

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 2 (1890-1892)
Heft: 2

Artikel: L'origine de l'asphalte, du bitume & du pétrole
Autor: Jaccard, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153894>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

L'ORIGINE DE L'ASPHALTE, DU BITUME & DU PÉTROLE

PAR

le Dr A. JACCARD

(Pl. 2).

Tiré des ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE GENÈVE
avec autorisation de la Direction.

« Il serait digne des antécédents de la science neuchâteloise, qu'après avoir reconnu le problème du gisement de l'asphalte, elle parvînt aussi à résoudre le problème plus difficile de son origine. »

Ainsi s'exprimait, il y a une vingtaine d'années, le professeur Desor, alors que l'attention publique venait d'être vivement excitée par la découverte d'un nouveau gisement de cette substance minérale au Val-de-Travers, ainsi que par les publications du professeur Oscar Fraas et Léo de Lesquereux. Cet appel semble toutefois ne pas avoir été entendu, car c'est en vain que l'on chercherait dans la littérature scientifique de notre pays un document de quelque importance sur ce sujet. Il en a été à peu près de même au dehors; à l'exception d'une conférence de M. Dieulafait, professeur à Marseille, sur *l'origine et le mode de formation des substances minérales salines*, il n'a

rien été publié qui soit de nature à jeter quelque lumière sur cette importante question. On s'est borné à publier ou à rééditer les diverses théories émises depuis plus ou moins longtemps, sans apporter de matériaux qui soient de nature à en procurer la solution.

Favorisé par la proximité d'un champ d'étude aussi important que le sont les mines d'asphalte du Val-de-Travers et encouragé par diverses découvertes, je viens de publier sous le titre d'*Études géologiques sur l'asphalte et le bitume au Val-de-Travers, dans le Jura et la Haute-Savoie*, un travail dont je me propose de résumer ou reproduire les principales données, espérant ainsi attirer l'attention sur un sujet que je n'ai nullement la prétention d'avoir épuisé, mais qui, au contraire, mérite d'être repris par de plus habiles que moi.

I

L'asphalte au Val-de-Travers.

1. *Historique.*

Passant rapidement sur tout ce qui a trait à l'histoire de la découverte, de l'exploitation et des applications de l'asphalte, je signalerai d'abord les observations remarquables de Léopold de Buch, envoyé au commencement de ce siècle à Neuchâtel par le roi de Prusse pour y procéder à certaines recherches sur la houille qui, disait-on, devait exister dans la vallée du Locle. Cette mission scientifique qui marque le vrai début de la géologie dans notre pays donna occasion au jeune savant allemand de

rédiger diverses notes sur les roches et les terrains du Jura. Dans son *Catalogue des roches qui composent les montagnes de Neuchâtel*, il s'exprime ainsi au sujet de l'asphalte :

« Asphalte d'un noir foncé. Cassure raboteuse à petits grains. Mat à l'ombre, avec une infinité de lames brillantes au soleil. Mélange de bitume et de pierre calcaire grenue. La pierre est tendre là où il y a beaucoup de bitume; elle l'est moins là où la couleur est moins foncée. »

Suit une dissertation dans laquelle l'auteur établit que c'est improprement que l'on a donné le nom d'asphalte à la roche du Val-de-Travers, dont les caractères diffèrent absolument du véritable asphalte ou bitume de Judée. « L'asphalte du Val-de-Travers, dit-il, n'est pas une substance simple : c'est un mélange de *pierre calcaire coquillière et de bitume*. Qu'on expose des pièces à une forte chaleur, il brûlera avec une légère flamme bleue, peu vive, qui bientôt diminuera et s'éteindra sans que la pièce ait paru diminuer sensiblement de volume, » etc.

.... « C'est donc une couche qui ne diffère point des couches grenues dont les collines au bas des côtes du Val-de-Travers sont formées. Et le bitume ne sera nullement un indice de charbon de terre, comme on aime si souvent à le croire. Cette partie de la formation du Jura est trop connue et on sait trop bien qu'aucune formation de charbon de terre n'y trouverait sa place. D'ailleurs il n'y a dans le voisinage de ce bitume point d'empreinte ou de pétrification de végétaux, point de feuilles, point de roseaux, et il est plus que probable que ces masses tirent leur origine plutôt du règne animal que d'arbres et de plantes. La quantité de coquillages des environs le ferait présumer, quand même on ne ferait pas attention à la nature du bitume et à l'alcali volatil qu'ils peuvent contenir. »

Comme on le voit, l'illustre géologue, au début de sa carrière scientifique, avait parfaitement reconnu les conditions d'existence de l'asphalte du Val-de-Travers et même entrevu son origine organique, animale et non végétale.

En 1846, le professeur Ladame chargé par le gouvernement de procéder à quelques recherches sur l'asphalte, termine son rapport en ces termes :

« M. Ladame croit que l'asphalte est formé par la volatilisation de substances végétales placées au-dessous des bancs où existe ce minéral. L'ammoniaque et les sulfates contenus dans l'asphalte ne suffisent point pour faire admettre que les matières animales ont pris part à la formation de cette substance; il faudrait, pour en être sûr, y avoir découvert des principes phosphorés. »

En 1855, MM. Hessel et Kopp communiquaient à la Société helvétique des sciences naturelles un mémoire plus étendu, dans lequel ils abordaient successivement les questions de gisement, d'origine et de fabrication du mastic d'asphalte. On exploitait déjà alors un nouveau gisement sur la rive droite de la Reuse, celui du Bois-de-Croix étant épuisé. Une coupe théorique, très défectueuse, montre l'asphalte constituant le terrain urgonien, sous celui-ci le néocomien, etc. « Partout, disent les auteurs de la notice, dans quelque contrée que ce soit, dans le canton de Vaud, à Travers, à St-Aubin, là où l'urgonien paraît, il est imprégné d'asphalte » (ce qui est tout à fait inexact). Ils oublient d'ailleurs de signaler la présence du bitume dans la molasse de Seyssel, de Dardagny, de Chavornay, d'Orbe, etc.

Abordant ensuite la question d'origine, MM. Hessel et Kopp citent l'opinion de M. Abich qui, après avoir étu-

dié les dépôts de naphte et de pétrole du revers méridional du Caucase, estime « que le bitume serait sorti liquide du sein de la terre par une cheminée pour s'épancher dans les terrains où on les rencontre » soit, pour ce qui concerne le Val-de-Travers, dans le terrain urgonien et aptien. Cette hypothèse a contre elle le fait qu'on n'a pas encore trouvé de cheminée, de point vers lequel convergent les infiltrations. On ne constate pas non plus que la richesse de la roche augmente de bas en haut, ni de haut en bas.

Jusqu'en 1867, les mines d'asphalte ne furent exploitées que dans des proportions assez restreintes, quelques mille tonnes par année, dans la dernière période. On ne connaissait alors que le gisement de la Presta, sur la rive droite de la Reuse entre Travers et Couvet. A l'approche de l'échéance de la concession et sur l'avis de M. Desor, le gouvernement fit exécuter divers sondages sous la direction de M. l'ingénieur cantonal C. Knab. Ceux-ci révélèrent l'existence ou l'extension du banc d'asphalte urgonien à quelques centaines de mètres plus à l'est dans la direction de Mosset et des Grands-Champs. Dans son exposé des raisons qui devaient engager à exécuter des sondages, M. Desor s'exprimait ainsi :

« Au Val-de-Travers, comme à Saint-Aubin et à Seys-sel, les mines d'asphalte sont dans le calcaire à caprotines, qui forme, chez nous, la partie supérieure de l'urgonien. La couche exploitée, appelée *bon banc*, est l'équivalent du banc désigné sous le nom de *pierre franche*, qui se taille et se scie avec la plus grande facilité. Enfin, au-dessus de ce banc, et séparé de lui par diverses couches de marnes aptiennes, il existe aussi de l'asphalte dans les grès aptiens qui couronnent le talus du crêt urgonien de la Presta.

« En dehors de ces deux niveaux géologiques, l'asphalte n'existe dans aucun autre terrain de notre pays. »

« Cette limitation de l'asphalte à l'étage urgonien fait supposer que l'imprégnation ne s'est pas faite de bas en haut, car dans ce cas on en trouverait au moins des traces dans les dépôts inférieurs. En prenant pour terme de comparaison les pétroles d'Amérique, on serait tenté de voir dans nos asphaltes le résidu de quelques dépôts de charbon qui auraient disparu en laissant l'asphalte comme témoin de leur présence. »

« D'un autre côté, la composition identique des gisements de l'asphalte à Travers et à Saint-Aubin, sur les deux flancs de la montagne, autorise la supposition qu'ils sont connexes et qu'ils ont dû être jadis continus. S'il en est ainsi, ces deux lambeaux n'ont pu être séparés que par le soulèvement même de la montagne qui, en faisant surgir des roches inférieures, a disloqué et refoulé les dépôts plus récents qui sont restés au fond du Val-de-Travers. »

De son côté l'ingénieur Knab exposait dans une série de lettres au *National Suisse* les faits relatifs aux sondages, ainsi que ses vues sur l'origine de l'asphalte; selon lui, « l'asphalte provient sans doute de l'imprégnation du calcaire urgonien par le *pétrole* ou *bitume* des gisements de houille réduite en anthracite, gisements qui ont disparu pendant les révolutions du globe. » Il ignore encore de quelle manière l'imprégnation s'est faite, mais à voir la facilité avec laquelle cette roche, à l'état naturel, absorbe une dissolution de bitume, il pense qu'il n'a pas fallu, pour produire l'asphalte, une *pression incommensurable*, comme l'admet M. Léon Malo, ingénieur de la Compagnie générale des asphaltes. Il partagerait plutôt l'opinion

d'autres géologues, qui supposent que les bitumes de Judée ou d'autres pays éloignés, sont venus, véhiculés à la surface des eaux d'un déluge, imprégner à froid les calcaires du terrain jurassique (crétacé) avant qu'ils fussent recouverts par les molasses vertes.

Dès l'année suivante les vues de notre ingénieur ont entièrement changé. Ensuite des découvertes du professeur Fraas de Stuttgart sur la formation du bitume dans la mer Rouge, il considère le bitume qui imprègne le calcaire urgonien comme provenant de la décomposition de mollusques tels que les caprotines, dont les coquilles fossiles abondent dans certains gisements de cet étage.

Cherchant à déterminer comment la transformation des mollusques en asphalté aurait pu s'effectuer, il expose la prodigieuse fécondité de l'huître commune, mollusque bivalve comme les caprotines et n'hésite pas à attribuer au développement de ces dernières la formation de véritables bancs ou couches de quelques mètres d'épaisseur. Étant donné le volume relatif de la partie charnue et de la partie solide de la coquille et certains facteurs de la décomposition organique, tels qu'une température élevée et une eau sursaturée, conséquence de l'évaporation, il ne peut plus douter que ce ne soit bien là le processus de formation du bitume et de l'asphalte.

En revanche M. Knab n'est pas d'accord avec M. Lesquereux, qui attribue la formation du pétrole à la décomposition des végétaux marins. Pour lui il n'y a aucun doute que l'asphalte, le bitume, le pétrole, proviennent de substances animales.

Dans ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois*, j'ai exposé en quelques pages les faits et les théories relatives à l'asphalte du Val-de-Travers et consa-

cré deux profils destinés à en établir les conditions géologiques. L'un de ces profils, dressé sur les résultats obtenus par les sondages, fait ressortir l'affleurement à la surface du banc d'asphalte, qui plonge rapidement au sud, sous les couches de l'aptien, du grès vert et de la molasse. Ce plongement devient ensuite moins accusé et se continue régulièrement sur 200 mètres, jusqu'au puits 5 des sondages, où il se trouve à 51 mètres sous le sol.

A cette époque deux opinions différentes se manifestaient, celle de M. Desor, qui prévoyait le redressement vers la surface et la disposition en cuvette synclinale habituelle aux vallons du Jura, et la mienne, qui contestait le redressement, en s'appuyant de l'existence d'une faille au versant sud du Val-de-Travers. C'est cette manière de voir que j'essayais de faire ressortir dans un second profil, destiné en outre à établir les relations théoriques entre les gisements de l'asphalte au Bois de Croix, à la Presta et à St-Aubin.

Le grand sondage entrepris à 300 mètres plus au sud, en 1872, dut être abandonné avant d'avoir atteint le banc d'asphalte. Il s'ensuivit une période de complet abandon des recherches, aussi bien sur l'extension de la couche d'asphalte que sur les problèmes relatifs à sa composition et à son origine.

Pendant longtemps des circonstances diverses m'empêchèrent de poursuivre ou plutôt de reprendre une étude que l'exploitation, très active depuis plus de vingt ans, devait tout particulièrement favoriser.

J'avais d'ailleurs reconnu la nécessité de comprendre dans un travail de ce genre les études relatives aux autres gisements asphaltiques et bitumineux du Jura, seules capables d'apporter un contingent de preuves suffisantes à

la justification de la théorie de l'origine organique de l'asphalte, du bitume et du pétrole.

2. *Géologie.*

Au point du vue géologique et orographique, le Val-de-Travers est constitué par la dépression comprise entre la chaîne du Chasseron-Creux-du-Vent et le plateau accidenté de la Côte-aux-Fées, Monlezi et les Montagnes de Travers. Il constitue l'un des nombreux *vallons de plissement* du Jura et renferme divers étages de la molasse, des grès verts et du néocomien.

Mais ces assises ne présentent plus aujourd'hui que des lambeaux isolés parmi lesquels il en est qui ont été portés à une hauteur de 1000 à 1100 mètres ainsi qu'on le voit au Mont de Couvet et au Rhuillères.

Le substratum ou fond sur lequel reposent les assises crétacées est constitué par les calcaires compacts du terrain jurassique supérieur qui constituent les chaînes anticlinales limitrophes. Toutefois, la structure de ces chaînes n'est point aussi régulière qu'on se plaisait à le croire autrefois. Deux séries d'accidents modifient leurs allures théoriques, sans toutefois en altérer bien fortement le relief.

Je dois citer, en premier lieu, l'existence d'un pli secondaire au versant nord du chaînon de Chasseron-Creux-du-Vent. Avant de s'enfoncer sous le Val-de-Travers, les couches jurassiques se redressent assez brusquement et déterminent l'apparition d'une synclinale régulière, dans laquelle les couches néocomiennes du valangien et du hauterivien se sont trouvées préservées de l'érosion et forment un *palier* caractéristique que nous appellerons val-

lon des Rhuillières. Le chaînon lui-même, très surbaissé, ne présente que l'un des *pans* de la voûte, grâce à un *pli-faille* longitudinal qui, très accusé au sud de Buttes, vient mourir au-dessus des Lacherêlles, point où le chaînon principal se raccorde souterrainement avec le versant nord de la vallée.

Un second pli, selon toute probabilité prolongement du chaînon de la Côte-aux-Fées, se montre entre Buttes et Fleurier, où l'on voit apparaître le calcaire jurassique au milieu même du vallon, déterminant ainsi deux synclinales rapprochées, mais à peu près invisibles. De Fleurier à Couvet, l'érosion a fait disparaître toute trace du terrain jurassique, mais celui-ci reparaît à la gare de Couvet, là où on se fût attendu à retrouver les puissants dépôts néocomiens, si largement développés de Boveresse à Plancemont. La disposition anticlinale se manifeste surtout, comme nous le verrons, aux anciennes mines de la Presta, où on voit l'urgonien plonger au sud, au lieu d'affecter la disposition en cuvette indiquée par la théorie.

On conçoit que ces divers phénomènes de plissements et de dislocations aient contribué puissamment à favoriser les érosions subséquentes et l'énorme ablation qui en est résultée. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que nous ayons affaire ici à des cataclysmes et à des bouleversements instantanés. Ce n'est plus aujourd'hui qu'il est possible de concevoir le soulèvement des chaînes jurassiques comme ayant eu lieu à un moment donné ; en réalité, depuis le dépôt des couches d'eau douce du purbeck jusqu'au moment où la mer de l'helvétien s'est retirée de la vallée du Rhône, il n'a cessé de se produire des alternatives d'exhaussement et d'affaissement, bien accusées par les variations dans la nature des dépôts, les

modifications de la faune, ou encore les discordances de superposition.

Il ne sera pas inutile, afin de bien déterminer le *niveau stratigraphique* des couches asphaltiques de jeter un rapide coup d'œil sur les terrains auxquels ils sont subordonnés. Pour ce qui conserve leurs caractères spéciaux, je renvoie le lecteur à ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois*¹.

1^o *Les terrains récents ou quaternaires*, constituent un ensemble de facies variés, passent les uns aux autres, de telle sorte qu'il n'est souvent pas possible de distinguer les dépôts diluviens des alluvions modernes, ces derniers étant constitués des matériaux remaniés des premiers. Ainsi les *alluvions modernes* du fond de la vallée formés de *graviers et cailloux* roulés, de limon et même de *tourbe* sont superposés aux couches plus anciennes, qui ont comblé la vallée d'érosion, de même que les *éboulis* formés de débris anguleux détachés des parois des rochers calcaires recouvrent par places les *sables, graviers et cailloux roulés* quaternaires.

2^o Les *Couches tertiaires* du Val-de-Travers appartiennent à deux facies, l'un marin, l'autre lacustre, fluvio-marin ou saumâtre.

a) La *molasse marine* existe à Buttes, mais elle est peu développée; elle renferme des huîtres, des dents de requins, etc.;

b) La *molasse aquitaniennne*, d'eau douce, forme une zone étroite au versant sud du vallon. Elle est marno-sableuse au sud de Fleurier, passe au grès homogène en-

¹ Sixième livraison des *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*. Berne 1869.

tre Môtiers et Couvet et redevient marneuse et surtout argileuse jusqu'aux Lacherelles.

Plusieurs couches sont exploitées comme terre à briques dans l'usine Quadri frères. Je n'y ai jamais découvert de fossiles et le gypse paraît aussi manquer.

La puissance du dépôt peut atteindre 80 à 100 mètres, à en juger par le grand sondage de Mosset, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

3° Le *groupe des grès verts* est représenté par :

a) Le *Cénomarien*. Calcaire crayeux et marneux, observé autrefois par Gressly à la Caroline près de Fleuri, où il est superposé au *gault* ou *albien*. On le retrouve dans la vallée des Ponts, au Joratel, près de Noirvaux, au lac de Saint-Point. Il est remarquable de le voir manquer dans la zone sud du vallon, où la molasse repose immédiatement sur les argiles du *gault*.

b) Le *Gault* ou *Albien*, *Vraconien*. C'est le *Grès vert* des anciens auteurs, divisé par le Dr Campiche et G. de Tribolet en trois étages, dont le plus supérieur paraît manquer au Val-de-Travers. L'étage moyen des argiles à fossiles pyriteux semble surtout développé au versant sud, par-dessous la molasse, car les sondages des Grands-Champs et de Mosset n'ont pas rencontré les couches de sable de l'étage inférieur, qui existent cependant à la Caroline, à Boveresse, etc.

c) L'*Aptien*. Cet étage, signalé dès 1855 au Val-de-Travers, fut subdivisé par Renevier en deux sous-étages, l'*aptien* et le *rhodanien*, le premier constitué par des grès durs, verdâtres, le second par des marnes et des argiles diversement colorées. Induit en erreur par l'aspect des roches, j'avais, dans mon *Mémoire sur le Jura vaudois et neuchâtelois*, signalé les couches supérieures sous le nom

de *grès aptien*. En réalité, comme je m'en suis convaincu récemment, ce ne sont nullement des grès qui constituent cet étage, mais des couches de calcaire, fortement colorées en vert par les grains de glauconie; ces calcaires sont superposés aux marnes et argiles du rhodanien, auxquels succède l'urgonien asphaltique. Comme ces calcaires glauconieux sont eux-mêmes bitumineux et asphaltiques, je leur consacrerai un chapitre spécial dans la suite de ce travail.

4° Le groupe *néocomien* est maintenant subdivisé en trois étages : *Urgonien*, *Hauterivien* et *Valangien*. Ceux-ci présentent eux-mêmes divers *facies* ou *sous-étages*.

a) *Urgonien*. Au Val-de-Travers, comme du reste dans tout le Jura central, on distingue dans cet étage deux facies distincts et superposés, savoir le *calcaire à Caprotines* et le *calcaire jaune inférieur à Échinodermes*. Le premier se présente lui-même sous deux aspects : tantôt c'est un calcaire dur, compact, à cassure conchoïdale, tantôt, au contraire, c'est une roche blanche, crayeuse, saccharoïde, à tissu lâche, plus ou moins grenue, ou spathique. Tous deux renferment d'ailleurs les même fossiles.

Comme nous le verrons, l'urgonien supérieur constitue la roche asphaltique et bitumineuse par excellence. Dans la roche crayeuse, c'est l'asphalte à divers degrés d'imprégnation, dans le calcaire compact, c'est le bitume visqueux, que je n'ai toutefois pas encore observé au Val-de-Travers.

L'urgonien inférieur est constitué par des calcaires marneux grenus, spathiques ou oolithiques, qui le rapprochent des calcaires jaunes du hauterivien.

b) *Hauterivien*. Nous comprenons sous ce nom, le calcaire jaune et la marne bleue de Neuchâtel, d'Hauterive,

etc.; le premier ne renferme que des débris de coquilles broyées, mais se distingue néanmoins assez bien de l'urgonien inférieur. La marne, qui est très fossilifère, accompagne partout le calcaire, auquel elle doit d'avoir été préservée de la destruction par érosion.

c) *Valangien*. La partie inférieure du terrain crétacé, connue dans le Jura sous le nom de *Valangien*, apparaît constamment sur le pourtour des lambeaux de hauterivien. Deux assises distinctes constituent cet étage. La plus élevée est désignée sous le nom de *Limonite* ou de *Calcaire roux ferrugineux*.

L'assise inférieure, composée de couches plus épaisses et plus compactes, passe, vers la base, à des marnes plus ou moins développées, avec fossiles marins, auxquelles succèdent les marnes et le calcaire d'eau douce du *Purbeckien*, qui, lui-même, fait partie du système jurassique.

5° *Système jurassique*. Ce n'est ni le lieu, ni le moment de donner ici une description des étages et des terrains qui constituent les chaîons limitrophes du Val-de-Travers. Toutefois, je dois signaler combien sont grandes les différences pétrographiques, stratigraphiques et même orographiques qui distinguent les dépôts de cet âge de ceux que nous venons de passer en revue.

Ce qui caractérise tout particulièrement le *groupe jurassique supérieur*, tel qu'il se présente dans les grands escarpements des Blanches-Roches sur Noiraigue, du Creux-du-Vent, de Trémalmont, de la Corbière sur Saint-Sulpice, etc., c'est l'énorme épaisseur des assises (3 à 400 mètres), l'uniformité de texture des roches, l'absence de marnes et, conséquemment, de niveaux fossilifères. Pour distinguer des étages, pour établir des limites paléontologiques, il faudra donc chercher ailleurs, là où les couches

sont moins puissantes, plus variées, plus riches en fossiles, comme c'est le cas aux environs de Montbéliard, de Porrentruy, etc.

Le *groupe jurassique moyen*, visible dans les profondes coupures de Saint-Sulpice, du Creux-du-Vent, de la Clusette, présente un caractère tout autre, grâce à la prédominance des calcaires marneux hydrauliques. Il en est de même du *groupe jurassique inférieur*. Tous deux présentent ce fait intéressant de renfermer des indices de bitume et, en outre, comme nous le verrons, on a trouvé l'asphalte dans le *jurassique inférieur* des Époisats près de Vallores.

3. *Étude de l'asphalte urgonien.*

Ce qui caractérise particulièrement l'asphalte urgonien au Val-de-Travers, c'est le fait de son existence à la partie tout à fait supérieure de l'étage, au contact des marnes aptiennes, alors que, dans les gisements d'autres régions, la roche bitumineuse existe à divers niveaux au milieu du massif de calcaire blanc crayeux, formant plutôt des lentilles que des couches. Toutefois cette régularité et cette constance dans la superposition de l'asphalte n'est nullement constante, ainsi qu'on va le voir.

Au point de vue de la *nature*, soit de la proportion du bitume, les ouvriers désignent sous le nom de *crappe* une partie ordinairement supérieure qui dose moins de 7 % de bitume.

Le *bon banc* en contient de 8 à 12 % et même plus, mais il n'y a entre la *crappe* et le *bon banc* aucune ligne de démarcation quelconque, le passage est graduel et quelquefois l'une des qualités se substitue à l'autre dans toute l'épaisseur de la couche.

La crappe apparaît aussi parfois à la partie inférieure, elle est moins homogène, plus grossière, inégalement imprégnée de bitume et passe également à la roche blanche urgonienne.

Enfin, on a découvert récemment au-dessus de la crappe supérieure la roche blanche crayeuse très poreuse, criblée de poches, correspondant à la partie interne des coquilles de caprotines qui sont très nombreuses. En même temps apparaît une minime proportion de bitume, formant des taches brunes sur la roche blanche. C'est ce que j'ai proposé d'appeler la *fausse crappe*. Je reviendrai plus tard sur cette variété qui est du plus grand intérêt pour l'étude qui nous occupe.

Ce qui vient d'être dit montre que le *dosage* du bitume dans la roche est variable. M. le professeur Ladame avait observé jusqu'à 15 % de matière organique dans les parties riches de la couche, et 9 % dans la roche commune. MM. Hessel et Kopp indiquent à peu près les mêmes proportions.

En 1887, M. l'ingénieur Knab s'exprime ainsi au sujet des essais chimiques exécutés par lui :

« Comme on le sait, la qualité de l'asphalte roc dépend de sa richesse en bitume : les gisements connus et utilisés contiennent de 7 à 10 ou 11 % de bitume ; si l'asphalte n'en renferme que 6 %, son exploitation est onéreuse. L'asphalte de Seyssel a une richesse de 8 % ; celui de la Presta 10 %, etc. »

En résumé, l'asphalte exploité dans la mine de la Presta contient de 9 à 11 % de bitume. L'asphalte pur des carottes ramenées par la sonde en renfermait invariablement 10 %.

L'épaisseur ou la puissance du banc d'asphalte, dont

j'ai déjà eu l'occasion de dire quelques mots, est aussi très variable. Dans les indications qui vont suivre, je considérerai toujours, à moins d'indication contraire, le bon banc et la crappe réunis.

Les chiffres indiqués par MM. Hessel et Kopp, pour les sondages de 1854, varient de 2 à 8 mètres, pour la région de l'ancienne mine de la Presta.

Sur la zone d'affleurement de la nouvelle mine, l'épaisseur varie de 6^m,50 à 7^m,50; elle va en augmentant vers le sud et atteint 8 et même 9^m,30 au fond du pli synclinal, pour diminuer ensuite vers le fond des galeries d'abatage au sud.

Cette épaisseur moyenne de 7 mètres sur le profil 3 des sondages a été reconnue par l'exploitation subséquente. Mais, si l'on se reporte à l'ouest, on constate une réduction très accusée et, finalement, la disparition de l'asphalte dans la partie relevée vers le nord, entre la mine des Grands-Champs et celle de la Presta. Elle reparait de nouveau à l'ouest, ainsi qu'on vient de le reconnaître dans la nouvelle exploitation de la Prise-Meuron.

Caractères pétrographiques. L'expression de « pierre calcaire grenue, » employée par L. de Buch est, plus que tout autre, applicable au calcaire urgonien, qu'il soit ou non imprégné de bitume. Ce sont bien, en effet, des grains de calcaire qui constituent la roche, des grains agglutinés plutôt que cimentés, au milieu desquels apparaissent une multitude de lames ou lamelles, très brillantes lorsque la lumière est vive. Ces lames de calcite ne disparaissent nullement par le broyage et semblent même plus abondantes dans la roche en poudre. J'ai longtemps considéré ces lames comme provenant de la décomposition du test des échinides, réduit en fragments. Un exa-

men plus attentif m'a convaincu que ce sont bien en réalité de petits cristaux de carbonate de chaux ou calcite, qui ne sont jamais pénétrés par le bitume.

Outre les lames et les grains calcaires très fins, la roche renferme des débris plus grossiers de formes variées, dans lesquels il est aisé de reconnaître des fragments de fossiles. Mais c'est seulement sur la roche exposée à l'air pendant un certain temps qu'on voit apparaître ceux-ci, sous forme de rugosités plus ou moins saillantes. La roche elle-même est alors gris blanchâtre, et nullement blanche comme celle qui n'a pas été imprégnée de bitume.

Parmi les substances minérales qui se trouvent mélangées à la roche, il faut signaler le gypse, qui tapisse certaines fissures traversant l'asphalte et les marnes ap-tiennes.

Nous avons vu que M. l'ingénieur Knab avait signalé une grande abondance de coquilles de caprotines dans l'urgonien ; il attribuait la formation du bitume à la décomposition de ces mollusques. Je n'ai rien à objecter à cette supposition, qui est très admissible. Toutefois, il est assez remarquable que nous ne trouvions jamais de ces coquilles dans le banc d'asphalte, et surtout dans le *bon banc*. Je n'ai, pour ma part, observé les coquilles bituminisées que dans la crappe à la partie est de l'ancienne exploitation à ciel ouvert de la Presta, et, comme je viens de le dire, dans la fausse crappe, il existe aussi dans le calcaire blanc urgonien du Crêt-à-Blanc un véritable banc de caprotines, sans aucune trace de bitume.

La *couleur* de l'asphalte est d'autant plus foncée que le bitume est plus abondant. Il n'est cependant pas exact de dire qu'il est d'un noir foncé, surtout si on le compare à

la houille. La crappe présente tous les degrés, du brun foncé au brun clair. Comme teinte générale l'expression *brun chocolat* est parfaitement appropriée.

Résumé. Nous avons vu que l'asphalte du Val-de-Travers se présente, dans une seule assise, zone ou banc de roche calcaire friable, d'épaisseur variable, tantôt pure, saccharoïde, tantôt imprégnée de bitume en proportions variant de 2 à 12 et même 15 %. Dans un rayon local restreint, on passe de l'une à l'autre de ces variétés par transitions graduelles, en sorte qu'il serait assez difficile de tracer des lignes de démarcation quelque peu exactes.

Les sédiments eux-mêmes sont de nature variée ; des grains calcaires, des lames spathiques, des débris de fossiles triturés et broyés, et, par place, des coquilles de mollusques (caprotines), accusent la formation simultanée de la roche bitumineuse aussi bien que de celle qui ne l'est pas, du bon banc, de la crappe et du calcaire blanc.

Tous ces faits s'expliquent facilement si l'on admet l'hypothèse de la formation des couches urgoniennes dans un bassin marin, habité par une faune d'animaux mollusques et rayonnés, doués d'une prodigieuse fécondité, capables de donner lieu, par décomposition des substances organiques, à la formation d'une grande quantité de matières bitumineuses, lesquelles ont pu s'incorporer dans les sédiments marins de ce terrain. Je reviendrai du reste sur les divers phénomènes et le processus de cette bituminisation du banc d'asphalte. Il me reste d'ailleurs à parler des couches aptiennes qui sont aussi localement bitumineuses et même asphaltiques. Cette étude apportera un nouveau contingent de preuves en faveur de cette origine *organique animale* dont j'ai entrepris la justification.

4. *Étude de l'aptien bitumineux.*

Aptien de la Presta. Le facies le plus anciennement connu de l'aptien supérieur est celui qui se présente dans la tranchée à ciel ouvert de l'ancienne mine de la Presta. C'est un calcaire grossier, plus ou moins lumachellique, formé de débris de coquilles de tests d'oursins, de grains de calcaire et de glauconie cimentés peu fortement. Lorsque les couches ont été exposées à l'air pendant un certain temps, on voit apparaître d'une façon plus nette les fossiles, tels que : bryozoaires, radioles d'oursins, fragments d'huîtres, de brachiopodes, etc. Quelquefois ces débris manquent complètement.

En général, tous ces matériaux sont réunis par un ciment calcaire, mais il arrive aussi qu'il y ait en outre pénétration du bitume, tout comme dans le calcaire saccharoïde urgonien. La roche prend alors l'aspect de la crappe, c'est-à-dire qu'elle devient, à un faible degré, asphaltique. Nous verrons plus loin qu'elle rappelle singulièrement la roche exploitée autrefois à Saint-Aubin sous le nom d'asphalte, mais qui n'était que de la crappe.

L'*aptien chlorité*, comme j'appellerai désormais ce facies particulier, paraît n'être pas disposé en couches continues et de même épaisseur, mais former plutôt des lentilles isolées et d'une étendue limitée, superposées aux marnes de l'aptien inférieur. Le fait est que dans les nombreux sondages opérés de 1868 à 1872, il n'a été rencontré aucune couche calcaire, mais seulement des marnes, diversement colorées, de la molasse d'abord, puis de l'aptien.

L'aptien chlorité a été reconnu au Burcle près de Couvet par le creusage d'un canal. J'en ai trouvé des fragments dans les champs au-dessous des Crosats et des Lacherelles. Le bitume paraît du reste très irrégulièrement réparti dans les couches, de telle sorte qu'il peut manquer tout à fait, comme c'est le cas à la gare de Planessert, sur la rive gauche.

Aptien des Grands-Champs. A la nouvelle mine le banc d'asphalte affleurant immédiatement au sol fut d'abord exploité en tranchée à ciel ouvert et les travaux mirent à nu une belle coupe de l'aptien. On s'attendait à retrouver dans la partie supérieure de cette tranchée le calcaire chlorité, semblable à celui de la Presta. Il n'en fut rien ; nous trouvons ici un facies totalement différent et tel qu'on ne se douterait jamais de la proximité des deux gisements. La roche principale consiste en un calcaire dur, blanc grisâtre ou jaunâtre, ou encore passant au vert clair, ensuite de l'abondance prodigieuse des grains de glauconie. En outre, cette roche passe, à certains niveaux, à une véritable lumachelle de grosses coquilles bivalves, *Astartes*, *Cyprines*, *Corbis*, *Gervilies*, etc., solidement empâtées dans la roche. Il en est de même des espèces plus petites, et en particulier des *Térébratules* et des *Rhynchonelles*, qui abondent dans certains blocs et constituent des espèces de colonies.

A côté des grosses coquilles dont le test est plus ou moins cristallisé, il s'en présente d'autres dont le test a été résorbé, de telle sorte que la place qu'il occupait reste vide, ou bien se trouve remplie partiellement par un bitume visqueux, quelquefois assez abondant pour pouvoir être enlevé avec la pointe d'un couteau. La quantité est du reste proportionnée à la grosseur de la

coquille : ainsi, dans les Brachiopodes, elle suffit seulement à colorer en brun chocolat la roche de remplissage du test, qui n'est jamais résorbé.

Ce n'est, au reste, pas toujours le bitume qui remplit les vides, mais aussi une matière verte très clair, rappelant certains minerais de cuivre. C'est une glauconie marneuse et non plus constituée par des grains verts.

Il est assez difficile d'apprécier l'épaisseur de cette assise, maintenant que les éboulis ont recouvert la tranche des couches ; on peut toutefois l'évaluer à deux ou trois mètres.

Résumé. Ainsi qu'on vient de le voir, la découverte du calcaire coquillier de la Presta corrobore et confirme de la façon la plus éclatante la théorie de l'origine organique du bitume combiné avec le calcaire que nous appelons asphalte.

L'étage aptien est donc asphaltique et bitumineux au Val-de-Travers (il ne l'est nulle part ailleurs, à ma connaissance du moins). Il est vrai que son extension géographique est considérablement moins grande que celle de l'urgonien, qui lui-même est en retrait sur le néocomien moyen ou hauterivien. Nous verrons dans la troisième partie que les circonstances physiques, la configuration géographique, n'avaient toutefois pas tellement changé, entre le dépôt des couches urgoniennes et celui des couches aptiennes, que la formation du bitume et de l'asphalte fût devenue impossible. Nous verrons aussi que, sur d'autres points, le bitume s'est de nouveau formé, dans un âge beaucoup plus récent, c'est-à-dire pendant la formation des couches tertiaires moyennes, que nous désignons sous le nom de molasse.

5. *Conclusion.*

Le rapide examen que je viens de faire des terrains du Val-de-Travers, dans leurs rapports avec l'asphalte, m'amène aux conclusions suivantes :

1° Il n'existe dans le Val-de-Travers aucun indice d'épanchements de substances minérales qui puisse faire supposer une origine interne du bitume imprégnant le calcaire, que nous nommons asphalte;

2° Il n'existe également dans les terrains de cette région aucune trace de dépôts végétaux, houille, lignite, etc., susceptible d'être considérée comme ayant contribué à la formation du bitume. Quant au terrain carbonifère, s'il existe c'est à une profondeur et dans des conditions telles qu'aucun géologue n'admettra qu'il exerce un rôle quelconque dans ce domaine.

3° L'asphalte, en tant que matière minérale ou roche exploitable industriellement, ne peut et ne doit être recherché que dans les couches tout à fait supérieures du néocomien, soit dans l'urgonien supérieur;

4° L'asphalte doit être considéré comme un *facies*, une manière d'être exceptionnelle de l'étage urgonien. Il en est de cette substance comme de la houille, qui ne constitue que des couches d'épaisseur et d'étendue limitée, du terrain houiller ou carbonifère;

5° La présence, dans le calcaire aptien, d'un bitume de même nature que celui qui imprègne le calcaire urgonien, établit une présomption bien accusée d'une communauté d'origine des deux dépôts, ou en d'autres termes, implique l'action, à deux reprises, de phénomènes physi-

co-chimiques semblables pendant la période de formation des couches crétacées au Val-de-Travers;

6° L'affleurement de l'asphalte sur les deux versants de la vallée accuse une extension primitive bien plus grande de cette matière que ne le comporte l'état géographique actuel;

7° L'érosion et la destruction se sont exercées d'une façon beaucoup plus intense au versant nord, où le grès vert a presque totalement disparu et où les lambeaux d'asphalte et de crappe du Bois-de-Croix et des Jottes constituent les seuls vestiges de l'existence de l'asphalte sur la rive gauche de la Reuse.

8° Il n'en a pas été de même sur la rive droite de la Reuse, où l'urgonien s'est trouvé recouvert et protégé par les assises puissantes du grès vert et de la molasse, sur une largeur moyenne de 5 à 600 mètres et sur une longueur de plusieurs kilomètres.

9° L'existence bien constatée de la faille longitudinale, au versant sud du Val-de-Travers, fixe positivement la limite d'extension de l'urgonien asphaltique, et réduit à néant toute présomption de réapparition des terrains dans l'ordre normal que comporte un soulèvement régulier.

10° Enfin, il peut n'être pas sans intérêt de constater que jusqu'ici, au Val-de-Travers, l'asphalte n'a été reconnu qu'en une seule couche, et toujours à la partie supérieure de l'urgonien. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les divers gisements bitumineux et asphaltiques dont l'étude fera l'objet de la troisième section.

II

L'asphalte et le bitume dans le Jura et en Savoie.

1. *Gisements urgoniens.*

Nous avons vu dans notre aperçu historique que, pendant un certain temps, on a semblé croire que l'asphalte ne se trouvait que dans l'étage urgonien, ce qui n'est pas exact. Cependant, il est incontestable que c'est dans ce terrain que se présentent la plupart des gisements connus et exploités dans le Jura central; il est dès lors naturel que, faisant abstraction de l'âge géologique, je fixe d'abord l'attention sur les dépôts de cet âge qui me sont actuellement connus. Nous ferons ainsi connaissance avec des facies particuliers, qui manquent au Val-de-Travers, mais dont les caractères ne laissent pas de mériter un intérêt tout particulier. Je procéderai par ordre géographique, du nord au sud d'abord, pour revenir ensuite vers le nord, en pénétrant dans les vallées du Rhône et de la Valserine, où ont été reconnus des gisements bitumineux ou asphaltiques.

Auvernier, Bevaix. Du Landeron à Concise, l'urgonien forme une zone presque ininterrompue au pied du Jura. Tantôt c'est le calcaire jaunâtre à échinodermes de l'étage inférieur qui s'observe dans les tranchées et les calcaires, tantôt c'est l'étage supérieur, compact ou saccharoïde. La présence du bitume a été signalée par M. Desor dans les couches de calcaire blanc compact à

la gare d'Auvernier, et dans le village même. C'est le point le plus avancé vers le nord de l'urgonien asphaltique.

A Bevaix, j'ai découvert, l'année dernière, des indices beaucoup plus importants de l'existence du bitume et même de la roche asphaltique, dans les calcaires blancs de l'urgonien supérieur. La roche, exploitée dans une carrière au nord du village, présente un aspect caverneux et bréchiforme tout particulier; elle est criblée de trous et de perforations irrégulières qui lui donnent un aspect tufacé. Tandis que, dans son ensemble, le calcaire est dur et compact, il devient, par places, terreux et plus ou moins coloré en brun par la présence du bitume; il suffit d'examiner d'un peu près ces vacuoles pour constater qu'elle représentent la partie intérieure de certains fossiles, tels que des caprotines et autres mollusques, ainsi que des polypiers. Chez ces derniers, la partie solide et calcaire a été dissoute, tout en laissant une empreinte très nette et déterminable des calices rayonnés, constituant les colonies d'individus agglomérés. Le facies est donc assez semblable à celui que nous avons observé dans l'aptien et dans la partie supérieure des bancs d'asphalte de Travers; seulement la roche est ici absolument blanche, dépourvue de grains glauconieux, en sorte que le bitume ressort nettement par sa couleur plus ou moins brune.

Ce n'est pas tout. A la partie inférieure de la carrière, la roche présente une disposition plus régulièrement stratifiée, en couches plongeant vers le lac; l'une des couches, moins caverneuse, plus homogène quoique tendre, n'est autre chose qu'un banc d'asphalte maigre, tout à fait semblable à la crappe du Val-de-Travers. D'abord peu puissante, elle augmente d'épaisseur en s'enfonçant sous le calcaire blanc, recouvert lui-même par

les dépôts erratiques, en sorte qu'il ne peut être question, pour le moment, de reconnaître si, en profondeur, la crappe passe à l'asphalte de bonne qualité. Nous verrons plus loin que l'asphalte de la vallée du Rhône se présente dans des conditions assez semblables.

Saint-Aubin. L'asphalte de Saint-Aubin est connu dès longtemps. Le gisement a fait l'objet d'une concession et d'une exploitation temporaire de peu de durée. Je l'ai visité à diverses reprises, mais toujours j'ai constaté que la roche de bonne qualité fait défaut; ici encore on ne trouve que la crappe en plusieurs couches, séparées par des bancs stériles.

Mais ce qui est particulièrement intéressant, c'est qu'ici le bitume imprègne l'urgonien inférieur, le calcaire jaune à échinodermes, et non comme partout ailleurs le calcaire à caprotines.

L'exploitation de Saint-Aubin portait sur trois couches de calcaire bitumineux, d'une richesse moyenne de 3 $\%$. Leur épaisseur réunie était de deux à trois mètres. Au-dessous, venaient quelques couches sans asphalte, puis de nouveau une seconde et une troisième zone asphaltique, d'environ un mètre, avec une teneur en bitume de 0,75 $\%$ seulement.

Les couches supérieures, inclinées à peu près comme le sol, se retrouvaient sous le bâtiment de l'hôtel Pattus, ainsi que sur la grève du lac. Sur ce point, elles ont disparu par suite du dépôt de matériaux de remplissage.

Le Mauremont, Mont-Mouret près Divonne, *Villeneuve* près Thoiry. De Saint-Aubin, il faut se transporter jusqu'au Mauremont, près de La Sarraz, pour retrouver des indices de l'existence du bitume dans l'urgonien. A mesure qu'on avance vers le sud, la structure de ce terrain devient de

plus en plus compacte; le facies saccharoïde disparaît déjà aux carrières de la Raisse, près de Concise, aussi n'est-ce point l'asphalte que nous pouvons nous attendre à rencontrer, mais bien le bitume pur, un *malthe*, en quantité peu considérable d'ailleurs. C'est sous cette forme qu'on l'a rencontré au milieu des bancs de calcaire massif qui constituent la colline du Mauremont, près de La Sarraz, sorte de promontoire avancé de bordure crétacique du Jura dans les puissants dépôts de la molasse.

Ce n'est pas positivement dans des fissures ou des crevasses, comme celles que remplit le terrain sidérolitique, qu'on découvre ce bitume, mais plutôt dans des cavités ou poches tapissées de carbonate de chaux, en plein banc calcaire. Ici encore, le bitume a été emmagasiné, renfermé dans la roche au moment de sa formation, et n'a pu y pénétrer postérieurement. Il arrive même qu'au moment où on brise la roche, une partie du bitume plus liquide, semblable au pétrole, s'épanche à l'extérieur, en sorte qu'on ne peut recueillir que le résidu solide¹.

Au sud de La Sarraz, l'urgonien disparaît rapidement sous un épais manteau de glaciaire; ce n'est qu'au sud de Divonne qu'on voit reparaître les trois étages du néocomien, formant un promontoire qu'on appelle le Mont-Mouret ou Mont-Mussy. M. H. Schardt m'annonce avoir découvert, dans une carrière, un banc de quelques mètres d'épaisseur de calcaire urgonien blanc saccharoïde, im-

¹ L'asphalte vrai a été exploité non loin du Mauremont, d'après ce que je lis dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1829. « M. le professeur Gilliéron a communiqué les observations qu'il a faites sur les couches de pierre à chaux, fortement inclinées du sud-est au nord-ouest, dans les environs de Goumoëns, et sur l'asphalte qu'on y a exploité jadis. »

prégné par places d'asphalte, en proportions assez faibles. Il y aurait là quelque chose d'analogue au gisement de Bevaix.

Plus au sud encore, la bande crétacée disparaît de nouveau, pour reparaître bientôt à Crozet, Villeneuve, Thoiry et Allemogne, où de grandes carrières sont ouvertes dans l'urgonien compact. Ici encore, M. Schardt me dit avoir découvert des crevasses remplies d'une argile verdâtre ainsi que d'un bitume visqueux très abondant, qui s'écoule en longues traînées lorsqu'on exploite la roche.

Mussiège, Frangy. La chaîne du Crêdo, au sud du Fort l'Écluse s'infléchit à l'est, et semble vouloir relier le Jura aux Alpes de la Haute-Savoie par le chaînon du Vuache, lequel cependant disparaît sous la molasse aux environs de Frangy et de Mussiège, sur la rivière des Usses. Là encore, l'urgonien est puissamment développé et, toujours d'après M. Schardt, on retrouve de l'asphalte. « C'est, me dit-il, d'abord un calcaire bréchiforme, puis poreux et injecté d'asphalte, qui se présente sur le sentier qui conduit de Malpas au village de Mussiège. Le prolongement de cette assise se remarque également sur le plateau de Mussiège, et on l'exploite sur plusieurs points au Pont des Douattes, au sud de ce village.

Lovagny, Bourbonge, Chararoche. Les gorges du Fier, remarquables par leur caractère sauvage et pittoresque sont creusées au milieu d'un puissant massif de calcaire urgonien compact, surmonté lui-même par les couches saccharoïdes blanches et friables. C'est dans cette assise que sont ouvertes, sur trois points, des exploitations d'asphalte. Il existe dans deux bancs de 4 à 5 mètres d'épaisseur, séparés par la roche blanche. L'étendue de

ces bancs est très limitée, à peine une cinquantaine de mètres. L'asphalte, de qualité moyenne dans le milieu des bancs, passe peu à peu, en hauteur et en largeur, à la crappe très maigre, puis à la roche blanche. Lorsque j'ai visité les carrières l'année dernière, l'exploitation sur la rive droite du Fier, sous le village de Lovagny, était suspendue, probablement pour cause d'épuisement. Ce gisement est rendu très intéressant par le suintement du bitume sur les parois et au plafond des galeries. Celui-ci est constitué pas un dépôt de graviers quaternaires qui se sont écroulés dans les galeries, en sorte qu'on voit maintenant les matériaux cimentés et agglomérés par un dépôt de bitume pur très abondant.

Pyrimont, Volant, Challonges. Sous le nom de mines d'asphalte de Seyssel, on a désigné jusqu'ici divers gisements aux environs de Pyrimont, dans la vallée du Rhône, à 6 kilomètres au nord de Seyssel, où se trouvent les usines pour la préparation du mastic d'asphalte. Je dirai rapidement quelques mots des gisements que j'ai eu l'occasion de visiter en 1872.

La mine de Pyrimont paraît être depuis longtemps épuisée. Elle était située au sommet d'une colline, sur la rive droite du Rhône. Il existait deux couches, dont l'une, superficielle, était exploitée en carrière et séparée de l'autre par une assise stérile, sans bitume. Ici encore, grande irrégularité dans le dosage, qui ne dépassait pas 8 %, ainsi que dans la nature de la roche, tantôt à grain fin, tantôt à gros grain cristallin.

Le gisement de Challonges, indiqué par M. Malo sous le nom de Volant-Perrette, est situé sur la rive gauche du Rhône, en face de Pyrimont, au flanc d'une paroi escarpée de l'urgonien, d'une grande hauteur. Il m'a été

dit que l'on comptait sept couches d'asphalte, superposées et séparées par le calcaire blanc sans bitume; mais à mon point de vue ce sont plutôt des lentilles de 50 à 100 mètres d'étendue, finissant en coin et s'emboîtant les unes dans les autres.

Du reste, c'est toujours à peu près la même chose qu'à Pyrimont, Lovagny, Mussiège. Tout au plus peut-on admettre que, dans certaines galeries, le dosage du bitume atteint 10 %.

La couche supérieure présente aussi un certain intérêt, à cause de la pénétration du banc d'asphalte par des crevasses remplies de marne verte, que je considérais précédemment comme un détritit des molasses bitumineuses qui constituent le sommet de la colline. Il se pourrait après tout que ces marnes se rattachassent au terrain sidérolitique, car on les trouve associées aux bolus des crevasses sur divers points au mont de Chamblon, au Mauremont, etc.

Il n'est pas rare d'observer des traces de remaniements des roches pendant leur formation, c'est-à-dire des morceaux de calcaire blanc pur, intercalés dans l'asphalte, ou bien des fragments d'asphalte dans le calcaire blanc. Ce sont tout autant d'indices de changements répétés pendant la phase de formation de ces terrains.

Bellegarde. La vallée du Rhône à Bellegarde est remarquable par le développement et la puissance de l'urgonien, qui se présente sous trois facies distincts, savoir : à la partie supérieure le calcaire à Ptérocères, roux jaunâtre, puis au-dessous, le calcaire gris dur, en deux assises, séparées par le calcaire blanc friable.

En 1872, sur le chemin qui conduit à la Perte du Rhône, j'ai constaté l'existence de nombreuses fissures dans le

calcaire dur, remplies de bitume visqueux à une chaleur modérée, solide et cassant au froid. J'ai de même recueilli dans les calcaires blancs friables divers fossiles (Inocerames), dont le test, en partie résorbé et spathisé, était remplacé par du bitume, colorant la roche en brun-chocolat, comme à Bevaix.

Forrens près Chézery. L'existence de l'asphalte a été signalée dans la vallée de la Valserine, au nord de Bellegarde, entre autres à Lelex, mais je n'ai pas d'indication sur ce gisement. En revanche, j'ai obtenu de M. H. Schardt divers renseignements sur celui de Chézery, qui se trouve un peu plus au sud, vers Bellegarde. On exploite là un calcaire crayeux friable assez puissant, mais inégalement imprégné de bitume. Certaines parties, d'une blancheur éclatante, en sont entièrement privées. On trouve aussi dans la roche bitumineuse des fragments plus compacts non imprégnés. Des fissures traversant la roche renferment parfois une argile verdâtre, qui accompagne souvent le sidérolitique, comme au Chamblon et au Mauremont.

Urgonien non asphaltique. Je n'ai jusqu'ici recueilli aucun indice de la présence du bitume ou de l'asphalte dans l'urgonien des vallées intérieures du Jura autres que le Val-de-Travers et la vallée du Rhône. Ce terrain est pourtant largement développé dans le Val d'Auberson, dans ceux de Nozeroy, de Mouthe et de Saint-Point. Il semble dès lors que les gisements bitumineux soient circonscrits au pourtour du chaînon oriental, où ils forment deux groupes, celui du nord avec les gisements du Val-de-Travers et de Saint-Aubin comme centres de formation, et celui du sud avec Pyrimont, Mussiège et Chavarroche. Je me borne pour le moment à signaler le fait, me proposant d'y revenir dans la troisième partie de ce travail.

On sait que l'urgonien atteint une très grande puissance dans le grand massif des Alpes du Faucigny. M. Maillard, qui a étudié très soigneusement cette région, me dit n'avoir découvert nulle trace quelconque de bitume. Même au Salève, où l'urgonien forme le couronnement de la montagne, on n'a signalé jusqu'ici aucune trace de bitume ou d'asphalte.

Résumé. Si la manière d'être, le facies général de l'asphalte urgonien au Val-de-Travers pouvait laisser quelques doutes sur les conditions d'origine et de formation de cette substance, il n'en est plus de même lorsqu'on tient compte des circonstances variées que présentent les gisements que je viens de signaler. Nous avons vu en effet que, de l'asphalte proprement dit, on passe aux calcaires subcompacts, inégalement pénétrés par le bitume, puis absolument compacts, renfermant des cavités géodiques dans lesquelles le bitume se maintient absolument isolé de la roche encaissante. Il me paraît aussi impossible de concevoir la pénétration subséquente du bitume dans le calcaire caverneux de Bevaix que dans la roche compacte du Mauremont, de Villeneuve, de Bellegarde, etc. Cette substance est contemporaine de la formation des couches ; elle a été englobée, enfermée dans la roche en voie de formation, de façon à y rester indéfiniment, c'est-à-dire jusqu'au moment où, par une cause quelconque, il s'est produit une communication avec l'extérieur. C'est ce que nous montre avec la plus grande évidence le gisement de Lovagny, où, par suite de l'inégalité d'imprégnation de la roche, le bitume, dégagé des parois, tend à se déplacer, à constituer de nouveau des amas, purs de tout mélange avec des roches étrangères.

2. Gisements jurassiques.

Vallorbes. La présence de l'asphalte aux Époisats, sur la route de Vallorbes à la Vallée de Joux, est connue depuis la fin du siècle dernier. Un nommé Glardon exploitait cette substance pour la fabrication d'un ciment ou mastic qui jouissait d'une certaine réputation.

En 1872, une société entreprit le creusage de galeries et de puits, en vue de l'exploitation. Appelé à étudier le gisement, je reconnus bientôt les faits suivants :

L'asphalte proprement dit est une espèce de brèche de graviers calcaires, cimentés par le bitume, remplissant une fissure du calcaire oolithique inférieur. Cette fissure verticale, orientée sud-nord, correspond exactement à un axe de dislocation qui affecte tous les chaînons du Jura, au sud et au nord de Pontarlier. On pourrait, au premier abord, voir dans cette disposition une preuve de l'origine interne et profonde du bitume qui cimente la roche calcaire. J'ai pu me convaincre qu'il n'en est rien, en rencontrant, dans les galeries creusées à travers les couches verticales de calcaires marneux du bathonien, des fissures remplies de bitume noir et luisant, visqueux, se ramollissant avec une faible élévation de la température. Les parois des fissures sont tapissées de cristaux de carbonate de chaux, mais ceux-ci, non plus que la roche, ne sont jamais pénétrés par le bitume. Il est pour moi incontestable que c'est latéralement que le bitume, sortant de la roche calcaire à ciment, a envahi la fissure remplie de matériaux calcaires et en a cimenté les éléments. J'ajouterai que le filon ne présente qu'une étendue très restreinte, soit une longueur d'une centaine de mètres. Large de deux ou trois mètres à la surface, il disparaît en pro-

fondeur et ne présente aucune chance favorable d'exploitation.

Noiraigue. Dans les carrières ouvertes au Furcil, près de Noiraigue, au milieu de couches d'âge géologique semblable, c'est-à-dire bathoniennes, on retrouve également des filons croiseurs des couches, tapissés de carbonate de chaux et remplies de bitume, que la chaleur solaire fait suinter à l'extérieur en été. D'autres cavités, moins étendues, sans cristaux, laissent également écouler, au moment de l'exploitation, un bitume plus abondant et tout à fait semblable à celui de Vallorbes. Enfin, on trouve encore cette substance dans les fissures de grandes Ammonites.

Autres gisements. Dans une tranchée de la nouvelle route de la Brévine à Couvet j'ai observé des fissures du calcaire spongitien renfermant un bitume peu abondant, mais très liquide, presque pétrolifère. Ici encore, la roche est absolument impénétrable au bitume.

Il en est de même à deux ou trois kilomètres à l'est, au Chable, où la tradition indiquait une mine d'asphalte ; j'y ai trouvé le bitume dans les mêmes conditions de gisement et les mêmes couches géologiques.

J'ai aussi trouvé de ce bitume dans le calcaire ptérocérien des Pargots, près des Brenets.

On a encore signalé la présence du bitume dans le calcaire compact du ptérocérien des carrières de Soleure.

3. *Gisements molassiques.*

Mathod, Chavornay, Orbe. Le terrain tertiaire du pied du Jura, à Saint-Blaise, à Boudry, ainsi que dans la zone qui s'étend de Concise vers le sud, jusqu'au Fort l'Écluse, est un complexe de couches de marnes sableuses rouges ou violacées, de grès molassiques et enfin de calcaire la-

custre, appartenant à l'étage aquitainien. Ce calcaire lacustre, aussi appelé *calcaire fétide*, à cause de l'odeur qu'il répand au choc du marteau, est généralement désigné à tort sous le nom de *calcaire bitumineux*. Je dis à tort, car en réalité je n'y ai jamais observé de bitume, tandis que cette substance imprègne plus ou moins fortement certaines couches de molasse, en sorte que les gisements ont pu être confondus par divers auteurs avec les gisements asphaltiques.

Un examen tant soit peu sérieux permet de reconnaître que ce n'est point un bitume solide qui peut être extrait de cette molasse, mais bien une substance plus ou moins fluide, c'est-à-dire du pétrole. Les gisements connus à ce jour sont ceux de Mathod, Orbe, Chavornay, Dardagny, etc. Voici à ce sujet quelques notes.

Le gisement de Mathod, que je n'ai jamais eu l'occasion de visiter, est signalé en ces termes par M. S. Chavannes, dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles :

« On retrouve la molasse rouge près de Mathod où l'on a exploité dans le temps une couche de grès bitumineux. »

En juillet 1872, je visitai le ravin du Talent, au sud de Chavornay, afin d'observer le gisement bitumineux signalé dès longtemps. Voici ce que j'observai :

La molasse imprégnée de bitume constitue un banc de 1 mètre d'épaisseur, horizontal, dans le lit de la rivière. Ce banc est intercalé dans le milieu d'une série de couches de molasse marneuse, rouge violacée. Le bitume est peu abondant, mais on conçoit facilement comment il se fait que, dans les jours chauds de l'été, il soit entraîné en gouttelettes par l'eau courante.

Je visitai également le gisement du Chalet, à l'ouest du ravin escarpé de l'Orbe. Là, le bitume imprègne une

molasse moins homogène, traversée par des filons de marne bigarrée et par des couches de molasse plus dure; l'odeur de pétrole est très caractéristique.

Dardagny, Satigny. Les gisements bitumineux du canton de Genève ont été pendant quelques années, de 1872 à 1880, l'objet de recherches assez importantes, en vue d'une exploitation industrielle. Je les ai visités moi-même en 1872; à cette époque déjà, le gisement le plus ancien, indiqué dans la carte fédérale sous le nom de *Mine de goudron*, était abandonné et les travaux de recherches portés un peu plus au nord vers Roulevaz, petit ruisseau au nord de Dardagny. Dans un puits, récemment creusé, je constatai les grandes irrégularités d'imprégnation et l'extrême variété de nature de la molasse. Plus tard, en 1880, les travaux ayant été poursuivis, mon ami M. Schardt eut l'occasion de les visiter et m'écrivait ce qui suit :

« Le banc de bitume lui-même est une molasse friable, micacée, composée de matériaux plus ou moins fins : elle est brune ou noire, suivant la quantité de bitume qu'elle renferme; elle est grise et dure lorsqu'elle n'en renferme pas.

« La puissance du banc est de 18 mètres en moyenne; il paraît imprégné de bitume dans toute son épaisseur, mais d'une manière très inégale, de telle sorte qu'on trouve, sur un espace de quelques mètres carrés, des places tellement riches que le bitume suinte de la roche à l'état semi-liquide, surtout lorsqu'elle est exposée au soleil, tandis que quelques centimètres plus loin, la roche en est dépourvue. Cette molasse est suivie d'une série innombrable de couches marneuses, rouges, violacées, sans fossiles et sans bitume, lequel ne se trouve que dans le banc de 18 mètres. Ce n'est pas précisément de l'asphalte,

mais plutôt une espèce de goudron, dont l'odeur est semblable à celle du pétrole brut, etc.»

Volant-Perrette. Le gisement asphaltique de Pyrimont (*montagne brûlante*), fut d'abord reconnu et concédé en vue de l'exploitation du bitume ou *graisse*, contenu dans la molasse verte, superposée au calcaire urgonien asphaltique. Pendant un certain temps, on exploita simultanément les deux assises, le bitume de distillation de la molasse servant à enrichir l'asphalte destiné à la fabrication du mastic. Depuis une trentaine d'années on a renoncé à l'exploitation du bitume molassique.

J'ai visité en 1872 le gisement de Volant-Perrette sur la rive gauche du Rhône. La molasse bitumineuse est immédiatement superposée à l'urgonien. Les couches, de nature et d'épaisseur variées, passent du grès fin et homogène au grès grossier et au conglomérat bréchiforme. La stratification est très irrégulière, les couches finissent en coin, comme dans les dépôts diluviens et quaternaires. Le bitume se présente dans les couches tendres, marnosableuses, aussi bien que dans les poudingues. Ceux-ci sont formés d'éléments calcaires qui, quoique enveloppés de bitume noir, très abondant, ne sont absolument pas pénétrés et restent parfaitement blancs. La roche présente, du reste, la plus singulière ressemblance avec l'asphalte du terrain jurassique inférieur des Époisats, près Vallobes.

J'ai recueilli dans la molasse sableuse des moules intérieurs de mollusques bivalves, probablement des *Unios*, imprégnés de bitume.

Vallée de la Valserine. Le grès bitumineux a été retrouvé par M. Schardt au nord de Pyrimont, dans le vallon ou combe de la Mantière au pied occidental du Grand-Crédo. Là encore, c'est une molasse imprégnée de

bitume, semblable à celle de Dardagny, et qui paraît avoir aussi donné lieu à des tentatives d'exploitation.

Le bitume et le pétrole à Lobsann et Pechelbronn. La molasse bitumineuse n'étant plus exploitée dans les localités donc je viens de parler, il s'ensuit que nos données sur la manière d'être du bitume dans les couches sont très incomplètes. Il n'en est pas de même à Lobsann et Pechelbronn, dans le Bas-Rhin, où l'exploitation a permis à M. Daubrée de reconnaître nombre de faits intéressants que je vais résumer ici¹.

A Pechelbronn, le pétrole se présente dans des sables et grès bitumineux de même nature et de même âge que ceux que je viens de signaler. Les *amas* bitumineux appelés *veines*, ont de 0^m,80 à 2^m; vers les bords, leur épaisseur diminue de façon à ce que la section de l'un de ces amas est lenticulaire. L'eau d'une source amène à la surface un bitume vierge, plus fluide que celui que l'on extrait du sable par distillation. Certaines veines de sable exhalent de l'hydrogène protocarboné avec une abondance capable de produire des inflammations dans les travaux.

A Lobsann, on a aussi exploité le sable bitumineux, mais il renfermait rarement au delà de 4 % de bitume. Celui-ci s'éloigne beaucoup plus de l'état fluide que celui de Pechelbronn et appartient à la variété qu'on appelle *malthé*.

Le bitume existe aussi et est exploité dans des bancs de calcaire d'eau douce saccharoïde, subordonnés à de minces couches de lignite. La proportion du bitume mêlé

¹ *Mémoire sur le gisement du bitume, du lignite et du sel dans le terrain tertiaire aux environs de Pechelbronn et de Lobsann*, Paris, 1850. Depuis quelques années, des sondages ont fait jaillir le pétrole à la manière des puits de la Pensylvanie. Certains puits fournissent par jour jusqu'à 1000 litres et plus.

au calcaire s'élève à 10, 12 et même jusqu'à 18^o/. C'est, en un mot, de l'asphalte.

Le mode d'imprégnation du calcaire et du sable diffère considérablement. Il n'est pas possible, même à l'eau bouillante, d'extraire le bitume du calcaire. Ces couches renferment assez abondamment des fossiles, coquilles terrestres, planorbes, paludines, empreintes de feuilles, lignite, succin.

Des couches de sable bitumineux se retrouvent aussi dans le Haut-Rhin, près de Hirtzbach, dans le terrain tertiaire.

A Soultz-sous-Forêts, de l'eau salée sort des couches mêmes qui contiennent le sable bitumineux. Tout porte à croire que ces eaux empruntent leur salure aux couches tertiaires.

Ainsi qu'on le voit, ici encore il y a une grande différence dans le mode d'imprégnation et la nature du bitume, suivant qu'on l'observe dans le grès sableux ou dans le calcaire.

III

Origine et mode de formation de l'asphalte.

1. *Les théories.*

Je crois avoir, dans les pages qui précèdent, suffisamment établi l'origine et la formation simultanée du bitume, de l'asphalte et des roches ou terrains dans lesquels on rencontre ces substances.

Que, de plus, cette origine soit organique, c'est ce que

ne songent plus à contester que des physiciens ou des chimistes plus versés dans la connaissance des formules que dans celle de la géologie et de la pétrographie, aussi n'entrerais-je pas en discussion avec ces auteurs, partisans déterminés des théories plutôt que de l'observation des faits¹.

A côté de ceux-là, il en est qui disent : oui, nous admettons l'origine organique du bitume, de l'asphalte, mais, ne voyant pas les résidus solides de ces substances, nous devons supposer qu'ils existent, mais qu'ils sont ensevelis dans les profondeurs du globe. Soumises à une haute température et à une pression énorme, les matières végétales subissent une sorte de distillation. Voici, au reste, en quels termes s'exprime à ce sujet M. Léon Malo, ingénieur des mines :

« Il est permis de supposer, d'après les indices révélés par l'étude des régions bitumineuses, qu'à des époques géologiques encore mal déterminées, des amas de matières organiques, enfoncées sous les énormes massifs du calcaire jurassique et chauffées par le feu central, se sont mis en vapeur, et, à cet état, ont cherché une issue à travers l'écorce terrestre. Un jour, un craquement se produit dans cette écorce, une fissure se manifeste; les vapeurs bitumineuses comprimées par des pressions incalculables s'y précipitent par le chemin qui leur est ouvert. Ces vapeurs franchissent ainsi des couches trop compactes pour se laisser pénétrer; mais arrivées au terrain oolithique, elles rencontrent à droite et à gauche de la fissure des couches de calcaire tendre qu'elles imprègnent. Tant que la pression persiste, le bitume chemine à travers les pores du calcaire et en remplit les

¹ Voir Mendeleef, *Revue scientifique* 1877.

cavités infinitésimales, puis, peu à peu, cette pression diminue, l'imprégnation se relentit et finit par cesser tout à fait¹.

Dans cet article, reproduction presque textuelle de son travail de 1866, M. Malo semble être fixé sur plusieurs points obscurs qui l'arrêtaient autrefois². « Dans quelles circonstances le phénomène a-t-il eu lieu? Par quels orifices la vapeur s'est-elle échappée? Comment se fait-il qu'elle ait imprégné des bancs intermédiaires, sans toucher aux supérieurs, ni aux inférieurs? etc., etc. »

Mais il ne nous dit pas quelles solutions sont intervenues, qui lui permettent de présenter sa théorie comme la plus rapprochée de la vérité.

Ce fait est d'autant plus surprenant que, dans l'intervalle qui sépare les deux publications que je viens de citer, le professeur Fraas, de Stuttgart, avait fait connaître, non pas une théorie nouvelle, mais l'énoncé de ses observations sur la mer Rouge, la mer Morte, etc., et dont je crois devoir reproduire ici les principaux passages. Voici d'abord ce qui a trait à la formation *actuelle* du bitume :

« Les sources de pétrole se lient intimement à la structure du grand récif de coraux qui borde la mer Rouge. On recueille le pétrole dans les creux percés dans le banc de corail à quelques pas seulement du rivage. On voit s'accumuler à la surface de ces trous un liquide gras et irisant, atteignant l'épaisseur de plusieurs pouces.

« Il ne m'est jamais venu à l'idée d'attribuer à ces huiles une autre origine que la décomposition des corps gras contenus dans la lagune. Il n'y a rien là que de très naturel, attendu que ces lagunes sont de véritables viviers

¹ *La Nature*, 1881, 1^{er} semestre, p. 150.

² *Guide pratique*, etc., Paris 1866.

dont le fond pullule d'animaux, si bien que l'œil ne peut s'arrêter sur un point sans apercevoir les mouvements et les contractions de la vie. On conçoit aussi que, dans ces eaux tièdes et peu profondes, la décomposition soit très active et qu'une partie seulement des gaz dégagés par la putréfaction parvient à s'échapper, tandis que le reste se condense pour former des carbures d'hydrogène qui filtrent dans les interstices du récif probablement pour y subir, à l'intérieur de ce calcaire poreux, une condensation ultérieure. En ma qualité de géologue, j'en conclus qu'une transformation analogue de substances animales a dû se faire de la même manière dans les temps géologiques. Je ne m'explique en effet pas autrement les amas de bitume qui sont emmagasinés tout le long des côtes de la mer Rouge, dans le tertiaire d'Égypte et dans la formation crayeuse de la Palestine. »

Voici maintenant les observations de M. Fraas sur l'existence du bitume dans les coquilles fossiles de divers terrains :

« En Égypte, j'ai trouvé à réitérées fois le bitume dans le groupe inférieur de l'étage suessonien avec le *Nummulite planulata*. J'ai même détaché et emporté de l'un des bancs des échantillons pétris de nombreuses Cardites, Natices, Nérites, etc., dont les cavités intérieures sont remplies d'un asphalte noir et luisant qui, par sa composition chimique, est tout à fait identique à celui de la mer Morte. Le banc qui renferme ces fossiles repose sur des assises d'un calcaire dur parfaitement blanc, sans bitume, mais en même temps pauvre en fossiles, tandis que les bancs bitumineux ne sont pour ainsi dire composés que de pétrifications. La manière uniforme dont les bancs de calcaire sont pénétrés par le bitume ne permet

pas de douter que la roche ne soit contemporaine des huiles minérales.

« Si l'on me demande pourquoi il n'existe pas de bitume dans toutes les couches où les débris fossiles sont abondants, je dirai que, avant tout, il ne faut pas perdre de vue que la plus grande partie de ces résidus animaux est de nouveau absorbée par d'autres êtres et contribue ainsi à leur édification. Rappelons-nous que les animaux des deux embranchements inférieurs du règne animal et une bonne partie des radiaires ne vivent qu'aux dépens de la matière organique répandue dans la mer. Dès lors *ce ne serait en quelque sorte que l'excédent de ces matières qui, lorsqu'il se trouve exposé à la chaleur solaire sur un point abrité de la lagune, aurait chance de se transformer en hydrogène carboné.*

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

« On le voit, en Orient le pétrole est tout aussi ubiquiste que chez nous, puisque celui de la mer Morte appartient à la formation crétacée, celui de Mokkatam à la formation éocène, celui de la mer Rouge aux formations quaternaires et enfin celui du Djibel Zeit à l'époque actuelle. »

Les remarquables observations de M. Fraas pourraient laisser croire que, seuls, les organismes animaux sont susceptibles de donner lieu à la formation des bitumes et des pétroles, ce qui n'est nullement le cas. Nous devons en effet à l'un de nos compatriotes et anciens collègues,

M. Léo Lesquereux, domicilié aux États-Unis depuis 1848 des révélations non moins importantes sur la transformation des végétaux marins en bitume liquide ou pétrole. Voici comment il s'exprime dans une lettre du 25 janvier 1865.

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

Partant de ces données, M. Lesquereux estime, *à priori*, que le pétrole est dû essentiellement à la décomposition des plantes non ligneuses et non fibreuses, telles que le sont les plantes marines, comme la houille est due à la

décomposition de plantes ligneuses et, par conséquent, plus ou moins fibreuses. La houille serait ainsi réellement un charbon de bois, les huiles minérales un charbon de plantes cellulaires.

De ce qui précède, ne sommes-nous donc pas en droit de conclure :

1° Que les substances bitumineuses liquides ou fluides, telles que le pétrole, sont les produits de végétaux marins, algues, varechs des mers actuelles, fucoïdes des terrains stratifiés ¹.

2° Que les bitumes visqueux ou solides à la température ordinaire dérivent des animaux marins mollusques et rayonnés, et, sans doute aussi de poissons, etc.

3° Que certains bitumes ou pétroles mixtes peuvent avoir été formés par la décomposition simultanée des animaux et des végétaux marins ; tel serait le cas des bitumes molassiques signalés précédemment.

Les théories, appuyées de démonstrations si évidentes de MM. Fraas et Lesquereux, n'ont été, à ma connaissance, l'objet d'aucune contestation ; mais, ainsi que je l'ai dit déjà, aucun auteur ne paraît avoir songé à en faire l'application. Coquand, à qui l'on doit de remarquables études sur les gîtes bituminifères de l'Albanie, de Zante, de la Valachie, de la Moldavie, des Carpathes,

¹ Cette origine ou provenance marine du pétrole est affirmée en ces termes par Cahours dans la *Revue scientifique*, t. V, 1868.

« En 1863 et 1864, nous entreprîmes, Pelouze et moi, des recherches sur le pétrole d'Amérique, que nous résumâmes dans un long mémoire inséré dans les *Annales de chimie et de physique*. Nous avons établi dans ce travail que ces produits renferment une série d'hydrocarbures, homologues du gaz des marais, que nous parvîmes à isoler de l'état de pureté et dont quelques-uns furent étudiés par nous avec beaucoup de succès. »

ignore absolument les auteurs que nous venons de citer et maintient la théorie des émissions souterraines. Il en est de même de M. Lartet, à qui l'on doit une remarquable étude sur les gîtes bitumineux de la Judée et de la mer Morte, de M. Daubrée, dont à la vérité le *Mémoire sur le gisement du bitume, etc., des environs de Pechelbronn*, date d'une époque antérieure (1850). Seul, M. Dieulafait, professeur à la faculté des sciences de Marseille, est arrivé à des conclusions absolument semblables à celles de Fraas. Aussi crois-je devoir lui consacrer encore un moment d'attention. Voici comment il s'exprime au sujet des minerais de cuivre du Mansfeld :

« Le minerai exploité depuis un temps considérable se présente dans les conditions suivantes : 1° la couche de minerai n'a que quelques centimètres d'épaisseur ; 2° elle s'étend sur une énorme surface ; 3° elle est parfaitement parallèle aux couches encaissantes ; 4° *le minerai cuivreux est très fortement imprégné de bitume* ; 4° de très nombreux poissons sont engagés dans le minerai bitumineux ; 6° plus les poissons sont nombreux, plus le minerai cuivreux est riche et abondant. »

L'auteur établit ensuite que le cuivre dissous dans les eaux de la lagune au sein de laquelle se formaient les dépôts, s'est séparé parce qu'il se trouvait en présence de sulfures solubles provenant de la décomposition des poissons.

« Quand, dit-il, par quelque accident insignifiant, les lagunes du Mansfeld se retrouvaient accidentellement remises en communication avec la mer normale, des poissons entraient dans ces lagunes et y périssaient promptement, grâce à la sursaturation de l'eau, due à l'évaporation. De plus, cette eau ainsi saturée les conservait. au

moins relativement. Voilà pourquoi les poissons du Mansfeld sont bien mieux conservés qu'ailleurs, voilà pourquoi ils sont dans une couche de bitume ; *ce bitume n'est pas autre chose que le produit de la décomposition lente des poissons eux-mêmes*. Voilà pourquoi la couche métallifère du Mansfeld est à la fois si mince et si régulière. Loin donc que le cuivre soit, comme on l'a dit, la cause qui ait fait périr les poissons, ce sont au contraire les poissons morts qui ont déterminé la précipitation du cuivre. »

Ce processus de la formation du bitume par décomposition des poissons (et conséquemment des animaux marins) est d'ailleurs établi avec beaucoup d'autorité par le même savant dans sa conférence *sur l'origine des substances minérales salines*. M. Dieulafait se proposait d'aborder dans un troisième travail l'origine du bitume, et il m'avait même fait part de son projet de visiter à ce sujet les mines d'asphalte du Val-de-Travers. Sa mort, survenue peu de temps après notre entrevue, devait empêcher la réalisation de ce projet.

Il est encore un processus de conservation des substances organiques dans les formations sédimentaires dont je ne puis me dispenser de dire quelques mots. C'est celui de la formation des calcaires lacustres ou d'eau douce, désignés sous le nom de *bitumineux*. Personne, je crois, n'a jamais contesté que l'odeur fétide qui les caractérise soit due à la décomposition des matières organiques, végétales ou animales, contenues dans les sédiments. Actuellement encore les bassins marécageux sont caractérisés par la présence, à l'état de gaz de l'hydrogène carboné que nul ne s'avisera d'attribuer à des émanations souterraines. Le gaz des marais peut, me semble-t-il, être rapproché du gaz des puits à pétrole de la Pensylvanie, pourquoi dès lors

ne pas chercher dans cette direction la solution des questions relatives à l'origine du pétrole, et, en général, de tous les carbures d'hydrogène contenus dans le sol terrestre ? Pourquoi, encore une fois, évoquer à ce sujet des théories accompagnées de suppositions purement gratuites, d'aveux répétés d'ignorance et de doute ? Autant vaudrait ne pas aborder la question et attendre du hasard une solution qu'il ne donnera probablement jamais.

Conclusions. Nous avons vu que tous les gisements bitumineux du Jura central présentent entre eux des caractères de ressemblance tels que la théorie d'origine, applicable à l'un, l'est aussi à d'autres, sinon à tous. En particulier, rien absolument ne nous porte à admettre l'origine hydrothermale, profonde ou ignée de l'un des gisements dont nous avons parlé. La formation du bitume, sa pénétration dans les couches, sont contemporaines de celles-ci. Il n'y a pas de formation bitumineuse limitée à une couche particulière. Le processus bitumineux est simultané à celui des roches non bitumineuses. Toutefois nous constatons un maximum de production pendant la phase du dépôt des couches de l'urgonien supérieur.

Nous avons vu encore que divers gisements, la Presta, Travers, Bevaix fournissent la preuve indiscutable de l'origine animale du bitume, que la manière d'être, le dosage de cette substance, dans la molasse, accusent plutôt une origine végétale et des circonstances de formation un peu différentes de celle de l'asphalte de l'urgonien et de l'aptien. Recherchant ensuite dans quelles conditions les substances organiques et les matières minérales se sont formées, nous avons vu que les bancs de calcaire crayeux ou compacts, de l'urgonien en particulier, se sont déposés dans un bassin marin formant plutôt des golfes et des

ances qu'une mer étendue et profonde. La faune, composée de mollusques, de brachiopodes, de rayonnés, surtout d'échinides, est la même dans les dépôts caractérisés par la présence des bitumes, comme dans ceux qui n'en présentent aucune trace. La nature des roches est non moins identique partout, il y a passage graduel de l'asphalte à la roche non bitumineuse, dans le sens latéral d'abord, puis aussi en hauteur et en profondeur.

Les substances minérales telles que la calcite, la glauconie, qui sont par elles-mêmes impénétrables au bitume, se trouvent dans la roche asphaltique absolument dans les mêmes conditions que dans les terrains correspondants.

2. *Causes de la Transformation des animaux en bitume et en asphalte*¹.

Les principales influences qui ont pu intervenir dans le métamorphisme des animaux sont *le temps, la chaleur, la nature des organismes, la sursaturation*, etc. J'examinerai quelle a pu être la part de chacune de ces influences dans la région dont j'ai entrepris l'étude.

Temps. La théorie, si longtemps soutenue, des extinctions totales et des apparitions simultanées des faunes géologiques, a fait son temps, aussi bien que celle qui voulait établir des limites absolues et générales entre les étages. Le nombre de ceux-ci est devenu tellement considérable, et l'on est si peu d'accord sur ceux qu'il convient d'admettre, que bien peu de géologues osent encore

¹ Afin de ne pas compliquer cette section, je m'abstiens de parler du bitume ou pétrole molassique.

entreprendre la défense du système des classifications absolues.

En ce qui concerne le temps ou la durée des phénomènes qui ont métamorphosé les animaux en bitume, il ne peut non plus être question de concevoir l'action de phénomènes soudains, d'une durée limitée, pas plus que d'une durée illimitée. La formation du bitume paraît avoir commencé à St-Aubin déjà pendant le dépôt des couches de l'urgonien inférieur, caractérisé par sa faunule d'Échinodermes et de Brachiopodes. Elle a eu son maximum de développement ensuite d'une modification importante dans la faune, devenue très pauvre en espèces, mais prodigieusement riche en individus de la classe des mollusques acéphales que nous appelons les Caprotines. Le chiffre de siècles que l'on admettra pour cette formation sera aussi celui qui, plus ou moins, s'appliquera à l'accumulation du bitume dans le calcaire saccharoïde de Travers, de Lovagny, de Pyrimont, etc. Je me hâte de dire que fixer un chiffre quelconque serait parfaitement oiseux. Il suffit que nous soyons d'accord pour écarter toute idée d'une phase particulière de bituminisation.

Le processus de formation du bitume, au Val-de-Travers du moins, a subi un temps d'arrêt pendant le dépôt des couches de l'aptien inférieur, puis, les circonstances physiques redevenant favorables, il s'est de nouveau manifesté, et nous avons eu, grâce à ce fait, la formation asphaltique de l'aptien supérieur de la Presta.

Cette question de temps peut être évoquée aussi à un autre point de vue, à savoir le temps nécessaire à la décomposition d'un mollusque, tel que par exemple une

Caprotine. A ce sujet, je reproduis ici une note intéressante de M. H. de Saussure¹.

« M. H. de Saussure donne une idée du mode de formation de l'asphalte sur les côtes de Cuba. Il se forme sur la vase de petits pâtés dont la croûte est de la vase endurcie et le dedans de l'asphalte (ou du bitume ?). Ces petits pâtés sont souvent fort nombreux et se touchent presque. Or, quand on creuse dessous, on trouve régulièrement sous chacun un animal en voie de décomposition ou une coquille déjà vide de murex de strombe, d'écrevisse, etc. On peut donc présumer qu'à la longue ces petits pâtés d'asphalte forment une couche et un dépôt. »

Chaleur. « C'est à la chaleur que l'on a ordinairement recours pour expliquer la transformation des végétaux en houille, » dit M. Fayol², mais cet auteur n'a pas de peine à démontrer qu'on a singulièrement exagéré les appréciations sur la température et le climat houiller. En ce qui concerne l'asphalte, on pouvait être aussi, au premier abord, tenté d'admettre l'intervention des facteurs caloriques dans la transformation des animaux en bitume. Mais du moment où nous trouvons à côté d'une coquille renfermant du bitume une autre coquille du même genre qui n'en renferme aucune trace, il me paraît impossible d'admettre la moindre élévation de température comme facteur du métamorphisme organique.

Le climat chaud de l'époque néocomienne a certainement exercé une influence favorable sur la transformation des animaux en bitume. Nous avons vu que, dans la mer Rouge, la température élevée, tout en favorisant le déve-

¹ Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Einsiedeln, 1868.

² Étude sur le bassin houiller de Commentry, p. 171.

loppement de la vie organique, exerce une action comparable à la distillation sur les animaux de ce *vivier marin*, et il est peu probable que, dans la mer Baltique on découvre jamais rien de semblable, tandis que les végétaux marins peuvent s'y transformer en pétrole.

En résumé, l'influence d'une température élevée sur la transformation des organismes en bitume est nulle ou à peu près. Elle ne saurait être invoquée comme facteur en ce qui concerne la formation de l'asphalte au Val-de-Travers et dans le Jura.

Nature. Par nature, j'entends parler des espèces animales qui, les unes plus que les autres, auraient pu contribuer à former l'asphalte. Nous avons vu que M. l'ingénieur Knab s'était livré à des calculs basés sur les vertus prolifiques des Caprotines considérées comme des sortes d'huîtres, et dont les coquilles sont si abondantes dans certains gisements. Mais précisément l'asphalte riche, le *bon banc* de Travers n'en renferme pas de traces, rien ne prouve que les grains calcaires ou les petits cristaux de calcite proviennent de la trituration de ces coquilles. Ce qui est en tout cas certain, c'est que la décomposition, tant du test que de l'animal, ne s'est pas opérée sur place, mais dans toute l'étendue du bassin marin. Les substances bitumineuses, isolées des animaux dont elles provenaient, se sont réunies et ont flotté à la surface de l'eau, jusqu'à ce qu'elles aient rencontré des circonstances favorables à leur précipitation et à leur mélange avec les matières calcaires.

Que les Caprotines aient fourni le principal, ou même l'unique contingent de matière organique de l'asphalte urgonien, il n'y a rien là que de très plausible, mais la découverte des mollusques aptiens bituminisés, des poly-

piers et mollusques divers de Bevaix, montre qu'il n'y a pas eu, pour ces rudistes, une faveur spéciale de métamorphisme.

Ici se pose la question de savoir si nous sommes en droit de considérer le bitume des cavités et fissures de l'urgonien compact comme provenant aussi de la décomposition des animaux. On a dit que l'eau était incapable de dissoudre le bitume, que dès lors la précipitation de celui-ci au milieu des dépôts sédimentaires était impossible. Mais il faut observer que cette dissolution n'est pas nécessaire, qu'à une certaine température le bitume solide devient fluide, sinon liquide; il flotte, il nage à la surface de l'eau, formant couche s'il est abondant, ou seulement des amas lenticulaires à la façon des corps gras. Rien de plus facile à concevoir que l'ensevelissement de ces amas dans les vides de la roche en voie de formation, quelle que soit son homogénéité. La seule différence qu'il présente avec celui des mollusques bituminisés, c'est qu'il n'a pas été formé *in situ*, mais qu'il a dû se déplacer plus ou moins longtemps avant de trouver les conditions favorables à sa fixation définitive.

Evaporation et sursaturation de l'eau. C'est à ce double phénomène que nous pouvons attribuer la principale cause de la bituminisation des animaux marins. Les belles observations et découvertes de M Dieulafait ne peuvent, ce me semble, laisser de doutes. Lorsque, par suite de causes naturelles ou accidentelles, les substances organiques sont accumulées sur un espace restreint, il y a surabondance des produits de décomposition, sursaturation du liquide par ces derniers qui, n'étant plus absorbés par les organismes vivants, se combinent entre eux pour former précisément ces carbures d'hydrogène que nous appe-

lons le bitume, le pétrole, etc. Il y aurait, me semble-t-il, un vaste champ d'observations à faire sur les phénomènes qui se produisent lorsque, dans un bassin marin, qui vient à être isolé plus ou moins brusquement de l'Océan, les animaux, poissons, mollusques, rayonnés, périssent et s'accumulent sur le fond. Évidemment il se forme un laboratoire chimique de nature toute spéciale. Le processus de décomposition est tout autre que dans les cas de décomposition ordinaire. Des masses énormes de gaz ne pouvant se dégager au fur et à mesure de leur production, se combinent avec les éléments minéraux et peuvent, soit remonter vers la surface, soit rester ensevelis dans les couches en voie de formation. Dans le premier cas, nous avons les bitumes flottants, dans le second cas les mollusques bituminisés.

Aussi, les observations de M. Fraas sur la mer Rouge, si importantes qu'elles soient, ne nous font entrevoir qu'une partie des phénomènes qui nous intéressent. Avec lui, nous commençons à concevoir les phénomènes, mais nous aurions de la peine à expliquer les grandes accumulations, sur un espace restreint, des gisements asphaltiques du Val-de-Travers.

A ce propos, il convient de dire que je ne crois pas cette théorie immédiatement applicable à la mer Morte. Des observations recueillies par M. Lartet, il me paraît résulter que la quantité extraordinaire de bitume qui existe dans ce bassin résulte des suintements, des transsudations des roches bitumineuses, crétacées ou tertiaires qui l'entourent, bien plutôt que de la décomposition des organismes quaternaires et modernes. C'est, si on veut me permettre cette expression, une *origine seconde*, qui explique comment M. Lartet a pu se laisser en-

traîner à soutenir la théorie volcanique à propos du bitume de la mer Morte. En réalité, cette contrée est depuis les temps géologiques déjà anciens un *centre de formation du bitume*. L'énorme abaissement de 300 mètres de l'eau de ce bassin a fait surgir de véritables sources de bitume, qui se sont déversées dans la déclivité qui s'offrait à eux, tout comme on signale maintenant dans certaines contrées des sources naturelles de pétrole qui, si elles ne sont pas exploitées, peuvent donner lieu à la formation de dépôts auxquels on attribuerait une origine récente et souterraine. Je ne m'étendrai pas sur ce sujet, me proposant d'y revenir prochainement et de parler des bitumes et pétroles de Lobsann et de Pechelbronn, des asphaltes du Hanovre, etc.

3. *Conclusions.*

L'hypothèse de l'origine organique de l'asphalte est appuyée par tous les faits que nous avons réunis dans les paragraphes précédents. Aucune autre explication ne peut être donnée de ces faits qui puisse conduire à des conclusions opposées.

En d'autres termes, tout peut se concevoir dans l'hypothèse de l'accumulation de sédiments minéraux ordinaires, sans traces organiques, simultanément avec la précipitation des mêmes matières minérales associées aux produits de décomposition de la partie organique des animaux. Tout devient obscur, inexplicable dans l'hypothèse de la pénétration postérieure du bitume dans les couches, qu'elle ait lieu de haut en bas ou de bas en haut ; tout devient clair, accessible à notre intelligence dès que nous admettons l'origine simultanée du terrain et des substances bitumineuses qu'il renferme.

IV

Histoire géologique de l'asphalte dans le Jura.*1. Période jurassique.*

Le Jura, actuellement chaîne de montagnes, fut autrefois le fond de la mer. Cette mer, semée de terres peu élevées, d'îles et d'îlots, était le réceptacle de matières minérales arrachées à la surface des terres fermes, transportées et précipitées par les courants. Parmi les substances ainsi déposées, il en est une, le carbonate de chaux, dont la prodigieuse abondance a dès longtemps provoqué l'attention. Il a été émis au sujet de son origine diverses théories, parmi lesquelles je rappellerai celle de M. A. Vézian, qui évoque des phénomènes hydro-thermaux, c'est-à-dire que le carbonate de chaux aurait été amené des profondeurs du globe par des sources sous-marines, portées à une haute température. Il me paraît inutile de les discuter ou de les combattre ici ; les sondages et les dragages dans les profondeurs de l'Atlantique nous ont révélé nombre de faits plus probants, accusant une sédimentation calcaire capable de former des dépôts d'une puissance énorme, à en juger par les rapports des explorateurs maritimes.

Les dépôts calcaires étant surtout caractérisés comme formation de haute mer, il ne faut pas s'attendre à rencontrer dans leur sein des substances bitumineuses quelque peu abondantes ¹. Nous savons que celles-ci caractérisent

¹ Sinon peut-être les produits de décomposition des algues marines, telles que les Fucoïdes.

plutôt certains dépôts marneux et argileux, tels que les marnes liasiques. La présence du bitume à Noiraigue et à Vallorbes indique seulement la possibilité du phénomène sur certains points présentant des circonstances favorables. Au reste, on reconnaît toujours plus positivement que, pendant toute l'époque jurassique, le centre de l'Europe a manifesté une tendance à se soulever lentement et graduellement, de telle façon que la terre ferme s'agrandissait aux dépens de la mer.

En ce qui concerne la région qui nous occupe, le relèvement du fond sous-marin s'accuse, dès la fin de l'époque jurassique, par une faune d'animaux vertébrés, terrestres ou amphibies, crocodiles et tortues, poissons ganoïdes, dont les congénères habitent aujourd'hui les estuaires des grands fleuves. La retraite de l'élément salé devient certaine à mesure que nous voyons apparaître les dépôts de gypse et les calcaires lacustres à fossiles terrestres et d'eau douce du purbeckien. Si la mer crétacée doit de nouveau occuper certaines parties du territoire jurassien, elle ne dépassera guère les limites de ce lac purbeckien, tracées par M. Maillard sur une carte spéciale ¹.

2. Période crétacée.

Phase urgonienne. C'est d'ailleurs à partir de ce moment que commencent à se dessiner les plissements ou ridements initiaux de nos chaînons jurassiques, qui se traduisent par la disposition en retrait des divers étages du néocomien les uns par rapport aux autres. Nous avons vu, par exemple, que l'urgonien manque dans

¹ Étude sur l'étage purbeckien dans le Jura. Zurich 1884.

plusieurs vallons occupés par le valangien et le hauterivien, sans qu'on puisse en attribuer la cause aux phénomènes d'érosion.

Ce ne sont pas seulement des changements paléontologiques qui différencient les couches crétacées des couches jurassiques. Il y a aussi les changements pétrographiques, parmi lesquels on a signalé l'apparition de ces grains glauconieux déjà dans le purbeckien et qui deviennent tellement abondants dans la Craie de Rouen (craie chloritée ou glauconieuse).

Ainsi, dès le moment où se déposent les premières couches urgoniennes, les conditions géophysiques favorables à la transformation en bitume sont réalisées, et à Saint-Aubin se forme la première lagune ou plage de sable calcaire susceptible de se combiner avec ce bitume. Il ne faudra pas de bien grands changements pour que le processus se développe, et que l'on voie se former les dépôts du littoral oriental autour des chaîons de la Montagne de Boudry, du Chasseron, du Suchet, du Mont-Tendre, du Mont-Colombier, du Crédo, etc.

Au versant occidental, même phénomène. La mer ¹, longue et étroite, s'avance du sud au nord, de Belley-Seyssel à Bellegarde, les Rousses, Vallorbes, où elle communique avec le bassin principal.

Un autre bassin plus important va de Belley à Charix, Saint-Claude, Nozeroy, Pontarlier, l'Auberson, Val-de-Travers. Notre vallon était alors, au point de vue physique, une sorte de mer Rouge, au fond de laquelle venaient s'ensevelir dans un limon calcaire les produits de la décomposition des organismes marins dont, sans

¹ Voir la carte.

doute, le plus grand nombre avait vécu dans d'autres parties du bassin. Il ne semble pas en effet, comme je l'ai fait ressortir précédemment, que la formation du bitume ait été localisée sur le point où nous trouvons le banc d'asphalte.

Si, au Val-de-Travers, le dépôt du bitume et la formation de l'asphalte s'opéraient dans des conditions relatives de tranquillité et de régularité, il n'en était pas de même à Lovagny, Mussièges, Chavaroche, Pyrimont. De fréquentes modifications se produisaient, soit dans la profondeur du bassin, soit dans ses contours, soit enfin dans les courants qui entraînaient le bitume. Peut-être même celui-ci se formait-il en partie sur place, comme à Bevaix et, dans ce cas en proportions trop restreintes pour qu'il y ait production de dépôts d'asphalte aussi riches et aussi puissants que ceux du Val-de-Travers.

Phase aptienne. Ces modifications ou ces changements géophysiques s'accroissent tout particulièrement au Val-de-Travers, où les matériaux de sédimentation changent absolument de caractère. Des sédiments argileux ensevelissent une faune constituée en grande partie d'espèces nouvelles, précurseurs de celles des grès verts. Ces couches jaunes, bleues, vertes, sont d'ailleurs peu épaisses ; toute trace bitumineuse a disparu ; puis, retour des éléments calcaires, avec leurs grains de glauconie et une grande abondance de mollusques fossiles, donnant lieu à la formation d'une lumachelle. Ce ne sont pas seulement les coquilles qui s'entassent ainsi dans le fond du bassin, mais bien l'animal lui-même, renfermé dans son enveloppe calcaire, avant que ses muscles et ses chairs aient eu le temps de subir la décomposition ordinaire. Il se forme ainsi un *charnier*, une accumulation d'animaux morts,

dont les produits de décomposition ne peuvent remonter à la surface, ainsi que cela avait lieu pendant la phase urgonienne. Au reste, les choses ne se passent pas partout de la même façon. A une faible distance de ce centre de formation bitumineuse, il s'en présente un autre dans lequel le mélange du bitume et des sédiments calcaires, coquilles brisées et triturées, donne lieu à la formation de couches d'asphalte, auxquelles il ne manque qu'une plus grande épaisseur et un dosage en bitume plus élevé pour qu'elles soient susceptibles d'exploitation.

Enfin, rappelons que c'est seulement à cette extrémité nord du bassin aptien que les phénomènes bitumineux ont été observés. La mer crétacée présente alors son minimum d'extension dans nos régions; elle ne forme plus qu'un chenal long et étroit entre les deux chaînons orientaux du Jura. D'où provenaient les sédiments déposés dans ce bassin? Très probablement des matériaux arrachés aux rives de la partie méridionale, beaucoup plus large, et participant encore des caractères de l'urgonien, puisque dans cette région il a été proposé de réunir les couches et d'en constituer l'étage *urgo-aptien*.

Phase molassique. — La fin de la phase aptienne ne correspond nullement à la retraite de la mer de nos contrées; tout au contraire la mer albiennne envahit de nouveau plusieurs vallons du Jura et y ensevelit une faune de mollusques, remarquable par les formes variées dont elle se compose. Moins riches en espèces, les dépôts céno-maniens accusent encore l'extension de cette mer sur un grand nombre de points du Jura : Saint-Point, Pontarlier, Sainte-Croix, Fleurier, la vallée des Ponts et, à l'est du chaînon principal, Souaillon près Saint-Blaise, jalonnent l'extension finale des couches crétacées dans cette région.

du Jura qui, pendant un temps fort long, se présentera à l'état de terre ferme. Les dépôts sidérolitiques de La Sarraz, de Soleure, du Jura bernois, les calcaires lacustres de diverses localités, nous révèlent l'avènement de la vie terrestre à l'aurore de la période tertiaire, que nous appelons l'époque éocène.

Je me hâte d'arriver à cette dernière phase de la formation de dépôts bitumineux dans le Jura, ou dans son voisinage. Ce ne sont plus maintenant des sédiments calcaires qui vont emprisonner le bitume. Les dépôts eux-mêmes ne sont ni marins ni lacustres, mais plutôt mixtes, saumâtres. Enfin, ce sont des végétaux marins, algues, varechs, fucus, qui ont dû fournir les éléments de ce carbure d'hydrogène dont l'analogie avec le pétrole est incontestable. D'où provenaient ces végétaux ? C'est ce que je ne saurais dire, n'ayant pu jusqu'ici consacrer l'attention nécessaire à ce sujet cependant très important. Sans doute l'étude des gisements du bassin alsatique, qui sont exploités, fournira les éléments indispensables à quiconque voudra en faire l'histoire. Si j'ai cru devoir y faire allusion dans ce travail, c'est seulement, d'une part, en vue de préciser l'âge relatif de nos gisements bitumineux, de l'autre, de fournir une preuve de plus à l'appui de ce fait que *certaines contrées du globe ont été, dans les temps géologiques, et, pour quelques-unes encore actuellement, des centres de dépôts ou de formations bitumineuses*. La formation du pétrole, du bitume, de l'asphalte est d'ailleurs soumise, pour chacun de ces dépôts ou centres de formation, à des phénomènes ou à des conditions différentes.

Phase de destruction et d'érosion. — La mer miocène, qui a couvert une partie du plateau suisse et formé de nombreux golfes dans le Jura, s'est retirée définitivement

de nos contrées. Une grande nappe lacustre couvre toute la région nord-est de la Suisse, de Zurich au lac de Constance et en Bavière. De nombreux lacs occupent plusieurs vallons du Jura, le Locle, Tramelan, Delémont, etc., une faune et une flore luxuriante se développent sur leurs bords : tel est le spectacle que présente notre pays au moment où va se produire le phénomène si grandiose de la glaciation générale du centre de l'Europe, phénomène dont nous pouvons, presque avec certitude aujourd'hui, attribuer la cause au surélévement définitif et maximal des Alpes, ainsi que du Jura qui, lui aussi a eu ses glaciers propres, isolés, ou bien confondus avec les grands glaciers du Rhône et de l'Aar. C'est à ce moment sans doute que commencent à se manifester les phénomènes de destruction et d'entraînement des formations sédimentaires qui, dans la suite des périodes géologiques, avaient rempli les vallons du Jura. Favorisée par la dislocation des assises, l'action de l'eau s'exerce sur les roches compactes du terrain jurassique supérieur, atteint les couches moyennes et inférieures, qu'elle ravine profondément et qu'elle transforme en *combes*, en *cluses* ou en *vallées d'érosion*. Par ces issues, les matériaux des dépôts crétacés et tertiaires des vallons du Jura sont entraînés dans le bassin du Rhône et vont combler les vallées basses et les plaines jusqu'au delta du Rhône. Il ne sera jamais possible d'évaluer tant soit peu exactement le volume des matériaux ainsi enlevés dans une région telle que le Val-de-Travers, ni de déterminer, en particulier, le cube total des couches asphaltiques détruites, tant dans cette région qu'à Lovagny, Pyrimont, Chavaroche, etc.

4. *Esquisse d'une carte de la mer urgonienne.*

En rédigeant les dernières pages de l'étude qu'on vient de lire, j'ai dû me demander s'il n'y aurait pas moyen de présenter d'une manière graphique et synthétique les connaissances acquises sur le sujet que je viens de traiter. C'est ce qui m'a conduit à tracer l'*Essai d'une carte de la mer urgonienne* et des gisements asphaltiques dans le Jura franco-suisse et la Haute-Savoie, dont je voudrais dire encore quelques mots (Pl. I).

Quiconque s'est occupé de géologie a dû reconnaître que les cartes géologiques, indiquant la répartition des terrains sédimentaires et autres, étaient insuffisantes à rendre compte des caractères géographiques du globe terrestre aux époques anciennes. De là sont résultés les essais de restauration de la répartition des terres et des mers dans telle ou telle contrée, que nous trouvons maintenant dans la plupart des traités de géologie.

La *paléogéographie* doit, avec le temps, se généraliser et s'appliquer tout aussi bien que la géologie à poser les fondements de l'histoire de la terre. C'est ce qu'ont compris des savants tels que M. Fayol, de Commentry, M. G. Maillard, dont j'ai mis à profit les remarquables travaux, et grâce auxquels je devrai le peu de mérite que peut présenter cet essai.

Il s'agissait, en un mot, de justifier cette affirmation que *certaines contrées du globe ont été, dans les temps géologiques, et, quelques-unes encore actuellement, des centres de dépôts ou de formation bitumineuse.*

En ce qui concerne les gisements jurassiques, j'ai dû me borner à l'indication des points connus par l'existence

d'indices bitumineux ou asphaltiques. On ne peut, pour le moment, rien dire de la configuration géologique de la contrée pendant cette partie de la période secondaire, non plus que de la profondeur des mers, mais il est évident que la tendance générale était à un relèvement du sol sous-marin et à une émergence momentanée, bien accusée par la formation lacustre du purbeckien.

Ce lac, de la fin de l'époque jurassique, dessine en quelque sorte les contours de la mer crétacée. L'absence de l'urgonien dans la région à l'ouest de Moirans, Champagnole, fait présumer l'existence de la terre ferme, de même que les chaînes du Risoux, du mont Colombier, mont Tendre, du Chasseron, montagne de Boudry, accusent une série d'îles ou de presqu'îles, alignées sud-nord et sud-ouest-nord-est. Deux golfes, longs et étroits, ramifiés à leur extrémité septentrionale, en baignaient les contours. Celui de l'ouest, que nous appellerons de St-Laurent-Pontarlier-Morteau, renferme des dépôts urgoniens importants, mais sans trace d'asphalte ou de bitume. Celui de Seyssel-Bellegarde, Vallorbes, Ste-Croix, Val-de-Travers, est au contraire remarquable par le nombre et l'importance des gisements bitumineux, qui forment cependant deux groupes distincts, celui de Pyrimont et celui du Val-de-Travers.

Enfin vers l'est les gisements voisins du lac d'Annecy, plus ou moins connexes du groupe de Pyrimont, se relient avec ceux du Val-de-Travers par les indices bitumineux du mont Mouret, du Mauremont, de Bevaix-St-Aubin.

Quelles étaient les limites de la mer urgonienne à l'est, c'est ce qu'il n'est pas possible de déterminer. Au sud, elle recouvrait certainement une grande partie du Faucigny, mais j'ai dit qu'on n'y avait reconnu aucune trace

de formation bitumineuse. Il semblerait dès lors que le processus bitumineux se soit réalisé plutôt au voisinage des côtes que dans la pleine mer. Ce qui se passe actuellement sur les bords de la mer Rouge est bien de nature à confirmer cette appréciation.

Que chacune des phases de l'époque crétacée dont on a fait les étages urgonien, aptien, albien ait été caractérisée par des oscillations diverses, affaissements ou relèvements du sol, c'est ce dont on ne peut douter en voyant les discordances de superposition des couches, les changements de facies des dépôts, etc. L'un des faits de ce genre le mieux caractérisé est celui de l'aptien, dont les couches font absolument défaut dans le golfe occidental de la mer urgonienne, aussi bien que dans le bassin oriental au pied du Jura, tandis que ses dépôts peuvent être suivis d'une façon presque continue de Bellegarde par les Rousses, Vallorbes, Ste-Croix, jusqu'à Travers, limite nord extrême du golfe. Or c'est précisément à cette extrémité resserrée que nous observons les facies si intéressants dont j'ai donné la description dans la première partie de cette étude. Cela me semble suffisant pour justifier pleinement mes appréciations sur la succession des phénomènes bitumineux dans certains bassins d'une étendue limitée.

Au dépôt des couches de l'aptien succède celui des sables à fossiles phosphatés de l'albien ou gault, c'est-à-dire une autre manifestation des phénomènes de transformation des substances organiques et de leur combinaison avec les substances minérales. A ce moment la mer semble s'être retirée absolument de la région outre-Jura, de Genève à Bienne; en revanche, elle envahit de nouveau le golfe de Nozeroy-Pontarlier-Morteau et y forme

des dépôts importants, sinon par leur puissance, du moins par l'abondance des fossiles à l'état de phosphates.

Les lambeaux de cénomaniens de diverses localités du Jura vaudois, neuchâtelois et franc-comtois sont les derniers indices de la mer crétacée dans la région qui nous occupe, et je pourrais clore ici mes considérations paléogéographiques. Je me bornerai à rappeler l'existence des gisements de bitume ou de pétrole mollassique de Pyrimont et de Chavornay-Orbe qui sont indiqués dans la carte par des signes particuliers.

CONTENU DU MÉMOIRE

	Pages
I. L'asphalte du Val-de-Travers.....	88
1. Historique.....	88
2. Géologie.....	95
3. L'asphalte urgonien... ..	101
4. L'aptien bitumineux	106
5. Conclusion.....	109
II. L'asphalte, etc., dans le Jura et en Savoie.....	111
1. Gisements urgoniens.....	111
2. id. jurassiques.....	120
3. id. mollassiques.....	121
III. Origine et mode de formation.....	126
1. Les théories.....	126
2. Causes de la transformation	136
IV. Histoire géologique de l'asphalte.....	143
Explication de la carte.....	150

