Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Band: 17 (1888-1889)

Artikel: Etudes géologiques sur l'asphalte et le bitume au Val-de-Travers, dans le Jura et la Haute-Savoie

Autor: Jaccard, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88280

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: 18.09.2025

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

ÉTUDES GÉOLOGIQUES

SUR

L'ASPHALTE ET LE BITUME

au Val-de-Travers, dans le Jura et la Haute-Savoie

PAR M. A. JACCARD,

Professeur à l'Académie de Neuchâtel.

INTRODUCTION

Appelé il y a 30 ans, à collaborer aux recherches et études pour la carte géologique de la Suisse, je recevais au début de l'entreprise des *instructions* sur la manière de procéder à l'exécution du travail, prévoyant un chapitre ou section spéciale, consacrée aux matières minérales, matériaux de construction, etc.

J'eus soin de me conformer à ces directions, et comme précisément à cette époque les mines d'asphalte du Val-de-Travers venaient d'être l'objet d'études et de recherches importantes, je leur consacrai un paragraphe spécial résumant à grands traits l'histoire de ces mines et les théories alors en discussion sur l'origine de l'asphalte, des bitumes et du pétrole. On s'était jusqu'alors borné à reproduire les théories anciennes, à discuter sur leur valeur, sans songer à recueillir des faits et des preuves à l'appui de l'une ou de l'autre.

Il m'a paru que, dans ces circonstances, il était de mon devoir de réunir, en les condensant, les connaissances acquises, tant par l'exploitation de l'asphalte au Val-de-Travers que par les explorations que j'ai pu faire dans le Jura et ailleurs.

Ces *Etudes sur l'origine et le mode de formation de l'asphalte au Val-de-Travers* comprendront trois parties savoir :

1° Mode de formation de l'asphalte et des bitumes en général;

2° Etude de l'asphalte au Val-de-Travers et dans le Jura ;

3° Histoire géologique de l'asphalte ;

4° Eventuellement, coup d'œil sur les principaux travaux relatifs aux bitumes et au pétrole.

La publication de cette quatrième partie du travail sera probablement ajournée pour un temps plus ou moins long.

PREMIÈRE PARTIE

Mode de formation de l'asphalte, du pétrole et des bitumes en général.

§ 1. — Je me propose d'établir dans ce travail que l'asphalte, le bitume, le pétrole et la plupart des carbures d'hydrogène *ont une origine organique, animale ou végétale.*

Il est maintenant reconnu que ce ne sont pas seulement les parties solides des animaux, os, dents, coquilles ou téguments quelconques qui ont pu se conserver

dans les couches sédimentaires. Les substances organiques, les chairs, les muscles des animaux, les végétaux vasculaires, ont pu se fossiliser ou se conserver par conversion chimique. Cette conversion ou transformation s'opère encore sous nos yeux; elle s'exerce sur les organismes eux-mêmes, ou bien aussi des éléments extérieurs minéraux viennent se combiner avec ceux existant déjà.

Il y a plus : les produits de la conversion étant, pour l'ordinaire, liquides ou visqueux, sont par là même instables; ils se réunissent ou se dissocient dans des conditions assez semblables à celle de l'eau souterraine, à laquelle ils se trouvent d'ailleurs fort souvent associés. Aussi, les voit-on le plus souvent remplir les vides, les interstices des rochers, les fissures, les poches, les cavernes, etc. C'est ce qui avait contribué à leur faire attribuer une origine filonienne ou éruptive.

Cette théorie ayant joui d'une faveur générale et presque universelle, il me paraît nécessaire de nous y arrêter quelques instants, en me limitant toutefois, pour le moment, aux gisements bitumineux ou asphaltiques du Jura.

L'absence de roches volcaniques quelconques dans le Jura ou dans son voisinage exclut d'emblée toute intervention *directe* des phénomènes ignés ou éruptifs. Il n'en est pas de même des phénomènes relatifs aux soulèvements et aux dislocations qui ont donné à nos chaînons jurassiques leur relief actuel. Ces chaînons sont formés de roches calcaires disposées en forme de voûte, tantôt affectées par des accidents transversaux, comme la cluse du Seyon entre Valangin et Neuchâtel, tantôt rompues dans le sens longitudinal et for-

mant deux arêtes ou crêts plus ou moins égaux, séparés par des *combes* (Chasseron, Creux-du-Vent, Clusette). Sans aborder ici l'étude des causes initiales des phénomènes qui ont donné naissance à ces accidents, il me suffira de faire observer que, dans le cas d'une origine ignée, c'est au milieu même de ces dépressions ou déchirures des roches solides que l'on verrait apparaître les substances minérales issues des profondeurs du globe. Nous aurions, en outre, à un degré quelconque, des traces de métamorphisme sur les roches ou les terrains secondaires et tertiaires qui constituent cette partie du Jura.

Or, rien de semblable ne se manifeste dans nos régions, non plus que dans l'une quelconque de nos chaînes jurassiques. Nous verrons plus tard que, bien au contraire, c'est au milieu des bassins formés de *couches synclinales* qu'apparaissent, régulièrement stratifiés, les dépôts bitumineux qui font l'objet de cette étude.

Ce que nous venons de dire de la disposition stratifiée de nos gisements asphaltiques exclut pareillement l'origine filonienne dans le sens d'*émanations souterraines*. Que si, par aventure, on nous oppose les conditions d'existence du pétrole et des bitumes, plus ou moins fluides, des régions transcaucasiques, des Carpathes, etc., nous osons affirmer que, dans ce cas encore, l'intervention des forces souterraines, de la chaleur centrale, n'a que faire. Il a suffi de simples fissures de retrait des couches, de dérangements et de dénivellations, ou de failles, pour provoquer des vides au sein desquels se sont accumulées des substances fluides à une température peu élevée, comme la plupart des bitumes et du pétrole. L'intervention

d'une chaleur, même peu élevée, aurait eu d'ailleurs pour effet de volatiliser celles-ci.

§ 2. — L'origine première des bitumes étant subordonnée à la formation des couches sédimentaires, il s'ensuit qu'ils peuvent exister dans des couches de tout âge. Ils apparaissent dans les couches paléozoïques anté-carbonifères, sous forme essentiellement liquide et gazeuse, constituant les réservoirs en apparence inépuisables de la Pensylvanie. Nous les retrouvons dans les couches secondaires jurassiques et crétacées où ils sont plus souvent bitumineux, visqueux ou asphaltiques. Enfin, leur développement géographique maximum semble caractériser les couches tertiaires de diverses régions, tant en Europe qu'en Asie, en Afrique et en Amérique.

Le bitume et le pétrole sont donc *fossiles*, au même titre que les os et les coquilles des animaux, la houille, les troncs, les feuilles des végétaux. D'une manière générale, on peut envisager le pétrole comme dérivant de végétaux aquatiques marins ou nymphéens, tandis que les bitumes visqueux ou solides, l'asphalte, etc., proviennent des substances charnues des animaux.

§ 3. — La théorie de l'origine organique du pétrole et de l'asphalte, que nous énonçons ici, n'est pas nouvelle. Elle a été émise, soutenue et appuyée de preuves affirmatives incontestables par nombre de naturalistes, physiciens, chimistes, auxquels nous emprunterons, dans la suite de ce travail, des citations plus ou moins étendues.

De même que les dépôts de combustibles solides, lignite, houille, n'existent pas dans toute l'étendue

des dépôts d'un bassin, de même aussi la transformation chimique des animaux et des plantes et la formation de l'asphalte a pu être limitée à certaines surfaces isolées les unes des autres, que nous appellerons *gîtes bitumineux* ou *asphaltiques*. La pénétration des roches par les substances bitumineuses est, en effet, comparable à la tache d'encre ou à la goutte d'huile qui imprègne partiellement une feuille de papier. Les couches d'asphalte se sont déposées dans des conditions tout à fait semblables à celles des roches non asphaltiques; mais, sous l'influence de causes particulières, les substances organiques ont imprégné les sédiments minéraux.

Partant de ces données et admettant que l'asphalte du Val-de-Travers s'est formé dans un bassin marin ou golfe de la mer crétacée, nous exposerons maintenant les conditions géographico-géologiques actuelles de cette région du Jura.

DEUXIÈME PARTIE

Etude des terrains asphaltiques du Val-de-Travers, du Jura et de la Savoie.

Première Section.

Historique de l'asphalte au Val-de-Travers.

§ 4. — L'asphalte ou *terre de poix* est connu depuis fort longtemps dans le Val-de-Travers, et l'on ne peut douter que, bien avant l'arrivée du Grec

d'Eyrinys en 1711 dans nos contrées, cette substance ne jouît d'une certaine renommée, sinon comme pouvant fournir un mastic imperméable, toutefois comme plus ou moins combustible.

A tort ou à raison, Eyrinys, dans une brochure publiée en 1721, s'attribua la découverte du gisement de Travers sur la rive gauche de la Reuse ; mais avant lui, la première mine aurait été découverte « dans un jardin du village de Buttes par un aventurier allemand nommé *Jost* qui, après en avoir obtenu la permission du Gouvernement, se mit à exploiter la mine, de concert avec J.-F. Guillaume, des Verrières, qu'il s'était associé. Ces deux entrepreneurs construisirent un fourneau et des pots, tirèrent de l'huile d'asphalte et firent du ciment[1]. »

Revenons à Eyrinys. « Il découvrit dans la Seigneurie du Val-de-Travers des mines d'asphalte très abondantes et même en quelque sorte inépuisables, principalement dans les environs du Bois-de-Croix. Il sollicita d'abord et obtint la permission d'y travailler en qualité de premier fondateur, avec un accensement de la part du prince (le roi de Prusse). Il composa des lois des mines qui furent imprimées à Besançon. Il partagea en 400 portions celles qui lui avaient été accensées, en vendit à divers particuliers, et forma ainsi une société d'entrepreneurs dont il fut le chef ; les Guillaume, qui avaient travaillé aux mines de Buttes, étaient de ce nombre. On construisit une baraque et des fourneaux. On tira de ce minéral une grande quantité d'huile et de ciment ; l'un des associés fut envoyé à Paris pour procurer un débit sûr ;

[1] *De l'asphalte et de la mine du Val-de-Travers*, etc., par C.-P. de Bosset, Neuchâtel, mai 1838. Brochure de 28 pages.

le travail se soutint pendant environ vingt ans. Mais alors l'appât du gain donna lieu à plusieurs vols ; on fabriquait du ciment clandestinement. Les propriétaires se dégoûtèrent de l'entreprise ; on congédia les ouvriers, la baraque tomba en ruines, d'Eyrinys mourut. Dès lors, on s'est borné à tirer l'asphalte de la mine et à le vendre en nature. »

Cet « associé » qui fut envoyé à Paris, n'était autre que le sieur de la Sablonnière, lequel obtint « de faire entrer dans le royaume de France toutes les marchandises de cette mine, sans payer aucun droit. »

Les principales applications qu'on en fit furent diverses réparations des bassins de Versailles, de marbres et de bronzes, ainsi que le masticage et le carénage du *Mars* et de la *Renommée*, vaisseaux de la Compagnie des Indes « qui revinrent à Lorient bien moins piqués de vers que les autres vaisseaux qui avaient eu la carène ordinaire. »

Ce n'est, au reste, pas seulement en France que les applications de l'asphalte avaient du succès. A la date du 17 août 1716, le sieur Paul Henry, chirurgien de Cortaillod, déclare « qu'il s'est servi à diverses fois du ciment fabriqué avec la mine d'asphalte de M. d'Eyrinys de Russienne, docteur en médecine et professeur de grec, lequel a cimenté le bassin de la fontaine de Boudry, etc., item le bassin de la fontaine d'Arberg, item le bassin du village de Cernier et celui de Môtiers, qui sont aussi de pierre de roche, etc., etc., *la plateforme et grenier* de M. Jeanneret, lieutenant baillival de Grandson, dans tous lesquels bassins et plateformes il n'a employé que du ciment fait par le dit sieur d'Eyrinys et appliqué dans les années 1714, 1715 et 1716, etc., etc. »

Une seconde attestation des autorités de la ville de Delémont établit non moins victorieusement l'efficacité, la bonté et la force du ciment d'asphalte de M. d'Eyrinys pour le cimentage et rejointage de blocs de pierre, etc.

D'Eyrinys dirigea l'exploitation de la mine dès 1712 jusqu'en 1736 où elle passa en d'autres mains. Plusieurs particuliers du pays en devinrent alors successivement concessionnaires et fabriquèrent un ciment qui, pendant plusieurs années, fut très recherché. Ils tirèrent aussi de l'asphalte un esprit (?) et une huile rectifiée qui, pendant bien des années, eurent une grande vogue comme médicaments pour les hommes et pour les bestiaux ; mais cette vogue tomba peu à peu et au commencement de ce siècle l'asphalte, soit en ciment, soit comme médicament, était peu employé. Plus tard, la mine devint insignifiante, et les derniers concessionnaires finirent même par en trouver l'exploitation onéreuse, malgré la modicité de la redevance annuelle (4 louis), qu'ils avaient à payer au Gouvernement.

§ 5. — Jusqu'en 1812, c'est-à-dire pendant un siècle, on se borna à exploiter le gisement primitif, situé sur la rive gauche, lieu dit Combe de Vaubaïon, près du Bois-de-Croix, à un quart de lieue à l'ouest de Travers.

L'exploitation se faisait à ciel ouvert, et, autant qu'il est possible d'en juger par l'excavation, on n'a pu en retirer qu'une quantité peu considérable. De plus, le minerai ou la roche devait subir un triage destiné à éliminer les parties trop peu bitumineuses, dont on voit encore de puissants dépôts aux abords de la carrière, ainsi que des résidus de la distillation.

En fait, on peut constater que, jusqu'en 1812, il n'était guère fait usage de l'asphalte que comme mastic ou ciment, ainsi que pour la préparation de l'huile, par distillation de la roche.

D'Eyrinys propose bien dans la « Dissertation » ou *réclame* de 1721, l'emploi que l'on en pourrait faire pour bassins, réservoirs, citernes et terrasses même, sans employer de pierre de taille. Il donne la description des *Mathamores* ou greniers de terre; en qualité de médecin, il recommande l'huile d'asphalte pour détruire « les punaises et leurs graines » pour désinfecter les hôpitaux et les appartements, pour panser les plaies, pour purifier la masse du sang, pour guérir la gale aux hommes, pour guérir les moutons de maladies épizootiques, etc.

D'après Hessel et Kopp, ce serait en 1812 que l'on aurait commencé l'exploitation d'une manière régulière et suivie et fait des sondages pour trouver de nouveaux gisements. Je serais porté à croire qu'il y a ici une erreur, car nous verrons plus loin que, en 1838, il n'était pas encore question d'exploitation sur la rive droite. Ce qui est possible, en revanche, c'est que la concession et la mise en exploitation de l'asphalte à Seyssel n'aient pas été sans influence sur le regain de popularité qui s'attache dès cette époque aux mines d'asphalte du Val-de-Travers, rivales de celles de la vallée du Rhône à Pyrimont-Seyssel.

§ 6. — Ce ne fut toutefois qu'en 1837 qu'une ère nouvelle commença pour la mine de la Presta, par l'arrivée de M. Brémond de St-Paul au Val-de-Travers. Après s'être convaincu de l'importance de la mine, il s'entendit avec les concessionnaires, en ra-

chetant la fin de leur bail, qui avait encore 4 ans à courir, puis sollicita et obtint du gouvernement une nouvelle concession, avec privilège exclusif d'extraire l'asphalte dans tout le Val-de-Travers, moyennant une redevance annuelle de 500 francs de France.

L'année suivante, 1838, parut la notice de M. de Bosset qui, après avoir reproduit divers articles de journaux français sur les mines de Pyrimont-Seyssel, dont la consommation naguère très restreinte atteignait alors 1 500 000 kilogrammes, attira l'attention sur l'importance du gisement du Val-de-Travers.

« Maintenant, dit M. de Bosset (mai 1838), M. Brémond fabrique un ciment parfaitement semblable à celui de Seyssel, et extrait déjà, dit-on, pas moins de 600 mille kilogrammes d'asphalte qu'il exporte en majeure partie tel qu'il sort de la mine, pour en confectionner le ciment sur les lieux mêmes où il y a des travaux à exécuter, etc.

« La mine est moins par couches que par blocs (?) dont la grandeur est très variable, et qui s'exploitent à ciel ouvert. Jusqu'ici on n'y a point trouvé, comme à Seyssel, de grès bitumineux, mais elle présente un calcaire ou roche asphaltique plus riche en bitume. Elle n'a encore été exploitée que dans le domaine appelé Combe de Vaubaïon, situé près de celui dit Bois-de-Croix, à un quart de lieue à l'ouest de Travers. »

On retrouve la couche d'asphalte de l'autre côté du vallon, c'est-à-dire au midi de la rivière d'Areuse, dans un espace d'environ un tiers de lieue, entre le domaine de Mosset et celui de la Préseta [1], commune

[1] La *Prèseta*, Petite Prise, d'où l'on a fait par dérivé *Presta*.

de Couvet ; elle est à nu ou perce le sol sur divers points.

Jusqu'à présent on n'a aucune donnée certaine sur l'étendue de la couche ; cependant, comme elle reparaît à l'extrémité sud-ouest du Val-de-Travers, au village de Buttes, qui est à plus de deux lieues de la Combe de Vaubaïon, il y a lieu de croire qu'elle s'étend sous une grande partie du vallon. Il y a aussi de l'asphalte au pied du revers méridional de la montagne située entre le Val-de-Travers et le lac de Neuchâtel, près du village de St-Aubin. D'Eyrinys en avait déjà connaissance ; il en avait même obtenu la concession, mais jusqu'à présent il n'a pas été exploité.

§ 7. — J'ai cru devoir reproduire dans les lignes qui précèdent les propres expressions de l'auteur de la notice sur l'asphalte du Val-de-Travers. On y voit que déjà alors une sorte de légende avait cours sur l'extension du banc d'asphalte, tant dans le vallon que dans la montagne qui sépare celui-ci du lac de Neuchâtel. On peut du reste se demander où l'auteur avait recueilli ces premières données ; or ce ne peut être que dans les divers mémoires manuscrits du géologue allemand Léopold de Buch, envoyé par Sa Majesté le Roi de Prusse dans sa Principauté de Neuchâtel pour y étudier les terrains au point de vue de l'existence de la houille ou *charbon de pierre*, de l'asphalte et autres combustibles. Son *Catalogue des roches, etc.*, rédigé dans les années 1801 à 1803, et diverses notices sur le *gypse de Boudry*, le *charbon de pierre du Locle*, l'*asphalte du Val-de-Travers*, etc., restés manuscrits pendant plus d'un demi-siècle, ont été publiés après sa mort. Nous ne pouvons nous dispenser de dire quelques mots et même de reproduire quelques lignes de

ces notices intéressantes. Au sujet du Val-de-Travers il dit :

« L'asphalte se trouve dans ces collines (qui sont adossées contre les rochers et inclinent vers le fond de la vallée), ce n'est en effet qu'une pierre jaune, imprégnée de bitume, ainsi qu'on le voit lorsque les morceaux ont été décomposés par l'atmosphère; la partie bitumineuse a été emportée, et les coquillages brisés sont restés saillants et très reconnaissables à la surface. »

Puis, nº 110 du *Catalogue des roches* :

« 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.

Un phénomène analogue se retrouve à Melilo, dans les environs de Syracuse (d'après le récit de Dolomieu). Le bitume y pénètre l'épaisseur de plusieurs couches sans qu'elles en soient imprégnées dans leur prolongation. Au contraire, il s'y perd à peu de distance et insensiblement, comme une goutte d'huile sur du papier. C'est donc un mélange qui s'est fait après la formation des couches calcaires. On en bâtit des maisons comme à l'ancienne Babylone.

L'asphalte du Bois-de-Croix est élevé de 260 pieds à peu près au-dessus de la vallée. La couche est bornée du côté du N.-E. par une combe large et profonde; de côté, elle perd sa nature bitumineuse à quelques centaines de pas de distance. Sa hauteur (puissance) n'est pas connue; elle ne doit pas surpasser 30 ou 40 pieds. On les retrouve de l'autre côté de la Reuse, à la Prise Meuron, dans les mêmes circonstances, mais à une moindre hauteur. Elle y est un peu moins riche en bitume, et la quantité de bitume mêlée avec la pierre est en général très variable. On prétend encore en avoir exploité au-dessus de Buttes, vers la Prise Maurice.

Le bitume est assez fréquent dans les couches récentes du Jura, mais rarement s'y trouve-t-il en masses assez considérables pour frapper les yeux des passants. Les couches grenues de la Combe Monterban près du Locle en contiennent souvent, et les pierres jaunes des bords du lac en manifestent quelquefois des indices quand on les expose au feu ou qu'on les dissout dans les acides, etc. »

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, son origine organique, animale et non végétale.

§ 8. — M. le professeur Ladame, chargé par le gouvernement de procéder aux recherches sur l'asphalte, présentait le 27 avril 1848 à la Société des sciences naturelles un rapport dans lequel il expose les procédés de fabrication du mastic d'asphalte en pains. « L'exploitation, qu'on faisait jadis sur la rive gauche de la Reuse se poursuit actuellement sur la rive droite. On y trouve deux bancs d'asphalte, séparés par une couche non asphaltée. » Ainsi s'exprime le chimiste, mais il y a tout lieu de croire que l'une des deux couches est le grès aptien, qui n'a jamais été exploité, et que nous verrons de nouveau signalé dans les études subséquentes.

Quant à l'origine de l'asphalte, le chimiste n'est pas d'accord avec le géologue, ainsi qu'on en peut juger par les quelques lignes qui terminent le rapport.

« M. Ladame croit que l'asphalte est formé par la volatilisation de substances végétales placées au-dessus 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. »

§ 9. — Le travail de MM. Hessel et Kopp, présenté à la section de physique et de chimie de la Société helvétique des sciences naturelles à la Chaux-de-Fonds, en 1855, fut publié en notice dans les Actes de la Société. Il débute par un exposé des conditions du gisement, dans lequel nous lisons :

« Les nouvelles mines sont sur la rive droite de la Reuse ; deux galeries ont déjà été épuisées. On exploite actuellement un calcaire compacte à grain fin, à cassure facile et régulière, entremêlé çà et là d'un peu de sulfate de fer et d'un peu de sulfate de chaux. Cette roche constitue le terrain urgonien, sur lequel sont bâtis les édifices de l'exploitation. Elle est complètement imprégnée d'asphalte, ainsi qu'une partie d'un terrain très friable qui se trouve superposé à l'urgonien, le terrain aptien. Sous l'urgonien se trouve le néocomien, sous lui le valangien, le wealdien et le portlandien, accompagnés de leurs marnes respectives », etc.

Une coupe théorique du Val-de-Travers accompagne ce travail. Malheureusement, elle n'a absolument aucune valeur au point de vue géologique ; bien plus, elle ne pouvait qu'induire en erreur quiconque eût voulu la prendre pour base de recherches sur l'extension de la roche asphaltique. Il est aisé du reste de voir que les auteurs n'entendaient rien à la géologie, car les données qu'ils présentent ne sont, en réalité, que le résumé fautif des recherches de Gressly qui,

peu auparavant, avait étudié les mines d'asphalte. Nous lisons en effet ces mots : « M. Gressly a fait un travail étendu sur ces terrains, mais ses études n'ont pas pu nous être communiquées ». Le fait est que Gressly avait égaré son carnet de notes, qui n'a jamais été retrouvé. Pendant les années qui suivirent, on put voir une collection des fossiles recueillis et déterminés par lui, exposés devant l'une des fenêtres du bureau de la direction. Ajoutons encore que la nomenclature des *terrains* ou *étages* est basée sur les dénominations nouvelles proposées par A. d'Orbigny et par le professeur Desor, revenu depuis peu des Etats-Unis.

§ 10. — Dans la seconde partie de leur travail, les auteurs abordent la question de l'origine de l'asphalte. Ils citent d'abord l'opinion de M. Abich qui, après avoir étudié 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.

La deuxième hypothèse donne à l'asphalte une origine analogue à celle de la houille. Les auteurs pensent que celle-ci se défendrait mieux, parce que, disent-ils « partout, dans quelque contrée que ce soit, dans le canton de Vaud, dans notre canton, à Travers, à Saint-Aubin, là où l'urgonien paraît, il est imprégné d'as-

phalte; il en est de même de l'aptien ». Rien de plus inexact, disons-le, car l'urgonien non asphaltifère présente une extension et une puissance cent fois supérieures à celui qui est imprégné de bitume. Et lorsque celui-ci apparaît, ce n'est que dans une épaisseur qui ne dépasse pas 8 mètres et sur un espace limité à quelques centaines de mètres. D'ailleurs, nos auteurs oublient ici de signaler la présence du bitume dans la molasse de Seyssel, dans celle de Dardagny près de Genève, de Chavornay, d'Orbe, de Mathod, au canton de Vaud.

§ 11. — Une troisième section du mémoire Hessel et Kopp est consacrée à l'exploitation : nous y rencontrons quelques données intéressantes.

Nous trouvons d'abord un tableau de la quantité d'asphalte exploitée chaque année, de 1840 à 1854. Celle-ci est très variable; le maximum, en 1840, est de 7 millions de livres, le minimum, en 1848, 49, 50, 51, d'un peu plus de 1 million de livres, soit en moyenne de 3 millions et demi de livres de France.

Jusqu'en 1850, on a fait les expéditions en roche brute pour être exploitée ou appliquée ailleurs. A partir de 1850, on commence à convertir en mastic à la fabrique ou à réduire en poudre une quantité de plus en plus considérable. C'est l'époque où l'on commence à appliquer la poudre d'asphalte au macadamisage des routes, procédé qui allait fournir un débouché des plus importants pour les mines du Val-de-Travers, grâce à la proportion de bitume, supérieure de 3 à 4 pour cent du gisement, comparé à celui de Pyrimont-Seyssel. La préparation du mastic en pains s'opérait sur la base d'un mélange de goudron retiré de la roche par distillation et extraction des huiles volatiles et du

gaz d'éclairage, que l'on a fabriqué pendant quelques années. La quantité de goudron obtenue étant insuffisante, on y suppléait par l'emploi de goudron de provenance diverse. (Plus tard on eut recours au bitume de la Trinité).

Ce gaz d'éclairage, recueilli dans un gazomètre, était employé à éclairer les ateliers et bâtiments de l'exploitation. Des analyses et essais, il paraît résulter que ce gaz d'asphalte pouvait rivaliser avec les meilleurs gaz d'huile et de houille. L'huile elle-même se décompose en plusieurs produits, suivant que la température est plus ou moins élevée.

§ 12. — Nous avons vu que l'asphalte commençait à être exploité en galerie, après l'avoir été pendant longtemps à ciel ouvert, en procédant par découverte du terrain aptien superposé. Le mémoire indique quelques sondages pratiqués dans une direction perpendiculaire au cours de la Reuse. Il est à regretter que nous ne soyons pas mieux fixés sur les emplacements de ces sondages, mais néanmoins les chiffres indiquent une épaisseur assez variable du banc d'asphalte qui, à 200 mètres au sud de la rivière, affleure au sol avec une épaisseur de 6 mètres, tandis qu'à 55 mètres plus au sud il est réduit à 3 mètres, recouverts par 8 mètres d'aptien. A 135 mètres au sud de l'affleurement, le banc, à 13 mètres de profondeur, n'a plus que 2 mètres d'épaisseur.

Une seconde ligne de sondages, à 265 mètres à l'est, rencontre également le banc affleurant au sol avec 8 mètres d'épaisseur ; deux autres sondages au sud, l'un de 7 mètres, l'autre de 28 mètres n'ont rencontré aucune trace d'asphalte.

§ 13. — Nous avons vu que, grâce aux applications nouvelles de l'asphalte, l'exploitation s'était accrue d'année en année, surtout depuis 1855. La compagnie concessionnaire, au bénéfice d'un tarif réduit de fr. 1,25 la tonne, ne pouvait voir arriver l'échéance de la concession sans prendre ses mesures pour exploiter la plus grande quantité possible de cette substance minérale. Renonçant à l'exploitation à ciel ouvert, devenue trop coûteuse, les ingénieurs multiplièrent les galeries, très irrégulières d'ailleurs dans leurs directions et dans leurs dimensions, à travers le banc d'asphalte qui plongeait fortement au sud, c'est-à-dire en sens opposé au thalweg de la vallée. On vit dès lors s'accumuler, aux abords de la mine, aussi bien qu'à Travers, de puissants dépôts de la roche extraite, en même temps que se répandait le bruit de l'épuisement prochain du gisement. En se basant sur les faits observés dans la vallée du Rhône, on considérait l'asphalte comme formant des amas lenticulaires, limités en étendue et en profondeur, et non point comme constituant une couche régulière et constante. Nous verrons plus loin que cette appréciation n'était pas aussi inexacte qu'on l'avait d'abord envisagé.

Quoi qu'il en soit, en présence des éventualités de cette échéance de la concession, l'Etat ne pouvait rester inactif et il comprit l'utilité, disons mieux, la nécessité de faire appel à la science de l'ingénieur, comme à la géologie, pour les recherches sur l'extension possible de la couche asphaltique ou de gisements encore ignorés. Dans la séance du 23 mai 1867, le professeur Desor entretenait la Société des sciences naturelles des études spéciales que l'Etat avait fait

entreprendre en vue du renouvellement de la concession.

Il rappelle en commençant que, au Val-de-Travers, comme à Saint-Aubin et à Seyssel, 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 alphaltes 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 et sur les premiers gradins de la montagne (à la Presta et à Saint-Aubin). »

Enfin, M. Desor établit un point très important de la structure du Val-de-Travers, à savoir que le fond du bassin ou la synclinale des couches ne coïncide nullement avec le thalweg de la vallée, et il ajoute : « d'où il résulte que les couches à asphalte doivent faire retour quelque part près du Pré-Forgon, probablement en se redressant brusquement ».

Ce « retour » des couches à asphalte sur la rive droite était purement hypothétique, ainsi que nos propres études et le résultat des sondages ont permis, dans la suite, de le prouver. En réalité, une faille, d'une grande amplitude, règne sur tout le flanc méridional du Val-de-Travers et met en contact les couches de la molasse avec les bancs calcaires du terrain jurassique supérieur. Mais n'anticipons pas.

§ 14. — Les recherches de nouveaux gisements d'asphalte à la Presta firent, dans le courant des mois de juillet et d'août 1867, le sujet de plusieurs lettres publiées dans le *National suisse*, par M. l'ingénieur Knab.

Comme ses prédécesseurs, l'ingénieur exposa d'abord ses vues sur l'origine de « cette substance minérale ». « 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.

Les sondages ordonnés par le Grand Conseil se faisaient à l'est de la mine exploitée à la Presta, sur cinq profils en travers, perpendiculaires à la Reuse, espacés de 172 et 225 mètres, ce qui donnait au front de la nouvelle mine cherchée un développement d'environ 400 mètres de l'est à l'ouest. Du nord au sud, les trous de sonde étaient espacés de 60 mètres. Enfin, le diamètre des trous de sonde à la tarière était de 8 à 10 centimètres et la perforation opérée par des ouvriers, au nombre de 4 ou 8, et non à l'aide d'une machine à vapeur.

Le 22 juillet, on avait déjà fait une trentaine de sondages sur les cinq profils. A chacun de ceux-ci on fonçait le premier trou de sonde sur l'arête même de la colline qui se dessine le long de la rive droite de la Reuse et qui fait suite à celle de la Presta. Les deux premiers profils, les plus voisins de la mine, avaient été abandonnés, le premier parce qu'on n'avait pas rencontré l'asphalte, le second parce qu'on avait trouvé l'urgonien blanc sans trace d'asphalte.

Le troisième profil se montrait le plus abondant en asphalte et le plus riche en renseignements géologiques précieux, aussi était-il percé de cinq trous de sonde : le premier, à l'arête de la colline, avait montré l'asphalte à 2 mètres de profondeur, affleurant

pour ainsi dire à la surface, puisqu'une tranchée étroite avait suffi pour mettre à nu le bon banc sur une certaine longueur. Les trois puits suivants de ce profil ont rencontré l'asphalte à une profondeur plus ou moins grande, ce qui est dû au relèvement consécutif du sol, d'une part, et au plongement du banc d'asphalte, de l'autre. Quant à l'épaisseur, elle se montre assez constante, soit de $7^m,30$. Si d'autres trous de sonde n'ont pas été pratiqués plus au sud, c'est que le matériel de sondage devenait insuffisant pour atteindre la profondeur présumée du banc d'asphalte.

Le résultat des sondages sur le profil n° 4 correspond assez sensiblement avec celui du n° 3; enfin le profil n° 5, situé contre la Belleta, n'a encore été perforé qu'en un point, à 12 mètres de profondeur, sans qu'on ait trouvé l'asphalte. » En résumé, la zone réellement asphaltique a 400 mètres de long, sur 100 mètres de large, et, dans cette étendue de 40 000 mètres carrés, on a constaté positivement l'asphalte sur 300 mètres de longueur, 30 mètres de largeur et 6 mètres d'épaisseur moyenne, ce qui donne un volume de 54 000 mètres cubes d'asphalte, soit un poids total de 129 600 tonnes.

Tels étaient les résultats acquis au 22 juillet. Ils étaient de nature à faire concevoir les plus brillantes espérances sur l'issue de la mise en adjudication de la concession prévue pour le 11 novembre suivant. La nouvelle mine des *Grands-Champs* était reconnue avec une existence bien supérieure à tous les amas exploités jusqu'à ce jour dans le canton de Neuchâtel.

§ 15. — Ces résultats magnifiques allaient du reste augmenter d'importance par les nouveaux sondages

sur la surface prévue. Au 1er octobre, on avait perforé en tout 42 puits, et reconnu le banc d'asphalte sur une épaisseur de 6 à 9 mètres, soit en moyenne 7 mètres, ce qui correspondait à 392 000 mètres cubes, soit 860 000 tonnes d'asphalte de qualité supérieure, puisque l'analyse indiquait une richesse en bitume de 10 à 12 pour cent pour le bon banc, et 7 à 8 pour cent pour la crappe, c'est-à-dire pour la roche formant le toit ou le plancher du bon banc.

Ce n'est pas tout; entre le dernier sondage, à 140 mètres de la tête du banc, et la forêt, il y a encore 300 à 400 mètres qui n'ont pu être explorés par la sonde, et notre ingénieur n'hésite plus à considérer l'asphalte comme une couche régulière susceptible d'exister d'une façon continue jusqu'à la faille indiquée par M. Jaccard dans la carte géologique fédérale. En cela, il est d'un avis opposé à celui de M. Desor, qui persiste à croire à un relèvement contre le sol des divers terrains superposés ou inférieurs au banc d'asphalte.

§ 16. — Le 9 novembre 1867 eut lieu, au château de Neuchâtel, la mise aux enchères de la concession des mines d'asphalte. Les conditions des enchères prévoyaient entre autres la durée de vingt ans, le droit exclusif d'exploiter la mine dans un périmètre déterminé, et le paiement par le concessionnaire d'une redevance par tonne de mille kilogrammes exploitée, calculée au prix le plus élevé au-dessus de celui de 5 francs, point de départ de l'enchère.

Ce prix de cinq francs fut rapidement dépassé, et les enchères successives arrivèrent à celui de 19 fr. 75 offert par le citoyen Deladoey Decoppet, domicilié à

Paris, déclaré concessionnaire par arrêt du Conseil d'Etat en date du même jour.

Le 21 novembre, le Grand Conseil décrétait que le minimum de la redevance à payer par an à l'Etat serait de 40 000 francs, qui seraient versés d'avance.

§ 17. — Il n'entre pas dans le cadre de cet exposé de rapporter les négociations et les tentatives qui suivirent et qui avaient pour objet la constitution de la société, et surtout la réduction, par accord réciproque des parties, du prix exorbitant de 19 fr. 75 centimes, consenti le 9 novembre 1867, et je reviens en conséquence aux faits qui se rapportent aux sondages et à l'exploitation de l'asphalte.

L'article 1er du règlement concernant l'exploitation prévoyait la nomination, par le Conseil d'Etat, d'une Commission d'Etat des mines d'asphalte. Celle-ci, qui était de cinq membres, se réunit pour la première fois à Travers, le 10 août 1868. Elle visita la nouvelle mine encore exploitée à ciel ouvert et, en outre, préavisa sur l'emplacement de sondages à opérer aux Jottes sur la rive gauche, et un peu à l'est du Bois-de-Croix. Il s'agissait de vérifier le bien ou le mal-fondé des conditions relatives à l'existence de l'asphalte dans cette région[1].

Le 8 octobre 1868, le secrétaire annonce que les sondages qui viennent d'être exécutés ont permis de reconnaître l'existence du banc d'asphalte sur 475 mètres en longueur et 200 mètres en largeur, soit 665 000 mètres cubes et 1 463 000 tonnes.

§ 18. — Dans le cours de cette année 1868, M. l'ingénieur Knab, poursuivant ses investigations sur la

[1] Ces sondages, ou pour mieux dire ces fouilles, donnèrent un résultat négatif, quant à l'existence d'un gisement exploitable.

composition chimique de l'asphalte et son origine, arrivait à des conclusions qui sont développées dans un mémoire présenté à la Société des sciences naturelles le 14 janvier 1869, et qui a pour titre : *Théorie de la formation de l'asphalte au Val-de-Travers et de la formation des bitumes volatils en général.*

L'auteur distingue, parmi les matières bitumineuses naturelles, cinq variétés, connues sous les noms de : *naphte, pétrole, bitume, asphalte* et enfin *mastic asphaltique* (ce dernier est un produit artificiel) ; puis il s'exprime ainsi :

« Comme l'a dit M. Desor, 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 ».

Abordant ensuite les théories relatives à la formation des bitumes pétrolifères des Etats-Unis, il ne peut admettre que ces dépôts soient le produit de la décomposition des végétaux terrestres, attendu qu'ils sont situés dans les terrains siluriens et devoniens, antérieurs au terrain carbonifère. L'absence de l'iode, l'un des composés invariables des varechs et des fucus, condamne la théorie de l'origine du pétrole attribuée aux végétaux marins, tandis que la présence bien constatée de l'ammoniaque dans l'asphalte accuse une origine animale.

Dès lors, quoi de plus simple que de considérer le *bon banc* d'asphalte, pétri de coquilles de caprotines ou de leurs débris, comme un banc d'huîtres fossiles, dans lequel nous retrouvons, non seulement les substances calcaires, mais encore la partie organique bitumineuse de ces animaux.

S'agissant de déterminer comment la transformation des mollusques en asphalte aurait pu s'effectuer, il expose la prodigieuse fécondité de l'huître commune, mollusque bivalve comme les caprotines; il n'hésite pas à attribuer au développement de ces dernières la formation de véritables bancs ou couches de quelques mètres d'épaisseur. Etant 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.

Au reste, les découvertes scientifiques récentes viennent précisément à l'appui de la théorie. Le professeur Fraas, de Stuttgart, vient de publier un important ouvrage sur ses observations en Orient et sur l'origine du pétrole des bords de la mer Rouge, vivier immense, dans lequel pullulent les oursins, les mollusques, les crustacés et même les poissons, dont la substance organique est susceptible de fournir la base du bitume qui surnage à la surface et que l'on récolte sur les bords de ce bassin.

Appliquant ces données à d'autres gisements pétrolifères, tels que ceux de la Valachie, étudiés par le professeur Coquand, M. Knab y voit aussi une origine animale et non végétale ou plutonique, comme le savant français.

Il est impossible de méconnaître la valeur et l'importance du travail de l'ingénieur cantonal Knab et, pour ma part, je n'ai, depuis cette époque, cessé de recueillir les éléments de démonstration capables de faire passer cette question de l'état de théorie à celui

de système, appuyé sur les preuves les moins discutables.

Toutefois il me sera permis de constater que, à un point de vue au moins, l'argumentation de M. Knab était trop absolue ; c'est lorsqu'il dit dans ses conclusions : « Malgré les doutes exprimés par M. le professeur Desor, malgré les théories de MM. Lesquereux, Fraas (?) et Coquand, nous n'en persistons pas moins à croire avec M. Lesley que les bitumes autres que les houilles ont une origine animale.... et que les différentes espèces de pétrole sont aussi dues à la décomposition de mollusques et de crustacés plus riches en matières organiques, etc. »

J'exposerai, dans la suite de ce travail, les arguments sur lesquels je fonde l'opinion que la plupart des pétroles, d'Amérique, du Caucase, aussi bien que les molasses bitumineuses, ont une origine végétale, non ligneuse il est vrai, mais constituée par des végétaux aquatiques.

§ 19. — La publication de ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois*, dans les *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse,* coïncide avec la suspension des sondages en 1868. L'une des planches renferme deux profils relatifs à l'asphalte du Val-de-Travers. Le premier, publié avec l'autorisation de la Direction des Travaux publics, indique par des teintes spéciales les diverses couches traversées par la sonde; il est d'ailleurs sans caractère géologique. Deux faits principaux ressortent de l'examen de ce profil. C'est d'abord la régularité géométrique de l'épaisseur du banc d'asphalte, aussi bien que des couches de l'aptien qui lui sont superposées. Il devait en résulter une déduction en apparence logique,

mais en réalité fautive et regrettable, savoir celle d'attribuer une disposition ou une allure semblable du banc d'asphalte dans toute l'étendue de la mine. Or, les travaux d'exploitation ne tardèrent pas à montrer que la couche d'asphalte subit des inflexions variées dans différentes parties de la mine et que, notamment à l'ouest, le banc se relève d'une façon très sensible, pour plonger de nouveau, formant ainsi une synclinale entre deux anticlinales. Toutefois, rien jusqu'à présent n'indique le relèvement général vers la surface, constamment affirmé par M. le professeur Desor.

Un second fait important à relever est l'épaisseur considérable (30 mètres) de la marne argileuse grise superposée aux couches variées de l'aptien, qui sont elles-mêmes, en presque totalité, marneuses ou argileuses. Cette marne grise constitue l'étage albien ou du gault, qui se montre ici régulièrement superposé à l'aptien, et qui n'avait jusqu'à ce moment pas été indiqué dans cette région.

Un second profil de la même planche, celui-ci purement théorique, établit les relations réciproques des trois lambeaux asphaltiques du Bois-de-Croix, des Grands-Champs et de Saint-Aubin. Le premier et le dernier sont superficiels, non recouverts par une assise quelconque. Le second est au contraire recouvert, protégé par plusieurs terrains. Outre les deux étages que je viens de nommer, il y a encore la molasse, superposée à l'aptien et dont j'avais reconnu l'existence sur une zone partant de Buttes et s'étendant jusqu'aux Oeillons.

Cette disposition, conséquence de la faille, admise par M. Knab et contestée par M. Desor, constitue l'un

des éléments les plus importants au sujet de l'extension de l'asphalte dans le sens de la largeur, aussi aurons-nous à y revenir plus d'une fois dans la suite de ce travail.

§ 20. — Aucun fait important n'est à noter au sujet des mines d'asphalte en 1869, sinon que M. l'ingénieur Knab manifestait l'idée que de nouveaux sondages devraient être exécutés. Les évènements politiques de 1870 étaient de nature à détourner l'attention de ce sujet, et c'est en 1871 seulement qu'il put être question de procéder aux sondages proposés par M. Knab.

Ce ne fut toutefois que vers la fin de l'été que l'on se mit à l'œuvre pour le fonçage du puits n° 5 *bis* au profil III. Au 11 novembre, le sondage avait atteint la profondeur de 66^{m},30, dont 8 mètres d'asphalte.

Invité, en l'absence de M. le professeur Desor, par le Directeur des travaux publics, M. G. Guillaume, à me rendre à Travers, je visitai avec lui le sondage, et nous fixâmes l'emplacement d'un nouveau sondage, à 300 mètres au sud de celui qui venait d'être terminé. De ce point jusqu'à la forêt, et par conséquent à la faille, limite du banc, il y a encore une distance au moins aussi grande.

Déjà à ce moment les premiers coups de sonde avaient rencontré la molasse sableuse, à laquelle j'attribuais 40 mètres d'épaisseur. En ajoutant 35 mètres pour les argiles du gault et 15 mètres pour l'aptien, je prévoyais la rencontre de l'asphalte à 90 mètres de profondeur, admettant d'ailleurs un certain relèvement du banc d'asphalte au lieu du plongement reconnu jusqu'à ce moment par les sondages du profil III.

Jusqu'à la fin de l'année les travaux marchèrent

régulièrement. Au 28 décembre, le trou de sonde avait atteint 47 mètres.

Dans les premiers mois de 1872, le travail avance moins rapidement. A la profondeur de 88 mètres, le 30 mars, on est encore dans les marnes, qui n'avaient cessé de se montrer sur toute la hauteur du sondage. Le 21 juin, le sondage est parvenu à la profondeur de 101^{m},20, mais il est interrompu par un accident à la sonde. L'examen des dernières carottes me confirme dans l'idée que l'on est arrivé à la marne blanche immédiatement supérieure au banc d'asphalte. Déjà à la profondeur de 92 mètres on avait rencontré les marnes vertes de l'aptien, ce qui, à mon avis, pouvait suffire. Mais la Commission, dans sa majorité, décida de s'adresser à des ingénieurs sondeur, afin de tenter le cimentage ou tubage du trou de sonde, puis de le foncer jusqu'à la rencontre de l'asphalte. Ces travaux, exécutés dans le commencement de l'hiver, furent en pure perte, et il fallut dès lors renoncer à tout espoir de réussite.

§ 21. — Le sondage de 1873-74 fut le dernier travail de ce genre entrepris en vue de reconnaître l'extension du banc d'asphalte. A vrai dire, le moment était arrivé où, par l'avancement des galeries, il devenait possible de se rendre compte plus facilement et plus exactement de toutes ces questions. Précisément à cette époque, le Directeur des Travaux publics faisait relever un plan général de la mine et des galeries, lequel a été dès lors mis à jour à chaque fin d'année par les ingénieurs de l'Etat. Au 11 novembre 1872, la longueur des galeries d'exploitation et d'abattage atteignait 2232 mètres. Elles se sont dès lors développées considérablement, tant à l'ouest qu'à

l'est et au sud, mais il n'entre pas dans le cadre de cet exposé d'en dire davantage sur ce sujet.

Deuxième section.

Etude des terrains du Val-de-Travers.

1. Des terrains en général.

§ 22. — Au point de 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, Monlézi et Montagnes de Travers. Il constitue l'un des nombreux *vallons de plissement* du Jura et renferme divers étages du grès vert et du néocomien, ainsi que la molasse d'eau douce et marine. Comme nous le verrons, ces assises ne présentent plus aujourd'hui que des lambeaux isolés, des couches primitivement existantes, tels que celui du Mont de Couvet, à 1030 mètres, et celui des Rhuillières, à 1105 mètres.

Le Val-de-Travers se relie en outre à ses deux extrémités à d'autres bassins, savoir : à l'est, à celui du Val-de-Ruz et, à l'ouest, à ceux de la Côte-aux-Fées et de l'Auberson.

§ 23. — Le *substratum*, ou fond sur lequel reposent les assises crétacées, que nous avons surtout en vue dans ce travail, est constitué par les calcaires compactes du terrain jurassique supérieur. D'une manière générale, on peut dire qu'il y a concordance de stratification entre les couches de l'un et de l'autre

système, mais l'existence d'un dépôt lacustre intermédiaire accuse néanmoins un retrait momentané de la mer qui occupait la contrée.

Une question déjà souvent posée se présente ici, à savoir : si la mer néocomienne a recouvert la totalité de cette région du Jura, ou si elle formait seulement des golfes et des fiords, séparés par les chaînons déjà soulevés à une certaine hauteur. Bien des raisons me portent à envisager cette dernière solution comme la plus probante, au moins en ce qui concerne l'étage urgonien et celui des grès verts.

§ 24. — Avant d'aller plus loin, nous devons signaler deux *accidents* orographiques de la plus grande importance au point de vue de la répartition des terrains crétacés et tertiaires dans le Val-de-Travers.

Pour peu qu'on examine attentivement la direction ou le plongement des couches, on constate que ce dernier n'est nullement régulier, et en particulier que la disposition *synclinale*, loin d'être la règle, est plutôt l'exception. Deux séries d'accidents modifient les allures théoriques du vallon, 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 vallon des Rhuillières. Le chaînon lui-même, très surbaissé, ne présente que l'un des *pans* de la voûte, grâce à un *pli-faille* longitu-

dinal qui, très accusé au sud de Buttes, vient mourir au-dessus des Lacherelles, 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.

§ 25. — 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.

C'est grâce au concours de tous ces phénomènes que, sans recourir à des sondages, nous pouvons étudier à l'aise tous les terrains et dresser des coupes ou profils géologiques, dans lesquels se révèle la structure souterraine du sol.

Avant d'aborder cette partie de mon travail, je dois signaler ici rapidement les terrains qui occupent le bassin. Je m'attacherai plutôt à leurs caractères généraux et à leur mode de formation, qu'à la distinction des étages et à la composition de leur faune.

On peut les ranger dans cinq groupes, savoir :

1° Terrains récents ou quaternaires.
2° Terrains tertiaires.
3° Grès verts.
4° Néocomien.
5° Jurassique.

1. Terrains récents ou quaternaires.

§ 26. — Ils constituent un ensemble de faciès variés passant les uns aux autres, de telle sorte qu'il est pour ainsi dire impossible de distinguer les dépôts diluviens des alluvions modernes, ces derniers étant constitués de matériaux remaniés des premiers.

a) La *terre végétale,* composée en grande partie de matériaux détritiques, de gravier, de sable, d'argile, se confond presque toujours avec les terrains sous-jacents, auxquels elle a emprunté ces matériaux. Elle atteint sur certains points une grande épaisseur, ainsi que l'ont montré les sondages des Grands-Champs;

b) Les *éboulis,* formés de débris de roches qui tombent journellement des parois de roches calcaires jurassiques, sont très développés dans toute la région limitrophe des champs et de la forêt, depuis les Oeillons à Buttes. Il en résulte qu'on ne peut nulle part observer le contact des couches de la molasse et du calcaire jurassique affecté par le pli-faille dont j'ai parlé tout à l'heure;

Au versant sud, ces éboulis de roches calcaires anguleuses sont très puissants au pied des rochers qui dominent la Caroline et Belle-Roche. Chaque année le dépôt s'accroît et, de temps en temps, il se produit un glissement qui entraîne la masse vers le fond de la vallée ;

c) Les *alluvions modernes* du fond de la vallée sont composés soit de graviers et cailloux roulés, soit de limon et même de tourbe. Leur partie supérieure est moderne, mais on ne peut douter qu'au-dessous il existe de puissantes masses d'âge plus ancien, qui ont comblé la vallée d'érosion ;

d) Les *sables, graviers et cailloux roulés* qui forment les *cônes de déjection* des torrents et des ruisseaux ont été entraînés des hauteurs et tapissent les flancs du vallon. Le dépôt le plus puissant est celui sur lequel est assis le village de Couvet et qui constitue une terrasse d'une dizaine de mètres de hauteur. A Môtiers, ce terrain est aussi largement développé entre le village et le flanc de la colline et se poursuit jusqu'au sud du village de Fleurier, où on l'exploite comme gravier. Enfin, les travaux du chemin de fer régional l'ont mis à découvert sur plusieurs points entre la Presta et le village de Couvet.

Comme le précédent, ce terrain se mélange par sa base au dépôt glaciaire argileux, non stratifié.

Si l'on n'observe pas de blocs erratiques, c'est que ceux-ci ont été exploités et étaient en tout cas moins nombreux dans la vallée principale que dans le cirque de Saint-Sulpice et dans la cluse de Noiraigue.

2. Terrains tertiaires.

§ 27. — Les couches tertiaires du Val-de-Travers appartiennent à deux faciès, 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 aquitanienne*, d'eau douce, forme une zone étroite au versant sud du vallon. Elle est marno-sableuse au sud de Fleurier, passe au grès homogène entre 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. Grès verts.

§ 28. — *a) Cénomanien.* Calcaire crayeux et marneux, observé autrefois par Gressly à la Caroline près de Fleurier, 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) *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) *Aptien*. Cet étage, signalé dès 1855 au Val-de-Travers, fut subdivisé par M. 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 des grains de glauconie; ces calcaires sont superposés aux marnes et argiles du rhodanien, qui les séparent de 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 [1].

[1] §§ 49, 50, 51.

4. Néocomien.

§ 29. — Le *terrain néocomien*, tel qu'il était compris il y a cinquante ans, a été subdivisé en trois étages : l'Urgonien, le Hauterivien et le Valangien. Sans rechercher si cette distinction est justifiée au point de vue paléontologique, on ne peut méconnaître sa valeur pétrographique dans le Jura et le bassin méditerranéen. Partout, en effet, c'est dans la partie supérieure seulement que l'on a observé la faune des rudistes, connue sous le nom de calcaire à Caprotines, et la présence du bitume combiné avec la roche calcaire à laquelle on réserve maintenant le nom d'asphalte. Pour le moment, je me bornerai du reste à indiquer les caractères généraux de ces trois étages au Val-de-Travers.

a) *Urgonien.* Au Val-de-Travers, comme à Noirvaux et à la Raisse, on distingue dans cet étage deux faciès distincts et superposés, savoir le *calcaire à Caprotines* et le *calcaire jaune à Echinodermes.* 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 mêmes fossiles.

Le calcaire blanc est exploité près de Travers, à Boveresse, etc. ; il se retrouve aux Œillons, et, comme nous le verrons, il apparaît aussi localement aux mines d'asphalte, où il passe graduellement, sous forme de *crappe* ou asphalte pauvre en bitume, à l'asphalte riche et exploitable.

L'Urgonien inférieur semble n'avoir pas formé de dépôt à la Côte-aux-Fées, non plus qu'à Malmont, au Mont de Couvet et aux Rhuillières.

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 du 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 fait lui-même partie du système jurassique.

§ 30. — *Système jurassique.* Ce n'est ni le lieu, ni le moment de donner ici une description des étages et des terrains qui constituent les chaînons 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.

Si, en effet, dégagé de toute préoccupation systé-

matique, on étudie les roches calcaires qui constituent le grandiose amphithéâtre du Creux-du-Vent, on ne peut méconnaître que leur formation s'est produite sous l'influence de phénomènes absolument semblables, qu'il n'y a eu aucun changement dans la profondeur du bassin dans lequel se formait le dépôt des sédiments. Deux à trois cents mètres de roches, absolument calcaires, d'une densité et d'une dureté sensiblement égales, se révèlent à nous comme formant l'ossature du chaînon qui s'étend des Gorges de la Reuse, sous Trois-Rods, à la déclivité du Chasseron vers Sainte-Croix. De même au nord, le grand escarpement des Blanches-Roches sur Noiraigue, les roches de Trémalmont, la Corbière de Saint-Sulpice et le portail gigantesque du Pont de la Roche, sont autant de baies entr'ouvertes qui nous permettent de reconnaître cette identité d'origine et de formation des couches jurassiques supérieures.

Pour distinguer des étages, pour établir leurs 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 Porrentruy et de Montbéliard.

Quant aux groupes jurassiques, moyen et inférieur, ils importent moins encore à notre étude. La présence d'une minime quantité de bitume sur quelques points, voisins de notre champ d'études, m'engage à en parler pour mémoire.

2. *Profils géologiques.*

§ 31. — Les données qui précèdent se rapportent à la manière d'être, à la structure apparente des terrains du Val-de-Travers. Il me reste à les faire

connaître dans leurs allures souterraines, leurs relations de superposition, ainsi qu'à faire ressortir les phénomènes de dislocations et d'érosions qui les ont affectés. Pour cela, je dois recourir à l'établissement de profils ou coupes en travers de ce vallon. Une première série [1] nous fera connaître l'ensemble des terrains, d'un versant à l'autre, avec les lambeaux de remplissage de la vallée; on saisira mieux de cette façon le *morcellement* des assises, l'*isolement* des lambeaux, et enfin le *recouvrement* naturel auquel nous devons la conservation du gisement si important de l'urgonien asphaltifère de notre bassin.

Une seconde série de profils [2] est consacrée à l'étude spéciale de la région comprise entre Couvet et Travers, au versant sud de la vallée; je me contenterai d'en faire ressortir les traits essentiels.

a) Profils généraux.

§ 32. — Profil 1. De *Belle-Roche au Breuil*. Escarpement de roches jurassiques verticales, pli resserré de l'Urgonien et des grès verts au versant nord; alluvions, sable et gravier, molasse, faille, petite chaîne et pli néocomien au versant sud.

Profil 2. *Monlézi-Boveresse-Môtiers*. Lambeau néocomien à Monlézi, pli resserré du grès vert à la gare de Boveresse; développement de l'Urgonien non asphaltique; alluvions et graviers dans la vallée, recouvrant la molasse au versant sud, etc.

Profil 3. *Malmont-Plancemont-Couvet*. Néocomien raviné par le torrent, largement développé à Plance-

[1] Pl. III, fig. 1-7.
[2] Pl. IV, fig. 1-6

mont, graviers sous le village de Couvet. Relèvement de l'aptien, molasse, etc.

Profil 4. *Mont-de-Couvet — Les Planes.* Encore un lambeau néocomien, jurassique jusqu'à la Reuse, alluvions, Urgonien asphaltique, grès verts, molasse, etc.

Profil 5. La *Jottaz-Belleta-La Couë.* Réapparition du Valangien-Hauterivien-Urgonien normal au nord; alluvions, Urgonien blanc, grès vert, molasse, etc.

Profil 6. *Mont-de-Travers — Les Lacherelles.* Jurassique et dernière trace du valangien; alluvions dans la vallée, Urgonien blanc, etc.

b) Profils du versant sud.

§ 33. — Dressés à une échelle un peu plus grande, ces profils complètent celui qui avait été publié en 1868 dans mon mémoire sur le Jura vaudois et neuchâtelois, et permettent de reconnaître l'extension et les allures souterraines du banc d'asphalte, son affleurement à la surface, etc. Il est toutefois un point qui restera longtemps encore incertain, c'est la façon dont les terrains disloqués se raccordent le long de la faille méridionale (ou pli-faille) de la vallée, le contact n'étant visible nulle part, et les galeries d'exploitation étant encore à quelques cents mètres en arrière de la zone de roches calcaires jurassiques, qui apparaissent de loin en loin dans la forêt au versant sud de la vallée.

§ 34. Profil A. *Tuilerie de Couvet-Champs Girard.* L'exploitation de l'argile à briques a mis à découvert les couches variées de la molasse d'eau douce sur

une assez grande épaisseur. Ce terrain n'existe pas seulement dans les champs et les prés; on le retrouve jusqu'à deux cents mètres au moins dans l'intérieur de la forêt. D'autre part, des travaux de canalisation au Burcle ont révélé un affleurement de l'aptien supérieur, en sorte que la proximité de l'Urgonien, à une profondeur moindre de quinze mètres, est assurée. Est-il asphaltique? C'est ce qu'un sondage peu coûteux aurait bientôt démontré d'une façon péremptoire.

§ 35. — Profil B. *Prise Meuron.* Du Burcle à Bellevue et à la Presta, le relief de la partie inférieure du versant sud est très peu accidenté. Les tranchées du régional n'ont pas atteint d'autre terrain que le quaternaire. Mais, au-dessous de la Prise Meuron, on voit encore les traces d'une exploitation de l'asphalte, plus ancienne sans doute que celle de la Presta. Le relèvement de l'Urgonien s'accuse donc ici plus nettement. On peut attribuer l'abandon de ce gisement à la pauvreté bitumineuse de la roche, et aussi peut-être à la réduction d'épaisseur du banc. Mais on vient de découvrir celui-ci dans les conditions les plus avantageuses, un peu plus à l'ouest. Autant qu'on en peut juger, le plongement est peu sensible et on eût pu admettre qu'il reste le même jusqu'à la faille. Il n'en est rien toutefois. La galerie d'exploitation, parvenue en 1888 à une distance de 160 mètres en arrière de l'affleurement, a rencontré le banc d'asphalte plongeant au nord, et accusant par conséquent une synclinale que nous retrouverons dans les profils suivants:

§ 36. — Profil C. *Ancienne mine de la Presta.* L'exploitation à ciel ouvert, en tranchée profonde, révèle

suffisamment le relèvement consécutif du banc d'asphalte. Notons toutefois que, entre ce profil et le précédent, il existe un de ces ravinements caractéristiques du versant sud qui, selon toute apparence, correspond à des cassures et dénivellations des couches. De la sorte, nous ne pourrions admettre le raccordement, par inflexion du banc d'asphalte, dans la direction ouest-est. L'érosion des cours d'eau se serait exercée précisément sur ces accidents et aurait eu pour conséquence de déterminer l'isolement des divers monticules urgoniens qui se succèdent de l'ouest à l'est.

Pour la partie antérieure ou méridionale du profil, nous avons, comme précédemment, la galerie d'exploitation, avec un plongement au nord, moins accusé toutefois.

§ 37. — Profil D. *Extrémité ouest de la mine de Mosset.* Les premiers sondages de 1867 n'eurent pas de résultat utile [1], et M. l'ingénieur Knab crut devoir considérer la dépression entre la colline de la Presta et le troisième profil comme stérile. En effet, la galerie d'exploitation, qu'il ne faut pas confondre avec les galeries d'abatage, arrive au rebroussement ouest à la pierre blanche, en contact avec l'aptien, et les rapports de la Compagnie indiquent, dans cette partie de la mine, l'absence complète de l'asphalte. Pour retrouver la roche, il faut revenir à la galerie faisant suite au rebroussement est; ici, nous nous trouvons de nouveau en plein banc d'asphalte, avec une disposition sensiblement horizontale, mais à une profondeur moyenne de 20 mètres au-dessous du niveau

[1] Voir § 11.

de la Reuse. Les galeries d'abatage se relevant vers le sud, rencontrent des sources assez abondantes, qui viennent se déverser dans un réservoir et doivent être amenées au dehors par des pompes à vapeur.

§ 38. — Profil E. *Partie centrale de la mine de Mosset.* Ici, nous retrouvons une disposition analogue à celle de la Presta, c'est-à-dire une colline urgonienne, dont les couches plongent au sud, puis, comme l'ont démontré les sondages du profil 3, affectant une disposition presque horizontale.

C'est ici que s'est révélée une dislocation locale très accusée, que je crois pouvoir appeler une *faille.* Le banc d'asphalte cesse tout à coup et la galerie d'abatage nord-sud pénètre en plein dans l'Aptien, sans que jusqu'ici on ait cherché à en retrouver, soit en hauteur, soit en profondeur, la continuation vers le sud.

§ 39. — Profil F. *Usine — Grands-Champs.* L'Urgonien a de nouveau disparu, et le banc d'asphalte se trouve en contre-bas de la Reuse (à $6^{m}30$, sous le sol de l'usine). L'exploitation ne commence toutefois qu'à une centaine de mètres en arrière et le banc paraît être sensiblement horizontal.

§ 40. — Profil G. *Belleta—La Couë.* Une sorte de golfe, rempli de terrains d'alluvions, pénètre jusque fort avant dans la zone crétacée et molassique, et les indices de la profondeur où l'Urgonien pourrait exister font défaut. Peut-être même faudrait-il admettre ici une érosion totale, et le remplissage par des dépôts quaternaires et modernes.

§ 41. — Profil H. *Crêt-à-Blanc — Crosats-Dessus.* Voici de nouveau l'Urgonien redressé, mais sous

forme de calcaire blanc, et exploité comme pierre à bâtir. Rien ne prouve toutefois que, plus avant vers le sud, on ne retrouve la roche bitumineuse, comme ça été le cas aux profils B et D.

§ 42. — Profil I. *Chez-Montandon—Les Lacherelles.* Enfin, le rélargissement de la zone crétacée et tertiaire au versant sud constitue une superficie considérable de terrains, que je présume devoir renfermer l'asphalte dans des conditions favorables d'exploitation. Il n'est pas douteux que, s'agissant de houille, on n'eût, dès longtemps, procédé à des sondages. Les divers monticules ou mamelons qui succèdent, de l'ouest à l'est, à celui du Crêt-à-Blanc, sont tous urgoniens et de même nature que ceux des carrières. Partant du fait que le bitume semble concentré en plus grande abondance vers le fond de la cuvette, il serait pour le moins singulier de n'en retrouver aucune trace dans cette région. J'ai d'ailleurs observé, en 1870, aux Oeillons, la présence du bitume dans cette même roche blanche, ce qui est un indice non moins favorable en faveur de l'hypothèse que je viens d'émettre.

3. *Etude de l'asphalte urgonien.*

§ 43. — *Bon banc, crappe.* Si, comme je l'ai dit précédemment, il n'existe qu'un seul banc ou niveau asphaltique urgonien, il s'en faut de beaucoup que cette substance minérale ait une composition et une nature homogènes et régulières. L'épaisseur de la couche varie aussi considérablement et donne lieu à de nombreuses observations, dont il y a lieu de nous occuper maintenant.

En parlant des sondages, j'ai dit que les ouvriers distinguaient deux sortes ou variétés d'asphalte, le *bon banc*, ou asphalte riche en bitume, et la *crappe*, ou roche pauvre. En fait, il n'est pas possible d'employer l'expression de couche dans son sens ordinaire, ni de distinguer des couches de crappe distinctes du bon banc. Il y a de la crappe à la base du bon banc aussi bien qu'à la partie supérieure, et le bon banc passe par transition graduelle à la crappe qui, dans certains cas, constitue toute l'épaisseur. C'est ce qu'on observa en particulier à l'ouest de l'ancienne mine de la Presta, où une galerie, dite *galerie d'essai*, atteint le banc d'asphalte sur une épaisseur de deux mètres, entièrement constituée par la crappe.

De même, dans la partie centrale de l'exploitation, la roche asphaltique passe graduellement à la crappe dans toute son épaisseur, puis à la roche tout à fait blanche.

§ 44. — *Dosage*. De ce qui précède, on peut conclure que le dosage du bitume dans la roche asphaltique présente une variété très grande. Je n'ai pas eu, pour ma part, l'occasion de procéder à des analyses, mais on a vu précédemment que celles-ci ne manquaient pas. L'existence de l'ammoniaque, d'abord contestée, a été définitivement reconnue. Les premières analyses sont celles de M. le professeur Ladame, qui avait obtenu le résultat suivant :

Asphalte ordinaire, roc,	10,7 %	de matière organique.	
— riche, roc,	15,3 %	de matière organique.	
— autre (extra),	17,5 %	»	»
Poudre	9,6 %	»	»

M. Ladame concluait en disant que les morceaux riches et desséchés à l'air donnent 15 ½ % de matière organique, la roche commune de 7 à 9 %[1].

Les analyses de MM. Hessel et Kopp sont plus complètes, c'est-à-dire qu'elles comportent le dosage de la chaux, du fer, de la silice, de la magnésie, etc. La matière bitumineuse constitue 9,65 % de la roche ordinaire.

En 1867, 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 %; celle 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 %[2].

§ 45. — *Puissance.* L'épaisseur 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.

[1] Actes Soc. helv., 1855, p. 162.

[2] *National suisse,* 24 juillet 1867.

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, sur les profils 1 et 2 abandonnés, on constate une réduction très accusée et, finalement, la disparition de l'asphalte dans la partie relevée vers le nord.

§ 46. — *Caractères pétrographiques.* L'expression de « pierre calcaire grenue », employée par L. de Buch est, plus que toute 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 examen 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 n'est toutefois jamais abondant.

§ 47. — *Fossiles.* 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 bituminées que dans la crappe à la partie est de l'ancienne exploitation à ciel ouvert de la Presta. J'ai également recueilli un *Pterocera pelagi*, à l'état de moule, aussi pauvre en bitume que les Caprotines. Enfin, la pénétration ou la proportion de bitume est la même dans la roche ambiante et dans le fossile lui-même.

Si les fossiles sont rares dans le banc d'asphalte exploité, en revanche, il existe dans le calcaire blanc urgonien du Crêt-à-Blanc un véritable banc de Caprotines, sans aucune trace de bitume, mais une Nérinée du calcaire compacte en présente dans l'intérieur des tours de spire une notable quantité.

§ 48. — *Couleur, etc.* 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, snrtout 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.

Je n'ai jamais observé, comme à Pyrimont-Seyssel, Chavaroche, etc., de remaniements, c'est-à-dire de morceaux d'asphalte engagés dans la roche blanche. Pareillement, il n'existe aucune trace de roche non bitumineuse dans l'asphalte du bon banc. En un mot, la roche est d'une homogénéité remarquable sur une étendue qui peut aller jusqu'à un kilomètre de longueur dans les galeries.

§ 49. — *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* que j'ai affirmée dans la première partie de ce travail.

4. *Etude de l'Aptien bitumineux.*

§ 50. — *Aptien de la Presta.* Le faciès 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 complétement.

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[1]

[1] § 54.

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 chlorifé*, comme j'appellerai désormais ce faciès 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 [1].

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.

§ 51. — *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 faciès totalement différent et tel qu'on ne se douterait jamais de la proximité des deux gisements. La

[1] L'étude géologique des sondages n'a pas été faite, ce qui est certainement regrettable. On s'est borné à noter la couleur des matériaux ramenés par la sonde. Aussi pourrait-il se faire que les couches indiquées sous les noms de *marne noire* (odeur de bitume) et *marne verte* (odeur de bitume), fussent en réalité des roches dures, pulvérisées par la tarière de la sonde.

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 claire, 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.

§ 52. — *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 et que nous appelons l'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. *Conclusions.*

§ 53. — 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 aucune trace de dépôts végétaux, houille, lignite, etc., susceptible d'être considérée comme ayant contribué à la formation du bitume;

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 *faciès*, 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 physico-chimiques 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.

Troisième section.

L'asphalte dans le Jura et en Savoie.

1. Gisements urgoniens.

§ 54. — 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 faciès 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.

§ 55. — *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 carrières, tantôt c'est l'étage supérieur, compacte ou saccharoïde. La présence du bitume a été signalée par M. Desor dans les couches de calcaire blanc compacte à la gare d'Auvernier. 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 compacte, 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'elles 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 agglo-

mérés[1]. Le faciès est donc assez semblable à celui que nous avons observé dans l'Aptien; 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.

§ 56. — *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 de 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

[1] Les observations que je présente ici sont tout à fait récentes; malheureusement, la saison ne me permet pas de visiter et d'étudier ce gisement. Mais je suis persuadé qu'il nous réserve nombre de découvertes intéressantes.

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.

§ 57. — *Le Mormont*, *Mont-Mouret* près Divonne, *Villeneuve* près Thoiry. De Saint-Aubin, il faut se transporter jusqu'au Mormont, 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 faciès 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 Mormont 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 solide[1].

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, imprégné 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 compacte. 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.

§ 58. — *Mussiège, Frangy*. La chaîne du Crédo, au sud du Fort l'Ecluse s'infléchit à l'est, et semble

[1] L'asphalte vrai a été exploité non loin du Mormont, 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 Goumœns, et sur l'asphalte qu'on y a exploité jadis.

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.

§ 59. — *Lovagny, Bourbonge, Chavaroche.* Les gorges du Fier, remarquables par leur caractère sauvage et pittoresque sont creusées au milieu d'un puissant massif de calcaire urgonien compacte, 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 par 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.

§ 60. — *Pyrimont, Volant, Challonges.* Sous le nom de mines d'asphalte de Seyssel, on a désigné jusqu'ici divers gisements de la vallée du Rhône, à 6 kilomètres au sud 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 détritus 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 Mormont, 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.

§ 61. — *Bellegarde.* La vallée du Rhône à Bellegarde est remarquable par le développement et la puissance de l'Urgonien, qui se présente sous trois faciès 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.

§ 62. — *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 compactes non imprégnés. Des fissures traversant la roche renferment parfois une argile verdâtre, qui accompagne souvent le sidérolitique, comme au Chamblon et au Mormont.

§ 63. — *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 Chavaroche. 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.

§ 64. — *Résumé.* Si la manière d'être, le faciès 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 subcompactes, inégalement pénétrés par le bitume, puis absolument compactes, 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 Mormont, 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, fait qui ne peut se produire là où ce sont des calcaires poreux qui le retiennent dans l'état de

combinaison intime tel que celui de l'asphalte du Val-de-Travers.

2. Gisements jurassiques.

§ 65. — *Vallorbes.* La présence de l'asphalte aux Epoisats, 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 oolitique 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 profondeur et ne présente aucune chance favorable d'exploitation.

§ 66. — *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 remplis 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.

§ 67. — *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 compacte du Ptérocérien des carrières de Soleure.

3. Gisements molassiques.

§ 68. — *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'Ecluse, est un complexe de couches de marnes sableuses rouges ou violacées, de grès molassiques et enfin de calcaire lacustre, appartenant à l'étage Aquitanien. 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.

§ 69. — *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'elles sont exposées au soleil, tandis que quelques centimètres plus loin, la roche en est dépourvue. Cette molasse est suivie d'une série innombrable de couches marneuses, 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. »

§ 70. — *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, marno-sableuses, 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 Epoisats, près Vallorbes.

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

§ 71. — *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.

§ 72. — *Le bitume et le pétrole à Lobsann et Pechelbronn.* La molasse bitumineuse n'étant plus exploitée dans les localités dont 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 ici [1].

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 *malthe*.

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 au calcaire s'élève à 10, 12 et même jusqu'à 18 %. 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.

[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 Pennsylvanie. Certains puits fournissent par jour jusqu'à 1000 litres et plus.

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.

Quatrième section.

Origine et mode de formation de l'asphalte.

1. Les théories.

§ 73. — 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'entrerai-je pas en discussion avec ces auteurs, partisans déterminés des théories plutôt que de l'observation des faits [1].

A côté de ceux-là, il en est qui disent : oui, nous admettons l'origine organique du bitume, de l'asphalte,

[1] Voir Mendeleef, *Revue scientifique* 1877.

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 les couches trop compactes pour se laisser pénétrer; mais arrivées au terrain oolitique, elles rencontrent à droite et à gauche de la fissure des couches de calcaire tendre qu'elles imprègnent. Tant que la pression persiste, le bitume chemine à travers les pores du calcaire et en remplit les cavités infinitésimales, puis, peu à peu, cette pression diminue, l'imprégnation se ralentit et finit par cesser tout à fait [1]. »

Dans cet article, reproduction presque textuelle de son travail de 1866, M. Malo semble être fixé sur plusieurs points obscurs qui l'arrêtaient autrefois [2]. « Dans

[1] *La Nature,* 1881, 1er semestre, p. 150.

[2] *Guide pratique,* etc., Paris 1866.

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 imprégnée 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.

§ 74. 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 Stuttgard, 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 [1]. Voici d'abord ce qui a trait à la formation *actuelle* du bitume :

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

« 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 dont le fond pullule d'animaux, si

[1] Ces deux communications ont paru dans le Bulletin de notre Société, vol. VIII, p. 40 et 58. Je crois cependant nécessaire de les reproduire, au moins en partie, envisageant leur rapprochement de cette étude comme nécessaire et même indispensable.

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 parvienne 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'Egypte 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 Egypte, 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'excédant 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 Mokkattam à la formation éocène, celui de la mer Rouge aux formations quaternaires et enfin celui du Djibel Zeit à l'époque actuelle. »

§ 75. — 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 Etats-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 communiquée à notre Société dans sa séance du 25 janvier 1865 [1].

« 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 de 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 décompo-

[1] Pour les mêmes raisons que je viens d'indiquer, je crois devoir reproduire également les principaux passages de la note de Léo Lesquereux.

sent 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.

§ 76. — De ce qui précède, ne sommes-nous 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

[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 parvînmes à isoler à l'état de pureté et dont quelques-uns furent étudiés par nous avec beaucoup de succès.

des animaux et des végétaux marins; tel serait le cas des bitumes molassiques signalés dans les § 69 à 73.

§ 77. — 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, 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 de 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 de 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;* 5° 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. Dieufait 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.

§ 78. — *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 compactes, de l'Urgonien en particulier, se sont déposés dans un bassin marin formant plutôt des golfes et des anses 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].

§ 79. — 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 entreprendre la défense du système des classifications absolues.

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

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'Echinodermes 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 Saussure[1].

[1] Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Ensiedeln, 1868.

« 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. »

§ 80. — *Chaleur.* « C'est à la chaleur que l'on a ordinairement recours pour expliquer la transformation des végétaux en houille », dit M. Fayol[1], 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 développement de la vie organique, exerce une action comparable à la distillation sur les

[1] Etude sur le bassin houiller de Commentry, p. 171.

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.

§ 81. — *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 polypiers 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 compacte 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.

§ 82. — *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

appelons 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. Evidemment 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 com-

ment M. Lartet a pu se laisser entraîner 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.

§ 83. — *Conclusion*. 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.

TROISIÈME PARTIE

Histoire géologique de l'asphalte.

1. *Époque jurassique.*

§ 84. — 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

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

que celles-ci caractérisent 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. *Époque crétacée.*

§ 85. — *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

[1] Etude sur l'étage purbeckien dans le Jura. Zurich 1884.

retrait des divers étages du Néocomien les uns par rapport aux autres. Nous avons vu, par exemple, que l'Urgonien manque dans 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 chaînons 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

[1] Voir la carte pl. IV.

de laquelle venaient s'ensevelir dans un limon calcaire les produits de la décomposition des organismes marins dont, sans doute, le plus grand nombre avaient 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 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.

§ 86. — *Phase aptienne.* Ces modifications ou ces changements géophysiques s'accentuent 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 le Jura; 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*.

§ 87. — *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 albienne 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 cénomaniens 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 [1]. D'où provenaient ces végétaux que je ne puis concevoir comme ayant vécu sur place? 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

[1] Il est assez singulier d'observer que la molasse aquitanienne du Val-de-Travers n'a, jusqu'ici présenté aucune trace de bitume.

plus à l'appui de ce fait que *certaines contrées du globe ont été, dans les temps géologiques, et, pour quelques-uns 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 [1].

§ 88. *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 surélèvement 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

[1] C'est ce que j'ai cherché à exprimer dans ma carte, pl. IV.

compactes du terrain jurassique supérieur, atteint les assises moyennes 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.

M. Léon Malo a essayé de caractériser les gisements d'asphalte en disant qu'ils sont toujours partagés en deux par le ravinement des cours d'eau, ce qui est exact jusqu'à un certain point, mais au fond ne signifie pas grand chose.

§ 89. — *Conclusion*. En ce qui concerne le Val-de-Travers, un fait d'une portée incalculable doit être relevé. C'est celui du rejet qui s'est manifesté dans le flanc nord de la première chaîne. Au lieu d'être disposées en cuvette régulière ou en forme de bateau, les couches crétacées et tertiaires affectent une disposition en V couché[1]. Alors que l'érosion dénudait le versant nord de la presque totalité des grès verts et de la molasse qui existaient primitivement, ces terrains restés en place au versant sud constituent un revêtement protecteur d'une masse d'asphalte dont nous sommes loin encore de connaître l'importance. Il se passe ici exactement ce qui a lieu dans

[1] Voir la carte pl. I, et les coupes pl. II et III.

les bassins houillers du centre de la France : les couches improductives protègent les couches combustibles minérales, de telle sorte que, malgré l'épaisseur cent fois moindre des dernières, on sait fort bien aller, aidé des conseils de la science, les chercher où elles sont, les exploiter et les utiliser. Voilà pourquoi nous estimons qu'il est utile, avant tout, de connaître l'origine et le mode de formation de *toutes* les substances minérales, avant de procéder à des recherches plus ou moins hasardées. Voilà en un mot la cause et la raison d'être de ce travail, dans lequel je n'ai nullement la prétention d'avoir tout dit, et qui mériterait d'être repris au point de vue expérimental et à celui de l'application à d'autres centres de formation asphaltique et bitumineuse.

EXPLICATION DES CARTES ET COUPES

Pl. I. *Carte géologique de la région asphaltique reconnue au Val-de-Travers.* Ne pouvant, comme je l'aurais désiré, accompagner mon travail de la carte géologique au $^{25}/_{1000}$, comprenant tout le Val-de-Travers, j'ai dû me contenter de présenter une carte restreinte de la région de beaucoup la plus importante au point de vue de l'asphalte, qui est en même temps celle que représentent les coupes de la pl. III. En somme, la roche ou la couche asphaltique peut être présumée exister au-dessous de la totalité de la surface indiquée comme molasse, gault et Aptien. Son extension vers le Sud est limitée par la faille jurassique.

Pl. II. *Coupes générales du Val-de-Travers.* Ces coupes étaient destinées à accompagner la carte qui n'a pu être publiée. Elles suffiront à donner une idée de l'énorme dénudation subie par les couches crétacées et tertiaires, ainsi que de la continuité du *pli-faille* et de la zone synclinale crétacée du versant méridional du Val-de-Travers. L'échelle réduite n'a pas permis d'indiquer l'asphalte, dont on peut cependant présumer l'existence, au versant sud, dans toute la longueur de la vallée.

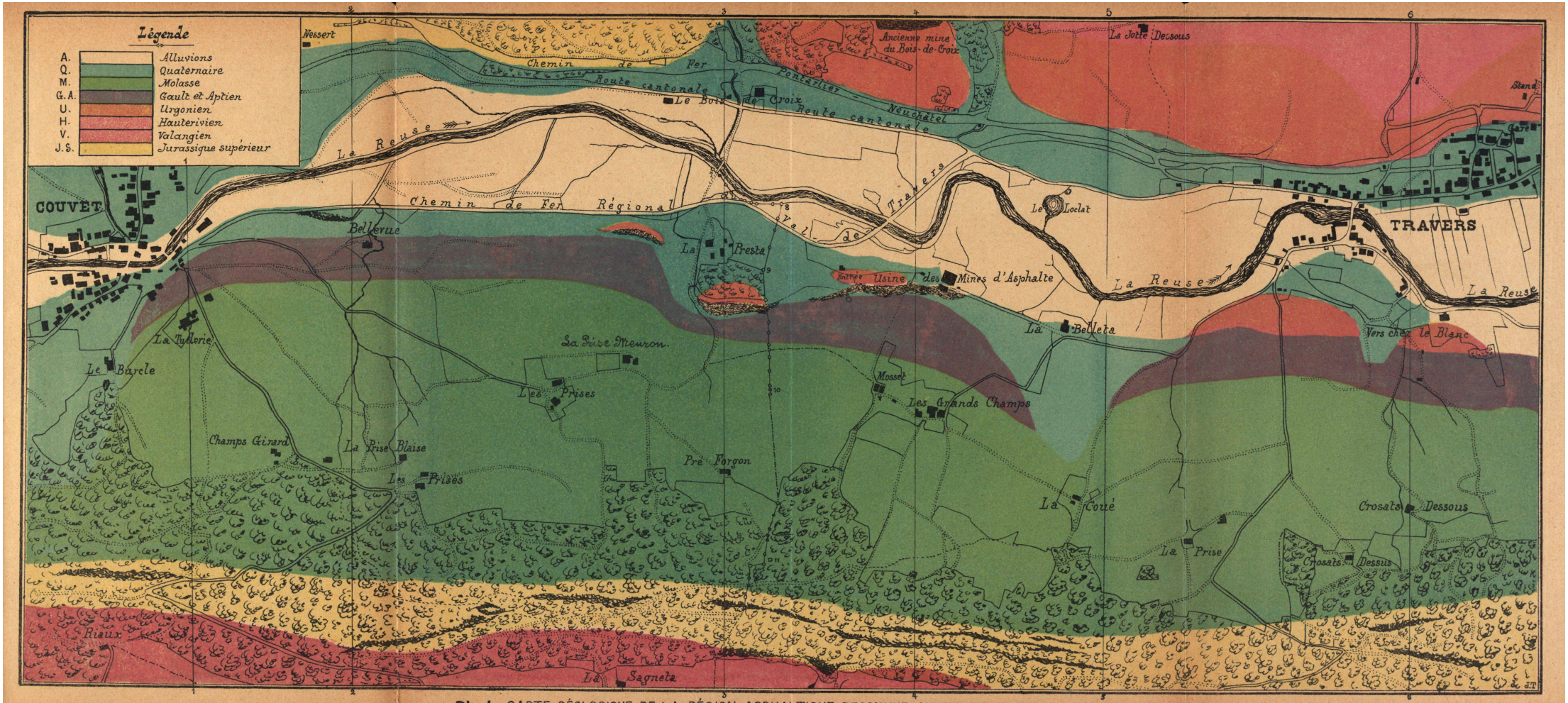
Pl. III. *Coupes du flanc méridional du Val-de-Travers.* C'est grâce au pli anticlinal du fond de la vallée que l'Urgonien vient affleurer sur divers points et à divers niveaux, à la Prise Meuron, à la Presta, à la nouvelle mine, au Crêt-à-Blanc. Mais il n'est pas partout asphaltique. La roche blanche est, sur certains points, surmontée par l'Aptien (fig. 5 et 6), mais, ainsi qu'on l'a reconnu dans l'exploitation, la roche redevient asphaltique vers le fond de la synclinale. De même aussi, elle peut exister à l'affleurement et disparaître en profondeur. Les coupes schématiques n'ont d'autre but que de circonscrire l'aire d'existence probable de l'asphalte et d'indi-

quer la profondeur du banc par rapport à la surface du sol et au niveau de la Reuse. La fig. 3 montre en outre une inflexion locale qui pourrait se retrouver dans les autres coupes.

Pl. IV. *Essai d'une carte de la mer urgonienne et des gisements asphaltiques, etc.* Il m'a paru utile de présenter, dans une carte ou tableau d'ensemble, tous les gisements de substances bitumineuses reconnus dans le Jura ou dans son voisinage, c'est-à-dire ceux qui sont signalés dans les §§ 54 à 64. D'autre part, j'ai établi dans le § 85 les conditions géographiques de cette région, recouverte en partie par la mer urgonienne, qui pénétrait entre les chaînons ou îlots peu élevés de la chaîne jurassique naissante. Les rivages de cette mer à l'Est et au Nord ne me semblent guère contestables. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les quatre îlots du massif de la région centrale; mais, à mon avis, cela ne modifie en rien les conclusions de mon travail.

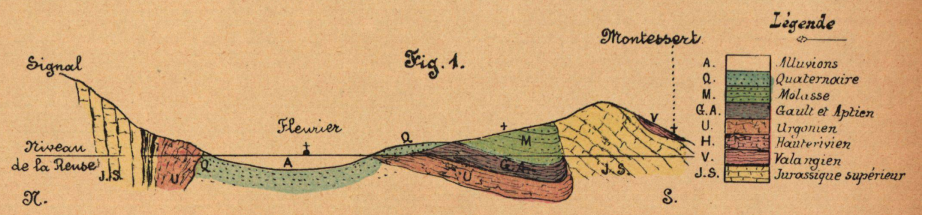
Enfin, on remarquera l'absence de limites ou de rivages à l'Est ; il y en avait cependant aussi bien que vers le Nord, où le Néocomien disparaît à Bienne.

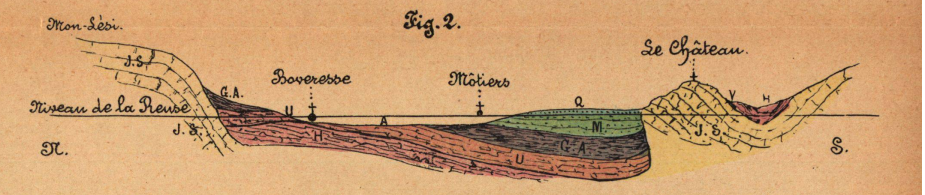
Les indications de gisements molassiques et jurassiques se passent de commentaires et je renvoie à leur sujet au texte, §§ 68 à 72.

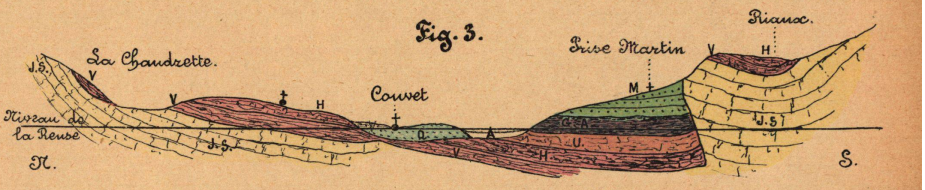


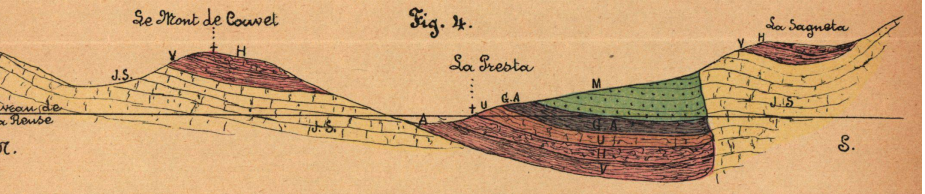
PL. I. CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION ASPHALTIQUE RECONNUE AU VAL-DE-TRAVERS

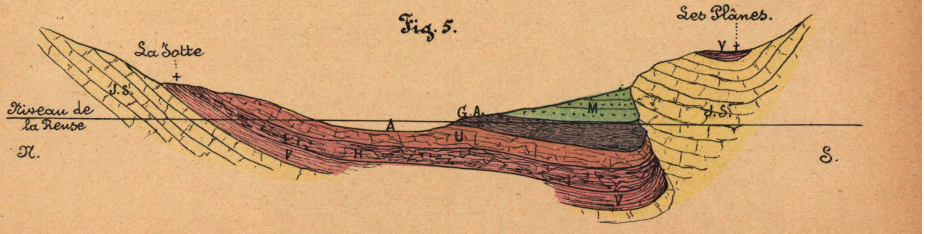
PL. II. COUPES GÉNÉRALES DU VAL-DE-TRAVERS

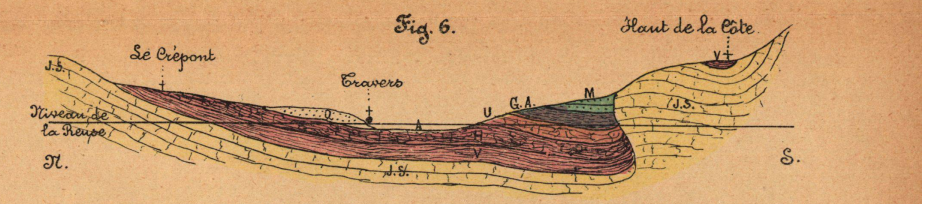


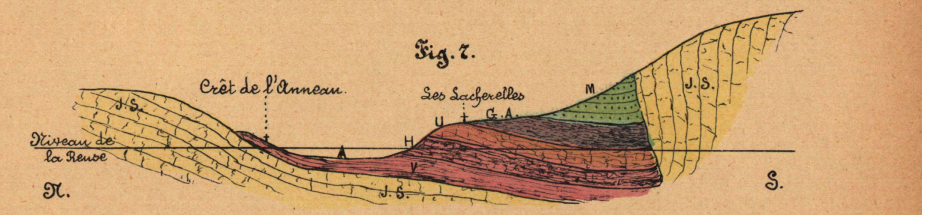




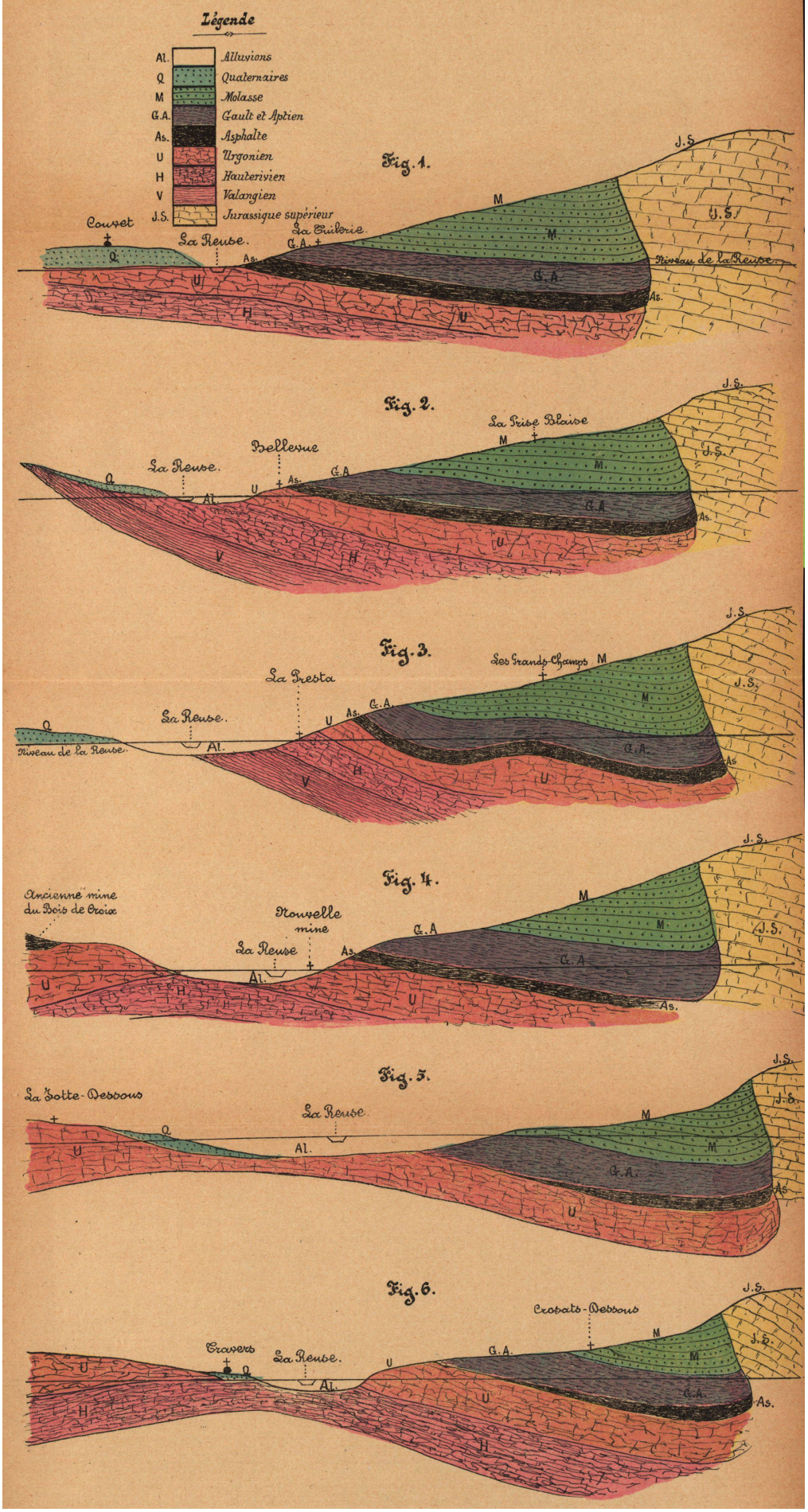








PL. III. COUPE DU FLANC MÉRIDIONAL DU VAL-DE-TRAVERS MONTRANT LA DISPOSITION DU GISEMENT D'ASPHALTE



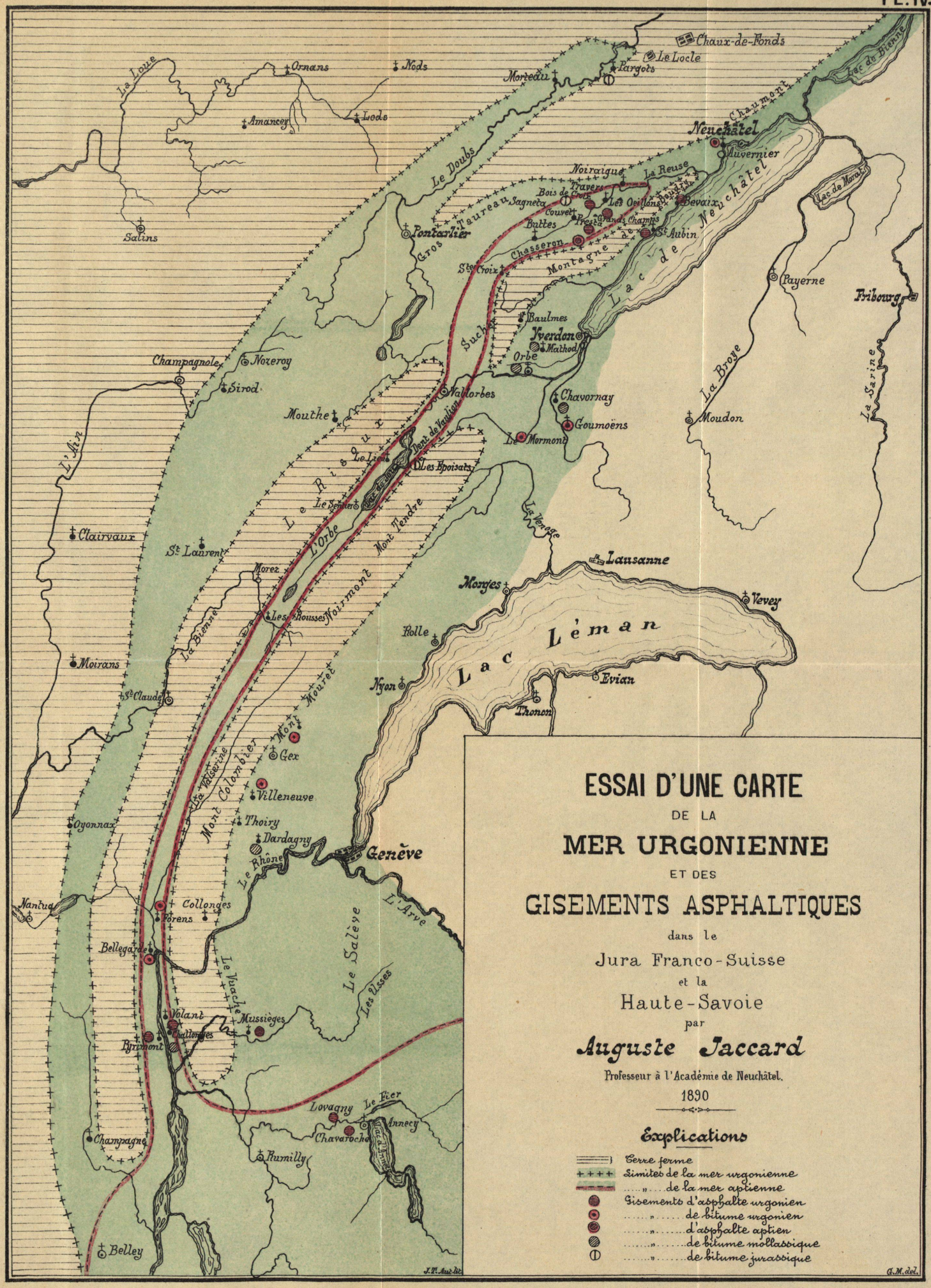

ESSAI D'UNE CARTE
DE LA
MER URGONIENNE
ET DES
GISEMENTS ASPHALTIQUES
dans le
Jura Franco-Suisse
et la
Haute-Savoie
par
Auguste Jaccard
Professeur à l'Académie de Neuchâtel.
1890
Explications
Terre ferme
Limites de la mer urgonienne
..... " ... de la mer aptienne
Gisements d'asphalte urgonien
..... " ..... de bitume urgonien
..... " ..... d'asphalte aptien
..... " ..... de bitume molassique
..... " ..... de bitume jurassique
Chaux-de-Fonds
Le Locle
Pargots
Morteau
Ornans
Nods
Amancey
Lode
Salins
Neuchâtel
Auvernier
Chaumont
Lac de Bienne
Lac de Morat
Noiraigue
La Reuse
Travers
Bois de Croix
Les Oeillons
Bevaix
Sagneta
Couvet
Buttes
Pontarlier
Gros Taureau
Grands Champs
St Aubin
Chasseron
Montagne de Boudry
Lac de Neuchâtel
Ste Croix
Payerne
Fribourg
Baulmes
Yverdon
Mathod
Orbe
Champagnole
Noxeroy
Sirod
Vallorbes
Chavornay
Goumoëns
Mouthe
Le Mormont
Moudon
La Broye
La Sarine
L'Ain
Le Risoux
Le Lac
Les Epoisats
Le Sentier
L'Orbe
Mont Tendre
La Venoge
Clairvaux
St Laurent
Morez
Lausanne
Morges
Vevey
Les Rousses
Mourmont
La Bienne
Rolle
Lac Léman
Moirans
St Claude
Nyon
Evian
Thonon
Mouret
Mont Colombier
Gex
La Valserine
Villeneuve
Oyonnax
Thoiry
Dardagny
Le Rhône
Genève
Nantua
Collonges
Forens
L'Arve
Bellegarde
Le Salève
Le Vuache
Les Usses
Volant
Mussièges
Challonges
Byrimont
Lovagny
Le Fier
Annecy
Chavaroche
Lac d'Annecy
Champagne
Rumilly
Belley
J.P. Aug. lit.
G.M. del.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 108

PREMIÈRE PARTIE

Mode de formation de l'asphalte, du pétrole et des bitumes en général, § 1-3 109

SECONDE PARTIE

Etude des terrains du Val-de-Travers, du Jura et de la Savoie :

Première section. — Historique de l'asphalte au Val-de-Travers, § 4-21 113

Deuxième section. — Etude des terrains du Val-de-Travers :

1. Des terrains en général, § 22-30 140
2. Profils géologiques, § 31-42 149
3. Etude de l'asphalte urgonien, § 43-49 155
4. Etude de l'Aptien bitumineux, § 50-52 161
5. Conclusions, § 53. 164

Troisième section. — L'asphalte dans le Jura et en Savoie :

1. Gisements urgoniens, § 54-64 166
2. Gisements jurassiques, § 65-67 176
3. Gisements molassiques, § 68-72. 178

Quatrième section. — Origine et mode de formation de l'asphalte :

1. Les théories, § 73-78. 183
2. Causes de la transformation des animaux en bitume et en asphalte, § 79-83 193

TROISIÈME PARTIE

Pages

Histoire géologique de l'asphalte :

1. Epoque jurassique, § 84 200
2. Epoque crétacée :
Phase urgonienne, § 85 201
Phase aptienne, § 86 203
Phase molassique, § 87 204
Phase de destruction et d'érosion, § 88 206
Conclusion, § 89 207