

LA

REVUE SCIENTIFIQUE

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER
REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES (2^e SÉRIE)

DIRECTION : MM. EUG. YUNG ET ÉM. ALGLAVE

2^e SÉRIE. — 7^e ANNÉE

NUMÉRO 18

3 NOVEMBRE 1877

L'ORIGINE DU PÉTROLE (1)

Lorsqu'on aborde l'étude du pétrole, la première question qui se présente est celle de son origine. Où, quand et comment s'est produite cette utile substance, et quels matériaux ont concouru à sa formation ? Ces diverses questions, qui se sont posées et qui ont été successivement résolues pour un grand nombre d'espèces minérales entrant dans la composition de l'écorce terrestre, n'ont pas reçu jusqu'ici de solution satisfaisante relativement au pétrole.

On admet généralement que le pétrole a une origine organique, qu'il est le résultat de la décomposition d'organismes primitifs, animaux et végétaux. Cette opinion est fondée sur ce que le pétrole se compose exclusivement de carbures d'hydrogène et d'une faible proportion de matières oxygénées et azotées. On sait, en effet, que ces divers composés peuvent prendre naissance là où des matières organiques se trouvent soumises à l'action de la chaleur, à l'abri de l'air. Mais on sait, en outre, que la chaleur n'est pas absolument nécessaire et que des composés analogues se forment à la longue sans son intervention. Exemple : la tourbe, les lignites, la houille.

On a aussi souvent constaté l'existence d'une certaine relation entre les sources de pétrole et le voisinage des volcans, et c'est même la principale raison pour laquelle on a attribué la formation des huiles minérales à l'action des

forces volcaniques sur des restes de matières organisées. Mais, pour ne pas entrer dans de plus longs détails, je me bornerai à constater simplement ce fait, que les savants, comme je viens de le dire, ont, pour la plupart, assigné au pétrole une origine organique.

Cependant, si l'on considère l'ensemble des notions acquises sur la substance qui nous occupe, il me paraît difficile d'admettre une pareille opinion. C'est ce que je me propose de démontrer, avant d'exposer mes vues personnelles sur ce sujet.

D'abord, 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 bitumeux, 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.

D'ailleurs, les propriétés du pétrole indiquent suffisamment que sa formation n'a pas dû s'effectuer de la même manière que celle de la plupart des autres substances minérales. Il s'est formé à peu de distance de ses gisements actuels. Mais on n'en peut pas dire autant d'une foule d'autres matières, telles que les calcaires, l'argile, le sel gemme, etc. On peut admettre au contraire que tous ces corps se sont formés à une grande distance des lieux où on les trouve. Leur transport a été effectué soit par l'eau des mers, soit par l'eau des fleuves, soit par les glaces flottantes de l'époque glaciaire dont le champ d'action a été très-étendu. Les blocs erratiques que l'on rencontre dans la Russie centrale y ont été apportés de la frontière nord-ouest de ce pays ; le sel de Wieliczka provient peut-être à la fois de toutes les mers du globe ; le gypse du Volga a été déposé par les eaux de l'Océan. Mais nous venons de voir que l'on ne peut admettre rien de semblable au sujet du pétrole. Si, dans certains endroits où il a pris naissance, il se trouvait de l'eau, il est monté à la surface et s'y est modifié. Donc, celui que nous tirons du sein de la terre n'a jamais vu le jour.

Cependant, si le pétrole avait bien une origine organique

(1) Cet article est extrait d'un ouvrage russe intitulé : *Industrie pétrolienne de la Pensylvanie et du Caucase*, 1877, et que l'auteur, M. Mendeleeff, a publié après son voyage de l'an dernier en Amérique. M. Mendeleeff avait auparavant visité les terrains pétrolifères de la presqu'île d'Apchéron, dans les environs de Bakou, où l'on extrait annuellement des 30 puits que comprend l'exploitation, près de 100 000 tonnes de pétrole. En Pensylvanie, on a, depuis 1859, creusé près de 1200 puits qui donnent ensemble, chaque année, près de 1 300 000 tonnes de cette huile minérale. De tels chiffres montrent suffisamment l'importance que présente la question du pétrole, et dès lors les ouvrages sérieux qui lui sont consacrés se recommandent d'eux-mêmes aux personnes que cette question intéresse.

et s'il s'était réellement formé dans les gisements où on l'exploite aujourd'hui, on devrait rencontrer dans ces gisements une énorme quantité de débris organiques. Or, c'est précisément ce qui n'a pas lieu (1); personne n'a encore signalé dans les sables pétrolifères les débris en question, qui n'auraient pu pourtant disparaître, si l'huile minérale s'était formée non à la surface, mais dans les profondeurs du sol.

Selon moi, il est préférable de chercher le lieu de formation du pétrole dans des couches plus profondes que celles où on le rencontre. En voici d'ailleurs la raison.

Partout où l'on exploite le pétrole, on se borne simplement à le recueillir là où il se présente naturellement, c'est-à-dire à la surface du sol, ou à la surface de l'eau. C'est un fait qu'on constate tous ceux qui ont étudié la question. En Amérique les Indiens, aux Indes les Birmans, au Caucase les Perses et les Circassiens ont découvert, puis exploité le pétrole, en le recueillant d'abord dans des puits creusés dans le sol, d'où ils l'ont extrait ensuite au moyen d'ustensiles *ad hoc*.

En creusant le sol, on a trouvé des sables imprégnés de pétrole. Puis, lorsqu'il s'est agi de creuser de nouveaux puits, on a tenu compte des indications fournies par l'inclinaison des couches sédimentaires et par les puits déjà creusés. Or, dans tout puits, comme dans tout simple trou, on trouve du pétrole et de l'eau. Le premier de ces liquides, vu sa faible densité, vient toujours s'étaler à la surface du second, et l'on ne pourrait raisonnablement supposer qu'il en ait jamais été autrement (2).

Il résulte cependant de ce fait une conséquence d'une importance extrême, relativement à la question qui nous occupe. Le pétrole, une fois formé et situé à une profondeur quelconque, fait des efforts incessants pour s'élever et venir au jour. Or, de deux choses l'une : ou bien le pétrole s'est formé dans les lieux mêmes où on le rencontre et où on l'exploite, ou bien il s'est formé dans des couches plus profondes, mais situées directement au-dessous du lieu d'exploitation.

Au Caucase et en Europe, on trouve généralement le pétrole au milieu des terrains tertiaires qui sont relativement récents, si l'on compare l'époque de leur formation à celle des autres terrains. Il est donc au besoin permis de supposer que le pétrole de ces gisements a pu être formé aux dépens des restes organiques, tant de la période tertiaire que des périodes antérieures, dont les restes gisent au-dessous, car rien ne dit qu'on ne découvrira pas à une certaine profondeur la matière ayant donné naissance à la masse totale du pétrole.

Mais l'hypothèse n'est plus admissible, si l'on considère certains autres gisements de pétrole, notamment ceux du Canada et de Pensylvanie. Là, les sables pétrolifères sont dévonien et M. Sterry Hunt a même trouvé du pétrole dans les calcaires siluriens. Le pétrole du Canada se trouve dans les couches inférieures du dévonien; celui de Pensylvanie se trouve dans les couches supérieures, qui sont immédiatement en contact avec des formations carbonifères. Si l'on

s'en tient à l'hypothèse de l'origine organique, il faut nécessairement admettre que le pétrole de ces régions a été produit par des détritiques de l'époque silurienne, et comme précisément on a aussi trouvé du pétrole dans le terrain silurien, on veut voir dans ce fait une confirmation de l'hypothèse ci-dessus. Cependant, comme nous le disions tout à l'heure, cette hypothèse ne saurait être admise, car on ne trouve nulle part la matière première ayant pu fournir une pareille quantité de pétrole : point de résidus charbonneux (1), pas même de fossiles indiquant un développement considérable du règne organique. Or, on ne peut pas supposer au pétrole une origine organique, tant que cette origine n'est pas expliquée par la présence d'une énorme quantité d'êtres organisés. Autrement, il faudrait admettre, ce qui est impossible, que le liquide aurait subsisté pendant que les matériaux solides auraient disparu. Le charbon est plus fixe que n'importe quelle huile. Les forces chimiques et organiques sont toujours et partout les mêmes, et nous savons qu'un tissu organique ne peut se former qu'autant que ses principes constituants ont une composition telle qu'ils puissent donner, en se décomposant, non-seulement des hydrogènes carbonés, mais aussi du carbone. Cela a lieu même lors de la formation des carbures pauvres en hydrogène; et le pétrole contient, on le sait, des carbures des plus hydrogénés, $C_n H_{2n+2}$.

On ne peut donc pas admettre que le pétrole, au Canada et en Pensylvanie, provienne d'organismes siluriens, de plantes marines, par exemple. On nous dira peut-être : Le charbon s'est consumé, transformé, a été lavé par les eaux et n'a abandonné qu'un produit huileux de décomposition. Je tiens le fait pour inadmissible et tout le monde m'accordera que l'huile est susceptible de se modifier bien plus facilement que le charbon. Je vais plus loin et je dis qu'il est encore plus impossible de concevoir une masse organique donnant naissance à de l'huile sans laisser de résidu charbonneux, que de concevoir la disparition d'une grande quantité de charbon.

Les partisans de l'origine organique du pétrole en sont donc réduits à supposer que celui d'Amérique provient d'organismes antérieurs à l'époque silurienne, c'est-à-dire gisant dans des couches inférieures au terrain silurien. Mais la difficulté pour eux reste la même, et la nouvelle supposition n'a pas plus de valeur que les précédentes. Bien que, en effet, les granites, les gneiss et les autres roches du système laurentien soient d'origine aqueuse, rien n'indique l'existence dans ces roches de masses organiques ayant pu produire le pétrole; elles ne contiennent point de charbon.

On peut encore objecter que beaucoup d'organismes pétroligènes ont vécu aux différentes époques géologiques, depuis l'époque laurentienne jusqu'à l'époque tertiaire. Mais encore faut-il dire quels sont ces organismes et trouver le charbon qu'ils ont nécessairement laissé. Les époques géologiques se distinguent, en effet, les unes des autres, par les espèces et

(1) En examinant au microscope du pétrole récemment puisé, je n'y ai jamais constaté la moindre trace de tissus organiques.

(2) Nous voulons dire par là que le pétrole, formé au milieu de couches aquifères, a toujours eu une tendance à monter et jamais à descendre; et si l'on suppose que dans le sol pétrolifère il se trouve des fissures permettant à l'eau souterraine de s'échapper et de couler librement, le pétrole profite naturellement de la circonstance pour venir surnager à la surface de l'eau.

(1) On dit qu'en Amérique les couches siluriennes contiennent du charbon. Mais le pétrole y existe en très-grande abondance, et le charbon n'y apparaît qu'exceptionnellement. Le graphite, que l'on rencontre dans des formations beaucoup plus anciennes, s'il est d'origine organique, ne s'est certainement formé que sous l'influence de la chaleur; mais, de même que le charbon, on ne l'y trouve qu'en petite quantité. Le charbon et le graphite, en supposant qu'il existe un rapport de formation entre eux et le pétrole, devraient constituer de grandes masses.

le nombre des êtres organisés qu'elles ont vus naître, et aussi par les conditions qu'elles ont faites à ces êtres pour la conservation de leurs restes.

Il serait peut-être moins déraisonnable d'admettre pour lieu de formation du pétrole les couches de l'époque houillère qui contiennent beaucoup de charbons minéraux. Les gisements de Pensylvanie nous offrent un exemple de ce cas. Au-dessus, sont des couches carbonifères où l'on trouve de la houille; au-dessous, sont des couches dévoniennes contenant du pétrole. Ces diverses couches sont séparées par des lits d'argile. Mais il ne viendra sans doute à l'idée de personne que ce pétrole et cette houille sont le produit de la décomposition d'une même masse organique. Supposons-le, cependant; admettons que les deux corps aient été produits par les mêmes fucus, les mêmes herbes, les mêmes arbres, etc., décomposés pendant de longs siècles, dans les profondeurs du sol, à l'abri de l'air. Il ne leur en a pas moins été impossible de filtrer à travers l'argile humide, car autrement nous ne trouverions pas aujourd'hui cette huile conservée intacte sous terre, après des millions d'années. Elle serait parvenue à la surface du sol et s'y serait vite décomposée en laissant un résidu ferrugineux imprégné de restes huileux, comme on en trouve beaucoup dans les environs de Bakou.

L'argile humide est imperméable au pétrole. Or les sables pétrolifères sont toujours compris entre des couches d'une argile compacte. Mais l'essentiel est d'avoir montré que les mêmes débris organiques n'ont pas pu se décomposer en même temps, d'un côté en pétrole liquide, et de l'autre en charbon solide, surtout à la température ordinaire. Jamais personne n'a été témoin de rien de pareil et l'hypothèse est insoutenable.

D'un autre côté, si l'on admet que le pétrole provient des matières organiques de l'époque carbonifère, il faut admettre aussi que sa formation a eu lieu sous l'influence de la chaleur. Mais si la chaleur volcanique a été mise à contribution, elle a dû produire d'autres effets, et ces effets, on n'en trouve pas trace dans les gisements du pétrole: on n'y constate ni métamorphisme, ni durcissement des roches. De plus, les hydrogènes carbonés, à l'état gazeux, se seraient échappés dans l'atmosphère et ne se seraient jamais concentrés, à l'état liquide, dans des couches inférieures à la houille. Enfin, les roches de ces localités sont des argiles douces.

Il est facile de voir que là encore les faits ne viennent pas à l'appui de l'hypothèse qui attribue au pétrole une origine organique. La composition du pétrole est également en désaccord avec cette hypothèse.

Mais je ne pousserai pas plus loin mon argumentation. Ce qui précède me semble prouver suffisamment qu'on n'est nullement fondé à admettre l'origine organique du pétrole, ce que je m'étais proposé de démontrer.

Reste à savoir maintenant 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, études dont les résultats sont plus ou moins connus, 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. En Pensylvanie, les Alleghany sont aux régions pétrolifères ce

que le Caucase est aux sources de Bakou, à celles du Kouban et de tous les pays pétrolifères des environs (1). Or, en Amérique comme au Caucase, si l'on s'éloigne un peu de la chaîne, on trouve aux pieds des montagnes des bas-fonds riches en pétrole. Cette disposition est celle qu'offrent en général les sources de pétrole des autres contrées. Partout, dans le voisinage des sources, s'élèvent des chaînes de montagnes. Cela nous fournit une première explication de l'origine du pétrole. Une seconde explication nous est offerte par la distribution géographique des sources, laquelle affecte la forme d'une ligne brisée faite avec des arcs de grands cercles. Ces directions, si bien déterminées et étudiées avec tant de soin par les praticiens américains qui se livrent à l'exploitation du pétrole, correspondent à la direction des chaînes de montagnes (2). C'est pourquoi les Américains parlent souvent d'un fleuve souterrain de pétrole et des lacs formés par ce fleuve lors de ses débordements. C'est pourquoi aussi M. Wrigley, dans la préface de son ouvrage *Second geological survey of Pennsylvania, 1874 (Special report of the Petroleum of Pennsylvania)*, tout en réfutant la disposition rectiligne des sources de pétrole (théorie de M. C.-D. Angell) et en se fondant sur le principe de l'horreur que la nature aurait de la ligne droite, n'en reconnaît pas moins, sur la surface du sol, l'existence de lignes légèrement brisées, presque droites, suivant lesquelles les puits creusés en Pensylvanie, ont un succès presque assuré. Ce fait est d'ailleurs irréfutable. De Bradford et Nil City jusqu'à Parker City et Karn's City (3), on peut tracer une ligne presque droite, par laquelle se trouvent reliées les principales sources de pétrole de la Pensylvanie (4). Je ferai remarquer tout particulièrement que cette ligne est parallèle à la chaîne des Alleghany.

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, mais ouverte vers le bas. Cette fente s'est comblée avec le temps; cependant, à une certaine profondeur, elle doit exister encore si les couches qui sont actuellement relevées sur le flanc des montagnes étaient, avant leur soulèvement, presque horizontales, ainsi que le démontre la géologie. 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 bien 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; et que ces fissu-

(1) On exploite le pétrole, non-seulement aux extrémités de la chaîne du Caucase, à Bakou sur la Caspienne, et dans le Kouban près de la mer Noire, mais aussi sur son versant septentrional, le long du Terek, et sur son versant méridional, dans les environs de Tiflis.

(2) Il en est de même des puits pétrolifères du Kouban dont les principaux centres sont disposés parallèlement à la chaîne du Caucase, ainsi que l'a fait voir M. Novossiltrov.

(3) Cette dernière ville est actuellement le centre principal de l'industrie du pétrole en Pensylvanie.

(4) Les gisements de pétrole des États de l'Ohio et du Kentucky sont situés sur le prolongement méridional de la même ligne, qui est parallèle à la direction des Alleghany.

res aient été petites et nombreuses, ou qu'il se soit produit simplement une immense crevasse, cela n'a pas d'importance au point de vue qui nous occupe. 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.

Qu'il en soit d'ailleurs sorti plutoniquement ou neptuniquement, par pression des gaz ou par le simple effet de sa plus faible densité, tout cela importe peu. L'important est de savoir que, s'il y a du pétrole dans les couches profondes, il y en a aussi au-dessus, que ce liquide tend constamment à gagner la surface du sol, à passer des couches inférieures aux supérieures, où l'Indien, le Circassien et le Persan le trouvent et l'exploitent. Le pétrole qui vient des profondeurs peut se répandre, soit dans le calcaire silurien où l'a trouvé M. Sterry Hunt, soit dans les sables n^{os} 1, 2, 3 et 4 de la Pensylvanie ou dans ceux qu'ont atteints les puits creusés dans les gisements de Bakou et du Kouban, soit enfin dans les argiles d'époques diverses où le pétrole produit les bogheads, les schistes bitumineux, etc. Dans certaines localités, les couches pétrolifères ont perdu la majeure partie de leur matière volatile et n'ont retenu qu'un résidu à peu près inaltérable. Ces couches ne fournissent plus de pétrole, et il est inutile d'y creuser des puits.

Dans certains autres pays, on rencontre de nombreuses couches bitumineuses possédant des propriétés diverses. Tels sont les calcaires asphaltiques et peut-être aussi les bogheads.

Dans quelques autres localités encore, le pétrole n'est pas venu en masse jusqu'à la surface du sol, mais il s'est répandu, des fissures où il circulait, dans les sables et les grès friables qu'il a rencontrés et dans lesquels on peut utilement creuser des puits.

Le pétrole enfermé par de l'argile plus ou moins compacte dans une couche de sable, s'y altère continuellement (1). Une

(1) Il est assez difficile d'admettre que le gaz hydrocarboné comprimé, qui accompagne toujours le pétrole, ait une origine aussi ancienne que celui-ci. Il est plus probable que le pétrole en se décomposant dans le sol donne des produits gazeux. Si l'on admet la formation continuelle (au moyen d'hydrocarbures liquides) de l'hydrogène protocarboné, il faut s'attendre à la formation d'hydrocarbures pauvres en hydrogène et même en carbone. Lorsqu'on réduit le pétrole à l'état gazeux, il se dépose précisément du charbon qui forme le coke tapissant le fond des cornues. Cette réaction peut s'exprimer par la formule suivante : $2 C_n H^{2n+2} = (n+1) CH_4 + (n-1) C$. Cependant il est plus facile d'admettre la transformation des hydrocarbures liquides du pétrole en hydrogène protocarboné et autres hydrocarbures pauvres en hydrogène, et alors la transformation s'exprime ainsi : $(a+m) C_n H^{2n+2} = (n-1) C_m H^{2m-2n} + (na+m) CH_4$. Dans le premier membre de l'équation sont représentés les hydrocarbures limites; dans le second, le protocarbure et le carbure non saturé $C_m H^{2m-2n}$. La présence du pétrolène (hydrocarbure pauvre en hydrogène) dans le pétrole confirme cette opinion. Le pétrolène a été découvert dans le pétrole par M. Tweddle, de Pittsburg. Mon compagnon de voyage en Amérique, M. Hemilian, a étudié ce corps, et a communiqué le résultat de ses recherches à la réunion des naturalistes russes, qui eut lieu en 1876, à Varsovie. De mon côté, j'ai remarqué que le pétrole, dans le vide et à la température ordinaire, donne un gaz, au bout de quelque temps. On sait en outre qu'en chauffant les terres supérieures de la série des hydrocarbures saturés, on obtient les termes inférieurs et les hydrocarbures non saturés. Il y a donc lieu de penser que le même phénomène se produit dans la nature, c'est-à-dire que le pétrole se transforme en gaz lequel reste enfermé dans le sol, bien que naturellement cette transformation, si elle a lieu, s'opère d'une façon très-lente.

partie vient au jour en s'échappant par des fissures et s'y conserve en masse. On a alors les gisements les plus riches en pétrole. Peu importe, dans ce cas, l'âge des couches pétrolifères; ce qu'il faut considérer, ce sont leurs propriétés physiques et la qualité de la substance qu'elles renferment. Pour nous, l'époque à laquelle le pétrole est arrivé au jour, correspond à l'âge des montagnes voisines, à l'époque de leur soulèvement.

De cette façon on peut arriver à comprendre le mode de distribution du pétrole dans le sol, et les influences auxquelles a été soumise cette distribution (1); mais il reste entendu que ceux qui se disposent à l'exploiter doivent tenir compte de sa qualité et de la quantité qu'en peuvent contenir les crevasses dont on suppose l'existence au pied des montagnes. On ne peut certainement pas admettre que le pétrole existe en quantité indéfinie à des profondeurs données et que nous ne pouvons pas atteindre. A plus forte raison, on n'est pas en droit d'affirmer qu'à ces profondeurs se trouvent des matières organiques capables de produire l'huile minérale en question.

Toutefois, lorsqu'on traite des sujets semblables à celui qui nous occupe, il ne suffit pas de démontrer la non-valeur d'une hypothèse qui a été jusqu'ici généralement admise; il faut en outre la remplacer par une explication plus satisfaisante. Or, selon moi, l'hypothèse de l'origine organique du pétrole doit disparaître et être remplacée par cette autre, que nous appellerons hypothèse de l'origine minérale. Mais ici, il nous faut raisonner par déduction. En effet nous venons de voir que les lieux de formation du 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.

Nous allons donc nous engager dans cette voie, et nous serons obligé de nous appuyer sur des données qui, au premier abord paraissent tout à fait étrangères à notre sujet. Telles sont nos connaissances sur le poids spécifique du globe terrestre, la composition de l'atmosphère solaire, l'inclinaison de l'équateur solaire par rapport aux orbites des planètes, la loi du mélange des gaz, la combinaison du carbone avec les métaux, les substances provenant de l'action de l'eau sur ces derniers, la mesure des pressions et leur influence sur les réactions chimiques, etc. C'est-à-dire que lorsqu'on s'engage dans les profondeurs de la terre on est forcé de s'engager aussi dans les profondeurs de la science. Je voudrais pouvoir montrer ici le rapport que ces questions ont avec celle de l'origine du pétrole.

La fameuse discussion soutenue naguère par les neptuniens et les plutoniens pour expliquer la formation de la terre, ne constituait pas après tout une contradiction absolue. Les couches sédimentaires, stratifiées et fossilifères n'ont jamais été expliquées et ne pourront jamais l'être que par l'action des forces dont dispose le dieu des mers. D'un autre côté, les

(1) Telles sont la diversité des terrains et des époques géologiques, où le pétrole a fait son apparition, l'uniformité des stratifications, la différence des densités aux diverses profondeurs, la disposition des sources suivant des lignes droites parallèles à la direction des chaînes de montagnes voisines, leur proximité des volcans, la présence de l'eau salée dans ces sources, etc. Dans un article de cette longueur, il est impossible de tout dire; voilà pourquoi nous nous en tenons simplement aux idées générales.

laves et les balsates ne seront jamais disputés au dieu des enfers, et quand même il se trouverait quelques individus assez peu sérieux pour chicaner Pluton à ce sujet, l'immense majorité des savants reconnaîtra toujours les droits de Sa Majesté infernale. Remarquons cependant qu'on ne peut songer aux gigantesques travaux de Neptune et de Pluton qu'à partir du moment où il y eut une terre et un océan tout prêts à être manipulés. La discussion des géologues roule donc entièrement sur la question suivante : A laquelle des deux divinités faut-il rapporter la formation des roches primitives, telles que le granite et le gneiss ? Les neptuniens soutiennent que ces roches ont été déposées par la mer ; les plutoniens affirment qu'elles se sont refroidies et solidifiées, après avoir subsisté longtemps à l'état fondu. Les neptuniens ont fini par avoir le dessus. On doit admettre actuellement que lors de la formation de ces roches, l'eau recouvrait déjà la terre, bien que cette époque doive être considérée comme un interrègne, car l'eau et le feu y ont certainement joué à la fois un rôle actif.

Mais ce n'est point là qu'il faut chercher la valeur de la doctrine plutonienne ; c'est dans sa prétention de tout savoir et de tout expliquer. On sait la façon magistrale dont elle a généralisé nos connaissances sur l'origine de la terre, sur les variations de sa température, sur ses rapports avec certains autres astres, notamment avec le soleil et les planètes, enfin même sur sa configuration actuelle. Laplace, dans son « Exposition du système du monde », et surtout dans sa dernière note sur ce sujet, s'est montré du plutonisme le plus pur. Chacun sait comment il a emprunté au soleil des parties de son atmosphère incandescente pour en former la terre et les planètes. Si donc le dieu du soleil est l'aïeul de la terre, Pluton est son successeur et Neptune n'est que son petit-fils ; ce dernier n'a reçu en partage que la surface du globe. Il est vrai qu'aujourd'hui Neptune règne en maître ici-bas, mais on n'en saurait conclure qu'il y a toujours régné et d'une manière absolue. Il fut au contraire un temps où ce dieu n'existait pas et où Pluton était la seule divinité toute-puissante.

Si l'on essaye de réfuter cette théorie, on est amené nécessairement à discuter la valeur des déductions de Laplace, à donner la raison du double mouvement des planètes et du soleil, leur mouvement de translation suivant leurs orbites, et leur mouvement de rotation autour de leurs axes. Il faut expliquer par de nouvelles hypothèses pourquoi les orbites des diverses planètes sont peu inclinées les unes par rapport aux autres et par rapport au plan de l'équateur solaire.

L'unité dans la nature, tel est le dogme élaboré par la science et sur lequel le savant géomètre français a fait reposer sa doctrine. Les plutoniens l'ont suivi et c'est là principalement ce qui fait leur force. Suivons donc Laplace, avec la majorité des savants, et voyons ce qui se passerait dans une masse de matière arrachée à l'atmosphère solaire. Cette masse est constituée par un ensemble d'éléments portés à une haute température. Dans l'origine, elle avait la forme d'un anneau, assez rapproché en apparence de la surface solaire d'alors et analogue à l'anneau de Saturne. Plus tard, il s'en dégagait un nuage de vapeurs d'un volume plus grand que le volume actuel de la terre. Dans ce nuage, où la température était très-élevée, tous les éléments étaient en vapeurs. On a même dit souvent que c'était comme un chaos où tout était confondu, et que par suite du refroidissement de la masse, les éléments se condensèrent peu à peu. On a

dit aussi que, seulement à partir des premières condensations, l'ordre put commencer à s'établir, que les combinaisons chimiques purent s'effectuer, et que les diverses matières se rangèrent, du centre à la périphérie, par ordre de densité. Cette opinion, longtemps admise, est erronée. Nous connaissons suffisamment aujourd'hui les lois qui régissent les mélanges des gaz et des vapeurs, pour pouvoir nous rendre compte de la façon dont étaient disposés, à cette époque, les éléments gazeux qui composaient la terre.

Appelons D et d les densités de deux vapeurs par rapport à l'hydrogène. Ces nombres resteront invariables ou presque invariables, quelles que soient la pesanteur, les tensions et la température, tant que ces vapeurs, aussi bien que l'hydrogène, resteront à l'état gazeux. Cette propriété des gaz subsiste, lors même que la loi de Mariotte ne leur est plus rigoureusement applicable. Telle est la conséquence que j'ai tirée (1) des expériences de Rumford et de M. Natterer sur les gaz de combustion de la poudre et sur d'autres gaz fortement comprimés, expériences dans lesquelles les auteurs ont trouvé une compressibilité presque égale pour des gaz et des vapeurs très-différents, bien que cette compressibilité soit loin de se conformer à la loi de Mariotte (2).

Il en résulte que par les densités que nous trouvons, dans les conditions ordinaires, pour les gaz et les vapeurs, on peut juger de leurs densités relatives (mais non de leurs densités absolues) sous des pressions considérables. Or, quand tous les éléments terrestres étaient à l'état de vapeur, les pressions auxquelles était soumise la majeure partie de leur masse, dépassaient de beaucoup en intensité celles que nous pouvons obtenir aujourd'hui. De même la hauteur de l'atmosphère d'alors était évidemment beaucoup plus grande qu'elle ne l'est de nos jours. Comment donc étaient distribuées, disposées les unes par rapport aux autres, les matières gazeuses qui constituaient cette atmosphère ? La solution de cette question nous est fournie, d'une part par la loi de Dalton (3) sur les mélanges des gaz et des vapeurs, et, d'autre part, par les notions que nous avons acquises sur les variations de la température atmosphérique à diverses hauteurs. Dalton a démontré qu'un gaz (ou une vapeur) mélangé avec d'autres gaz, se distribue dans le mélange comme il le ferait s'il était seul. On comprendra sans peine que dans les couches supérieures de l'atmosphère, devront prédominer les gaz dont la densité, d , est faible, et que dans les couches inférieures se trouveront ceux dont la densité, D , est plus forte.

En d'autres termes, en allant du centre à la périphérie, la pression diminue, et en même temps les gaz et les vapeurs se dilatent et se refroidissent en conséquence (4). C'est ainsi

(1) Voir mon ouvrage sur l'*Élasticité des gaz* (tome I, p. 9).

(2) Ainsi, par exemple, en prenant pour unité la densité d'un gaz sous la pression de 100 mètres, nous aurons, sous une pression de 1800 mètres, la densité des gaz de combustion de la poudre = 8, suivant Rumford, et 6, suivant le général Rodman (au lieu de 18, valeur déduite de la loi de Mariotte). Les expériences de M. Natterer assignent à l'hydrogène la densité de $7\frac{1}{2}$ et à l'air $5\frac{1}{2}$.

(3) Connue sous le nom de loi des pressions partielles. Les conséquences de cette loi, qui trouve son application dans le cas présent, sont analysées dans mon ouvrage sur le *Nivellement barométrique*, 1876.

(4) Dans mes mémoires de 1876, insérés dans le *Journal de la Société chimique et physique russe*, dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, et dans les *Comptes rendus*, j'ai groupé les notions que

que les sommets des hautes montagnes, même sous l'équateur, sont couverts de neiges éternelles. En outre, le refroidissement des vapeurs entraîne nécessairement leur condensation à l'état liquide et à l'état solide, et voilà pourquoi les vapeurs de notre atmosphère se condensent en nuages. Mais la vapeur d'eau est plus légère que l'air, et en vertu de la loi de Dalton, elle devrait prédominer dans les couches supérieures de l'air. Cependant il n'en est rien, ainsi que s'en est assuré, par une observation directe, l'aéronaute Crocé Spinelli, dont tout le monde connaît la fin tragique. Cette absence de la vapeur d'eau s'explique par la facilité qu'elle a de se condenser. Il en a certainement toujours été de même, c'est-à-dire que dans les régions supérieures de l'air, la température a toujours été très-basse et il s'y est formé des nuages de matières diverses.

Mais les circonstances qui ont amené des changements dans l'état physique, ont pu amener aussi des changements dans l'état chimique, ainsi que l'a si bien montré M. H. Sainte-Claire Deville dans son étude sur la dissociation. Avec le refroidissement commencent les combinaisons chimiques. Au centre de la terre où la température était toujours très-élevée, elles n'avaient pas encore lieu, mais elles s'opéraient déjà à la surface. Les métaux, en s'unissant à l'oxygène, donnaient des oxydes bien plus fixes que ces mêmes métaux. Ils retombaient sous forme de pluie et de neige et se décomposaient en arrivant à une certaine profondeur. C'est pourquoi à la surface s'accumulaient surtout les matières dont les vapeurs ont une faible densité, et pourquoi aussi s'y effectuaient les premières combinaisons (1).

À l'intérieur, au contraire, prédominaient les matières dont les vapeurs sont très-denses, et les combinaisons n'y avaient pas encore lieu. Ces considérations nous conduisent à un résultat conforme aux autres données que nous possédons : au centre de la terre doivent s'accumuler les matières dont les vapeurs ont une grande densité, c'est-à-dire les éléments ayant des poids atomiques et moléculaires considérables. Mais nous pouvons admettre l'existence, à cette profondeur, de températures telles que toutes les molécules chimiquement formées s'y détruisent et s'y simplifient au point de s'identifier avec l'atome. Or, ainsi que le veut la loi d'Avogadro et de Gerhardt, d'après laquelle les densités sont proportionnelles au poids de la molécule, ou, dans le présent cas, au poids de l'atome, au centre du globe se sont accumulés les éléments possédant un fort poids atomique, et à la surface, ceux possédant un poids atomique peu considérable. Quelques-uns des premiers étaient cependant à la surface et, réciproquement, des éléments légers se trouvaient près du centre, mais le rapport de quantité de ces corps était déterminé par le poids atomique. Cette hypothèse s'ac-

nous possédons sur la température des diverses couches atmosphériques, et je me suis efforcé de donner une théorie de la matière. On pourrait peut-être l'appliquer aux époques anciennes de la terre.

(1) Notre opinion se trouve en quelque sorte confirmée par ce fait, que le poids spécifique moyen de la lune, qui est environ de 3, se rapproche de celui des matières qui constituent les couches superficielles de la terre. Or, la lune doit être considérée, d'après la théorie de Laplace, comme ayant été formée par une partie de la terre prise à sa surface, comme la terre l'a été elle-même par une partie de l'atmosphère solaire. Les espèces minérales de la surface terrestre ont effectivement une densité moyenne se rapprochant de 3, tandis que les espèces qui constituent le noyau central sont beaucoup plus denses.

corde avec le fait qu'aujourd'hui les éléments légers, jusqu'au calcium inclusivement ($Ca = 40$), prédominent à la surface de la terre. Tels sont l'hydrogène, le carbone, l'azote, l'oxygène, le sodium, le magnésium, l'aluminium, le silicium, le phosphore, le soufre, le chlore, le potassium, le calcium, dont les poids atomiques varient de 1 à 40. En passant à l'état liquide ou solide, pas un seul de ces éléments n'acquiert une densité supérieure à 4 fois celle de l'eau. La plupart de leurs combinaisons n'ont pas de poids spécifique supérieur à 2 1/2 par rapport à l'eau. Or, la densité moyenne du globe terrestre, d'après les observations et les expériences de Masquelin, Cavendish, Bailly, Reich, Airy, Cornu et d'autres, se trouve être plus de cinq fois celle de l'eau. Par conséquent, au centre de la terre prédominent des substances plus lourdes que celles de la surface. Mais ces substances ne se rencontrent précisément (c'est là un fait d'observation directe) que parmi les éléments possédant un poids atomique considérable. Les dernières observations s'accordent avec l'idée que nous nous faisons de la nature des forces qui s'exercent entre les atomes. Donc aujourd'hui, comme dans l'origine, les régions profondes de la terre contiennent surtout des matières d'un poids atomique considérable, tandis que les couches supérieures sont formées d'éléments d'un poids atomique plus faible.

Mais ici une question se présente : Quels sont les éléments d'un grand poids atomique que nous devons nous attendre à rencontrer dans l'intérieur de la terre ? Remarquons d'abord que ces éléments doivent exister aussi à la surface.

La loi de Dalton démontre, en effet, que dans une masse gazeuse, tout en respectant la loi des densités, les gaz du centre de la masse viennent jusqu'à la périphérie et réciproquement, ceux de la périphérie vont jusqu'au centre. Si un élément se trouve en grande abondance au centre de la terre, il doit aussi être répandu partout à la surface. Par conséquent, il ne s'agit pas ici de ces espèces très-rares que nous rencontrons de loin en loin, et qui doivent être en tout aussi petite quantité dans les couches profondes. Enfin, la densité de l'élément qui prédomine au centre ne doit pas être trop considérable, sans quoi la densité moyenne du globe serait trop grande.

De plus, les éléments de l'intérieur de la terre doivent être en grande quantité dans l'atmosphère solaire, attendu que la terre est une partie de cette atmosphère. En passant en revue les divers éléments, nous ne trouvons que le fer qui satisfasse à toutes les conditions qui précèdent. Si nous considérons une sphère semblable au globe terrestre ; si dans son intérieur prédomine le fer, dont la densité dépasse 7, et si, extérieurement, elle est composée de matières d'un poids spécifique au-dessous de 3 (comme c'est le cas pour la terre) ; si enfin nous supposons que ces matières de la surface sont en partie mélangées avec le noyau central, le poids spécifique de cette sphère sera égal à la moyenne des deux densités extrêmes 3 et 7, c'est-à-dire qu'il sera rapproché de 5. Or telle est précisément la densité moyenne du globe terrestre (1).

(1) Le soleil, à l'époque où s'en détacha la partie qui forma la terre, avait une densité insignifiante. Son diamètre se rapprochait alors de celui de l'orbite terrestre. Depuis, le soleil s'est refroidi et contracté, mais toutefois pas autant que la terre, parce que la masse de celle-ci est 325 000 fois plus petite que celle du soleil. À l'origine

Dans l'atmosphère solaire, le fer existe certainement en grande quantité, car autrement les lignes spectrales qui le caractérisent ne seraient pas aussi nettes que nous les voyons. Or le fer, même exposé à la chaleur solaire, passe probablement en partie à l'état liquide, et il ne doit y en avoir qu'une certaine proportion à l'état de vapeur. Il est évident aussi que sa masse, dans tout le système solaire, doit être immense. C'est sur le fer, comme on le sait, que s'est vérifiée la théorie Thomson et Kirchof sur la correspondance des lignes de Fraunhofer du spectre solaire avec les spectres des éléments. La présence du fer en grande quantité, dans le soleil, ne saurait donc être mise en doute.

Maintenant, à quel état peut-on et doit-on supposer le fer dans l'intérieur de la terre, pour résoudre la question que nous examinons? Il est impossible d'obtenir une solution quelque peu précise par la voie des déductions, attendu que le fer est capable de se combiner avec un grand nombre des éléments qui entrent comme lui dans la composition de la terre. Quant à savoir si sa masse entière est entrée en combinaison, cela dépend de la valeur relative et de cette masse et de celle des autres éléments avec lesquels il est en contact. Ainsi, dans les hauts-fourneaux, on trouve de l'oxygène, du carbone, de l'azote, du calcium, du silicium, etc. Les produits que l'on en retire sont, d'un côté, la fonte, et d'un autre côté, un laitier contenant surtout du silicium, du calcium et de l'oxygène, c'est-à-dire une matière d'une composition analogue à celle de la masse principale de l'écorce terrestre. Or, les mêmes matériaux peuvent très-bien ne pas donner de fonte, si l'oxygène s'y trouve en excès et s'il n'y a pas de silicium et de calcium pour le retenir et l'empêcher de se combiner au fer. La question se réduit donc ici à un rapport de quantités et ne peut être résolue par voie déductive.

Si nous supposons que certains éléments du centre de la terre passent, ainsi que leurs combinaisons, de l'état de vapeur à l'état liquide ou solide, leur état chimique dépendra moins de leurs propriétés de corps simples que des propriétés et de la quantité des autres éléments avec lesquels ils se trouveront en contact lors de leur refroidissement ou de leur condensation. Le carbone est moins volatil que le fer, il doit donc se condenser avant lui (1). Si nous avons du fer, du carbone et de l'oxygène à une haute température, il arrivera que, selon la proportion de l'oxygène, ce dernier se combinera tout ou en partie. S'il y a peu d'oxygène et beaucoup de fer et de carbone, c'est au carbone que tout l'oxygène se combinera; le fer restera libre ou sera carburé.

la densité de la terre était faible aussi. Aujourd'hui, la densité de l'eau étant prise pour unité, celle de la terre est égale environ à 5 et celle du soleil à 1 1/2.

(1) Le carbone, à une température que nous atteignons à peine, se volatilise; mais comparativement aux autres corps, c'est la substance la moins volatile. Quant à la densité de ses vapeurs, si l'on en juge d'après une foule d'analogies, on reconnaît qu'elle est très-grande. (Voir mon mémoire dans le *Journal de la Société chimique russe*, 1870, p. 28.) Par conséquent les vapeurs de carbone ont été, à une certaine époque, en plus grande abondance au centre de la terre qu'à sa surface. Je citerai encore un fait observé par M. H. Sainte-Claire Deville : les composés oxygénés du carbone se décomposent sous l'influence d'une chaleur intense. De tout ceci il résulte que le fer et le carbone ont pu exister dans les profondeurs de la terre en plus forte proportion que l'oxygène et qu'ils ont pu se combiner ensemble.

Alors il dissoudra les autres matières voisines et pourra même emprisonner dans sa masse certains mélanges mécaniquement formés.

Mais, dans les profondeurs de la terre, il n'y a jamais eu que fort peu d'oxygène, parce que le poids atomique et le poids moléculaire de ce gaz sont faibles et que de plus l'oxygène, comme on le sait, ne peut être liquéfié ni par la pression, ni par aucune autre force. Par conséquent ce fait, qu'à la surface de la terre il existe de l'oxygène libre et que ses combinaisons y abondent, n'entraîne nullement la conséquence que ce gaz prédomine dans toutes les parties du globe. Si dès lors nous considérons de la fonte ou un métal quelconque recouvert de scories, c'est-à-dire d'oxydes fondus, l'oxygène n'aura aucun moyen d'atteindre le métal lui-même. En somme, 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 du globe s'explique dès lors très-facilement.

Mais avant d'aborder cette partie de la question, je crois devoir rappeler un fait qui justifie ce qui vient d'être dit. Je veux parler des pierres météoriques. Ces corps font essentiellement partie du système solaire; comme la terre, ils proviennent de la masse primitive du soleil et ils représentent probablement les débris des parties interne et externe d'une planète quelconque. Celle-ci a été le siège de phénomènes semblables à ceux qui se passent sur la terre, car les phénomènes naturels sont partout les mêmes, si les hypothèses exposées plus haut sont fondées et si le dogme de « l'unité dans la nature » est vrai. Or parmi les météorites, beaucoup contiennent du fer. On en connaît qui contiennent du fer carburé. Ainsi, M. Daubrée (*Comptes rendus*, tome LXXIV, p. 1541; tome LXXV, p. 240) a trouvé dans une météorite, sur 30 parties de fer combiné, 3 parties de carbone combiné, et sur 40 parties de fer libre, 1 1/2 partie de carbone libre. Dans une autre météorite, il y avait même 3,6 pour 100 de carbone chimiquement combiné. Une météorite du Groënland, analysée par M. Nordenskiöld, contenait 10 pour 100 de carbone et de matière organique. Ce fer météorique chauffé a donné jusqu'à 100 volumes d'un gaz possédant une odeur résineuse (*Jahresbericht, für Chemie*, 1871, p. 1240). Enfin, dans un autre échantillon, il a trouvé 2,3 pour 100 de carbone. Ce ne sont point là des cas isolés et exceptionnels, bien que l'on rencontre du fer météorique dépourvu de carbone.

Quelquefois le métal est mélangé avec des scories pierreuse et oxydées ressemblant aux espèces dures de la surface terrestre. Mais ce qu'il y a de plus important à constater, au point de vue qui nous occupe, c'est que le fer météorique contient du carbone à la manière de la fonte. De ce carbone, une partie est mélangée mécaniquement, l'autre est chimiquement combinée.

Ce n'est pas tout. On sait aujourd'hui que les basaltes contiennent assez souvent du fer capable de réduire le cuivre dans ses dissolutions. M. Andrews a trouvé du fer dans les basaltes de l'Irlande (1853); on en a trouvé également dans ceux de la Saxe, du Groënland, et dans beaucoup d'autres. Le fer basaltique et le fer météorique se ressemblent tellement qu'on est souvent embarrassé pour classer certaines masses de fer trouvées à la surface de la terre. Mais pour nous, cela est sans importance. Ni M. Stan. Meunier, ni M. Tchernak, ni aucun des savants qui ont étudié les météorites n'a songé

à établir une séparation bien tranchée entre la terre et les météorites, quant au mode de leur formation.

Cependant le basalte n'est pas autre chose qu'une lave qui est sortie des entrailles de la terre et qui s'est répandue jadis à sa surface. Ce basalte s'est emparé d'une partie du fer contenu dans l'intérieur du globe, et l'a amené au jour, ce qui nous a permis de constater la ressemblance de ce fer avec celui des météorites. Enfin, le plus souvent, les pierres météoriques contiennent un mélange en proportions variées de fer et de matières pierreuses (1). Il n'est donc pas seulement probable, il est certain qu'il existe dans l'intérieur du globe du fer carburé, ou plus exactement et plus généralement des carbures métalliques.

Maintenant nous pouvons revenir à notre explication de l'origine profonde du pétrole. Admettons, comme on le fait généralement, que l'écorce solide du globe soit très-mince par rapport au rayon terrestre et qu'à l'intérieur de cette enveloppe solide se trouvent des masses plus ou moins liquides, entre autres des métaux carburés. Lorsque le refroidissement ou tout autre cause a amené la formation lente d'une crevasse donnant issue à une chaîne de montagnes, l'écorce terrestre s'est plissée, et, aux pieds des nouveaux monts, il s'est produit des fissures ou au moins une désagrégation des masses rocheuses qui ont été par suite comme ameublées. Dans ces terrains, l'eau a pu pénétrer profondément et arriver jusqu'aux métaux carburés (2). Que s'est-il passé alors ? Le fer et les autres métaux se sont combinés avec l'oxygène de l'eau, l'hydrogène s'est en partie dégagé et en partie combiné avec le carbone. En un mot, il s'est formé des hydrocarbures volatils. De plus, avec une pression considérable, un excès d'hydrogène et un contact prolongé, il n'a pu se produire autre chose que des carbures riches en hydrogène, et tels précisément que le pétrole. L'eau, en arrivant au contact des matières en fusion, s'est réduite en vapeur et une partie de cette vapeur s'est échappée par les crevasses du sol, emportant les vapeurs des hydrocarbures qui se sont formés. Ces hydrocarbures se sont ainsi rendus, puis liquéfiés et accumulés dans les couches déjà préparées à les recevoir.

Mais quels sont donc ces hydrocarbures ? Il est probable que ce sont précisément ceux du pétrole. La fonte blanche traitée par les acides donne, il est vrai, d'autres carbures moins riches en hydrogène ; mais si ces carbures se formaient sous l'influence d'une haute température et d'une haute pression (conditions réalisées dans les profondeurs du globe), ils ne manqueraient pas, selon M. Berthelot, de se transformer en carbures saturés, analogues à ceux du pétrole (3).

(1) M. Mohr, neptuniste acharné, s'efforce, dans le tome CLXXIX des *Annales de Liebig*, de démontrer l'origine aqueuse des météorites. Il en fait autant pour les basaltes. Mais son raisonnement est si exagéré qu'il n'a pas de partisans.

(2) Pour ne pas aller trop loin, disons qu'il suffit à l'eau de pénétrer jusqu'à un mélange de fer carburé et de matières pierreuses, c'est-à-dire jusqu'à un mélange rappelant les basaltes.

Il faut supposer aussi que l'acide carbonique, la silice, les sels dissous dans l'eau et la grande pression prennent activement part à la réaction qui s'exerce sur les carbures métalliques.

(3) Il serait intéressant d'étudier l'action de l'eau et des acides sur les ferromanganèses cristallins, dans lesquels on est parvenu à introduire jusqu'à 9 et 10 pour 100 de carbone. Traités par les acides, ces ferromanganèses donnent des gaz et des liquides dont l'odeur est exactement celle du pétrole. Je possède des échantillons de ce composé,

Ainsi en partant de ce fait, que le pétrole ne peut pas avoir une origine organique, j'ai cherché à expliquer autrement son mode de production. L'explication m'a été fournie par la disposition des sources de pétrole, par la proportion probable des métaux à l'intérieur de la terre, par le passage des eaux à travers les fissures et par l'action de l'eau sur les carbures métalliques, tels que la fonte. Pour soutenir ma thèse relative à l'origine minérale du pétrole, j'ai invoqué le « système du monde » de Laplace, l'étude des pierres météoriques et les lois des mélanges des gaz et des vapeurs. Si, en proposant cette hypothèse, je ne réussis qu'à en faire naître une autre meilleure sur l'origine du pétrole, je me tiendrai pour entièrement satisfait, car il faut que cette question soit un jour résolue.

Ainsi donc, en résumé, d'une part on suppose que le pétrole a été produit par des restes organiques : c'est l'hypothèse de l'origine organique défendue par les neptuniens. D'autre part, on peut supposer que le pétrole est dû à l'action des eaux sur les métaux carburés de l'intérieur de la terre : c'est l'hypothèse de l'origine minérale défendue par les plutoniens. Mais neptuniens et plutoniens, tous sont des théoriciens, et les hommes de pratique sont généralement d'avis qu'il n'y a rien à faire avec la théorie. C'est là cependant une grave erreur que l'on commet, surtout dans les questions géologiques. L'importante question de l'exploitation du pétrole est encore aujourd'hui dans les ténèbres ; on creuse pour ainsi dire au hasard en prenant pour guides les préjugés populaires. On se donne beaucoup de mal et souvent on n'obtient que de mauvais résultats. La solution du problème ci-dessus rendra donc d'éminents services, et elle est d'une importance spéciale pour les sources russes du Caucase. On a trouvé du pétrole tout autour de cette chaîne, et les gisements les plus considérables sont situés à ses deux extrémités. Or, on n'a pour ainsi dire aucune indication qui puisse servir de guide pour le forage des puits. Dans quels lieux doivent donc creuser ceux qui ne font que commencer les fouilles ? Si l'on s'en tient à l'hypothèse de l'origine organique, ces lieux restent nécessairement inconnus. Si l'on adopte l'hypothèse de l'origine minérale, on doit creuser, à partir des sources les plus abondantes, dans le sens de la direction de la chaîne du Caucase. De même, en Pensylvanie, on suivra la direction des Alleghanys. On comprend maintenant que si les personnes qui se livrent à l'exploitation du pétrole veulent faire économie de leur travail et de leur argent, elles ont un grand avantage à acquérir la connaissance théorique de leur industrie.

D. MENDELEEFF.

et je les dois à l'obligeance de MM. Kolokolzev et Tchernov de l'Académie Oboukhov.

Au point de vue purement scientifique, il est des ferromanganèses qui sont particulièrement intéressants. Ce sont ceux qui se rapprochent de la composition $CFeMn$ ($C = 9,9$ pour 100 ; $Fe = 46,4$ p. 100 ; $Mn = 44,7$ p. 100) correspondant à la composition CH^4 où l'hydrogène serait remplacé par des équivalents égaux de fer et de manganèse.