et d'hydrogène. Mais le corps le plus intéressant sous ce rapport est l'uranium. Le carbure d'uranium donne, en effet, sous l'action de l'eau, outre l'hydrogène et des hydrocarbures gazeux (méthane, éthane, etc.), toute une série d'hydrocarbures liquides appartenant principalement aux séries non saturées de l'éthylène et de l'acétylène. M. Moissan pense qu'à une haute température, il se forme probablement aussi des combinaisons de la série saturée. Il admet la présence de ces divers carbures métalliques dans le noyau igné de la terre, et il arrive à la conclusion, que les réactions que je viens d'indiquer pourraient jouer un grand rôle pour la formation du pétrole, du moins dans certains cas.

A titre de simple curiosité, il faut citer enfin l'hypothèse de M. Ross, qui ne repose même pas sur une expérience de laboratoire, mais qui est une simple spéculation théorique. D'après lui, le pétrole se formerait par l'action de l'hydrogène sulfuré et de l'acide sulfureux sur le calcaire, à une haute température; cette réaction donnerait naissance à du gypse, à du soufre et à des hydrocarbures.

Toutes les théories exposées jusqu'ici ont ceci de commun, qu'elles supposent le pétrole formé à une grande profondeur, d'où il s'élèverait, par une sorte de distillation, pour se condenser dans les couches où on le rencontre. Les principales objections qu'on a faites à ces théories sont les suivantes :

D'abord, il serait déjà bien difficile d'admettre que l'eau puisse

arriver, comme le veulent les théories de *Berthelot*, de *Mendeléeff*, de *Moissan*, etc., jusqu'au noyau métallique de la terre. Mais ce qui est surtout inexplicable, c'est le fait qu'un mélange de corps à points d'ébullition si différents — tel que le pétrole — n'éprouverait pas, dans ces conditions, l'effet d'une distillation fractionnée, mais resterait réuni et se condenserait en un seul et même endroit.

Une seconde catégorie d'hypothèses admettent pour le pétrole une origine végétale. Elles se basent sur le fait que le mélange d'hydrocarbures qui forme le pétrole montre une analogie remarquable avec les produits de la distillation sèche de la houille et, surtout, du lignite. On a donc admis, à cause de cette analogie, que le pétrole ne serait pas autre chose que le produit d'une distillation de restes végétaux, tels que nous les voyons déposés sous les diverses formes de charbon, sous l'influence de la chaleur interne du globe. Cette théorie a été admise surtout par les géologues d'Amérique, où le pétrole fut désigné, pendant longtemps, sous le nom de *coal oil* (huile de charbon). Ce nom a été remplacé plus tard, quand on a commencé à douter de l'exactitude de la théorie végétale, par celui de *coral oil* (huile de coraux). Citons parmi les partisans de cette théorie les noms de *Lesquereux*, *Binney*, *Wall*, *Hochstätter*, *Krämer*, *Lesley*, etc. *Griffiths* a allégué, en sa faveur, la présence, dans certains pétroles, de petites quantités de phénol, qu'il a également observé, en traces, dans les tiges, les feuilles et les fleurs de *Pinus sylvestris*, espèce végétale appartenant à la famille des Conifères, lesquels ont pris part, dans une certaine mesure, à la formation des dépôts houillers.

On peut faire à cette théorie végétale la même objection qu'aux théories volcaniques, c'est-à-dire l'improbabilité d'une distillation d'un mélange de corps à points d'ébullition si différents, sans fractionnement. Mais dans ce cas, le lieu de formation étant plus près du lieu de dépôt, cette objection a un peu moins d'importance. Mais on devrait observer, si cette théorie était vraie, une connexion constante entre les gisements de houille et ceux de pétrole; ce qui n'est pas toujours le cas. En outre, le charbon soumis à la distillation sèche laisse un résidu, le coke, dont on ne trouve pas de traces dans les formations pétrolifères. On peut dire plutôt que les roches renfermant des restes végétaux ne sont pas, en général, bitumineuses, mais qu'elles le deviennent dès que des restes d'organismes animaux s'y associent.

Cela nous mène à la troisième catégorie d'hypothèses qui admettent, pour le pétrole, une origine animale. D'après ces théories, le pétrole se serait formé par la transformation de restes animaux — Sauriens,

Mollusques, Coraux, et surtout de Poissons — en hydrocarbures; et cette transformation aurait eu lieu aux endroits mêmes de leur dépôt, c'est-à-dire que ces théories admettent, pour le pétrole, à l'encontre des précédentes, un gisement primitif (1).

Ce fait, qui est souvent mieux en harmonie avec l'ensemble des données stratigraphiques que toute autre théorie, ainsi que la présence constante de restes organiques de nature animale dans les gîtes bitumineux, sont les deux raisons principales qui parlent en faveur de la théorie animale. Cette théorie a été surtout établie par des géologues et des chimistes allemands et autrichiens, et on la désigne généralement sous le nom de la théorie de *Höfer et Engler*, quoique d'autres savants, tels que MM. *Ochsenius, Zaloziecki*, etc., aient pris une large part à son développement.

Déjà *L. von Buch, Credner, Fraas, St. Hunt* et d'autres avaient indiqué pour certains gisements bitumineux une origine animale; mais celui qui a le premier, et d'une manière générale, appliqué cette idée pour l'explication de la formation du pétrole, c'est M. *Höfer*. Dans son livre intitulé : *Das Erdöl und seine Verwandten*, paru en 1888 et qui résume l'ensemble de ses vues exprimées déjà plus tôt, il fait l'examen critique des différentes hypothèses sur l'origine du pétrole, et il s'attache à prouver, par des raisons géologiques dont j'ai déjà indiqué les principales, que le pétrole ne peut avoir d'autre origine qu'une origine animale.

De quelle manière la transformation des restes animaux en hydrocarbures se serait opérée, M. *Höfer* ne l'indique pas; mais il soutient que cette transformation doit avoir eu lieu sous une forte pression et, à l'encontre de toutes les autres théories admises jusqu'alors, à une température relativement basse. D'autres auteurs ont essayé d'expliquer le mode de cette transformation.

Ainsi M. *Zaloziecki*, par exemple, constate d'abord que presque tous les gisements pétrolifères semblent être des formations marines côtières. À un endroit favorable de la côte, des cadavres d'animaux se seraient amassés. L'eau salée de la mer, dont les propriétés antiseptiques sont connues, aurait empêché la décomposition des matières grasses qui se seraient accumulées, tandis que les matières albuminoïdes auraient été

(1) Certains auteurs, comme M. *O. Lang*, par exemple, admettent cependant que les matières bitumineuses dérivant de la décomposition de restes animaux aient été soumises à une distillation sous l'influence de la chaleur interne de la terre; le pétrole aurait donc subi un déplacement vers les couches supérieures.

détruites par la putréfaction, que l'eau de mer, tout en la retardant, n'aurait pas pu empêcher complètement. Les matières grasses enfouies ensuite sous les dépôts postérieurs se seraient transformées enfin en pétrole, sous la pression toujours grandissante des couches superposées.

M. *Ochsenius* précise encore davantage les conditions dans lesquelles, d'après lui, le pétrole se serait formé. Il constate d'abord que les terrains pétrolifères montrent souvent des relations constantes avec des dépôts de sel. Ainsi, par exemple, tout le long des Carpathes on trouve une zone centrale salifère, à laquelle appartiennent, par exemple, les célèbres salines de Wiliczka et de Bochnia en Galicie, bordée vers l'extérieur par une zone pétrolifère. M. *Ochsenius* suppose qu'il existe entre ces deux formations une relation causale. Les dépôts de sel se seraient formés, comme on l'admet généralement, par l'évaporation de l'eau de la mer dans des bassins fermés; cette eau, en se concentrant, dépose d'abord une partie de son sulfate de chaux sous forme de gypse, ensuite le sel gemme et enfin une autre partie du sulfate de chaux à l'état d'anhydrite. La succession de ces trois couches est très régulière et constante. Les sels restant en solution dans l'eau mère qui résulte de cette évaporation, c'est-à-dire les sels de potassium et de magnésium, ainsi que de petites quantités de bromures, d'iodures, de borates, etc., ne sont généralement plus déposés par évaporation, et ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'on les trouve au-dessus des couches de sel, comme à Stassfurt par exemple, où ils ont donné naissance à l'importante industrie bien connue des sels potassiques. D'après M. *Ochsenius*, c'est précisément cette eau mère, restant après le dépôt du gypse, du sel et de l'anhydrite, et disparue dans la plupart des cas, qui est le générateur du pétrole. Après le dépôt des couches salifères, ces eaux mères auraient été rejetées vers l'Océan; elles y auraient occasionné la mort de grandes masses d'animaux et, en amenant avec elles des matières argileuses en suspension, elles auraient enfoui, en même temps, leurs cadavres sous une couche imperméable. Mais là n'est pas encore fini, d'après notre auteur, le rôle de ces eaux mères. La putréfaction des substances albuminoïdes de ces animaux a donné lieu, sans doute, à la formation de produits de décomposition gazeux, tels que l'acide carbonique et l'ammoniaque, qui auraient pu rompre la couche protectrice d'argile et exposer ainsi les matières organiques à la destruction complète par l'action oxydante de l'air, si l'influence des eaux mères ne s'était pas fait sentir. M. *Ochsenius* admet, en effet, que, par une réaction tout à fait analogue à celle qui sert pour la fabrication du sel de soude d'après le procédé *Solvay*, le chlorure de sodium contenu dans les

eaux mères a transformé l'acide carbonique et l'ammoniaque en carbonate de soude et en chlorure d'ammonium, c'est-à-dire en sels solubles dans l'eau et sans danger pour l'équilibre des couches formées. Les corps albuminoïdes étant éliminés de cette manière, il ne reste plus que les corps gras, qui se seraient transformés plus tard en hydrocarbures, toujours sous l'action des eaux mères et sous la haute pression des couches déposées au-dessus.

Les théories sur l'origine animale du pétrole ont trouvé un grand appui par des expériences de laboratoire qui ont été faites par M. Engler et par M. Heuster. M. Engler a soumis, en 1888, à la distillation, de grandes quantités de matières grasses animales, notamment de l'huile de poisson, sous des pressions variant entre 10 et 20 atmosphères, et à des températures de 300 à 400°. Il a obtenu ainsi, sans formation de résidu notable, d'abord des produits gazeux, contenant principalement du gaz de marais, mais surtout de 60 jusqu'à 75 % d'une huile brunâtre, montrant en couche mince une fluorescence verte très prononcée, d'un poids spécifique de 0.8 environ, et formée principalement d'hydrocarbures saturés. M. Engler a isolé notamment les hydrocarbures de cette série avec 5 jusqu'à 9 atomes de carbone. Mais cette huile contenait, en outre, jusqu'à un tiers de son poids, des hydrocarbures non saturés. Par distillation fractionnée de ce produit, il a obtenu entre 140 et 300° un liquide incolore, transparent et brûlant dans les lampes comme le pétrole ordinaire. Ce pétrole artificiel est donc, sous tous les rapports, semblable au pétrole naturel, sauf qu'il renferme des hydrocarbures non saturés qu'on ne trouve pas, comme nous avons dit, dans le pétrole naturel.

Plus tard, en 1896, M. Heuster a soumis le produit de distillation de M. Engler à l'action du chlorure d'aluminium, et il a réussi à le transformer ainsi complètement en hydrocarbures saturés. De cette manière, le problème de la transformation des matières grasses, sans résidu notable, en hydrocarbures, tels qu'on les rencontre dans la nature sous la forme de diverses substances bitumineuses, se trouve résolu et rien ne s'oppose plus, au point de vue théorique, à ce qu'on admette pour ces substances une origine analogue. Il reste à voir si, dans chaque cas donné, l'ensemble des observations géologiques se conciliera avec cette théorie.

Je dois encore mentionner un groupe de théories qu'on peut appeler les *théories mixtes* et qui admettent, pour le pétrole, une origine végétale et animale en même temps. Ainsi, par exemple. M. Hitchcock (1867) suppose que le pétrole s'est formé principalement de restes végétaux,

mais en partie aussi de restes animaux, surtout de poissons. *M. Jaccard* (en 1890) admet pour le bitume liquide (le pétrole) une origine végétale, et pour le bitume solide (l'asphalte, etc.) une origine animale.

Enfin, à titre de simple renseignement, je dois citer la théorie de *M. Bertels*, qui suppose (en 1892) que le pétrole se forme de matières animales, tant grasses qu'albuminoïdes, sous l'influence de ferments spécifiques organisés, de bactéries; il enrichit ainsi la série des fermentations d'une nouvelle espèce : la fermentation pétrolique. Les matières grasses fourniraient, d'après *M. Bertels*, les hydrocarbures gazeux et les huiles légères, et les substances protéiques formeraient les huiles lourdes, ainsi que les combinaisons sulfurées et azotées. Bien que cette manière de voir n'ait, en elle-même, rien d'absurde, on devra demander, avant de la prendre en considération, que l'existence d'organismes capables d'opérer cette transformation soit constatée préalablement.

Telles sont les diverses théories qui ont été émises sur l'origine du pétrole. Aucune d'elles n'a encore pu se faire valoir exclusivement; toutes trouvent encore leurs partisans et leurs adversaires. Il se peut que l'une et l'autre soient vraies dans des cas différents; mais, d'une manière générale, on peut dire que l'hypothèse de l'origine animale semble gagner du terrain, tant parmi les géologues que parmi les chimistes.

Depuis la lecture de cet exposé, *M. R. Zuber*, professeur à l'Université de Lemberg, a publié, en 1898, dans la *Zeitschrift für praktische Geologie*, un article intéressant sur ce même sujet. Après avoir rappelé brièvement les principales observations géologiques qui ont été faites aux divers gîtes pétrolifères, l'auteur insiste sur le fait, que les expériences de *M. Engler* ne prouvent pas l'origine animale du pétrole, mais seulement son origine organique. Des corps gras, qui ont servi à ces expériences, se trouvent aussi, en effet, en quantités considérables dans le règne végétal. Il rappelle une théorie de *M. Radziszewski*, qui date déjà de 1877 et d'après laquelle le pétrole serait le produit d'une fermentation putride de substances végétales, notamment de la cellulose; il se formerait de cette manière principalement de l'acide carbonique et du gaz de marais, les autres hydrocarbures qui constituent le pétrole en seraient les produits secondaires. Cette théorie est basée sur des expériences faites par *L. Popow*, qui ont démontré que par la fermentation putride de substances végétales il se forme du gaz de marais et de l'acide carbonique; ces expériences ont été vérifiées plus tard par *Hoppe-Seyler*.
