

Le Canton de Fribourg

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie**

Band (Jahr): **8 (1913-1919)**

Heft 1: **Les gîtes d'hydrocarbures de la suisse occidentale**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

III

Le Canton de Fribourg.

Historique.

Le gypse est connu et exploité de vieille date dans nos montagnes et, dès 1800, l'idée s'était fait jour que cette roche pourrait être accompagnée d'anhydrite salifère, soit chez nous, soit dans le *Simmenthal*. C'est qu'en effet, l'origine lagunaire analogue de ces deux minéraux, et par conséquent leur tendance à se présenter ensemble, sont depuis longtemps connues des géologues.

A cette première donnée, les progrès de la géologie minière en ont ajouté une seconde en révélant une tendance pareille chez le soufre et les hydrocarbures. C'est aujourd'hui un fait acquis à la technique des mines que le sel gemme, le soufre et le pétrole forment avec le gypse un « *cortège caractéristique* », c'est-à-dire se rencontrent habituellement dans les mêmes gîtes ou du moins dans un même groupe de gîtes, une même contrée ou un même horizon stratigraphique. Et voilà comment la question de la présence des hydrocarbures chez nous se trouve intimement liée à l'étude de nos amas gypseux et aux présomptions relatives au sel.

Dans la période de 1801 à 1824, et sur l'indication qu'on avait trouvé du sel, en relation avec le gypse, près de *Grübenwald*, dans le *Simmenthal*, Escher, Struve et Tschanner firent des recherches dans cette localité et dans les environs, mais leurs trouvailles se réduisirent à quelques traces de sel dans l'une ou l'autre source.

La question fut reprise entre 1830 et 1840. Attirés, sans doute par la présence de la dolomie, de la corgueule et du gypse, alors regardé comme éocène, chargés d'ailleurs de contrôler une bonne fois les suppositions sans cesse renaissantes relativement à la présence de l'anhydrite salifère ou même du sel massif, de Charpentier, Simon et Studer explorèrent à nouveau le *Simmenthal* tout entier. Charpentier essaya en vain un grand nombre de sources : le résultat général de l'exploration fut négatif.

Dans les années 70, pendant qu'il travaillait à la carte géologique de notre canton (Feuille XII de Dufour), M. le Dr V. Gilliéron a, plus d'une fois entendu parler de sources salées, même sur le plateau molassique, mais, dit-il, sans parvenir jamais à connaître d'une manière précise leur emplacement. Il cite *Cheyres*, dans la Broye, où une source de ce genre eût été ensevelie sous un éboulement¹. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'un hôtel, construit depuis plusieurs années, dans une position superbe au flanc du grand escarpement molassique qui domine les grèves du lac de Neuchâtel a trouvé ou retrouvé une source salée qui y est utilisée.

Il y a, dans notre pays, un certain nombre de noms locaux tels que *Semsales* (*semen salis* ?), le *Saulgy*, *Sâles* (*sales* : « les sources salées »), auxquels certaines personnes attribuent la racine « *Sal, salis* »², tandis que d'autres les rapportent aux étymologies toutes différentes « *salix* », le saule, ou « *salvia* », la sauge. A l'appui de la première interprétation, on fait remarquer que plusieurs pâturages, spécialement dans les environs de *Châtel-St.-Denis* (p. ex. le *Chaussin*, du patois « *chaux* » : sel), sont réputés avoir un goût salin très apprécié du bétail.

Quelques recherches, entreprises il y a longtemps sur le territoire de *Semsales*, également dans la *Veveyse*, de-

¹ Mater. pr. la carte géologique suisse, XVIII^e livr., p. 511.

² Se rappeler les noms analogues du *Salzkammergut* : *Ischl*, *Hallstadt*, *Hallein*, dérivés de « *hallos* » le sel, et en possédant effectivement des mines.

meurèrent sans résultat, peut-être pour avoir été trop superficielles¹. Mais il est un autre point qui a attiré, il y a déjà bien des années, l'attention du public et des savants, et dont il nous faut dire quelques mots. C'est l'ancienne carrière de gypse, — la « *Roche à gy* », comme on l'appelle dans la contrée, — ouverte dans la grande forêt du *Burgerwald*, au-dessus de *Saint-Sylvestre*, au flanc nord du *Cousimbert*, dans la chaîne de flysch de la *Berra*. Ce point a toute une histoire :

Le Burgerwald.

Vers 1835, des ouvriers qui abattaient le gypse remarquèrent un « souffle » qui s'échappait des fissures de la roche. Des dégagements gazeux analogues avaient été signalés par Scheuchzer sur plusieurs points des Alpes, et l'un d'eux était connu en Gruyère, derrière les *Moulins de Broc*, sur le chemin de *Charmey*, en-dessous de *Montsalvens*. L'air de ce « soufflet » était tantôt tiède, tantôt froid, et le dégagement gazeux, intermittent, pouvait être perçu déjà d'une certaine distance. De nuit, on voyait une flamme, parfois deux, sortir des ruines du château. Parfois, la flamme était remplacée par une colonne de vapeur.

Au *Burgerwald*, le dégagement n'était pas enflammé par lui-même. Ce n'est que le 26 février 1840 qu'un des carriers y mit le feu en présentant à ce soufflet naturel un tison qui brûlait mal : Une forte déflagration se produisit, en même temps que jaillissait du roc fendu une longue flamme qui brûlait le bonnet et les cheveux de l'individu. Celui-ci, en présentant le tison, avait dit, par manière de plaisanterie : « Tiens, soufle, diable », mais, en voyant le météore, il s'enfuit à toutes jambes, persuadé que « le malin » avait répondu à son appel². Ceci se

¹ Protocoles du Cons. d'Etat de Fribourg, années 1680, 1681, 1690, 1732, 1733, 1757. Manual du Cons. des Finances, 1818.

² Relation verbale d'un témoin oculaire.

passait au fond de la carrière principale, et le gaz continua de brûler pendant assez longtemps, en attirant de nombreux visiteurs. On prétend que la flamme se voyait de la promenade des Grand'Places, à Fribourg.

Le Conseil communal de Fribourg, alors propriétaire de la forêt du *Burgerwald*, fut averti de ce qui se passait et, dans sa séance du 3 mars 1840, il invitait la Commission d'édilité à examiner cet objet en s'adjoignant des experts compétents¹. Cette commission se transporta sur les lieux et, dans son rapport, elle indique que le « foyer » du dégagement gazeux se trouve sur un banc de gypse, à l'angle W. de la carrière ; que ce « foyer » est creux et mesure deux pieds de profondeur, trois de longueur et deux de large ; que la flamme qui en sort est rosée, sans fumée, semblable à celle que donne le hêtre, et d'une hauteur de deux à quatre pieds. Elle ajoute que la flamme sort du gypse et se déplace quand on creuse dans son voisinage ; qu'un clou, lancé dans ce feu, a été « rouge » en un instant ; qu'une odeur de charbon se dégage d'un certain côté ; que de l'eau, jetée dans la fissure principale (5 pouces de long) semble bouillir et prend, au bout de peu de temps, une température de 36° Réaumur avec un goût salé.

Dans le même temps, M. Chodzko, professeur de physique et de chimie au collège de Fribourg, déclarait que le phénomène était dû au gaz hydrogène proto-carburé, tel qu'il se trouve dans les « feux naturels », les « fontaines ardentes », les feux-follets, les salses et dans le grisou des houillères. Agassiz, alors professeur d'histoire naturelle à Neuchâtel, venait aussi visiter le *Burgerwald*, mais sans se prononcer sur la cause du phénomène. Il supposait, en profondeur, du sel, des grès houillers ou des schistes bitumineux. M. Muller, pharmacien à Fribourg, analysait l'eau sortant de la carrière et y trouvait du sel de cuisine et du sulfate de soude. D'autre part, M. Götz, pharmacien, envoyait à Jean de Char-

¹ Protocoles du Conseil communal de Fribourg.

pentier, directeur des salines de Bex, du gaz et de l'eau du *Burgerwald*, et transmettait au Conseil communal (séance du 24 mars) les observations que ce géologue lui avait communiquées par lettre du 22 : L'eau qui accompagne le dégagement gazeux, disait Charpentier, contient principalement des sulfates de soude et de magnésie, du chlorure de sodium, un peu de sulfate de chaux, peu ou point d'acide carbonique, d'hydrogène sulfuré et de fer. L'eau provenant de la condensation des vapeurs sur la paroi du rocher gypseux ne contient que du sulfate de chaux. Quant au gaz lui-même, c'est de l'hydrogène carburé sans mélange d'hydrogène sulfuré.

S'étant rendu sur les lieux, le 18 mars, en compagnie du Dr de Welz, Charpentier y avait trouvé deux enfoncements taillés dans le gypse, dont l'un contenait un peu d'eau et d'où le gaz sortait sur trois points rapprochés, pour brûler, d'une manière presque continue, en flammes de un à trois pieds de hauteur. Dans l'autre creux, rempli d'eau celui-là, le dégagement était intermittent et le gaz s'éteignait à mesure qu'on le rallumait. Il avait analysé aussi l'eau des deux creux et obtenu les mêmes résultats qu'avec celle que lui avait envoyée M. Götz, bien que celle des creux fût chargée de limon.

Charpentier rappelle, en outre, que les dégagements gazeux de ce genre sont fréquents dans les terrains calcaréo-gypseux ou houillers, c'est-à-dire renfermant des matières charbonneuses ou bitumineuses. Il s'en produit de temps à autre, par exemple dans les galeries des salines de Bex, tracées dans de la « chaux anhydrosulfatée » et dans un « calcaire fortement carburé », auquel le gypse est intercalé.

Revenant maintenant au phénomène analogue qui venait de se produire au *Burgerwald*, Charpentier déclare d'abord qu'il ne présente aucun danger, qu'il n'y a à craindre ni explosion ni formation d'un volcan, comme quelques personnes l'avaient pensé. D'autre part, il ne croit pas que ce phénomène présage aucune découverte avantageuse pour le pays. Quoique les éruptions de gaz

inflammable soient assez fréquentes dans certaines houillères, elles ne sont cependant pas un indice certain de la présence du charbon. D'ailleurs, le terrain dans lequel se trouve le gypse du *Burgerwald* étant, d'après Studer, du jurassique moyen¹, il n'y a aucune chance d'y trouver de la houille. L'eau qui accompagne le gaz contenant du chlorure de sodium, on pourrait songer à la rencontre d'une source salée abondante, mais, en tout cas, le peu d'étendue de la formation gypseuse dans cette contrée interdit de compter sur un gîte de sel exploitable. La présence des sulfates de soude et de magnésie fait, à la vérité, de l'eau de *Burgerwald* une source médicalementeuse, mais il y en a trop peu pour songer à créer des bains, d'autant plus que cette eau n'est pas thermale. En effet, celle contenue dans le creux où le gaz brûlait était chauffée par les flammes jusqu'à 32° R., mais celle du creux où le gaz ne brûlait pas était à 0° et le bord de l'enfoncement était garni de glace fondante. En somme, ce phénomène est simplement curieux et il est probable qu'il durera peu de temps : six ou sept mois tout au plus, à en juger par l'intensité du dégagement. Telles furent les opinions émises alors par Charpentier.

Le 12 juin, le Conseil communal, informé que le dégagement de gaz est presque étouffé par de récents éboulements, ordonne le déblaiement de la place et la construction d'un baraquement protecteur (Protocole, f° 265).

Nous arrivons ainsi à la vingt-cinquième assemblée de la Société helvétique des sciences naturelles, tenue à Fribourg, sous la présidence du Père Girard, les 24, 25 et 26 août 1840, où l'on s'occupa beaucoup du *Burgerwald*.

Dès la première séance, le président introduit la question en rappelant que les feuilles publiques ont parlé de ce dégagement de gaz inflammable et d'eau salée. Cette eau, ajoute-t-il, a rappelé à son souvenir le fait que

¹ On trouvera plus loin la discussion de ce diagnostic, assez surprenant au premier abord.

deux géologues¹, poursuivant le sel gemme, du Grand Duché de Baden² à travers l'Argovie et le Canton de Berne, cela à une époque qu'il ne peut plus déterminer³, avaient été conduits dans notre Canton et avaient enfin trouvé « le sel à découvert », dans la vallée de *Bellegarde*. Ils avaient en même temps annoncé que cette vallée contenait assez de houille pour l'exploitation du sel⁴. Et le président ajoute que la houille est exploitée, effectivement, par un particulier, tandis que le sel est tombé dans l'oubli. A partir de ce moment, en effet, il n'est plus question du sel de *Bellegarde*; l'attention se concentre sur la houille et le minerai de fer découverts, près de cette localité, par un sieur Buchs. Il en est question, à plus d'une reprise, dans les Manuals du Conseil d'Etat et de celui des Finances. — Le premier de ces recueils (année 1767, p. 312, séance du 31 août) fait mention d'une source salée nouvellement découverte, mais ne dit pas dans quel endroit⁵,

La Société helvétique entendit ensuite la lecture d'un mémoire du colonel de Dompierre, se basant sur l'analogie des dégagements survenus au *Burgerwald* et de ceux qui sont classiques dans les régions salifères de la Virginie (Kenawhay), comme aussi sur l'aspect géologique du *Consimbert* et la présence du gypse, pour recommander d'entreprendre des recherches. — M. de Dompierre exposa en outre l'usage qu'on pourrait faire du gaz, au Mouret et même à Fribourg⁶, à condition que le dégagement aug-

¹ Schlatter, de Berne et Weibel, de Hérisau.

² De Dürrheim. ³ C'était en 1816.

⁴ Allusion à la houille jurassique des Gastlosen. — Pour ceci, comme pour tout ce qui touche aux produits minéraux du Canton de Fribourg, voyez la description que j'en ai donnée dans la Notice sur les exploitations minérales de la Suisse, publiée pour l'Exposition de Genève, en 1896, p. 151. — Voyez aussi mon Tableau des Terrains de la région fribourgeoise, 3^e édit., 1901.

⁵ Le chasseur et guide Albert Boschung, de Bellegarde, m'écrit en date du 4 avril 1906, qu'il existe, au col du Sattel (dans le Flysch), une source salée dont les chamois viennent lécher les abords. Il n'y en a pas d'autre dans la contrée.

⁶ Pour l'éclairage de la ville, selon une idée de M. Hugi, de Soleure.

mente, et termina en émettant la supposition qu'au lieu de sel, on pourrait bien trouver du pétrole. C'est lui qui, le premier, a prononcé ce mot.

M. L.-R. de Fellenberg, président de la « Commission du gaz inflammable », comme on disait alors, fit rapport à son tour. Voici les plus saillantes de ses conclusions : L'eau salée du *Burgerwald* ne contient guère que des sulfates de soude et de magnésie ; le sel marin ne s'y élève pas à un dixième pour cent. Quant à l'origine de cette eau salée, il l'explique dans les termes suivants : « La roche gypseuse est imprégnée de sulfates, lesquels, par un temps sec, ont la propriété de s'effleurir sur les parois du rocher, et de les couvrir, par places, d'un enduit blanc et poussiéreux, ayant un goût amer plutôt que salé. Quand les pluies arrivent, celles-ci dissolvent ces sels, les entraînent dans les rigoles ou dans les creux de la roche, et forment ainsi des mares salées qui, selon l'état d'évaporation, forment des solutions plus ou moins concentrées ».

Le gaz inflammable introduit une certaine analogie entre le *Burgerwald* et Bex, mais cette analogie, toute fortuite, perd sa signification quand on songe aux différences profondes qui séparent les deux localités, au point de vue géologique. En somme, conclut de Fellenberg, un sondage seul peut résoudre l'énigme et le point le plus convenable pour cette opération serait la carrière de gypse elle-même, puisque les couches y plongent au sud, c'est-à-dire vers le centre même de la montagne, et qu'on ne peut approcher davantage de l'endroit où pourrait se trouver le sel ; ou enfin le pied de la montagne, là où elle présente son flanc le plus abrupt vers le nord.

André de Luc (de Genève) écrivait de même au président de l'Helvétique (le 4 septembre 1840) : Dans l'Ohio, tous les puits à sel donnent du gaz hydrogène carboné. Cet agent paraît lié à l'ascension de l'eau salée. Partout où le gaz se dégage, on est sûr de trouver la roche salifère. Ces indices devraient encourager les Fri-

bourgeois à foncer un puits de quelques cents pieds : la chance de trouver des sources salées est grande.

Enfin le Dr Schneider, conseiller d'Etat de Berne, avait écrit déjà (le 13 sept. 1839), à propos d'une explosion survenue à Bex, pour attirer l'attention des Fribourgeois sur l'analogie géologique que ces dégagements gazeux faisaient, selon lui, pressentir et pour les exciter à des recherches.

L'année suivante, c'est-à-dire en 1841, le *Postillon narrateur* (N^o du 12 janvier), journal paraissant à Fribourg, consacrait un article au phénomène du *Burgerwald* qui recevait à ce moment-là la visite de nombreux curieux, savants et profanes. La plupart concluaient à la présence du sel, et il paraît, au dire du journal, que l'idée d'un gisement de ce minéral en cet endroit s'était fait jour déjà avant la découverte du gaz, mais on ne nous dit pas pour quels motifs. L'auteur de l'article invite le Gouvernement cantonal à prendre la chose en mains, à faire des recherches sérieuses et même un sondage qu'il devise à quelques mille francs.

Le *Postillon* ajoutait que, même en cas d'insuccès, quant au sel, il serait de toute façon intéressant de connaître avec certitude la structure d'un point aussi bouleversé du territoire national, et il allait même plus loin. Devançant de plus d'un demi siècle les idées que j'ai essayé plus tard de propager, il demandait que les fouilles du *Burgerwald* devinsent le point de départ d'une campagne générale de sondages, embrassant le sol suisse entier et dirigée par la Société helvétique des Sciences naturelles¹.

¹ Les aventures de Rheinfelden et de Cornol, qui laissèrent ouverte la question de la houille subhercynienne, le vague qui plane sur les filons du Valais, et d'autres points encore appellent toujours une solution. Pendant que je professais, l'Art des Mines à l'Ecole polytechnique fédérale et encore depuis, je tentai, mais sans succès, de mettre en train une telle campagne. (Voyez mon Rapport de décembre 1897, qui a déterminé la Motion Bossy aux Chambres fédérales, et abouti tout au moins à accroître les moyens d'action de la Commission géologique en élargissant, son programme).

En 1841 encore, les Protocoles du Conseil communal de Fribourg nous apprennent que les éboulements menacent de recommencer au *Burgerwald*. Ils se produisent, en effet, bientôt, et on parle du dégagement gazeux comme s'il eût pris fin. — En 1842, il est question de déblayer les masses dont l'éboulement « a détruit le phénomène », puis plus rien jusqu'en 1852.

Alors, dans sa séance du 4 mai, le Conseil, « persuadé que la montagne du *Burgerwald* contient dans son sein des richesses d'une nature encore inconnue, décelées par les échappements de gaz qui ont eu lieu, et estimant qu'il serait d'une coupable négligence de ne pas explorer les terrains de cette montagne qui, peut-être, procureront de grands avantages à la commune », décide de faire faire une expertise par des hommes de science (fo 212). On s'adressera à MM. de Charpentier, directeur des mines de Bex, Thurmann, professeur à Porrentruy, et A. Gressly, à Soleure. On porte au budget de 1853, une allocation de 2000 fr. pour l'expertise et les premiers travaux (27 novembre, fo 548).

Turmann ayant refusé, pour raisons de santé (le 17 décembre), on demande Studer, professeur à Berne, qui accepte (14 janvier 1853) en se montrant très sceptique (fo 31). Le mardi, 12 juillet, les experts arrivent à Fribourg¹ et le lendemain, 13, ils se rendent au *Burgerwald*, accompagnés de MM. Thurler, Egger et Ottet, conseillers communaux, Broye, haut-forestier, Chodzko, professeur de physique et de chimie, et Claraz, chimiste. — Le 2 août, leur rapport² fut ouvert en séance du Conseil communal, sous la présidence du syndic Cuony. « Il détruisit les belles illusions qu'on s'était faites » -- Ce document ayant une importance capitale, à la fois

¹ Ils logèrent aux Merciers. Le tenancier, Moosbrugger, fit pour eux une note de fr. 55.95. Chaque expert reçut une gratification de 120 fr. en or. Avec les menus frais, l'expertise coûta à la Commune de Fribourg la somme totale de fr. 442.40. Certes, il en vallait la peine (fo. 479).

² Ce rapport est daté des Devens, sur Bex, le 25 juillet 1853. Il est signé des trois experts. (Protocoles de 1853, fo. 470).

pour l'histoire économique du Canton de Fribourg, et pour celle des idées géologiques en Suisse, j'en reproduirai les parties principales :

Rapport de 1853.

Stratigraphie. — Le terrain qui environne la montagne des « *Muscheneck* » appartient à la même molasse, en grande partie marine, qui constitue les environs de la ville de Fribourg et la partie du Canton comprise entre la Broye et la Singine.

La montagne des *Muscheneck* proprement dite est formée de flysch éocène qui s'y présente sous l'aspect d'un grès, fin et dur, divisé en strates assez régulières, ne dépassant pas quatre centimètres d'épaisseur, et inclinées de 25° à 30° au S.-S.-E.

Le vaste escarpement de 100 à 110 m. de hauteur qui termine la montagne au nord, présente à son pied une masse considérable de gypse, schisteux, grisâtre, rarement rougeâtre, quelquefois grenu, à grains faiblement agrégés, d'un blanc pur et entremêlé de petites veines d'argile grise ou ferrugineuse. Ce gypse forme une couche de 18 à 20 mètres d'épaisseur s'enfonçant dans la montagne sous un angle de 25° au S.-S.-E., parallèlement aux strates du flysch.

Tectonique. — Des éboulements, tant anciens que récents, empêchent de voir le contact de ces deux roches. Faute d'observations directes, on est donc obligé d'avoir recours à l'analogie pour juger les rapports qui existent entre elles.

La molasse et le flysch de la contrée qui nous occupe sont exactement semblables à ceux du Gurnigel, lesquels sont évidemment la continuation orientale des rochers des « *Muscheneck* ». Il en est de même du gypse du Gurnigel qui ne diffère pas de celui du Burgerwald et plonge aussi sous le flysch. Mais au Gurnigel, on a la facilité de voir directement les rapports de gisement qui existent entre ces 2 roches, ce que les éboulements empêchent d'observer au Burgerwald.

Dans la première localité, on reconnaît distinctement, que le gypse n'est point en contact immédiat avec le flysch, mais qu'il en est séparé par une couche de calcaire oxfordien (?) qui, de cette manière lui sert de toit et que le mur du gypse est également de l'oxfordien reposant à son tour sur le flysch. Il est évident que la position remarquable de ces couches est due à un plissement et que le gypse, au lieu d'appartenir au flysch est intercalé dans l'oxfordien.

Nous sommes donc autorisés à admettre que le gypse du *Burgerwald* présente le même gisement que celui du Gurnigel. Cette supposition, contre laquelle il n'y a aucune objection sérieuse à faire, se trouve encore appuyée par le fait qu'on rencontre parmi les éboulis de la carrière du *Burgerwald* des fragments d'un calcaire compact, conchoïde et d'un jaune ou gris clair, ayant tout à fait l'aspect de certains calcaires jurassiques et dont on ne retrouve pas de couches dans la molasse ni dans le flysch. Le gypse du *Burgerwald* paraît donc appartenir aux étages supérieurs de la formation jurassique, et nullement à celle du flysch.

Gaz. — Le sel de cuisine n'opère pas ces décompositions dont l'un des produits est l'hydrogène ou gaz inflammable. Ce sont en revanche, dans la plupart des cas, des sels dont la base est unie à l'acide sulfurique qui donnent lieu à la formation du gaz inflammable. Ces sels sont le sulfate de chaux (gypse), le sulfate de magnésie (sel d'Epsom) et le sulfate de soude (sel de Glauber).

Lorsque ces sulfates, en état de solution aqueuse, sont en contact avec des corps contenant du carbone, tels que les calcaires noirs ou anthraciteux, les bitumes, les lignites, les houilles, etc., il y a décomposition et production de gaz inflammable.

Celui-ci est tantôt de l'hydrogène pur, tantôt de l'hydrogène carboné, tantôt enfin de l'hydrogène sulfuré. Il n'est toutefois pas nécessaire que ces décompositions s'opèrent dans la masse même du gypse, il suffit, pour

qu'elles aient lieu, que des eaux gypseuses pénètrent dans des roches carbonées.

C'est le cas le plus ordinaire à Bex. Là, les dégagements les plus abondants et dont la durée a été la plus longue ont toujours eu lieu dans le calcaire noir plus ou moins carboné (lias) et non dans le gypse. Le gaz qui s'échappe du gypse est communément de l'hydrogène pur ou bien il est mêlé en petite proportion à de l'hydrogène sulfuré.

Ces sortes de dégagements ne continuent pas longtemps, tandis que ceux qu'on rencontre dans le calcaire se maintiennent quelquefois pendant des années et sont toujours de l'hydrogène carburé¹.

Les gîtes de sel étant constamment accompagnés de gypse et d'une certaine dose de sulfate de soude, et de magnésie, il n'est donc pas surprenant de rencontrer du gaz inflammable dans le voisinage des sources salées.

Cependant, nous le répétons, ce gaz n'est nullement produit par l'action du sel de cuisine, mais bien par l'action des sulfates, et par conséquent il n'est point un indice de la présence de l'hydrochlorate de soude.

Nous faisons encore observer que presque tous les dépôts de gypse contiennent des traces de sel, ce qui est la cause de la faible salure que les réactifs révèlent dans les eaux qui s'écoulent du gypse. Ces eaux recueillies par M. de Fellenberg auprès du gypse du *Burgerwald* n'en contiennent que la quantité infiniment petite de $\frac{1}{10}$ pour cent.

Roches. — Les roches qui constituent la montagne des « *Muscheneck* » ne sont pas de nature à donner quelque espoir de rencontrer dans leur intérieur des gîtes

¹ Le 18 mai 1818, on rencontra aux mines de Bex, dans le lias, une fente de laquelle se dégageait du gaz inflammable en si grande abondance qu'il donna lieu à une flamme qui léchait le faite de la galerie sur environ 50 pieds de longueur et produisait un bruit semblable à celui d'une machine soufflante. Ce dégagement alla promptement en diminuant, mais ne tarit entièrement que vers la fin de 1852.

de sel. La roche qui renferme la couche de gypse du *Burgerwald* est, selon toutes les probabilités, du calcaire oxfordien; et à l'exception de Bex, on n'a pas encore trouvé de sel dans les roches jurassiques de la Suisse¹.

Les dépôts de sel que l'on connaît jusqu'à présent en Suisse appartiennent tous au terrain triasique et particulièrement au Muschelkalk, par conséquent, à une formation beaucoup plus ancienne que celle des «*Muscheneck*» et en général de toute la chaîne des montagnes de *Cousin* (Cousimbert).

Dissolution. — Enfin une circonstance qui mérite d'être prise en considération; c'est l'état de bouleversement que présentent les couches de cette contrée, comme cela a lieu dans presque toute la chaîne des Alpes. Ces bouleversements font craindre que le sel qui aurait pu exister originairement dans ces montagnes n'ait été dissout et entraîné par les eaux qui ont dû y avoir accès par les fentes dont ce terrain a été coupé et traversé en tout sens par suite des dislocations et des soulèvements qui ont donné aux couches leur position redressée.

Houille. — Ce que nous venons d'exposer concernant l'existence du sel dans la contrée qui nous occupe, s'applique également à celle de la houille. En effet, les dégagements de gaz inflammable sont aussi peu un indice des couches de houille ou de lignite qu'ils le sont des gîtes de sel; car pour produire ce gaz, il n'est pas nécessaire que le combustible y soit en quantité notable; le carbone colorant les calcaires noirs, les fragments de charbon fossile dis-

¹ Les experts ajoutent que le gisement de Bex présente des conditions exceptionnelles et c'est bien l'impression qu'en donne la description de M. Schardt (Livret-guide géologique de 1894, p. 181): Selon lui, le sel de Bex se trouve, non point en couches mais à l'état de dissémination, dans une brèche de dolomie, d'argilite et de sable d'anhydrite, dont il remplit les interstices. Les lentilles salifères sont des brèches de dislocation; toute la contrée est formée de zones (lames) répétées de lias et de trias. On a donc bien ici, comme le supposaient les experts de 1853, un gîte remanié.

séminés dans le flysch, et les autres corps organiques renfermés dans les roches sédimentaires, sont bien suffisants pour opérer la décomposition des sulfates et celle de l'eau. En outre, on n'a point encore remarqué, ni dans la molasse ni dans le flysch de cette partie du canton de Fribourg des couches de lignite suffisantes pour être exploitées, et quant à la houille proprement dite, il ne peut en être question, dans cette contrée, parce qu'il n'y existe pas trace de terrain houiller.

Conclusions.

1° Le dégagement de gaz inflammable dans la carrière de gypse de la forêt du *Burgerwald* n'est point un indice de la présence de gîtes de sel ou de combustibles.

2° Un travail (sondage) ayant pour but d'en découvrir dans cette contrée ne présente aucune probabilité de succès.

3° La diminution du gaz, aussi bien que sa qualité inférieure, excluent toute idée de l'employer à l'éclairage.

Telle fut la réponse des experts de 1853. Une nouvelle mention de l'affaire du gaz se trouve au f° 737 : Dans sa séance du 4 novembre, le Conseil ratifie la convention passée entre M. Egger, directeur de l'Edilité, et Paul Piller de Bonnefontaine, pour l'enlèvement des terres et pierres qui encombrant la carrière à gypse d'où s'échappait le gaz inflammable, au *Burgerwald*. A teneur de cette convention, l'entrepreneur recevra une somme de fr. 200 pour l'exécution des travaux dont il s'agit, s'il parvient à faire renaître le gaz et fr. 150 seulement, dans le cas où ce but ne serait pas atteint. — Ainsi perce à chaque instant, dans les délibérations même de notre autorité communale, le sentiment de la déception que le rapport des experts avait infligée au peuple fribourgeois. Cette déception est bien compréhensible et il faut savoir gré à l'autorité de l'opiniâtreté avec laquelle elle a lutté jusqu'au dernier instant contre ce qui paraissait un arrêt fatal.

L'éboulement principal s'était produit en 1843, mais il n'avait pas complètement obstrué les carrières et on put continuer à en exploiter une partie, jusqu'en 1848, époque où l'administration dut interdire les travaux qui devenaient trop dangereux. Le point où le gaz était apparu à l'origine avait été enseveli, mais ce dernier réussit à se frayer d'autres issues, à travers les blocs éboulés, on put encore en recueillir dans une vessie, en 1854¹. On nous a même affirmé, dans la contrée, avoir revu le météore lumineux, c'est-à-dire le gaz embrasé, durant ces dernières années. En ce qui nous concerne, nous sommes allés au *Burgerwald* à plus d'une reprise, tantôt en été, tantôt en hiver, sans jamais rien apercevoir.

En 1870, M. l'ingénieur G. Ritter fit à la Société fribourgeoise des Sciences naturelles plusieurs communications sur les gisements de sulfate de chaux du flysch de la *Berra*, en particulier du *Burgerwald*, et les gaz hydrocarburés qui s'en étaient dégagés. Il avait même insinué, dans le programme des entreprises industrielles qu'il dirigeait à Fribourg, qu'il serait utile de faire quelques travaux d'exploration et, le cas échéant, d'exploitation de ces gaz et de ces plâtres, dont l'épaisseur, à l'affleurement principal (aujourd'hui seul visible), atteint plus de 10 mètres². La chose n'eut pas de suite et, à partir de ce moment, on n'entendit plus parler du *Burgerwald* jusqu'au commencement de nos propres recherches.

Nouvelle étude de la question du *Burgerwald*.

Frappé de l'importance qu'aurait — au point de vue pratique, à cause de sa proximité de Fribourg ; au point de vue théorique, à cause de la rareté du fait dans nos Alpes — la découverte d'un gisement pétrolifère au *Burgerwald*, je me suis mis, dès 1890, à reviser le

¹ Relation d'un témoin oculaire.

² Lettre de M. G. Ritter à l'auteur, du 29 juillet 1900.

procès géologique que l'expertise de 1853 semblait avoir jugé sans appel.

La première chose à faire était d'examiner à nouveau, à la lumière des faits acquis ailleurs et en tenant compte des progrès accomplis entre temps par la géologie minière, les données de notre problème particulier : Présence du gypse dans des circonstances qui permettent de l'envisager, sinon comme roche encaissante, du moins comme satellite du gîte supposé ; — apparition bien constatée de gaz inflammables ; — âge des terrains ; — allure disloquée de la région.

Le cortège du gypse. — J'ai dit déjà que le sel gemme, le soufre et les hydrocarbures forment avec le gypse un *cortège caractéristique*. C'est là un fait d'expérience qui se vérifie en Pensylvanie¹, au Canada², en Judée³, dans les Abruzzes⁴, en Hongrie, en Galicie, en Roumanie⁵, en Albanie⁶, au Caucase⁷ et ailleurs, spécialement dans la région alpine prise au sens large du mot. Je n'insisterai pas sur ce fait, aujourd'hui acquis aux enseignements classiques de la géologie minière.

Les eaux salées. — L'association du pétrole et de l'eau salée est fréquente, mais — comme le remarque M. Höfer⁸ — elle n'est pas nécessaire. Elle tient souvent, dit-il, au fait seul que les deux liquides empruntent, pour

¹ Ed. Fuchs et L. de Launay, *Traité des gites minéraux*, I, 75.

² Rapports du Jury de l'Exposition internationale de Paris, en 1867 ; substances minérales, par M. Daubrée. — A. Jaccard, *Le pétrole, l'asphalte et le bitume au point de vue géologique*, p. 200 à 202.

³ Fuchs et de Launay, *op. cit.*, p. 172.

⁴ *Ibidem*, p. 134.

⁵ *Ibidem*, p. 117 et 124 ; *Mercure scientifique*, oct. et nov. 1893, p. 165 ; Jaccard, *op. cit.*, p. 170 et suiv. ; 181 et suiv. ; Coquand, *Mémoire sur les gites de pétrole de la Valachie et de la Moldavie*.

⁶ Coquand, *Descript. géol.* ; *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1867, XXV ; Jaccard, *op. cit.*, p. 183.

⁷ Coquand, *Les pétroles du Caucase* ; *Ibidem*, 3^e sér. VI, p. 86 et suiv. ; Jaccard, 195 ; *Annuaire géologique universel*, VIII, 1893, p. 498.

⁸ *Das Erdöl*, p. 86.

circuler, une même fissure. Et il ajoute que la présence de l'eau doit plutôt empêcher le pétrole, suintant du terrain, d'envahir la fente. D'après cela, les sources salées perdraient une grande partie de leur importance comme guides dans la recherche de l'huile minérale. Leur rôle se bornerait à témoigner de l'existence de dislocations propres à conduire les émissions liquides quelles qu'elles soient.

Ces remarques sont justes, mais loin d'infirmes le principe du cortège, elles nous paraissent en rehausser encore l'importance pratique et surtout économique. En effet, si malgré l'obstacle que lui oppose la pression de l'eau remplissant une fente, le pétrole réussit à s'y extravaser, c'est que sa pression à lui, — sans doute en rapport avec sa quantité, — dépasse celle des eaux de faille. Par conséquent, l'association d'eaux salées au pétrole doit, lorsqu'elle se produit, faire conclure à un gîte riche, où la pression hydrostatique est considérable, ou bien à des venues permanentes, dotant la masse hydrocarburée d'un grand pouvoir de réaction dynamique. Le principe des cortèges aurait donc l'avantage inappréciable de nous épargner les illusions ruineuses, en ne nous révélant que les gîtes sûrement rémunérateurs.

Les gaz inflammables. — Dès l'origine, Agassiz soupçonnait une relation entre le dégagement protocarbure du *Burgerwald* et des amas salifères ou bitumineux. Charpentier remarquait de même que les dégagements de ce genre sont fréquents dans les terrains gypseux ou bitumineux et qu'il s'en produit dans l'anhydrite salifère de Bex. M. de Dompierre comparait le phénomène du *Burgerwald* à ceux qui se produisent aux salines de la *Kenawhay*, en Virginie, où les éruptions de gaz inflammables sont considérées comme des signes précurseurs certains de la rencontre du sel. Le dégagement gazeux du *Cousimbert* était pour lui l'indice de la présence en profondeur de sel ou de bitume minéral. De Luc établit le même parallèle avec les sources gazeuses de l'Ohio,

affirmant que là tous les puits à sel fournissent plus ou moins de gaz hydrogène carburé, ce gaz étant un indice certain de l'existence de roche salée, au point que bien des puits ont été foncés sans autre indication. Il conclut en engageant les financiers fribourgeois à entreprendre un sondage, voire même un puits, grande étant, selon lui, la chance de rencontrer des sources salées. Enfin, pour le Dr Schneider, l'analogie des dégagements gazeux, qui se sont produits à Bex et au *Burgerwald*, doit faire conclure à une constitution géologique analogue et pousser les autorités fribourgeoises à entrer dans la voie des recherches. Bref, la plupart des savants qui s'occupèrent du phénomène du *Burgerwald* l'interprétèrent comme un indice de la présence du sel — minéral que nous savons appartenir au cortège des hydrocarbures — et, si les experts de 1853, Charpentier, Studer et Gressly se mirent en opposition avec cette manière de voir, qui était aussi celle du grand public, ce fut pour substituer implicitement, il est vrai, à l'idée d'un amas salifère ou d'une couche de houille celle d'un gîte bitumineux : « Lorsque les sulfates, en état de dissolution aqueuse, dirent-ils, sont en contact avec des corps contenant du carbone, tels que les calcaires noirs ou anthraciteux, les bitumes, les lignites, les houilles, etc., il y a décomposition et production de gaz inflammable. Celui-ci est tantôt de l'hydrogène pur, tantôt de l'hydrogène carboné, tantôt enfin de l'hydrogène sulfuré ». Ce passage remarquable de leur rapport semble avoir passé inaperçu ; nous allons poursuivre la recherche dans ce sens.

Disons d'abord que, de l'avis d'auteurs très compétents, les gaz hydrocarburés paraissent être le produit initial dont l'oxydation plus ou moins complète a produit d'abord les pétroles, puis les bitumes¹.

Il y a des siècles que les Chinois utilisent les gaz naturels des provinces de Sse-Tschoan, Junnan, Schan-Si et Kwang-Si, associés aux émissions salifères et pétro-

¹ Fuchs et de Launay, op. cit., p. 51.

lifères. Les « sources de feu » du Fou-Tscheou ont, pour la plupart, été découvertes par des sondages qui cherchaient le sel. De 100 à 200 mètres, ils recourent le jurassique et, à ce niveau, apparaissent des sources bitumineuses. Le pétrole, en assez grande abondance, y est associé à l'eau salée. Une trentaine de puits en exploitent.

En Amérique, les grands gisements de gaz naturels, industriellement exploités, de Fundlay dans l'Ohio et de Pittsburg en Pensylvanie, de même que ceux du Saint-Laurent, entre Québec et Montréal, sont en relation étroite avec le sel d'une part et les pétroles de l'autre¹. Il en va de même à la Trinité², à Pechelbronn en Alsace, où l'hydrogène protocarboné a causé à plus d'une reprise des inflammations et des explosions dans les travaux³, en Moldavie⁴, en Valachie⁵, en Galicie⁶, en Albanie⁷, à l'île de Zante, où le pétrole se décèle par des pellicules irrisées, à la surface des eaux stagnantes⁸, phénomène qui n'a pas été signalé au *Burgerwald*; au Caucase, où les dégagements de gaz combustibles, connus de toute antiquité, se trouvent en pleine formation naphitifère⁹, la boue rejetée n'étant autre chose, d'ailleurs, que de l'argile pétrolifère délayée par les eaux d'in-

¹ Jaccard, op. cit., p. 218, citant les études des géologues américains Carl et Lesley.

² Fuchs et de Launay, p. 167; Jaccard, p. 210 à 212; (hydrogène sulfuré, comme à Cuarny, v. plus haut).

³ Jaccard, p. 162; Fuchs et de Launay, p. 139.

⁴ M. Coquand, (Mémoire cité) explique fort bien l'origine de ces gaz: « Lorsque le pétrole, dit-il, pénètre dans des roches perméables pour y former des asphaltes, il perd la majeure partie de ses principes volatils, lesquels, devenus libres, forment des dégagements d'hydrogène protocarboné inflammable ».

⁵ Jaccard, 177.

⁶ Ibidem, p. 181.

⁷ Coquand, loc. cit.

⁸ Jaccard, p. 189.

⁹ Fuchs et de Launay, p. 94 et 97.

filtration¹; en Crimée² et enfin dans la province de Parme, à Salso-Maggiore, où le pétrole est accompagné de sources salines et de gaz hydrocarbonés employés à l'éclairage de la ville³.

En résumé, on peut dire que les gaz combustibles accompagnent presque toujours les gisements de pétrole. Ces gaz peuvent exister à l'état latent et sous pression, dans les terrains, ou bien prendre naissance, par transformation chimique du pétrole, au moment où la sonde atteint la nappe hydrocarbonée.

Les gaz peuvent, à la vérité, exister ou se former en dehors des régions pétrolifères, de sorte que, théoriquement, on ne saurait les regarder comme un indice infailible de la présence d'huile minérale. Pratiquement, toutefois, il n'est presque pas de gisement d'asphalte ou de pétrole sans dégagements de carbures gazeux et ce fait d'expérience a joué le rôle d'indice dans plusieurs cas⁴. Par exemple, dans la question si importante de savoir si la France manque réellement de pétroles liquides, la « fontaine ardente » de Saint-Barthélemy, à quatre lieues de Grenoble, et celle de Châtillon, en Haute-Savoie, ont été invoquées comme des indices favorables par plusieurs ingénieurs⁵.

Le rôle des dislocations. — C'est un fait constaté dans les contrées les plus diverses que les sources de pétrole ont une tendance à s'aligner dans une direction déterminée, de sorte que la région productive prend une forme allongée, elliptique ou zonaire⁶. Dans une telle figure, la dimension principale, suivant laquelle s'échelonnent le plus grand nombre de gîtes, reçoit le nom d'« *axe*

¹ Coquand, Bull. Soc. géol., 3^e sér. VI, p. 86. Jaccard, op. cit., p. 194.

² Austed, Revue scientifique, 1886.

³ Fuchs et de Launay, p. 133.

⁴ Jaccard, 216; Höfer, 87.

⁵ Ibidem, p. 75.

⁶ Fuchs et de Launay, op. cit., p. 74.

des hydrocarbures», et son prolongement hors de la région exploitée devient le lieu des points où devront être placés les sondages à venir.

Si, maintenant, on cherche à quoi correspond dans chaque cas, l'emplacement de l'*axe de richesse* du bassin, on trouve que celui-ci coïncide avec la direction ou l'affleurement d'une assise plus fortement imprégnée, avec le parcours d'une faille, ou, plus souvent encore, avec un plissement anticlinal. Partout dans le monde, on retrouve cette concentration des hydrocarbures le long des chaînes de montagnes, indifféremment dans tous les terrains qui affleurent sur leurs flancs, tandis que les mêmes terrains n'en fournissent pas en dehors des régions plissées³. Cette concentration est analogue à celle des sources thermales dans les parties disloquées de la lithosphère et on doit en conclure que le refoulement auquel est dû le plissement a déterminé du même coup l'ascension des hydrocarbures jusqu'au voisinage de la surface. C'est que le pétrole, en sa qualité de corps liquide emmagasiné sous pression dans l'écorce terrestre, saturé de gaz et par conséquent facilement modifiable par toute variation de température ou de volume, se trouve dans les couches en équilibre toujours instable, cet équilibre étant immédiatement troublé par tout mouvement du sol ayant pour effet d'ouvrir une fracture ou une cavité interne entre deux strates décollées. Voilà pourquoi les régions où on le rencontre à portée sont toutes localisées le long de quelque grand plissement ayant produit une compression intense des parties profondes où se trouvaient les gisements primitifs, en même temps qu'il ouvrait, au sommet des anticlinaux, des cavités plus ou moins béantes de décollement. C'est «*l'effet de seringue*», en vertu duquel le plissement chasse les matières mobiles — magma éruptif ou hydrocarbures fluides — de dessous les synclinaux pour les accumuler sous les «*cloches*» anticlinales, jusqu'à ce que la pression toujours croissante les force à s'insinuer dans les fissures radiales ou les béances concentriques que le ploiement des couches aura fait naître.

Ainsi on peut bien dire que le plissement détermine l'ascension des hydrocarbures. C'est lui qui, les arrachant aux régions inaccessibles où, bien souvent, ils ont pris naissance, les met à la portée de nos foreurs. Ce que nous exploitons le plus souvent, ce sont des gîtes secondaires, formés dans les couches perméables que l'épanchement a rencontrées sur son chemin¹. Les grès grossiers et les conglomérats, surtout s'ils sont faiblement cimentés, constituent pour le pétrole une véritable éponge, et leur porosité s'accroît encore, dans les régions disloquées, de la somme des fissures que le plissement n'a pu manquer de produire dans ces masses hétérogènes et inélastiques². Or, cette porosité présente un double avantage : après avoir mis le terrain en état d'absorber une part notable de l'épanchement hydrocarboné qui parvenait jusqu'à lui, elle lui permet d'abandonner rapidement à la succion du foreur le liquide qui remplit ses pores, de sorte que le puits a des chances d'être jaillissant. Quant à la position des fissures qui viennent augmenter encore la porosité naturelle du terrain, il est aisé de se convaincre qu'elles doivent coïncider avec les rayons de courbure des inflexions anticlinales ou synclinales, tandis qu'elles manqueront à peu près complètement aux flancs rectilignes des plis. A priori — les fissures synclinales dérivant comme les anticlinales des tractions que le plissement développe dans la région externe des couches fléchies — il n'y aurait pas de raison pour que les fractures du premier groupe fussent *moins imprégnées que celles du second*. Cependant, l'expérience prouvant que, dans bien des contrées, les sources naturelles

¹ Nous n'avons voulu rappeler ici de la théorie générale des hydrocarbures que ce qui était nécessaire pour faire comprendre le rôle qu'y jouent les dislocations. Les développements théoriques relatifs à l'origine première des substances bitumineuses n'ont pas leur place dans ce mémoire tout pratique ; on les trouvera surtout dans les ouvrages déjà cités de Fuchs et de Launay, de Höfer et de Jaccard.

² En supposant, bien entendu, que les couches en question ne se trouvent pas dans l'état de plasticité latente par compression, lequel supprime toutes les différences ordinaires de cohésion en même temps qu'il rend impossible l'ouverture de fentes.

de pétrole et les dégagements gazeux sont cantonnées exclusivement sur les axes anticlinaux, on peut donner de ce fait l'explication suivante : D'abord, les fissures anticlinales s'ouvrent à la face supérieure des couches, tandis que les gerçures synclinales s'épanouissent à la surface opposée, d'où il résulte que les premières ont beaucoup de chances, les dernières, aucune, d'atteindre la surface libre du sol. En second lieu, si les fractures anticlinales se coïncent à leur partie inférieure, vers le milieu de l'épaisseur de la couche, cela ne les empêche pas d'amener jusqu'à sa surface externe les produits des suintements qu'elles auront recueillis sur leur parcours. Au contraire, les fentes syndicales, si remplies qu'elles soient par les épanchements de leur couche ou par les émanations des régions inférieures, seront impuissantes à conduire ces produits à notre rencontre, puisqu'elles se coïncent précisément vers le haut. Enfin, il y a lieu de rappeler, en l'étendant au pétrole liquide, la remarque très judicieuse de M. Chance, d'après laquelle ce serait l'eau qui, s'accumulant dans les synclinaux poreux, en chasserait les gaz hydrocarbonés. De fait, paraît-il, la pauvreté habituelle des régions synclinales disparaît là où l'eau manque¹.

La « *théorie anticlinale des hydrocarbures* », comme on a pris l'habitude d'appeler les considérations qui précèdent, est née chez les praticiens ; c'est le fruit de leurs observations quotidiennes. Elle s'est vérifiée dans tous les pays : en Amérique (Canada et Pensylvanie), comme en Europe (Galicie, Roumanie, Apennin et Caucase), en Asie (Turkestan, Chokand², Beloudchistan³, Makum, Burmah⁴, Penjab, Assam, Aracan⁵ et Japon⁶). La même loi

¹ « The anticlinal Theory of natural gaz ». — Transact. Amer. Inst. Mining Eng., 1886, in Höfer, op. cit., p. 82 et 83.

² Zinken, in Höfer, op. cit., p. 85.

³ R. Townsend, Rep. on the Petr. Exp. at Khatan, Rec. geol. Surv. of India, 1886, XIX, 204.

⁴ Fuchs et de Launay, 143.

⁵ M. B. Medlicott, Note on the occurrence of petroleum in India. Rec. geol. Surv. of India, 1886. — Zinken, Geol. Horiz. fossil. Kohl., p. 114.

⁶ B. S. Lyman, in Höfer, p. 85.

semble d'ailleurs régir les dégagements gazeux. Ceux-ci jalonnent, dans l'Apennin, deux lignes parallèles à la crête de la montagne et il en est encore de même pour les « soffioni » de la Toscane, alignés parallèlement aux Alpes apennines, sur une ligne dont le prolongement passe par les volcans romains et le Vésuve¹.

Il importe de remarquer que la localisation sur les anticlinaux ne semble pas être entravée par le déjettement, voire même par le chevauchement de ceux-ci. Or, ce fait a, comme on va le voir, une grande importance pour nous.

Etude sur le terrain.

La géologie minière a coutume de grouper en trois catégories les indices auxquels peut se reconnaître la présence d'un gîte minéral encore inexploité : indices archéologiques, indices minéralogiques et indices géologiques.

Le premier groupe est représenté, dans la question qui nous occupe, par les recherches anciennes relatées au chapitre « Historique ». Dans le second rentrent la présence du gypse et les dégagements de gaz carburés qui, nous venons de le montrer, peuvent, dans un grand nombre de cas, être regardés comme tout à fait favorables. Par contre, il faut noter comme indication contraire, l'absence de traces bitumineuses dans les ruisseaux et les sources de la contrée. Enfin, les indices du troisième groupe seront stratigraphiques ou tectoniques, selon qu'ils se fonderont sur l'âge ou sur l'état de dislocation des terrains en cause.

Tectonique. — Relativement à ce dernier point, que l'enchaînement des idées oblige à examiner d'abord, nous avons vu que le bouleversement des couches est une circonstance favorable, surtout dans le cas où il se traduit par des plis anticlinaux. Or, on s'en souvient, les experts de

¹ Murchison et Ch. Sainte-Claire Deville, in Frémy, Combustibles minéraux, p. 478.

1853 avaient cru trouver cette disposition réalisée sur le versant nord du *Cousimbert* dont ils donnaient, par analogie avec le *Gurnigel*, une coupe concluant à un anticlinal déjeté vers la plaine et dont le gypse eût formé le noyau.

Pour juger de la vraisemblance de cette structure attribuée au *Burgerwald*, transportons-nous d'abord à l'extrémité opposée de la chaîne. E. Favre a fait connaître¹ en 1870 la coupe du *Niremunt*, au-dessus de *Semsaies*, or il se trouve qu'elle présente une assez grande analogie avec celle du rapport de 1853. Plus tard, M. Schardt donnait du ravin du *Dat*, dans la même région, une coupe plus complète² et nous n'avons point l'intention de préjuger la question de savoir si l'on a vraiment ici, comme on l'admettait jadis, des plis couchés empilés ou au contraire, comme M. Schardt semble de plus en plus disposé à l'admettre, des « lames » chevauchées sans liaison en profondeur.

Plus loin, dans la direction du Léman, la structure de la chaîne se complique, ainsi qu'en témoignent ses coupes de la *Veveysa*, du *Mont Corbettes* et du massif des *Pleyades*, qui sont assez nettes pour se passer de commentaire. Il est bon de noter, d'ailleurs, que la correspondance des zones, d'un profil à un autre, marquée par les indices, n'est pas encore à l'abri de toute controverse, spécialement en ce qui touche la région de klippes(?) du pied de la montagne.

A travers une série de variations locales, on voit se dégager, sur le versant externe de l'extrémité S.-W. de la chaîne de flysch de la *Berra*, une structure doublement anticlinale, compliquée, par places, de laminges avec chevauchement ou de cassures inverses formant « cran de retour ». En somme, il est impossible de méconnaître l'analogie de structure de la *région veveysanne* de notre

¹ Le massif du Moléson, etc., Arch. des Sc. phys. et nat., t. XXXIX.

² Matériaux, Livr. XXII (f. XVII), pl. II fig. 1. Comparez les coupes fig. 2 et 3 de la même planche.

chaîne avec l'extrémité opposée, soit le massif du *Gurnigel*.

Quant à la travée intermédiaire, c'est-à-dire aux massifs des *Pâquiers*¹ et du *Cousimbert*, Gilliéron, qui a fait la carte géologique de la région, avoue n'avoir pas réussi à s'en faire une idée schématique générale². Il n'y a, dit-il, qu'un trait constant, c'est que, du côté du plateau, la pente laisse voir les tranches d'une série de couches qui s'enfoncent dans l'intérieur de la montagne.

Revenant jusqu'aux *Alpettes* qui forment, à la limite de son territoire, l'extrémité du massif du *Niremont*, Gilliéron exprime l'idée qu'elles renferment peut-être une voûte couchée — qui ne serait autre que celle du *Dat* et il est tenté d'en dire autant des *Pâquiers*. Cependant, diverses raisons le font hésiter. C'est d'abord la difficulté d'expliquer, dans cette hypothèse, la situation des lambeaux de flysch de la plaine de *Bulle*, qui paraissent limités par un double système de failles longitudinales. Et puis, même à partir de la *Bodevenaz*, il y a encore des difficultés : Il faudrait admettre que le flanc supérieur du pli couché est seul visible, son noyau n'apparaissant que par places, là où le gypse se montre. Les jambages médian et inférieur seraient entièrement masqués ou enfoncés, sauf au *Gurnigel* où on en verrait une partie. Enfin, la présence des klippes lui paraît s'opposer à ce qu'on admette que le jambage médian se prolonge bien loin en profondeur, parallèlement au jambage supérieur. A la vérité, les choses nous semblent avoir un peu changé de face depuis que nous possédons la coupe du *Dat* de Schardt. Dans cette coupe, en effet, rien ne s'oppose à ce qu'on envisage la soi-disant klippe des *Molards* comme l'affleurement du flanc inférieur d'un pli couché dont la couche exploitée à *acanthicus* formerait le jambage supé-

¹ On appelle « massif des Pâquiers », ou des Allières, le tronçon de la chaîne de la Berra compris entre le col de la Bodevenaz, qui la sépare du massif secondaire du Montsalvens, et le sommet de la Berra (1724 m), point à partir duquel la chaîne se bifurque.

² Matériaux, Livr. XVIII, p. 297.

rieur, tandis que le flanc médian, renversé, aurait disparu en grande partie, par suite de la formation d'un « cran de retour ». On peut même, si l'on veut, regarder le néocomien renversé sur le flysch comme un reste de ce flanc médian. On rentre ainsi dans les suppositions demandées par Gilliéron et la difficulté s'évanouit.

En effet, la superposition anormale du flysch Ef_2 au malm Js_1 indique qu'il y a eu laminage en cet endroit, sinon le néocomien Cn_1 devait, après s'être recourbé autour du flysch Ef_2 , venir s'intercaler entre ce dernier et le malm Js_1 . La surface supérieure des couches Js_1 représente donc pour nous le vrai plan de laminage, la région caractéristique du « pli-faille ». Celle-ci n'est pas en F, et voilà pourquoi nous assignons à cette dernière cassure le rôle secondaire d'un « cran de retour ».

Pour Gilliéron, la difficulté principale à l'admission d'une voûte couchée réside dans la disposition générale du *Cousimbert* en une grande synclinale. Ici, nous avouons ne pas comprendre la pensée de cet excellent observateur¹, car rien n'empêcherait le synclinal du *Cousimbert* d'être flanqué, sur sa bordure N-W, d'une dislocation à allure générale anticlinale, dans le genre de celle que nous venons d'imaginer. Quoi qu'il en soit, cet auteur conclut en supposant, du côté de la molasse, au moins à partir de la Bodevenaz, « une faille plutôt qu'un contournement ». Cette faille eût peut-être été verticale, à l'origine, mais elle serait maintenant inclinée, par suite du refoulement du flysch sur la molasse. Voilà qui ressemble beaucoup au plan de glissement d'un pli faille ou aux surfaces d'imbrication des « lames » chevauchées de M. Schardt. Donc, en définitive, le passage cité de Gilliéron, à qui on peut s'en rapporter pour ce qui a trait à l'observation consciencieuse, est plutôt favorable à l'hypothèse d'une continuité de structure du *Niremont* jusqu'au *Cousimbert*.

¹ C'est en vain aussi que nous avons étudié ses coupes des Pâquiers, du *Cousimbert* et du *Gurnigel*.

Quant aux klippes, qui ont une grande importance dans la question qui nous occupe, on en trouve pour ainsi dire tout le long de la chaîne de flysch. Elles sont constituées par les différents terrains secondaires de la région : dolomie, rhétien, lias, jurassique supérieur, néocomien, crétacé supérieur ; on y trouve aussi le nummulitique ; enfin on rencontre des fragments plus petits, qui méritent plutôt le nom de blocs : ils appartiennent à ces divers terrains et au granit. Gilliéron a décrit en détail ces affleurements singuliers¹ dont l'interprétation est loin d'être toujours facile.

Tantôt, en effet, comme à l'est de *Corbières*, dans le massif des *Pâquiers*, on a un alignement de klippes que tout porte à regarder comme le noyau d'une voûte déjetée, bien que le flysch situé en-dessous ne corresponde, ni en situation, ni en facies, à celui de dessus : le premier étant marno-schisteux, tandis que le second est plutôt gréseux. Tantôt c'est une masse, klippe ou seulement bloc isolé, dont la surface montre la disposition en voûte des strates, avec plongement au N. et au S., c'est-à-dire parallèlement à la coupe générale de la chaîne. Ce cas se présente dans la forêt de la *Stockweid*, non loin des bains du *Gurnigel*, et ici une faille, rejetant l'un par rapport à l'autre les deux flancs de la voûte, vient encore renforcer l'impression qu'on a affaire à une masse en place. Il est vrai qu'on n'y a pas trouvé de fossiles, mais cela n'a rien d'étonnant dans nos Préalpes qui en sont partout si pauvres. D'ailleurs un fragment, que Gilliéron a rencontré en dessous, et qui pourrait en provenir contenait l'*aptychus punctatus* Voltz, et puis les dimensions de la masse calcaire — 12 mètres de long et 5 mètres de saillie, bien qu'une partie ait disparu par exploitation —

¹ Ceux du Niremont et des Alpettes, Matériaux, Livr. XVIII, p. 178, 194, 207 et 287 ; Livr. XII, p. 13 et 53 ;

ceux du massif des Pâquiers, XVIII, 194 et XII, 133 ;

ceux du Cousimbert, XVIII, 194 et 291 ;

ceux du massif du Gurnigel, XVIII, 122, 155, 194 et 205 ; XII, 10, 11, 12, 18, 19, 20 et 21.

jointes à sa position harmonique, rendent bien probable qu'on a affaire à une vraie klippe plutôt qu'à un bloc enveloppé dans le flysch. Ailleurs, et spécialement au versant N-W du *Niremont*, on voit apparaître, à l'intérieur du flysch, le néocomien et le crétacé supérieur dans des circonstances telles que de toutes les hypothèses possibles pour expliquer leur présence insolite, celle qui paraît la plus plausible comporte un système de failles dans deux directions perpendiculaires :

« Le néocomien et le crétacé supérieur qui le surmonte au-dessus de *Rapaz*, disait Gilliéron¹, ont été amenés au jour par une faille qui s'est produite en suivant la direction de la chaîne ; si cette faille avait été plus considérable, elle aurait aussi fait surgir le jura supérieur et le calcaire à ciment, comme cela a lieu à Châtel-St.-Denis. »

« La présence de deux zones de crétacé supérieur plus au Sud-ouest et à deux hauteurs différentes, pourrait s'expliquer en admettant qu'elles appartiennent aux deux flancs d'une voûte couchée, si on trouvait le néocomien au-dessus de la zone inférieure ; mais c'est le flysch qui la surmonte. Il faut donc admettre que la craie est venue à jour par la continuation de la faille de *Rapaz*, qui, ici, a été trop peu considérable pour que le néocomien ait aussi surgi. La zone supérieure commençant là où l'autre finit, il me paraît très probable que ces deux lambeaux de craie ont été détachés l'un de l'autre par une autre rupture courant du sud-est au nord-ouest, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction de la chaîne. M. E. Favre a signalé un accident de ce genre plus au sud, près de Châtel-St-Denis. »

« La formation de la faille, qui est dans la direction de la chaîne a été suivie ou accompagnée d'un refoulement, car on voit distinctement le flysch plonger immédiatement sous le crétacé supérieur, au nord-est de *Semsaies*. Au-dessous du néocomien de *Rapaz*, le flysch a le même

¹ Matériaux, XII, 54.

plongement ; mais comme on ne le voit en place qu'à une certaine distance du néocomien, on ne peut pas affirmer qu'il pénètre dessous ; c'est seulement probable.»

Revenant sur cette question douze ans après, le même savant reconnaît¹ que c'est l'analogie, plutôt que des raisons intrinsèques qui l'ont conduit à invoquer ici l'action des failles : « Le fait que les terrains secondaires du *Montsalvens* sont séparés du flysch par une rupture, m'a fait expliquer par un accident semblable l'apparition du néocomien et du crétacé supérieur aux *Alpettes*². Mais les faits observés dans cette région ne s'opposent pas à ce qu'on admette, avec M. E. Favre, l'existence d'une voûte qui serait inclinée d'environ 45°. Dans le profil de *Rapaz*, le néocomien serait alors un pan de la voûte surmonté régulièrement de crétacé supérieur et de flysch ; quant à l'autre pan, il ne serait représenté que par le flysch à jour vers le bas de la montagne. Dans le profil de la bande de crétacé supérieur, au nord-est de *Semsaies*, la structure en voûte paraît encore plus certaine : le flysch plonge sous le crétacé, au ravin à l'est de *Broye* ; plus au nord-est, au dernier des ruisseaux qui traversent cette bande, on voit très nettement une partie des couches visibles former une petite voûte complète, et celles qui suivent au-dessus sont les mêmes que celles qui sont au-dessous ; ainsi le néocomien est resté dans l'intérieur de la montagne, comme noyau de l'anticlinal. »

« Le prolongement du crétacé à l'est de 1224, où ses bancs plongent au nord-est, et sa réapparition au sud de *te* (*Viletta*), un peu en dehors du bord de la carte, montrent que tous les affleurements ne s'expliquent pourtant pas en admettant une voûte simple. De même si, en général, le flysch plonge moyennement au sud-est, il y a de grandes déviations à cette règle : ainsi, nord de 1415, l'inclinaison est à l'est-nord-est, irrégularité qui correspond à celle qui vient d'être mentionnée dans le

¹ Matériaux, XVIII, 287.

² C'est le passage que nous venons de citer.

crétacé supérieur. C'est dans la partie septentrionale, là où le terrain disparaît sous le glaciaire, que l'on trouve les plus grandes variations, soit dans la direction, soit dans l'inclinaison des assises.»

« Dans le massif à l'est de la *Trême*, les couches sont souvent horizontales. Elles sont dans la même position, à la croupe de la *Queue des Alpettes* (cote 1348 m.) ; mais entre deux, au bord de la *Trême*, les inclinaisons variées et les petits plis sont très fréquents. Si l'ensemble formait une voûte, elle serait complètement couchée sur plus de six kilomètres de largeur ; mais il est plus probable qu'il y a dans le massif des dislocations dont les traces ne sont pas à jour, ou qui ne peuvent être reconnues dans un terrain qui ne se prête pas à l'établissement de subdivisions.»

Ailleurs c'est le doute : tantôt parce que, comme au *Seeligraben (Gurnigel)*, il y a discordance de plongement entre la klippe supposée et le flysch, tandis qu'elle plonge S-S-E comme les schistes, la dolomie et le gypse du ravin ; — tantôt c'est qu'il est impossible de savoir s'il y a ou non du flysch sous les masses secondaires qu'on regarde comme des klippes ou des blocs : le cas se présente pour les affleurements liasiques du *Schwarzwasser*, dans le même massif ; — tantôt c'est que leur plongement S-S-W ne s'accorde pas avec celui de la chaîne, ce qui se présente pour les blocs de lias du *Mager-Bad* ; ou bien c'est qu'une même rangée de blocs, comme les masses de malm du *Fett-Bad*, toujours dans le même massif, présente le mélange de plusieurs horizons stratigraphiques, ce qui prouve à l'évidence qu'elle ne provient pas d'une seule et même assise qui viendrait au jour par dessous le flysch. On serait tenté de voir ici un chapelet de blocs isolés, mais voilà que l'impossibilité de découvrir des traces d'enveloppement vient remettre tout en question.

Sur le versant N-W du massif des *Pâquiers*, la carte montre une suite bien frappante d'affleurements tithoniques accompagnés de néocomien et de nummulitique. Ils sont en ligne droite suivant la direction

générale de la chaîne et des couches du flysch, de sorte qu'on est porté à penser que ces affleurements appartiennent à une seule et même masse, une seule et même « lame », cependant il ne serait pas impossible qu'on eût, ici de nouveau, une série de blocs très rapprochés. Mêmes apparences dans la partie septentrionale du *Niremont*, où l'on observe le néocomien sur trois points : *la Defforida*, *Rapaz*, *les Chiernes*. Le premier de ces affleurements est entouré de glaciaire, les deux autres sont séparés par du flysch éboulé ; mais tous les trois suivent la direction de la chaîne : c'est sans doute une seule lame.

A la *Tarnailonnaz*, dans le massif des *Paquiers*, les choses sont moins nettes : Par places, la concordance du plongement rend probable que les divers affleurements appartiennent à une masse lamellaire que la désagrégation seule eût fractionnée en même temps que sa facilité dans les roches en cause (néocomien bleu avec bancs alternativement calcaires et marno-schisteux) interdit de penser à un transport lointain. Ailleurs, un ravin qui entame assez profondément la pente devrait montrer la continuation des couches, d'autant plus qu'ici les calcaires sont très résistants. Or il n'en est rien, ce qui ramène à l'idée de blocs isolés.

Bref, ces observations — les seules qu'il soit possible de faire dans la région, ne conduisent pas à des conclusions certaines et l'impression produite par ces gisements énigmatiques diffère d'un point à un autre. Nous n'avons pas d'ailleurs, à entrer ici dans la discussion théorique des différentes hypothèses applicables à leur genèse : C'est la question des klippes et des matériaux exotiques dans toute sa généralité¹.

¹ La théorie des matériaux exotiques est entrée maintenant dans le domaine de la géologie classique, et cela nous dispense de suivre Gillieron dans l'exposé et la discussion qu'il fait (*Matér.* XII, 12 et 142—145) des hypothèses applicables à son territoire. On lira avec fruit la publication de M. Schardt : *Les régions exotiques du versant N. des Alpes suisses* (1898).

Nous allons donc, après cet exposé relatif à l'ensemble de la chaîne, en venir à la région propre du *Burgerwald*. Nous l'avons visitée à cinq reprises. Chaque fois, après avoir passé la journée à escalader les parois de flysch, à sauter de bloc en bloc parmi les éboulis, à nous glisser entre eux, là où c'était possible, ou à ramper comme un peau-rouge sous les branchages, nous revenions persuadé que les éboulements y avaient rendu toute recherche impossible. Quelque temps après, cependant, ayant imaginé quelque itinéraire nouveau, nous retournions là-haut plein de confiance, pour rentrer le soir, harassé et déçu encore une fois. Aujourd'hui, notre conviction est arrêtée : il n'y a rien à faire au *Burgerwald* à moins d'un sondage qui perce la nappe d'éboulis ou d'un gigantesque déblaiement qui l'écarte sur un certain espace.

En effet, malgré toutes nos recherches, nous ne sommes par parvenus à voir, aux environs de la « *Roche à gyps* »¹ autre chose que le flysch, en place avec un pendage sud ou éboulé. Gilliéron n'avait pas été plus heureux que nous. En 1868, il reconnaissait, à l'affleurement gypseux, la succession suivante de couches, de bas en haut :

Gypse en feuillets plus ou moins contournés, mais plongeant dans son ensemble comme le flysch superposé : environ 15 m. visibles.

Marne grenue, schisteuse, noir-verdâtre : 1,50. m.

Grès rouge et verdâtre : 0,50 m.

Gypse, second affleurement : 0,50 m.

En outre, il affirmait n'avoir trouvé dans les environs aucune trace d'un terrain autre que le flysch, lequel est en place au dessus, à l'escarpement que représente notre photographie². Comme conséquence, Gilliéron attribuait ce gypse au flysch. Lors de notre dernière visite, nous vouâmes une attention spéciale à l'affleurement gypseux. D'après les traces de chemin qu'il nous fut encore possible de retrouver et un pan de mur dont

¹ Nom local de l'ancienne carrière.

² Fig. 3.

la destination reste douteuse, nous devons conclure que nous nous trouvions au fond de l'ancienne carrière, c'est-à-dire en présence de l'affleurement inférieur de Gilliéron. Mais depuis son temps, les choses ont bien changé. Des éboulements réitérés ont enseveli la plus grande partie des affleurements et la végétation a pris possession de toutes les parties arrivées au repos. Aujourd'hui, le gypse n'est plus visible que sur une longueur de 10 pas et une hauteur un peu supérieure à la taille d'un homme. Il présente des alternances de marne grise et un pendage sud, concordant avec celui du flysch superposé. Ce sont les seules observations tectoniques qu'il soit possible de faire : tout autour, il n'y a que des éboulis ; sur eux et entre eux un fourré très épais. Il n'est même pas possible de voir les roches qui encaissent le gypse ; celui-ci apparaît au milieu des éboulis, au mur on ne voit rien et au toit il y a une certaine largeur de débris à traverser avant d'arriver au flysch. Pas moyen, par conséquent, de se rendre compte, à l'heure qu'il est, si les conjectures des experts de 1853 se vérifient ou non.

Il n'y a, dans toute la contrée, qu'un seul point où on voie autre chose que du flysch, mais, c'est assez loin de la « *Roche à gyps* », vers l'ouest. C'est au S.E. du *Schwand neuf*, au pied N-W de cette saillie de l'arête, cotée 1287 et appelée dans le pays *Tita dau Crau* (Tête du Creux)¹. En ce point, un éboulement, survenu il y a plusieurs années, « écorcha » le sol et mit à nu des roches calcaires jusqu'alors inconnues dans le voisinage. Ce sont des fragments anguleux d'un calcaire plutôt tendre, blanchâtre au dehors, poudrant les doigts, très analogue au néocomien de nos Préalpes. Ce calcaire est mélangé, sur place, à des débris de flysch tombés de l'escarpement, mais, cet escarpement ne contenant absolument que du flysch gréseux, on est bien tenté de voir dans les blocs calcaires le produit du rabottage de la tête d'une klippe². Celle-ci

¹ Voir, la carte au $1/25000$, feuille La Roche, moitié orientale.

² Et cependant ce calcaire répond assez bien (sauf quant aux veines

est d'ailleurs totalement invisible ; peut-être la découvrirait-on en écartant les éboulis de nature mixte qui semblent la recouvrir. Mais ce serait un véritable travail : la couche meuble paraît épaisse, le marteau et le piolet n'y suffisent pas.

M. Louis Richard, forestier-chef à *Zénauva*, qui nous accompagnait et qui connaît le *Burgerwald* comme personne nous a affirmé que ce point est unique en son genre et, de fait, nous qui avons aussi pas mal couru la contrée, n'en avons pas trouvé d'autre. C'est donc la seule trace connue de calcaire dans toute la région. Près du gypse, nous avons bien trouvé, il est vrai, deux fragments d'un calcaire cristallin foncé, qu'on pourrait attribuer au lias inférieur s'il était grenu. Mais comme il est compact, pyriteux, et d'un noir mat, ce pourrait aussi être un calcaire du flysch ou du trias. On en connaît de pareil, de l'autre côté de la crête, dans le *Plasselb-Schlund*, il est vrai qu'il n'est pas en place non plus, sur ce dernier point. Peut-être est-ce un banc qui traverse le *Cousimbert* et, ce qui porterait à le croire, c'est que le gypse du *Burgerwald* réapparaît, lui aussi, au pied du versant opposé, sous la *Lenzburgera*, dans l'abrupte qui domine la *Gérine*. Or ce point fait face à la *Roche à gy*, sur une même normale aux courbes de niveau. C'est un nouvel indice de la structure synclinale entrevue par Gilliéron.

Stratigraphie. — Venons maintenant à la question de l'âge du gypse du *Burgerwald*. On se souvient que les experts de 1853, se basant toujours sur l'analogie existant entre la *Muschenegg* et le *Gurnigel*, regardaient le gypse de ces deux localités comme formant le noyau d'un anticlinal oxfordien.

Gilliéron a commencé par être à peu près du même avis : « Je n'ai observé, dit-il¹, la dolomie et les marnes

crystallines qui manquent ici) à la description que Gilliéron fait (Mat. XVIII, 205) du calcaire du Flysch de la chaîne de la Berra.

¹ Matériaux, XII, 10.

bigarrées qui y sont parfois intercalées, que sur un point de la chaîne de la Berra, savoir dans le massif du *Gurnigel* en a (*Fettbad*) au nord de la Pfeife. Il y a là dans une région à pente faible un peu de dolomie et de marnes rouges et vertes très friables, en affleurements forts petits et séparés, où on ne voit que quelques bancs liés entre eux ; on trouve encore, épars sur le sol, des débris des mêmes roches et des fragments de *calcaires noirs rhétiens*, qui renferment des Peignes et des Limes. »¹

« Ces affleurements n'occupent qu'un très petit espace, et ne modifient pas du tout le relief du sol. Ils ne sont pas loin de rochers de flysch en place qui sont plus au sud ; aux alentours il n'y a pas autre chose à jour que quelques blocs exotiques et des débris de flysch, et, si l'on va du côté du nord, on ne trouve rien de plus jusqu'à ce qu'on arrive à la molasse. On est donc dans l'embarras pour décider si l'on a là un affleurement ordinaire d'une région triasique plus ou moins étendue, qui serait en partie cachée par les débris de flysch, ou si ce sont des blocs exotiques de dolomie et de rhétien qui se trouveraient réunis sur ce point. Cette dernière interprétation soulève l'objection que ces roches n'ont guère pu être transportées à distance de leur gisement primitif, car ce sont des marnes et de faibles bancs de dolomie qui n'auraient pu rester bien longtemps à l'air sans se désagréger. Ce qui vient d'un autre côté appuyer cette supposition, c'est le fait que les fragments de calcaire rhétien sont répandus un peu partout à la surface du sol ; ils ne se présentent pas comme provenant de bancs qui formeraient une division distincte de la dolomie et des marnes, ce qui devrait être plus ou moins le cas, si l'on était sur un affleurement ordinaire. »

De même, quant au calcaire grenu que Studer indique entre le *Seeligraben* et le *Schwarzwasser*, il lui paraît probable qu'il appartient au lias dont il ne serait d'ail-

¹ Les calcaires rhétiens que nous connaissons ne ressemblent pas aux débris noirs du Burgerwald, ceux-ci sont, sans doute, du trias.

leurs qu'un bloc exotique. Gilliéron inclinait même à ranger dans cette catégorie le « calcaire de Châtel » du *Gurnigel*, lequel est accompagné de gypse¹. Quant au gypse du *Burgerwald*, il fait remarquer qu'il n'est qu'à une petite distance au nord des rochers de Flysch qui sont marqués sur la carte, que cependant il affleure proprement dans la région de débris qui sépare partout le flysch en place de la molasse, et qu'il n'est accompagné que de marnes vert bouteille et de grès rouge et verdâtre sans fossiles. On n'hésiterait pas, conclut-il, à envisager ce gypse comme appartenant à la base du flysch, si l'on ne trouvait pas ailleurs des couches incontestablement rhétiennes dans la même position². Somme toute, sa conclusion en 1873, était que la présence d'une couche de gypse à la base du flysch est probable, mais non hors de doute³.

Depuis lors, cette probabilité s'est changée pour lui en certitude : Parlant du *Gurnigel* d'abord, « c'est au *Seeligraben*, au sud des Bains, dit-il en 1885⁴, qu'on voit le mieux que le gypse n'est qu'une simple intercalation dans l'éocène. Quand on remonte le ravin, on quitte les derniers bancs de molasse visibles au sud-ouest des Bains. On est ensuite longtemps dans une région de débris de flysch, avant de trouver un affleurement de couches en place : le premier que l'on rencontre est une brèche suivie de schistes marneux, roches des plus caractéristiques du flysch ; le plongement est sud comme celui de la molasse qu'on a quittée ; mais les débris couvrent encore la plus grande partie des berges, et cela continue malgré la profondeur du ravin ; on n'a que de distance en distance quelques affleurements d'assises en place, dont le plongement se fait presque toujours au sud, mais sans aucune régularité sous le rapport de l'inclinaison. On y trouve quatre fois des assises de gypse stratifié, accompagné de

¹ Ibidem, p. 21.

² Ibidem, p. 15.

³ Idem, p. 16.

⁴ Ibidem, XVIII, 195.

bancs de dolomie, ou seul, et intercalé dans des schistes calcaires noirs, ou des marnes vertes, violettes et rouges, tels qu'on les voit dans le flysch ordinaire ; j'ai encore rencontré un bloc de grès détaché renfermant du gypse en veines irrégulières. La dolomie se montre aussi seule et normalement intercalée dans les marnes, mais jamais en grandes masses. Il est ainsi facile de se convaincre que les deux roches ont été déposées à diverses reprises, comme les autres couches qu'elles accompagnent. Il y a probablement aussi des assises de cargneule, mais je n'en ai point vu ; M. Studer en indique une dans la partie inférieure du profil¹. Les éboulements des débris qui forment surtout les berges du torrent sont si fréquents, qu'à quelques années de distance telle couche qu'on a vue se trouve cachée, tandis que les eaux en ont dégagé d'autres.»

«A la source du *Stock*, les débris sortis de la galerie contiennent des fragments de gypse, de cargneule et de dolomie. De même la source du *Schwarzbrünnli* sort de la dolomie, à en juger d'après les nombreux fragments de cette roche qu'on y trouve.»

«A cinq ou six kilomètres à l'ouest du *Gurnigel*, au *Fettbad*², on voit affleurer le gypse dans un pâturage sur moins d'un mètre carré, et dans une région de flysch en débris et de blocs exotiques.»

A la *Stockweid*, apparaissent la dolomie et le gypse, puis, jusque tout près de la molasse, une puissante série de schistes avec intercalation de quelques bancs de grès. On pourrait s'attendre, remarque Gilliéron³, à retrouver au *Seeligraben* ces dernières assises qui paraissent inférieures au gypse et à la dolomie ; mais elles y sont entièrement cachées par les débris, malgré la profondeur du ravin. On est même obligé d'aller plus au sud que la direction des couches ne le ferait attendre, pour trouver le flysch mêlé de dolomie et de gypse ; il occupe un long espace et ce n'est

¹ Geologie der westlichen Schweizer-Alpen, p. 387.

² Ce nom, qui est sur les cartes, est inconnu dans la contrée.

³ Matériaux, XVIII, 295.

qu'après qu'on arrive à un premier massif de grès qui doit être le même que celui qui abrite les chalets du *Stock*, et termine un peu plus loin les assises à jour sur la ligne du profil. A ces dernières localités, ce grès plonge à peine : au *Seeligraben*, il s'incline au sud-sud-est au-dessous de la moyenne en formant un défilé et des cascades. Dans la partie supérieure du bassin, c'est le même plongement qui continue à être le plus fréquent, dans des couches où les schistes l'emportent sur le grès. Cette dernière roche ne reparait en masse considérable qu'à l'arrête entre le *Ziegerhubel* et le *Seelibühl* ; le plongement s'y fait au sud-sud-est au-dessus de la moyenne.

En 1887, MM. E. Favre et H. Schardt disaient : « Le fait est acquis que beaucoup de dépôts de gypse et de cargneule des Alpes doivent rentrer dans les terrains éocènes qu'ils accompagnent invariablement... Les importants travaux de M. le prof. Alph. Favre avaient démontré qu'il y a, dans les Alpes de Savoie, de nombreux dépôts de gypse et de roches dolomitiques intermédiaires entre le terrain carbonifère et le lias et qui lui paraissaient représenter à juste titre le niveau du trias (keuper). Mais on commit l'erreur de généraliser ces résultats et de rapporter au trias tous les gypses et cargneules que l'on rencontrait dans les Alpes... Les dépôts de gypse et de roches dolomitiques peuvent se trouver dans tous les niveaux ; cela étant, on ne peut d'emblée nier qu'il y ait des roches de ce genre dans les assises du flysch ; d'autant plus que l'on sait que ce terrain s'est formé à une faible profondeur¹. »

Depuis lors, M. Schardt a modifié son opinion et il la formule actuellement comme suit² : Dans une publication relative à l'excursion de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises et vaudaises, en 1891, j'ai définitivement renoncé à considérer

¹ Matériaux, XXII, 218.

² Voir les diverses publications de cet auteur et notamment Les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses (1898).

«comme éocènes les cargneules, dolomies et gypses, classés auparavant dans le flysch. Leur contact avec le flysch est dû partout, manifestement, à des chevauchements». (*Rég. exot.*, p. 132). — «Quant à la question de l'âge réel des gypses et des roches dolomitiques, considérées par moi auparavant comme éocènes, je puis déclarer ici que, depuis longtemps déjà, *j'étais intimement convaincu de leur âge triasique*, en expliquant par des chevauchements leur contact avec le flysch. J'en parlai dans ce sens, lors de l'excursion de la Société géologique suisse dans les Alpes de la Gruyère et du Pays-d'Enhaut.» (*Rég. exot.*, p. 153); «La présence de sédiments secondaires accompagnant la zone extérieure de flysch peut s'expliquer de deux manières. Ce sont, ou bien des anticlinaux écrasés, dans le genre de ceux des *Playaux*¹ et du mont *Corbettes*, ou bien des lambeaux de recouvrement plissés avec le flysch et simulant de faux anticlinaux; cela paraît être en particulier le cas des nombreuses klippes de la *Berra*, des lambeaux de cornieule et de gypse au pied de la *Berra* et du *Gurnigel*, ainsi que des affleurements jurassiques et crétaciques des *Voiron*s.» (*Rég. exot.*, p. 179).

A la vérité, l'âge triasique n'est hors de doute que pour certains amas gypseux; pour les autres, il est seulement probable, par raison d'analogie. M. Schardt a bien voulu s'en expliquer avec moi d'une façon catégorique²: Avec la constatation du phénomène de recouvrement, m'écrivait-il, tous les gisements où j'avais cru reconnaître du gypse (anhydrite), des cornieules, des calcaires dolomitiques, etc., tertiaires peuvent s'interpréter comme étant d'âge triasique. Pour quelques-uns même, l'âge triasique devient *incontestable* par suite de la présence de couches fossilifères appartenant au lias ou au rhétien. Le facies du gypse des lambeaux isolés empâtés dans le flysch ne différant en rien de celui de ceux qui sont *certainement*

¹ «Playaux» est le nom véritable du chaînon et du pâturage appelés sur les cartes topographiques Pléiades, par suite d'une orthographe par trop fantaisiste. (Note de M. Schardt.)

² Lettre à l'auteur, du 5 octobre 1900.

triasiques, il est tout-à-fait logique de ne pas créer une exception pour ceux-là. Cela est en particulier le cas des gisements sur le versant N. de la zone de flysch du Gurnigel, au Burgerwald et ailleurs.»

Je me garderai d'émettre un avis dans cette question que la rareté et la dispersion des affleurements, dans notre territoire surtout, rend très difficile. Il me suffit d'avoir instruit la cause et de remarquer que, les très nombreux gîtes d'hydrocarbures de la région alpine¹ étant, sauf de rares exceptions² contenus dans des terrains tertiaires, la géologie minière, — pour qui l'analogie s'élève dans ce cas à la hauteur d'un principe, — ne fournit de présomptions favorables à leur présence au *Burgerwald* que dans l'hypothèse où le gypse y serait éocène.

¹ Entendue toujours au sens large, comme la zone des dislocations tertiaires.

² Ces exceptions — dont la raison d'être, fondée sur une complication plus grande de l'histoire stratigraphique ou tectonique locale, n'est pas toujours aisée à découvrir — se présentent pour la « fontaine ardente » de St-Barthélemy (Grenoble), qui jaillit du lias supérieur; — les bitumes de l'Ain, dont une partie sort du jurassique et de l'urgonien, les autres étant helvétiques; — les pétroles et gaz de la Haute-Savoie, qui descendent quelquefois aussi dans l'urgonien; — l'asphalte de Seefeld, dans la vallée du l'Inn (Tyrol), subordonnée aux dolomies du rhétien; — l'asphalte des couches de Raibl, trias marin moyen, en Carinthie; — l'huile et l'ozokhélite de Gresten (Gamming), en Basse-Autriche, contenues dans les fissures du lignite jurassique inférieur; — l'asphalte du Monte Promina et de l'île Brazza, en Dalmatie, subordonnée au jurassique; — le groupe le plus inférieur des pétroles de Galicie et de Bukovine, subordonné aux couches néocomiennes de Ropianka, les autres groupes étant dans l'éocène et le miocène; — enfin, pour les pétroles crétacés de Florence (Fremont), dans le Colorado. — (Voir, dans le Bulletin de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles, R. de Girard, Tableau des gîtes d'hydrocarbure repartis à la fois dans la série chronologique des terrains et dans les compartiments chorologiques de la lithosphère).
