

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE ET CHIMIQUE

SUR

LES GISEMENTS ASPHALTIQUES DU JURA

PAR

Stanislas MEUNIER (1)

Professeur de Géologie au Museum d'histoire naturelle de Paris,
Associé étranger de la Société belge de Géologie.

De nombreuses excursions dans la chaîne du Jura, tant en Suisse qu'en France, mais surtout en Savoie et dans l'Ain, et de longues séries d'expériences exécutées dans le laboratoire, nous ont amené à étudier de nouveau la question déjà agitée bien des fois de l'origine des gisements asphaltiques.

Le résultat de ces recherches est que le bitume ne doit pas être considéré comme un élément normal du sol, au même titre que les calcaires, les argiles et les sables, auxquels il peut être associé.

Une hypothèse à laquelle on ne s'est pas assez arrêté et qui semble cependant, comme nous allons essayer de le démontrer, tout à fait vraisemblable, c'est que la matière organique, dont l'origine est indépendante des phénomènes de sédimentation et des phénomènes de soulèvement, est venue, après que le sol avait déjà acquis dans ses traits

(1) Présenté à la séance du 14 juillet 1898.

essentiels ses caractères actuels, imprégner certains matériaux à la faveur de grandes cassures traversant l'écorce terrestre jusqu'à des profondeurs inconnues.

Il nous sera aisé, une fois cette recherche faite, de décider quelles relations peuvent exister entre les différents gisements.

Pour parvenir à notre but, nous allons successivement :

1° Décrire de la façon la plus succincte possible les gisements que nous avons eu à visiter ;

2° Rechercher les liens qui peuvent exister entre l'asphalte et les matières minérales auxquelles il est associé ;

3° Rechercher les liens qui peuvent exister entre la situation des gisements d'asphalte et les grands traits orogéniques de la région ;

4° Déterminer, s'il est possible, l'époque à laquelle remonte l'acquisition par les roches asphaltiques de la matière organique qui les caractérise.

Tels seront les sujets des paragraphes suivants, après lesquels il ne nous restera qu'à formuler notre conclusion.

I. — DESCRIPTION TRÈS SUCCINCTE DES GISEMENTS ASPHALTIQUES DE LA RÉGION DE LA SAVOIE ET DE L'AIN.

Les localités que nous avons visitées sont réparties le long de la chaîne du Jura, depuis les départements de la Savoie et de l'Ain jusque dans le canton de Neuchâtel. Nous insisterons surtout sur les gisements français.

Nous avons, en premier lieu, visité le gisement de Forens, dans la vallée de la Valserine, au nord de Bellegarde. Il s'agit de calcaire appartenant au terrain urgonien, ou partie supérieure du terrain néocomien, qui fait la base de l'étage crétacé et qui se trouve bruni ou même noirci par la présence de l'asphalte. C'est à très peu de distance de Chèzery que se trouvent les exploitations, de part et d'autre du petit ruisseau qui coule sensiblement de l'ouest vers l'est. Ce ruisseau sépare les mines dites de Chèzery, qui sont situées sur sa rive gauche, au nord des mines dites de Forens-Sud, qu'on voit sur sa rive droite, au sud. Le gisement s'étend jusqu'à Belley, car on a retrouvé dans cette localité un gisement de calcaire imprégné de pétrole, inutilisable du reste. De même on a fait à Lancrau des recherches de pétrole. D'après le dire des exploitants, le gîte constituerait une sorte de lentille au

milieu de calcaire non asphaltique. Malgré la séparation que réalise le ruisseau et qui a une cause tout indépendante, il s'agit là réellement d'un seul et même gisement; c'est ce qui résulte de la comparaison que nous avons établie entre les roches des deux rives.

Dans les galeries de la mine de Forens-Nord, nous avons vu que le calcaire est fort inégalement asphaltique, suivant les points. Nous avons prélevé deux échantillons représentant, parmi les produits exploités, la qualité riche et la qualité pauvre, et quoique les variations soient trop brusques et trop nombreuses pour qu'on puisse se flatter d'arriver promptement à une moyenne, nous estimons que la grande masse de substance extraite est intermédiaire entre les deux types dont il s'agit.

L'échantillon qui nous a été signalé comme le plus riche est d'aspect fort hétérogène. On voit, sur ses cassures, se détacher de grandes régions blanches sur un fond chocolat plus ou moins clair, suivant les points. Les contours des parties blanches sont très capricieux et peu nets, et il suffit d'un coup d'œil pour qu'on se sente disposé à voir dans cette roche un banc de calcaire qui, après sa formation, a subi une infiltration bitumineuse.

Une portion ayant été finement pulvérisée et la poussière obtenue étant très claire, on en a pris 10 grammes qui ont été abandonnés pendant vingt-quatre heures dans un flacon contenant 50 centimètres cubes de sulfure de carbone pur. Nous nous sommes aperçu que ce réactif dissout entièrement l'asphalte et ne dissout que l'asphalte. Le liquide a été ensuite filtré sur de l'amianté, puis abandonné à l'évaporation dans une capsule de porcelaine tarée. On a trouvé ainsi 0^{gr},19 d'asphalte, ce qui correspond à 1.9 % seulement. Évidemment, si nous avions préalablement séparé les parties claires, la teneur eût été plus élevée, mais dans l'exploitation industrielle, une pareille séparation ne peut se faire que très incomplètement.

Un autre échantillon, donné comme pauvre, ne renferme cependant pas beaucoup moins d'asphalte (1.8 %), mais celui-ci est réparti d'une manière beaucoup plus homogène, et la roche, sans contenir de parties blanches volumineuses, est d'une couleur plus claire que la précédente.

Cette opinion est confirmée par l'examen microscopique de lames minces, qui montre l'asphalte réparti avec une abondance inégale, suivant les points.

Des tests de foraminifères sont reconnaissables çà et là, et entre eux

la calcite pure se signale par ses clivages rhomboédriques et par son activité sur la lumière polarisée.

Dans les affleurements de la rive droite du ruisseau, c'est-à-dire dans l'exploitation dite de Forens-Sud, les roches sont parfois un peu plus foncées que précédemment; aussi la distance entre les échantillons riches et les échantillons pauvres est-elle plus grande.

Un fragment de la première catégorie, qui nous a été signalé par les ouvriers comme bon au point de vue de l'exploitation, a donné, par la méthode précédemment indiquée, 4.9 % d'asphalte. On reconnaît, au microscope, que la matière hydrocarbonée y constitue un réseau de très petites veinules, très foncées en quelques parties.

Un échantillon pauvre de la même mine n'a donné que 1.49 % de matière asphaltique. C'est une roche d'apparence bréchoïde où des parties en calcaire très pur et spathique n'ont pas du tout subi l'imprégnation. On peut trouver des parties imprégnées, enveloppées de toutes parts de ce calcaire resté blanc, et la constatation de cette structure nous fournira plus tard des conclusions importantes. Ce calcaire est remarquablement riche en tests de foraminifères et spécialement de *Rotalia*.

Notre deuxième excursion a été dirigée vers les environs de Lovagny, où nous avons visité d'abord la mine de Garde-Bois. Un premier front de taille est ouvert dans une couche de 2 mètres d'épaisseur, qui est imprégnée d'asphalte sur 1^m,10 environ. Cette imprégnation est surtout intense vers la région moyenne, où nous avons trouvé 6.9 % d'hydrocarbure. Vers les bords, elle devient très irrégulière, et ce sont seulement des traces que l'on trouve en certains points (parfois, 0.4 % seulement).

L'échantillon riche se distingue de tous ceux qui ont été décrits jusqu'ici par son peu de cohésion et son état presque terreux. Il se pulvérise facilement sous la simple pression des doigts et a une couleur brune analogue à celle de beaucoup de tourbes. On y voit briller quelques grains spathiques. La roche écrasée reprend corps par la simple pression. Vu son peu de consistance, il est assez malaisé d'y faire des lames minces bien transparentes. On y constate une distribution très inégale de l'asphalte, qui forme comme des taches et des filaments entre des parties incolores et souvent cristallines; les tests de foraminifères plus ou moins déterminables abondent dans la masse. On y voit, en particulier, des vestiges ressemblant assez à des *Orbitolina*.

Dans les parties pauvres, on a un calcaire spathique taché par places d'un peu d'asphalte, et les lames minces montrent que cet asphalte

s'est insinué dans les fissures microscopiques, entre les éléments pierreux. Une veinule asphaltique traverse la préparation tout entière.

Un deuxième front de taille, très voisin du précédent, se signale par l'association aux bancs asphaltiques d'apparence ordinaire, d'un lit rempli de test de grosses coquilles qui semblent être des *Caprotines*.

Un échantillon riche offre avec celui qui a été décrit précédemment des analogies extérieures. Il est cependant moins friable, moins terreux, et l'on y voit beaucoup de petits fragments de calcaire blanc anguleux. Aussi n'a-t-il fourni que 4.4 % d'asphalte et sa couleur générale est-elle notablement moins foncée. On reconnaît au microscope que les foraminifères y sont remarquablement abondants et bien conservés.

L'échantillon rempli de tests de mollusques ne donne que 2.5 % d'asphalte; les coquilles y sont d'ailleurs trop intimement incrustées pour que leur détermination paraisse possible; elles sont très épaisses, très spathiques, et les cavités internes sont tapissées de géodes fort brillantes.

La mine dite de Montrottier est absolument au contact de la précédente. La couche exploitée y atteint une épaisseur de 3^m,65. Ici encore, on constate une imprégnation très différente, suivant les points. Un échantillon qualifié riche nous a donné 5.7 % d'asphalte, et un autre, considéré comme pauvre, 2.8 % seulement.

L'échantillon riche est d'un brun très variable, suivant les places; il renferme en outre des fragments blancs non imprégnés. Au microscope, la roche montre des fragments spathiques très irréguliers, englobés dans de la calcite grenue, à éléments très petits et mal formés. Le carbone y fait de très petites taches, irrégulièrement disséminées entre les éléments pierreux.

L'échantillon pauvre n'est pas très différent pour l'aspect; il est seulement un peu plus clair et les parties blanches y sont plus nombreuses. Au microscope, on constate que la proportion des grains spathiques, toujours stériles, est bien plus grande que précédemment, et cette différence explique immédiatement la teneur relativement faible en asphalte.

La mine de Bourbouges, tout à fait voisine des précédentes, se signale par son entrée largement ouverte au milieu d'une couche très noire, très collante et évidemment très riche en comparaison des roches précédentes.

Un spécimen pris dans la région la plus foncée, nous a donné 9.5 %.

d'asphalte. Au voisinage, on voyait, au toit d'une galerie, du bitume suinter en petites quantités; il présentait les caractères de celui que l'on peut extraire chimiquement de la roche. Ce bitume provient d'un sable superposé au calcaire et qui paraît quaternaire; mais il faudrait savoir s'il a été fourni à ce sable par le calcaire crétacé ou s'il a été formé directement dans sa substance. Nous aurons à revenir sur ce point.

Au microscope, on voit dans la roche riche, outre les éclats de calcite et le calcaire grenü, des éléments sphéroïdaux, dérivant peut-être du test de foraminifères.

Un échantillon pauvre contraste vivement avec le précédent par sa couleur relativement claire. Il est traversé par des joints sensiblement parallèles entre eux, qui lui donnent une structure vaguement schisteuse; dans ces joints, l'asphalte s'est collectionné et est plus abondant qu'ailleurs. Vers les bords des fragments naturels, dont la forme est absolument indépendante de l'orientation de ce grossier *feuilleté*, on voit une zone relativement claire, qui correspond à la combustion lente de la matière organique sous l'influence des eaux aérées. Nous y avons dosé 4.6 % d'asphalte.

Au microscope, cette roche est remarquable par l'abondance de tests de foraminifères.

La richesse du banc de Bourbouges, d'ailleurs peu étendu en surface, a conduit à construire à proximité une usine dont la concession date de 1838 et qui, depuis 1853, fabrique des pains de bitume par le mélange de la roche naturelle avec des asphaltes de provenance étrangère.

La mine de Chavaroche, que nous avons visitée et qui est très voisine des précédentes, est remarquable surtout par l'abondance des suintements asphaltiques au toit de la galerie. Ces suintements sont associés en maints endroits à du calcaire stalactitique de formation actuelle, et il se fait, entre l'asphalte et la calcite, une association qui n'est pas sans analogie avec celle dont plusieurs variétés de roches exploitées nous ont déjà donné des exemples. Nous avons trouvé dans les mélanges récents 5.1 % d'asphalte.

Un échantillon moyen et plutôt riche, pris au milieu de la zone naguère exploitée, a fourni 5.2 % de carbure. Sa structure microscopique ressemble à celle des roches précédemment mentionnées.

Dans toutes les mines des environs de Lovagny, l'asphalte se trouve réuni dans deux couches de calcaire d'environ 4 à 5 mètres d'épaisseur et qui sont séparées par un banc de roche blanche. C'est dans la couche supérieure que les exploitations importantes sont ouvertes. L'étendue

des parties imprégnées est d'ailleurs fort restreinte et, d'après le témoignage des ouvriers, elle ne s'étend pas à plus de 50 mètres en tous sens, constituant des espèces de lentilles dont la région médiane est toujours la plus riche.

Nous avons apporté une attention toute spéciale à la visite des mines de Pyrimont (dites de Seyssel), remarquables par l'étendue de leurs galeries, la richesse régulière de leurs produits, le nombre de couches exploitées et l'importance de l'usine où sont traitées les matières extraites.

Huit niveaux superposés fournissent de la roche asphaltique et paraissent se retrouver terme à terme des deux côtés du Rhône. Nous avons d'abord visité le gisement de Volant, situé sur la rive gauche, et pénétré jusqu'au fond des galeries où l'exploitation est très active. Les divers niveaux sont cantonnés dans des couches sensiblement parallèles, séparées par des horizons stériles. Ils ne remplissent d'ailleurs pas les couches qui les contiennent et y constituent plutôt comme des taches plus ou moins étendues. Des sondages ont permis de déterminer le contour de ces portions imprégnées, et l'on a constaté qu'elles sont loin de se recouvrir exactement. Il est très remarquable que le niveau le plus inférieur, qui se subdivise d'ailleurs en première couche et en huitième couche, récemment découverte, s'étend bien plus à l'ouest que tous les autres. Le deuxième niveau ne s'y superpose que très partiellement et le dépasse considérablement à l'est. Le troisième le recouvre encore moins; il recouvre un peu le deuxième et s'étend beaucoup à l'est, et ainsi de suite jusqu'au septième niveau supérieur, qui est le plus oriental.

Sur la rive droite du Rhône, nous avons visité le gisement de Pyrimont, et là encore nous avons constaté, avec une très grande netteté, la disposition relative des sept niveaux. Seulement, c'est vers le nord et non plus vers l'est que se fait la transgression.

Dans le gisement de Volant, le septième niveau d'asphalte est recouvert de plusieurs couches stériles, constituant la haute colline qui domine l'exploitation. Nous y avons relevé la coupe suivante :

Graviers et galets quaternaires	50 mètres.
Grès marneux un peu asphaltique	40 —
Sable	1 —
Roche asphaltique (3 ^e couche).	4 —
Calcaire compact avec des suintements asphaltiques	(épaisseur inconnue.)

L'analyse d'un calcaire asphaltique des environs de Seyssel a été faite au bureau d'essai de l'École des mines. Elle a donné :

Argile	3 00
Sesquioxyde de fer	2.60
Chaux	45.00
Magnésie	3.30
Acide sulfurique	0.20
Acide phosphorique	0.20
Eau et acide carbonique	38.60
Matière bitumineuse	6.70
	<hr/>
	99 60

En soumettant l'asphalte de Seyssel à la distillation fractionnée, on a obtenu les résultats suivants :

	Densité.	Proportion pour ‰.
Eau ammoniacale	—	10
Huile jaune distillant de 80° à 150°.	0.863	96
— jaune foncée — 150° à 200°.	0.888	58
— rougeâtre — 200° à 250°.	0.907	112
— — — 250° à 300°.	0.922	310
— rouge brun distillant au delà de 300°	0.958	275
Produits solides	—	139
	<hr/>	
TOTAL.		1.000

Nous avons prélevé dans la huitième couche, la plus profonde et la plus récemment découverte, un échantillon qui nous a fourni 8.5 % d'asphalte pur. Il constitue une des variétés les plus riches de toute la région. C'est une roche assez foncée, présentant des matières noirâtres, dans lesquelles l'asphalte est plus abondamment concentré qu'ailleurs. Au microscope, on n'y voit pas de fossiles, et ce qui domine ce sont des éclats transparents tout maclés de calcite, entièrement solubles dans l'acide chlorhydrique étendu.

A côté de cette teneur relative à la couche la plus profonde, il est intéressant de considérer la teneur de la septième couche, c'est-à-dire la plus supérieure dans la série stratigraphique. Un échantillon de cette septième couche a donné 7.2 % d'asphalte, c'est-à-dire un résultat peu différent. D'aspect, la roche est aussi assez analogue à la précédente.

Le grès marneux qui surmonte les gisements est un peu asphaltique; nous y avons noté 2.7 % de substance soluble dans le sulfure de carbone. C'est une roche très sableuse, friable, verdâtre panaché de brunâtre.

Comme exemple de roche stérile interposée entre les niveaux asphaltiques, nous avons examiné le calcaire compact mentionné dans la coupe au-dessous de la septième couche. Il a donné 1.8 % d'asphalte et celui-ci a continué dans les fissures sous forme de suintements très irréguliers.

Au microscope, en lame mince, cette roche se montre extrêmement riche en tests de foraminifères, reliés entre eux par de la calcite traversée des clivages caractéristiques.

Enfin, nous avons prélevé sur la rive droite du Rhône, dans le gisement de Pyrimont proprement dit, un échantillon qui nous a fourni le plus fort dosage d'asphalte de toute la série récoltée. La proportion de carbure s'y est élevée à 11.2 %; ce qui nous paraît être le maximum de ce que l'on peut rencontrer dans les gisements ci-dessus décrits.

Cette teneur relativement faible explique comment les calcaires asphaltiques de cette portion du Jura ne sont jamais employés seuls. Dans la très intéressante usine de Pyrimont, on le mélange avec des asphaltes provenant de la Trinidad, ou avec des produits artificiellement extraits des bogheads, pour en faire un mastic que l'on coule en pains cylindriques pour la confection des trottoirs. Certaines qualités, après un mélange convenable, servent à l'établissement de chaussées comprimées.

II. — DES LIENS POSSIBLES ENTRE L'ASPHALTE ET LES MATÉRIAUX MINÉRAUX AUXQUELS IL EST ASSOCIÉ.

Après la description très sommaire des différents gîtes d'asphalte de la région du Jura français à laquelle nous venons de nous livrer, la comparaison que l'on peut établir des uns aux autres devient très intéressante.

Un premier fait qui ressort de notre examen, c'est que la roche asphaltique peut varier beaucoup d'un cas à l'autre.

C'est ainsi que près de Lovagny, et spécialement à Bourbouges, nous voyons l'asphalte imprégner des graviers plus ou moins grossiers, que l'on est généralement d'accord pour considérer comme quaternaires.

A Pyrimont, dans la colline de Volant, des grès fins quartzeux à

ciment argileux nous ont donné, comme on l'a vu, une proportion notable de carbure d'hydrogène.

Toutefois, dans la région que nous avons étudiée, la roche asphaltifère par excellence est le calcaire, mais il convient d'ajouter que le calcaire à asphalte appartient à plusieurs variétés.

Plusieurs échantillons sont tout à fait compacts et même presque spathiques, et c'est ce que montrent certaines couches de l'un des fronts de taille de Gardebois. Ce calcaire relativement très dur est fissuré, et l'examen microscopique montre que la matière bitumineuse existe exclusivement dans les fissures et jusque dans certains joints de clivage, sans jamais constituer un mélange intime et uniforme avec la matière pierreuse.

On peut même dire tout de suite que la vue de ce spécimen impose à l'esprit l'opinion que l'asphalte s'est introduit dans la roche après sa constitution, et l'on verra combien ce point de vue sera confirmé.

Comme contraste, on peut citer des calcaires très friables parmi ceux qui sont le plus riche en matières bitumineuses. Au microscope, on y reconnaît cependant la calcite bien caractérisée et parfois abondante. Elle se montre souvent comme un agrégat cristallin dont le ciment est avant tout l'asphalte, mais qui admet aussi de la matière argileuse et parfois du calcaire terreux.

Plusieurs variétés de calcaires fossilifères, plus ou moins friables et parfois même très friables, se sont montrées chargées d'asphalte, et leur examen a d'autant plus d'intérêt qu'on a agité la question de savoir si la présence de l'asphalte ne dérive pas de l'existence de corps organisés.

Il y a lieu à cet égard de distinguer, parmi les corps fossiles, les foraminifères et les mollusques. Les premiers sont parfois si abondants que leurs tests constituent une portion importante de la roche. Ces tests sont formés de calcaire grenu et fort peu transparent, qui contraste avec les portions très cristallines constituant, entre les coquilles, comme un ciment général. L'asphalte paraît distribué d'une façon tout à fait indépendante de celle des coquilles; il forme de petites veinules entre les divers éléments de la roche, qu'ils soient organisés ou non.

Les mollusques sont spécialement des pélecypodes et avant tout des Caprotines, généralement mal déterminables. A Gardebois, ils forment une vraie lumachelle dans laquelle les coquilles se détachent nettement par une matière blanche et spathique sur le fond général brun chocolat de la roche. Ici encore l'imprégnation bitumineuse semble n'avoir aucun lien direct avec la distribution ou l'abondance des restes d'animaux.

Un échantillon, venant de Pyrimont, contient deux Orthocératidés qui sont pyritisés.

Comme contraste à cette variété de la roche imprégnée d'asphalte, il importe d'insister sur la constance de l'asphalte lui-même, qui, dans tous les cas, nous a présenté les mêmes caractères physiques et la même composition.

On a vu que la méthode de dosage que nous avons adoptée et dont l'exactitude nous a été démontrée par des contrôles variés, repose avant tout sur la stabilité de l'asphalte dans le sulfure de carbone. Ce réactif, que l'on ne paraît guère avoir employé avant nous à cet usage, amène la décoloration complète des roches asphaltiques de l'Ain et de la Savoie, et le résidu ne donne plus, par la chaleur, que des traces insignifiantes de matières bitumineuses.

L'évaporation de la solution ainsi produite procure de l'asphalte pur, que nous avons comparé à celui de plusieurs localités bien étudiées et qui s'est montré, dans tous les cas, identique avec le bitume de Lobsann.

Nous lui avons particulièrement fait subir les opérations décrites par Boussingault dans son mémoire classique (1), et nous en avons vérifié toutes les propriétés principales.

Le point le plus essentiel de cette étude à retenir pour le moment, c'est que l'asphalte brut se comporte comme un mélange d'asphalte pur et de pétrole (pétrolène de Boussingault). On verra, en effet, que cette constitution est conforme à celle qui doit résulter de l'origine même de l'asphalte, introduit vraisemblablement dans les roches, à l'état de dissolution dans un pétrole peu à peu disparu par évaporation. Du reste, le pétrolène lui-même se transforme peut-être en partie en asphalte par oxydation, suivant l'opinion de Boussingault (2); mais cette réaction ne saurait être que très secondaire par rapport à la première.

Il convient enfin, à cause de certaines théories avancées par des géologues très estimés et spécialement par M. Jaccard, de constater que les roches au sein desquelles s'est opérée la décomposition lente des débris organiques végétaux ou animaux, ne contiennent pas d'asphalte ou n'en renferment que très exceptionnellement. A cet égard, nous avons fait des expériences qui nous paraissent très probantes.

Tout d'abord, il importe de constater que l'asphalte ne semble pas exister en quantité sensible dans les roches souvent qualifiées de bitu-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1^{re} série, t. LXIV, 1837, p. 141.

(2) *Idem*, p. 148.

mineuses et qui se présentent, à tant de niveaux géologiques, comme imprégnées des produits de décomposition de matières organiques animales ou végétales.

Nous avons d'abord examiné, à ce point de vue, des calcaires carbonifères renfermant des coquilles et reconnaissables à leur couleur très noire et à l'odeur fétide qu'y provoquent les chocs. Ces roches, réduites en poudre fine et mises en digestion dans le sulfure de carbone, ne cèdent véritablement rien à ce dissolvant cependant si actif de l'asphalte. Nous signalerons spécialement à ce sujet un calcaire noir des environs de Namur, qui, sous le choc du marteau, exhale une odeur qui ne peut mieux se comparer qu'à celle de la vidange.

Des schistes dits bitumineux, provenant de diverses localités, par exemple d'Autun, bien que procurant de l'huile minérale par la distillation, nous ont donné le même résultat négatif et doivent être considérés comme ne renfermant pas non plus d'asphalte en quantité sensible.

Les divers combustibles minéraux d'origine végétale, comme la houille et le boghead, sont dans le même cas : le sulfure de carbone ne leur emprunte que des quantités extrêmement faibles d'éléments solubles qui ne sont pas identiques avec l'asphalte.

Enfin, il en est encore de même pour les couches singulières où l'on trouve, avec des fossiles, des matériaux filoniens et qui donnent des matières carburées par la distillation. Le cinabre d'Idria, par exemple, ne laisse rien dissoudre dans le sulfure de carbone; le schiste cuprifère du Mansfeld, célèbre par l'abondance des poissons qu'il contient, cède un peu de matière brunâtre, mais qui n'est pas du véritable asphalte.

Ces expériences analytiques acquièrent toute leur valeur par la comparaison de leur résultat constamment négatif avec le fait de la présence, sans exception, de l'asphalte dans toutes les roches bitumineuses d'origine profonde, telles que celles que fournissent le Pont-du-Château et le Puy-de-la-Poix en Auvergne, telles que les pétroles du Canada et de Madagascar, les cires fossiles ou ozocérites de Galicie, etc.

III. — INDÉPENDANCE DES GISEMENTS ASPHALTIQUES AVEC LES PHÉNOMÈNES SÉDIMENTAIRES. — LIAISON DE L'ASPHALTE AVEC LE PÉTROLE ET AVEC LES GAZ COMBUSTIBLES.

Les faits réunis dans le paragraphe précédent nous amènent à faire un pas décisif dans la question qui nous occupe.

En effet, nous venons de voir que, d'une part, l'asphalte est toujours

semblable à lui-même et constitue vraiment une substance définie, très distincte d'autres matières combustibles et charbonneuses, renfermées comme lui dans les entrailles de la terre, et, d'autre part, que la roche à laquelle il peut être associé varie d'un point à l'autre, dans des limites très larges.

On peut tirer de ce double fait la notion très importante que l'asphalte doit être, quant à son origine, parfaitement indépendant des masses minérales qu'il imprègne, et par conséquent que sa présence dans telle ou telle localité doit tenir à d'autres causes que celles d'où dérive la sédimentation elle-même.

S'il en est ainsi, les liens mutuels des différents gîtes asphaltiques, plus ou moins comparables par la nature du produit qu'ils fournissent, peuvent être bien différents de ceux qu'on aurait pu imaginer *a priori*.

Il nous a paru intéressant, pour préciser les questions d'origine des gîtes et en conséquence celle des relations mutuelles qu'ils peuvent avoir, de rechercher expérimentalement comment de l'asphalte rendu mobile par un dissolvant convenable, devient apte à pénétrer dans les roches diverses constituant les assises naturelles.

Des fragments de différentes roches, gréseuses, schisteuses et calcaires ont été abandonnés dans la solution d'asphalte pendant un temps plus que suffisant pour que les bulles d'air aient été chassées et que l'imbibition ait pu se faire. Après dessiccation, ces fragments ont été réduits en lames minces, puis examinés au microscope. On a reconnu alors la conformité la plus grande avec les faits naturels.

Les argiles et les schistes ne se sont point laissés imprégner, et c'est seulement dans des fissures larges que l'asphalte a pénétré. Il en a été de même dans les calcaires très compacts, comme les marbres cristallins, ou très serrés, dont seules les fissures de dimensions sensibles ont été bituminisées.

Au contraire, les sables, les grès friables et les calcaires poreux, comme le calcaire à foraminifères du terrain urgonien, le calcaire à millioles des environs immédiats de Paris, ont bu la solution d'asphalte, et celle-ci s'y est répartie en veinules anastomosées comme dans les spécimens naturels.

La conclusion principale de ces observations et de ces expériences, c'est que la richesse d'un gisement dépend avant tout de deux choses :

1^o De l'abondance avec laquelle l'asphalte a pu y être apporté par un mécanisme à déterminer ;

2^o De la facilité avec laquelle les roches préexistantes ont retenu cet asphalte, qui tantôt traverse le gisement par les fissures pour aller se

collectionner ailleurs, tantôt, au contraire, imprègne tous les pores des roches et perd ainsi sa fluidité initiale.

Il faut ajouter d'ailleurs que cette fluidité originelle de l'asphalte peut théoriquement provenir de trois causes, entre lesquelles il nous sera aisé de choisir :

- 1° Sa haute température, perdue peu à peu;
- 2° Sa constitution progressive par modification chimique d'un composé antérieur;
- 3° Sa séparation d'un véhicule qui lui servait de dissolvant.

La première opinion n'est pas vraisemblable, car le terrain ne manifeste pas de traces d'échauffement, non pas qu'il faille beaucoup de chaleur pour fondre l'asphalte, mais parce qu'il n'en faut pas beaucoup non plus pour faire perdre aux roches leurs caractères initiaux.

Du reste, une raison suffisante pour ne pas recourir à cette hypothèse relativement compliquée, c'est qu'une autre, beaucoup plus simple, va se présenter à nous avec tous les caractères de la probabilité la plus forte.

La seconde supposition paraît pouvoir résulter des vues de Boussingault sur les rapports mutuels de son pétrolène et de son asphaltène. Ce dernier, qui est l'asphalte, résulterait « de l'oxydation du pétrolène (1) ». Pour ne point accepter cette supposition, il suffit de constater que la production de l'asphalte a eu lieu dans des régions dont le caractère chimique est éminemment réducteur. Situées loin de la surface du sol et renfermant parfois des éléments essentiellement oxydables, comme la pyrite, les couches asphaltifères n'auraient été aucunement favorables à l'oxydation dont il s'agit.

Il ne reste donc à supposer que l'apport de l'asphalte en solution dans un véhicule fluide, qui a pu disparaître comme par une évaporation.

Or ici les indices abondent pour la vraisemblance de cette supposition et l'on peut même dire de sa nécessité.

On va voir, en effet, qu'il existe dans le sol, en certaines régions, des dissolvants de l'asphalte et, en second lieu, il ne sera pas difficile de montrer qu'en certains pays la concentration de l'asphalte se fait précisément par l'évaporation du dissolvant en question.

Le dissolvant naturel de l'asphalte est le pétrole, et les observations de Boussingault sur la coexistence de ces deux matières dans les bitumes de l'Alsace, montrent simplement qu'à Pechelronn et à Lobsann l'évaporation du véhicule n'est pas encore complète.

(1) Mémoire cité, page 148.

Pour le démontrer, nous avons commencé par réaliser la dissolution artificielle de l'asphalte dans le pétrole et nous avons obtenu ainsi l'imitation de certains pétroles bruts, noirs et épais, comme on en exploite en bien des pays, au Canada, par exemple. Nous citons cette région parce que le Muséum en possède de nombreux échantillons, bien authentiques, et qu'il nous a été facile d'étudier de très près.

En second lieu, nous avons recherché directement dans ces pétroles noirs l'asphalte bien caractérisé. Pour cela, le liquide brut a été abandonné à l'évaporation spontanée. La matière résiduelle a été reprise par le sulfure de carbone et le bitume dissous a été dosé comme il a été dit précédemment.

Or, dans la nature, les localités sont très fréquentes où le pétrole est associé à l'asphalte; il est même très ordinaire, près des sources *spontanées* de pétroles et de carbures analogues, de trouver le sol *encrassé* de substances bitumineuses.

Le mélange des pétroles aux asphaltes s'étend jusqu'aux gaz combustibles qui sortent spontanément du sol dans tant de régions et dont la considération nous sera d'autant plus utile que dans le Jura et les Basses-Alpes, on en a des exemples très significatifs.

Au Puy-de-la-Poix (Puy-de-Dôme), d'après le témoignage de M. Nivet (1) : « Lorsqu'il n'existait pas encore le bassin actuellement disposé pour recueillir les produits, on pouvait suivre de l'œil la sortie de l'eau, du gaz et du pissasphalte. On voyait alors s'échapper de temps en temps des séries de bulles d'hydrogène sulfuré, mêlé d'acide carbonique, chassant devant elles de petits amas de bitume qui s'étaient en *s'entourant d'une auréole irisée*. » Cette pellicule n'est autre chose qu'un peu de pétrole qui se sépare du pissasphalte.

De même en Alsace, aux environs du Pechelbronn, l'asphalte est mélangé à du vrai pétrole. Wimpheling, qui écrivait en 1498, dit que depuis longtemps déjà on se servait de ce bitume; pendant le XVI^e siècle, l'eau fournissait spontanément de l'*huile minérale* en si grande quantité que les paysans des environs s'en servaient pour alimenter leurs lampes et pour graisser leurs voitures (2). De nos jours, on exploite en outre, dans le même pays, des couches qui donnent des gaz combustibles en abondance.

Coquand a étudié des gisements bitumineux en Albanie, où l'on voit nettement que l'asphalte doit son état glutineux au mélange d'une forte proportion de naphte.

(1) *Les eaux minérales du Plateau central*, p. 245.

(2) Voyez le *Tabernæ Montani Wasserchatz*, 1584.

Les mêmes circonstances se reproduisent en Algérie, où l'on voit dans le Dahra (département d'Oran, qui fait partie de la chaîne située en face de la plaine du Chélif, une source de *pétrole glutineux*.

L'asphalte type de la mer Morte s'élève à la face de l'eau, en association avec du naphte qui, en s'évaporant, abandonne le bitume solide.

Il est tellement ordinaire au Nouveau-Brunswick que l'asphalte soit accompagné de pétrole, que M. Hitchcock (1) émet l'opinion que ce bitume résulte du *durcissement du pétrole*.

Cette même association se retrouve à chaque instant dans les pétroles proprement dits qui, fréquemment, renferment de l'asphalte. Par exemple, un pétrole brut du Caucase, analysé par M. Sherdon-Muspratt, renfermait :

Charbon	1
Naphte de couleur claire	42
Naphte jaune et lourd	50
Pissasphalte	5
	<hr/>
	98

En Alsace et dans le Hanovre, le pétrole est associé à du bitume, qui est surtout abondant vers les parties supérieures des gîtes.

Dans le terrain tertiaire inférieur de la Galicie, le pétrole est associé au sel gemme et au bitume de la manière la plus intime.

Dans son étude des gisements de pétrole de la Valachie (Bologne, 1868), M. Capellini constate que divers bitumes accompagnent normalement le liquide combustible, ainsi que des émanations de gaz carboné.

Tout le monde sait que dans une grande partie de l'ouest et du nord-ouest de la Russie, le pétrole qui suinte du sol y apporte en grande quantité une espèce de bitume connu sous le nom de *kire*, et qui est employé au chauffage des locomobiles. De même dans le nord du grand Empire, les couches pétrolifères sont parfois très bitumineuses : le *domanik* des bords de la Petschora en est une variété très connue. C'est cette roche qui, plongeant à une profondeur considérable, contient les sources de naphte de l'Oukhta et du Tchouth. Jusqu'à la profondeur de 12 mètres, le pétrole ne paraît qu'en petite quantité; mais plus bas, on rencontre du naphte en telle quantité qu'un puits en a donné jusqu'à 700 kilogrammes par jour.

(1) *American Journal*, t. XXIX, p. 267.

Les mêmes observations se répètent, mais sur une échelle beaucoup plus considérable, dans toute la région caucasienne, où nous avons eu récemment l'occasion de nous en rendre compte nous même *de visu*, et spécialement dans les localités si célèbres de Tchlekene et d'Ap-scheron, à Taman et jusque dans la presqu'île de Kertsch. Dans l'île Sainte, le naphte est extrêmement épais et ne donne que 15 % de pétrolé. Partout dans le pays où l'on trouve le *kire*, on est sûr de rencontrer le pétrole dans les profondeurs, et c'est cette remarque qui a conduit à la découverte des incomparables gisements de Bakou. Les gisements d'asphalte situés près de la station de Mikailowsk et des eaux minérales de Sleptow, ainsi que les amoncellements considérables de *kire* situés près de la station de Goriatchevolok, démontrent la présence souterraine du naphte.

Les études faites en Circassie confirment pleinement la liaison intime du pétrole et de l'asphalte. Il en est encore de même dans le Turkestan, où les sources de naphte sont toutes indiquées par des dépôts de *kire*.

D'après M. Lyman, le pétrole qui jaillit du sol dans le Pundjab (Indes anglaises), apporte de l'asphalte qui s'accumule à la surface du sol.

Les gisements américains de pétrole, au Canada comme en Pensylvanie, en Virginie, au Kentucky, en Tennessee et ailleurs, fournissent à chaque pas la reproduction des faits précédents.

Ajoutons que dans un très grand nombre de gisements, l'asphalte et le pétrole sont en outre associés à des gaz inflammables. Le fait est d'autant meilleur à enregistrer ici, qu'il se reproduit dans la région jurassienne dont l'étude nous occupe d'une façon spéciale.

C'est ainsi qu'à Pechelbronn, en Alsace, les gaz se sont montrés de plus en plus abondants au cours des exploitations. Certaines veines de sables bitumineux exhalent l'hydrogène protocarboné avec une abondance telle, qu'il s'est produit à plusieurs reprises des inflammations dans les travaux.

De même en Moldavie et en Valachie, où le pétrole est trop peu abondant pour qu'on puisse l'exploiter à la source et où il faut pratiquer des puits de 1 mètre de diamètre environ, on constate que quand le pic a entamé les couches à pétrole, le dégagement des gaz carbonés est parfois assez abondant pour causer l'asphyxie de l'ouvrier qui travaille au fond du puits.

En Pensylvanie, l'huile est sortie dans les premiers temps avec une grande quantité de gaz, et de graves accidents ont même fréquemment été provoqués par cette association. On est parvenu par des tubages

particuliers à opérer une sorte de séparation de ces deux catégories de produits, et les gaz sont employés au chauffage des chaudières.

Nous pourrions, mais sans bénéfice, multiplier les exemples de ce genre qui ont été récemment étudiés avec détails, dans l'Indiana par M. Arthur-John Phinney et dans la vallée centrale de Californie par M. L. Watts.

Ceci posé, il convient d'insister sur ce fait remarquable que les gisements asphaltiques de la région du Jura sont en connexion avec des indices de pétrole et des dégagements gazeux.

Ainsi, à Lelex, tout au voisinage de Chézery, où tout à l'heure nous étudions les calcaires asphaltiques de Forens, il existe des couches où l'asphalte est inutilisable à cause de son mélange avec une quantité trop considérable de vrai pétrole.

A Lancrans, dans la même région, on fait actuellement des recherches de pétrole qui paraissent devoir être couronnées de succès.

Quant aux gaz, on peut citer comme peu distant des localités qui nous intéressent, le curieux gisement de Châtillon, dans la Haute-Savoie.

Dans les environs de ce point, le sol laisse dégager, en beaucoup d'endroits, de l'hydrogène carboné, que plusieurs habitants utilisent même pour l'éclairage. Il suffit souvent de percer un simple trou de 1 mètre de profondeur pour obtenir le gaz en abondance. Certains trous ont ainsi alimenté des flammes de 2 à 5 mètres de hauteur pendant cinq heures consécutives.

Un sondage de 10 mètres, exécuté à Prèle, a donné un dégagement abondant de gaz, qui a brûlé pendant quinze jours. Au moment où l'on débouchait le trou de sonde, on entendait un bruit sourd bientôt suivi de dégagement de gaz.

On a constaté aussi à l'est de Châtillon la présence de pétrole dans le fond d'un puits mesurant 30 mètres de profondeur.

D'après M. Lheureux, le gaz de Châtillon contient :

Gaz des marais	85
Gaz oléfiant	4
Acide carbonique	4
Oxygène	4
Hydrogène sulfuré	traces
Hydrogène et azote.	3

C'est comme appendice que l'on peut mentionner ici un gisement analogue, situé au nord-ouest de Buis-les-Baronnies, près de Nyons, dans la Drôme. Le sol y dégage de l'hydrogène carboné avec un débit d'environ 100 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Ce jet gazeux est situé à la base d'une montagne profondément découpée dans la direction du nord au sud. Au début, le gaz s'exhalait à travers des marnes déjà remuées; mais en creusant le sol à une profondeur de 3 mètres environ, on constata qu'il venait à travers une fissure de 1^m,20 de longueur et d'une épaisseur de 1 millimètre, dans une couche de marne très dure appartenant au lias.

Actuellement, le gaz est recueilli dans une petite citerne cimentée à laquelle on a adapté un tuyau de fer de 3 centimètres de diamètre, et il brûle constamment à plein tuyau, projetant une flamme très vive de 50 centimètres de hauteur.

Il existe sur le même point des sources très abondantes d'eaux sulfureuses, d'eaux salées et d'eaux magnésiennes. En creusant le sol pour établir la citerne, on a constaté la présence de *crasse de pétrole*, c'est-à-dire d'asphalte.

IV. — LIAISON POSSIBLE DE CES DIVERS GISEMENTS AVEC LES GRANDS TRAITS OROGÉNIQUES DE LA RÉGION.

S'il résulte avec évidence des faits précédents que les gisements d'asphalte de la région jurassienne sont parfaitement indépendants des roches calcaires, sableuses ou autres avec lesquelles le bitume est associé, il n'en est pas moins évident qu'ils manifestent des relations mutuelles et ne sont pas distribués au hasard.

C'est ainsi qu'il existe une réunion certaine entre les gisements, cependant fort éloignés l'un de l'autre, de Pyrimont et du Val-de-Travers. Les conditions générales sont les mêmes, les roches sont tout à fait comparables, les asphaltes sont identiques.

En comparant tous les spécimens que nous avons recueillis et analysés, on reconnaît que la seule différence des uns aux autres réside dans la proportion plus ou moins grande qu'ils contiennent d'un bitume, présentant toujours les mêmes caractères.

Il suffit de reporter sur une carte la situation de ces différentes mines pour s'apercevoir qu'elles obéissent à une loi générale d'alignement, qui est en rapport incontestable avec les grands traits orogéniques de la région. Les lignes qui les réuniraient suivant leur proximité seraient

parallèles aux lignes de faîtes du Jura et par conséquent aux lignes de fractures dont le pays est traversé.

C'est là un fait de très haute importance, sur lequel nous ne saurions trop insister. On peut ajouter d'ailleurs que c'est un fait très fréquent, observé dans un très grand nombre de régions distinctes. Foucou, dans une notice spéciale, a insisté naguère sur les circonstances d'alignement des gîtes de pétrole et de bitume français, et a publié une carte, dressée par M. Thoulet, où ses résultats sont coordonnés. Le même auteur a signalé des faits analogues pour les sources bitumineuses de la chaîne des Karpathes. De Hochstetter pense que les émanations bitumineuses ont profité d'une grande ligne de dislocation, traversant la Galicie en écharpe. Dans le Caucase, la liaison des gîtes avec les traits orogéniques du pays a été signalée bien des fois.

Au Canada comme aux États-Unis, les sources de pétrole les plus riches sont dans les parties où les couches sont ployées et sur les axes anticlinaux. Dans les parties où les couches ont été brisées, il s'est formé des cavités de tous ordres, qui servent de collecteurs et dans lesquelles l'huile minérale s'est rassemblée en abondance.

En général, d'après M. Hœffer, le gisement du pétrole en Amérique rappelle les filons-couches et l'huile a dû venir après coup, aussi bien dans les fentes que dans les sables pétrolifères. Un bel exemple est visible à cet égard à Ritchie, dans la Virginie occidentale, où le bitume constitue un vrai filon vertical au travers du terrain houiller. Ce filon, exploité sur une étendue de 1 kilomètre et une profondeur de 100 mètres, varie d'épaisseur avec les roches traversées. Il mesure 1^m,20 dans les bancs de calcaire et se réduit à 0^m,75 dans les schistes. Le carbure n'a du reste aucunement pénétré dans les masses encaissantes.

Un autre point qui concorde avec le précédent, c'est que le centre d'où émanent le pétrole et l'asphalte, paraît nettement, dans bien des cas, être inférieur au granit et ne dépendre par conséquent en aucune façon de la composition des roches stratifiées.

Humboldt a insisté déjà sur les conditions du pétrole de Cumana, qui sort directement du micaschiste (1). On sait que dans la province de Wermland, dans la Suède occidentale, le gneiss et le micaschiste sont imprégnés de bitume avec une telle abondance que ces roches en sont complètement noires. La distillation en retire 9 % de gaz et d'huile.

(1) Cité par LECOQ, *Eaux minérales*, p. 149.

La même origine profonde est indiquée par la présence de l'asphalte dans les filons d'argent de Kongsberg et dans les veines de quartz de Norberg (Suède), au milieu du terrain primitif.

Du reste, l'origine profonde paraît manifeste, même dans des points où le sol est cependant formé vers la surface de roches stratifiées. C'est ainsi que Lecoq n'a pas hésité à rattacher à une semblable origine le bitume qui sort du Puy-de-la-Poix et à Pont-du-Château.

Rozet pense que l'asphalte de Seyssel a la même origine que les sorties de basalte, c'est-à-dire qu'il dérive du laboratoire volcanique.

Coquand, à la suite de son étude des gisements pétrolifères des Karpathes, émet l'avis que la réaction qui a donné naissance à l'huile minérale doit être recherchée « dans les profondeurs du foyer incandescent de la terre ».

Dans la Pensylvanie occidentale, on a remarqué que la quantité de pétrole est proportionnelle à la profondeur atteinte par les forages. Les plus productifs sont à la profondeur de 180 à 200 mètres. La qualité elle-même paraît être en rapport avec la profondeur des puits, puisque les huiles légères viennent des plus grandes profondeurs. La plupart des huiles de West-Virginia qui sortent du terrain houiller sont lourdes et servent principalement pour le graissage des machines.

Dans la région de Bakou, le *kire* s'exploite aux environs du volcan de Boue de Kir-Makou. Le commencement d'une éruption prétrouffière est un phénomène à aspect véritablement volcanique; la boue et les pierres sont projetées, et c'est à leur suite que sourdent les huiles minérales et les asphaltes. D'après Abich, tous les gisements de la presque île de Taman sont liés d'une manière intime à la dislocation du terrain.

D'ailleurs, certaines sources bitumineuses fonctionnent depuis si longtemps qu'on ne saurait s'imaginer des amas de houille assez puissants pour les alimenter. Virlet d'Aoust a calculé que, pour les seules sources de Xantes, depuis Hérodote qui les cite, il n'eût pas fallu moins de 174 millions de quintaux de houille; et comme leur écoulement est de beaucoup antérieur à l'antique historien, toutes les mines de houille de l'Angleterre réunies n'auraient pu suffire à alimenter, par leur distillation lente, les seules sources de cette île.

A propos des pétroles provenant de l'Amérique du Nord, Cahours et Pelouze ont émis l'opinion suivante, qui doit trouver place ici :

« Dans les échantillons nombreux qui nous sont parvenus de sources assez diverses, nous n'avons jamais rencontré ni benzine ni aucun de ses homologues, ce qui semblerait indiquer qu'on ne saurait faire

dériver ces carbures de la houille, ou que, s'ils en proviennent, il faudrait admettre que cette substance aurait éprouvé une décomposition différente de celle qu'elle subit lorsqu'on la soumet à une distillation lente ou rapide, effectuée à une température basse ou élevée. »

Les expériences de M. Berthelot ont permis de suivre pas à pas la production synthétique des bitumes par la combinaison du carbone avec l'hydrogène.

L'acétylène se produit lorsqu'on fait passer de l'oxyde de carbone mêlé de vapeurs chlorhydriques sur du siliciure de magnésium chauffé au rouge, et c'est là une réaction dont tous les termes peuvent se rencontrer dans les laboratoires internes de notre globe.

« Chacun connaît, dit à cette occasion M. Berthelot, l'indifférence chimique du carbone à la température ordinaire pour les agents les plus puissants. Mais, quant à l'hydrogène, toutes ses combinaisons avec le carbone, extraites des produits organiques, se détruisent précisément sous l'influence d'une température rouge. Je suis parvenu à obtenir de l'acétylène en me servant de la pile et de l'arc électrique qui se produit entre deux pointes de charbon. Dans une atmosphère d'hydrogène, avec élévation excessive de température et transport de charbon d'un pôle à l'autre, la combinaison de l'hydrogène avec le carbone s'effectue à l'instant, dès que l'arc jaillit. »

Un autre mode opératoire qui se rapproche vraisemblablement bien plus encore du processus adopté par la nature, a été inauguré par S. Cloëz, qui a montré comment la dissolution de certains carbures métalliques dans les hydracides a pour conséquence la synthèse d'hydrogènes carbonés de l'ordre des pétroles et des matières qui leur sont associées.

Le traitement d'une fonte blanche contenant 0.04 de carbone combiné et environ 0.06 de manganèse, par de l'acide chlorhydrique aqueux d'une densité égale à 1.12, donne lieu à la formation de produits hydrocarbonés gazeux et liquides, homologues de l'éthylène, absorbables par le brome et pouvant aussi se combiner facilement avec l'acide chlorhydrique; on obtient en outre, dans ce traitement, des composés forméniques, insolubles dans l'acide sulfurique et inattaquables par cet acide.

Allant plus loin, Cloëz a reconnu que si l'on traite par l'eau pure le ferromanganèse, les résultats sont de même nature que ceux fournis par la fonte blanche traitée par l'eau acidulée : une faible partie reste dans le ballon avec les oxydes; on la sépare au moyen de l'alcool. La plus grande partie se condense dans les flacons laveurs contenant de

l'eau ; un autre flacon laveur, à moitié rempli d'alcool, sert à retenir la portion la plus volatile des hydrocarbures.

Quant aux produits gazeux hydrocarbonés formés par l'action de l'eau bouillante sur le ferromanganèse, on peut facilement constater leur existence de plusieurs manières :

1° En recueillant dans une cloche pleine de mercure le gaz débarrassé autant que possible des produits liquides ; après avoir desséché ce gaz au moyen de chlorure de calcium fondu, on le brûle dans l'eudiomètre avec une fois et demie son volume d'oxygène ; on trouve dans le résidu un volume d'acide carbonique qui dépasse ordinairement le quart du gaz combustible brûlé ;

2° Au lieu de brûler le gaz par l'oxygène dans l'eudiomètre, on peut le mettre en contact avec de l'acide sulfurique concentré : on voit le volume de gaz se réduire considérablement et l'acide sulfurique brunir ;

3° En recueillant le gaz dans une éprouvette remplie d'eau et en introduisant à la suite un peu de brome, on observe également une diminution de volume, due à l'absorption du gaz carboné par le brome.

« En résumé, disait Cloëz, mes expériences prouvent que l'eau seule, en agissant à chaud sur un alliage carboné de manganèse et de fer, cède son oxygène aux métaux pour former des protoxydes qui passent ultérieurement par l'action de l'air à un degré supérieur d'oxydation. Quant à l'hydrogène, une partie se dégage à l'état de liberté ; le reste se combine avec le carbone pour produire des hydrocarbures analogues à ceux qu'on trouve dans le sol et qu'on exploite sous le nom de pétrole. »

Les expériences récentes de M. Moissan ont montré qu'une série d'autres carbures métalliques se comportent de la même manière. Et pour que l'origine purement minérale du pétrole, de l'asphalte et des substances analogues puisse enfin être acceptée, il ne faudrait plus que démontrer, dans les profondeurs infragranitiques, la coexistence des réactifs nécessaires à la double décomposition, c'est-à-dire de l'eau et des carbures métalliques.

Or, cette preuve est faite maintenant.

Les volcans suffisent à établir l'existence normale de l'eau infragranitique, et M. Nordenskjöld a découvert au Groënland des basaltes qui ont apporté à la surface du sol de vrais lopins de fonte de fer arrachés à un gisement plus profond que l'écorce stratifiée et cristalline.

Les célèbres fers d'Ovifak sont, en effet, pour une bonne part à l'état de carbure et se prêtent excellemment, comme nous l'avons vérifié directement, par des expériences spéciales, à la répétition des expériences de Cloëz.

Si l'on admet les conclusions auxquelles nous venons d'arriver, il y a encore lieu de se demander à quelle époque remonte l'arrivée des bitumes dont les roches se montrent actuellement imprégnées.

Nous avons déjà dit que, d'après Rozet (1), l'introduction de l'asphalte dans les roches de Seyssel serait contemporaine des éruptions basaltiques, qui ont été souvent, comme il le remarque, accompagnées de phénomènes semblables dans d'autres pays.

Le bitume aurait été sublimé des profondeurs du globe à travers une fente correspondant à la direction dans laquelle ce produit s'observe aujourd'hui et se serait condensé dans les roches supérieures poreuses.

Il faut ajouter qu'en plusieurs points de la région que nous avons étudiée, des matériaux quaternaires sont imprégnés d'asphalte. C'est en particulier ce que nous avons observé à Bourbouges, près de Lovagny. Avant d'admettre qu'il s'agit d'un extravasement d'asphalte, d'abord condensé dans des roches plus anciennes, il y a lieu de se demander si la présence de cet asphalte n'est pas beaucoup plus récente et même actuelle. C'est ce que paraîtraient indiquer les faits mentionnés de sorties contemporaines de pétrole et de gaz carboné, comme à Châtillon. A propos des Karpathes, Foucou faisait une supposition toute pareille : « Peut-être, disait-il, qu'il y a tous les jours des éruptions bitumineuses, venant de l'intérieur de la terre, comme il y a des éruptions trachytiques, métallifères et autres »; nous dirions plus volontiers encore : « comme il y a des éruptions aqueuses, c'est-à-dire des griffons de sources ». Cette remarque sera reprise dans nos dernières conclusions.

Dans tous les cas, une vérité qui semble incontestable, c'est que, contrairement à l'opinion de M. Jaccard et de bien d'autres géologues, on a la preuve que plusieurs des éléments de la roche, loin d'être de l'âge de la couche qu'ils constituent, s'y sont produits très postérieurement à son dépôt. Telles sont souvent les parties spathiques qui semblent s'être formées lentement aux dépens d'une masse antérieure, par une sorte de ségrégation et d'élimination des impuretés. L'examen microscopique ne montre pas d'asphalte dans les parties spathiques, dont l'aspect ne peut être mieux comparé qu'à celui offert par les matières constitutives des tests d'*Ananchytes* dans la craie blanche. L'acquisition de cet état cristallin est postérieure, dans bien des cas, à l'imprégnation par l'asphalte, et c'est ce qui explique l'enveloppement complet de zones imprégnées par du calcaire tout à fait pur et spathique.

(1) *Annales des mines*, t. VII, 1836, p. 138.

Ailleurs, au contraire, l'imprégnation s'est faite après l'acquisition de l'état cristallin. C'est ce que l'on voit dans certains calcaires le long des marges des zones asphaltiques, et qui ont été très lentement imprégnées par contact. L'un des échantillons provenant de Garde-Bois est fort instructif à cet égard.

De même, la comparaison des échantillons naturels avec les roches variées que nous avons artificiellement imprégnées d'asphalte, révèle une foule de détails très intimes du phénomène.

Une dernière remarque, directement applicable à la question à résoudre, doit concerner la discontinuité des gîtes. Disposés le long de fractions aussi étendues que la chaîne du Jura, il semble d'abord qu'ils devraient se rencontrer indistinctement dans tous les points de ces failles. Mais il se passe sans doute à leur égard les mêmes phénomènes que pour les sources, dont les griffons sont plus ou moins éloignés les uns des autres, le long d'une même faille aquifère.

En outre, il paraît résulter de nos études que les gîtes de bitume, une fois constitués, tentent à se détruire spontanément par combustion lente et, par conséquent, à s'égrener en une série de points de plus en plus écartés les uns des autres.

C'est un fait observé que partout où l'air ou les eaux aérées peuvent pénétrer et venir en contact avec les roches asphaltiques, le bitume subit une véritable combustion lente et tend à disparaître peu à peu. Les blocs de calcaire abandonnés sur le carreau de la mine blanchissent à la surface, et les fissures aboutissant au sol sont souvent signalées à travers des gîtes par des masses décolorées. Nous avons recueilli, comme spécimen, un fragment provenant de Bourbouges, qui montre très nettement le phénomène.

On peut admettre que la forme en lentille des amas asphaltiques résulte, au moins en partie, d'une semblable combustion lente et amène par conséquent, à la faveur du temps, la discontinuité des gîtes.

CONCLUSIONS.

Il ne nous reste plus, après les études qui précèdent, qu'à formuler des conclusions précises, procurant, nous semble-t-il, une solution tout à fait satisfaisante de la question que nous nous étions posée.

Aux quatre paragraphes indiqués dès notre introduction, nous pouvons maintenant appliquer les réponses suivantes :

1° L'asphalte de tous les gisements de la région que nous avons à

étudier est identique à lui-même. Une fois séparé des matières premières associées, il a des caractères physiques et chimiques absolument constants;

2° Il n'existe aucun lien nécessaire d'origine ou d'âge entre l'asphalte et les matériaux minéraux auxquels il est associé;

3° Des liens manifestes existent entre la situation des gîtes asphaltiques examinés et les grands traits orogéniques de la région du Jura : ces gîtes sont alignés comme la chaîne et paraissent jalonner des lignes de failles;

4° L'âge de l'acquisition, par les roches asphaltiques, de la matière carbonée qui les caractérise, paraît beaucoup moins défini qu'on ne l'a pensé tout d'abord. Il embrasse une période qui peut être fort longue, et l'on est autorisé à penser que le phénomène se continue de nos jours dans un grand nombre de régions.

