

Le Tertiaire de la région genevoise et savoissienne

Autor(en): **Rigassi, Danilo**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **24 (1957-1958)**

Heft 66

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-189002>

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.

Le Tertiaire de la Région Genevoise et Savoisiennne

Par **DANILO RIGASSI**

I — Introduction

Nous exposons ailleurs (40) quelles sont les raisons qui confèrent à la région de l'Ain, de Genève et de la Hte. Savoie un intérêt exceptionnel pour l'étude du Tertiaire périalpin. Nous présentons ici un résumé de nos recherches dans cette région; un résumé, bien sûr, est toujours quelque chose de squelettique, mais si l'on voulait présenter tous les résultats obtenus, notamment les levés géologiques de détail, à des échelles allant du 1 : 2500 au 1 : 25 000, et les nombreuses coupes stratigraphiques locales, on finirait par écrire une monographie. Résumé, donc; et rendu possible grâce à la compréhension de plusieurs; et d'abord, de mon ami et maître J. W. Schroeder, avec qui j'ai eu le plaisir de faire une bonne partie du travail de terrain; d'autres levés ont été effectués en compagnie de mes amis P. Biro et C. Meyer de Stadelhofen; D. Stampfli m'a aidé à fouiller plusieurs gisements de mammifères; E. Lanterno, conservateur du département de géologie au Museum de Genève, m'a autorisé à consulter les notes de E. Joukowsky et H. Lagotala; H. Oertli a étudié les échantillons d'Ostracodes; chez MM. S. Schaub et J. Hürzeler, j'ai trouvé l'appui le plus excellent pour tous les problèmes relatifs aux vertébrés; plusieurs problèmes de la sédimentation molassique me sont apparus plus clairs à la suite de discussions avec MM. A. Bersier et R. Rutsch; enfin, le comité de l'ASP a bien voulu publier ce travail. A tous, merci.

Pour le lecteur peu familiarisé avec la géographie de la région, nous nous sommes efforcé de citer surtout des noms de localités figurant sur la Feuille III de la carte générale provisoire de la Suisse au 200 000 e. Tous les restes de mammifères cités dans ce travail font partie de la collection ostéologique du Musée de Bâle; la plus grande partie des Ostracodes sont à l'institut de géologie de Berne, dans la collection de thèse de H. Oertli; quelques échantillons de roches ont été remis à M. A. Bersier, au musée géologique de Lausanne; d'autres, au département de géologie du musée de Genève.

Ce qui dérouté le géologue, dans tout le bassin molassique, mais aussi, attise son intérêt, c'est, avant tout, sur le fond d'une sédimentation variée à l'extrême et où aucun banc n'est bien continu, la trame de quelques grandes subdivisions pérennes, elles, à travers toute la fosse. On verra donc que les grandes coupures lithologiques que nous établissons dans la région genevoise-savoiarde sont très semblables à celles d'autres régions, d'Yverdon, par exemple (1, 18, 24).

II — Stratigraphie

1. Bassin de Genève

Avant de décrire les affleurements, disons que, pour nous, le Chattien correspond au Stampien moyen et supérieur (ce dernier divisé en deux horizons grâce aux mammifères), et le Rupélien au Stampien inférieur (20, 21).

Depuis L. A. Necker (33), on distingue, dans l'ensemble de la molasse genevoise, une série supérieure dite «d'eau douce» et une série inférieure, ou «molasse rouge». Grâce à des mollusques continentaux, différents auteurs ont montré que la «molasse rouge» est d'âge chattien. L'âge de la «molasse d'eau douce» a donné lieu à différentes hypothèses, toutes plus ou moins gratuites; H. Lagotala, par contre, y voyait du Chattien supérieur, en se fondant sur l'analogie avec les marnes à gypse de la région d'Yverdon, bien datées.

La *molasse rouge* est maintenant bien connue, grâce aux forages de Challex et Peissy (19, 27, 28). Dans cette région, elle atteint une épaisseur de 250 à 300 m, et elle passe, à la base, à une série de *calcaires d'eau douce et de brèches*; nous avons identifié ces mêmes calcaires près de Grilly (dans la tranchée du chemin de fer), et dans le village d'Arbère, où P. Morel les avait signalés (31). Partout ailleurs, la molasse rouge repose directement sur le Crétacé, ou sur les sables quarzeux à gompholithes (type «Mornex»). On est frappé de retrouver, tout le long du pied du Jura, des calcaires identiques, relativement fréquents, mais toujours très localisés (Orbe, Bavois, Wynau, Oensingen, etc.). Ces calcaires sont probablement plus ou moins contemporains, ils sont en tous cas partout intercalés à la base du Stampien moyen (= base du Chattien). Les faunes de mammifères d'Oberdorf—Balmfluh, qui sont peut-être encore du Stampien inférieur, ont été récoltées sous les niveaux calcaires, directement au toit du Mésozoïque. En résumé, rien ne permet de dater avec sécurité les calcaires de Peissy, Challex, Grilly, mais, très probablement, ils représentent l'extrême base du Chattien.

Quant à l'ensemble de la *molasse rouge*, on peut y distinguer, d'une façon très floue, une série inférieure, où les grès à galets mous («clay pebbles») sont fréquents (série du type de la molasse d'Aarwangen) et une série supérieure plus marneuse. C'est dans cette série plus marneuse que nous avons découvert, au Nant d'Avril près de Satigny (coord. 118,20/492,10), un magnifique gisement de mammifères qui a livré, en une quinzaine de journées de fouilles, plusieurs mâchoires et crânes complets. Le gisement se trouve au pied d'un escarpement molassique de quelques mètres, sur rive gauche du ruisseau. La faune, étudiée par MM. S. Schaub et J. Hürzeler, est la suivante:

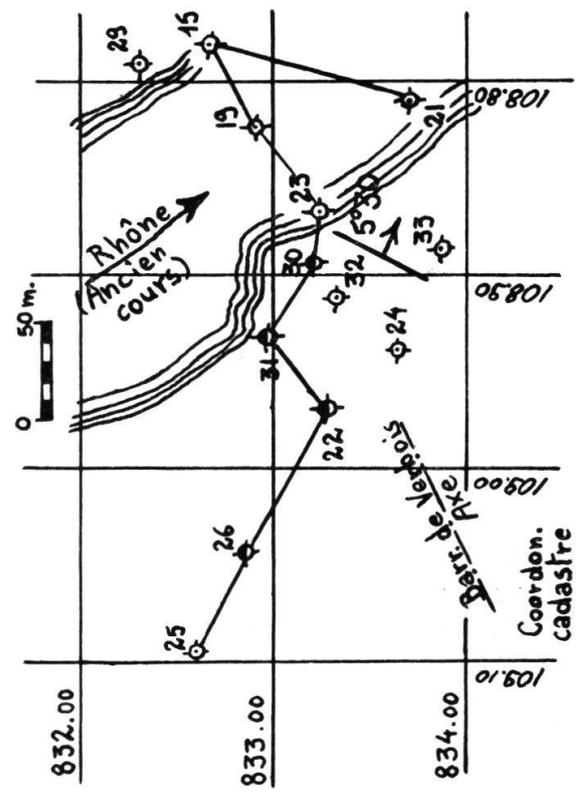
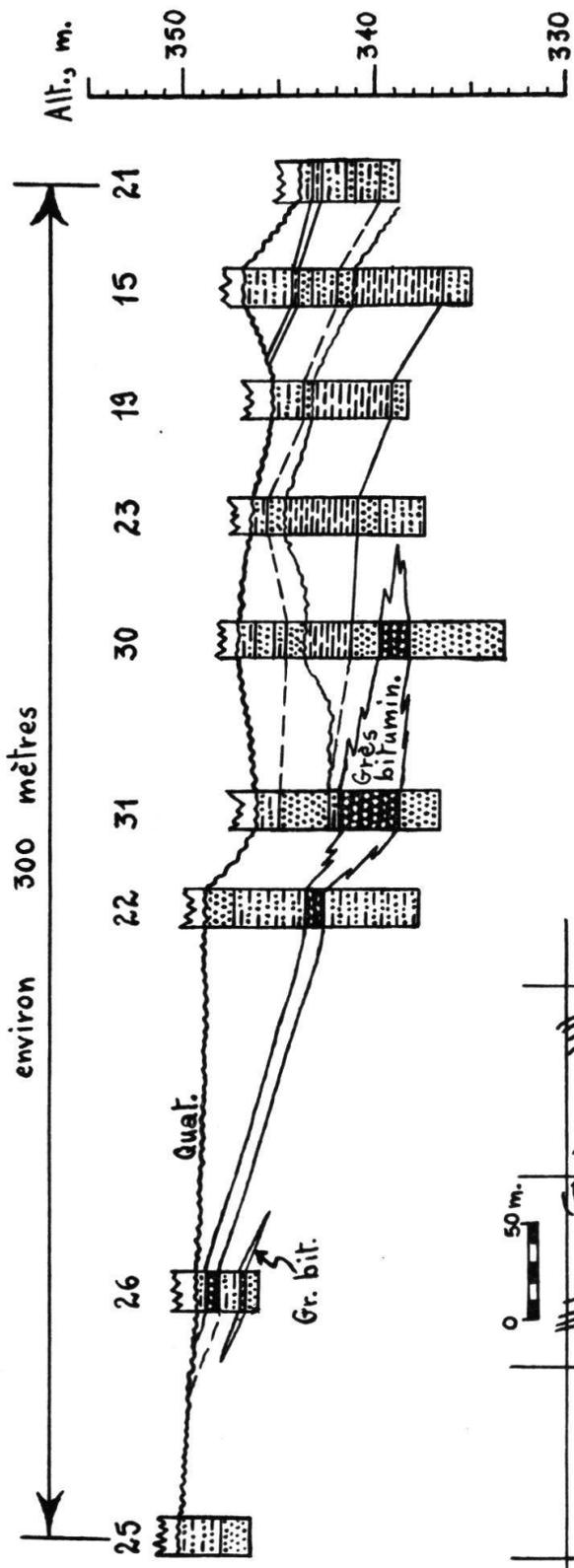
Insectivore ind.

Issiodoromys terminus St. et Sch.

Archaeomys sp.

Caenotherium sp.

Cette faune indique la partie inférieure du Stampien supérieur; stratigraphiquement, elle doit se trouver de 15 à 40 m sous la base de la «molasse d'eau douce».



MOLASSE ROUGE
 SONDAGES, USINE DE VERBOIS
 RELEVÉS E. JOUKOWSKY

Une autre faune a été trouvée à Humilly (Hte. Savoie; coord. Siegfried: 109,80/489,70), et déterminée par MM. Schaub et Hürzeler. Elle comprend:

Micromammal ind.

Rodens ind.

Issiodoromys sp.

Archaeomys sp.

Peratherium sp.

Il se pourrait que ce gisement soit légèrement plus ancien que celui du Nant d'Avril, et qu'il soit à placer tout au sommet du Stampien moyen.

Ailleurs (Roulavaz, Moulin Fabri, ravin du Fornant près Malpas), nous n'avons trouvé que des débris de rongeurs indéterminables.

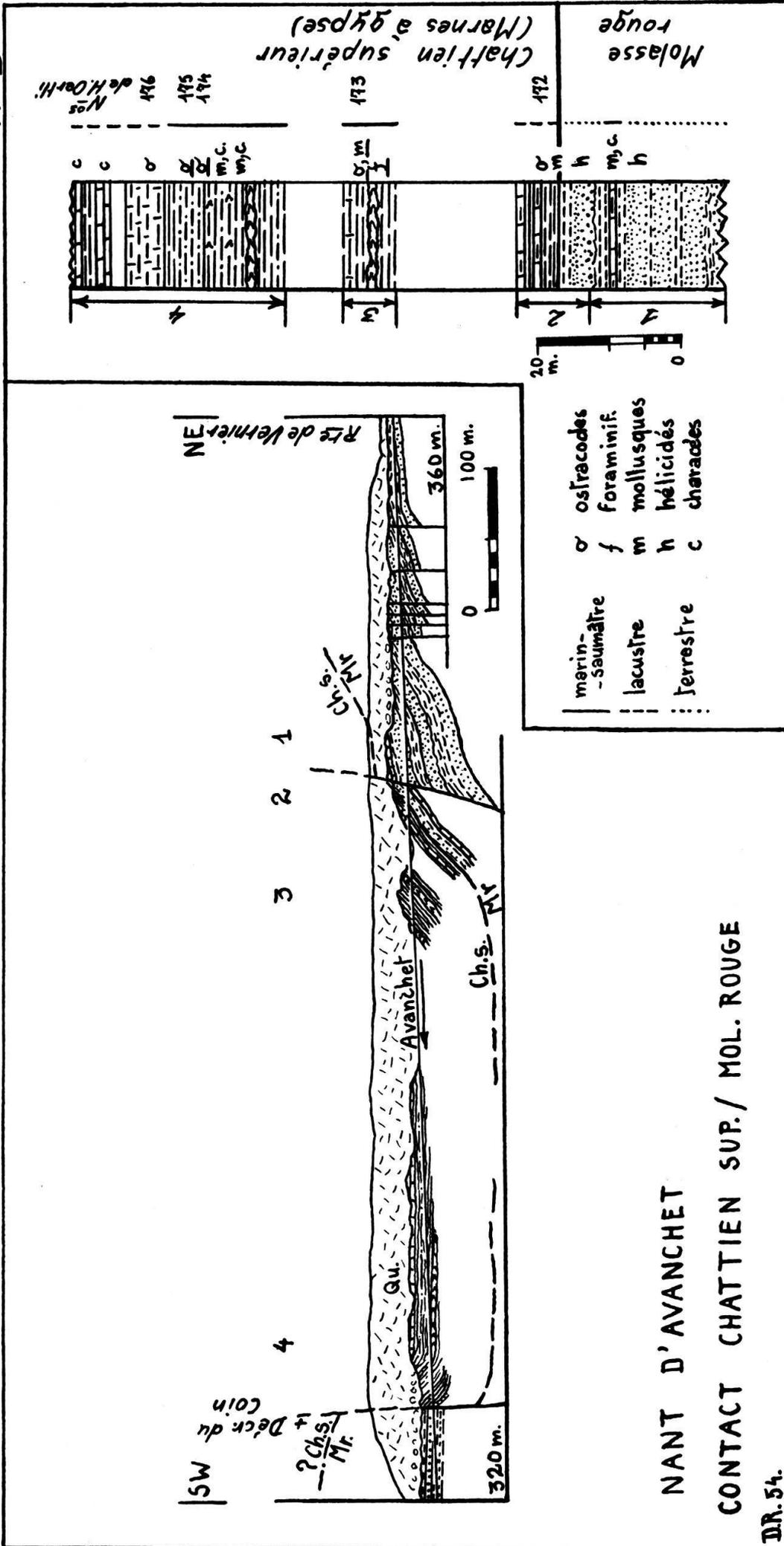
On sait que dans la région d'Yverdon—Talent, la molasse rouge représente le Stampien moyen et la base du Stampien supérieur (20, 24); cet âge est probablement général, entre Genève et Yverdon; en effet, à Bougy (La Côte, coord. 148,20/516,30), nous avons trouvé:

Archaeomys sp.

Ce gisement de Bougy constitue un jalon entre ceux de Genève et ceux du Talent.

La «molasse d'eau douce» est une série de marnes argileuses grises, plus ou moins gréseuses, très bien litées, coupées de petits bancs calcaires, et où le gypse est fréquent, en roses, en veines ou en bancs. Au Nant d'Avanchet, près de Vernier, le contact molasse «d'eau douce»-molasse rouge a été décrit en détail par L. A. Necker (33). Grâce aux excellentes feuilles du cadastre, à l'échelle du 2500 e., nous avons pu étudier minutieusement la coupe de l'Avanchet. Le premier fait nouveau, c'est le caractère avant tout saumâtre, et non limnétique, de la série dite «d'eau douce»; cela a été mis en évidence par C. Meyer de Stadelhofen, qui trouva, il y a quelques années, de nombreux Rotalidés dans une coupe mince de gypse (de notre affleurement 3, Pl. II); de ce même affleurement, nous avons une mauvaise empreinte de cyrène; par la suite, l'étude des ostracodes, due à H. Oertli (58), confirma le caractère saumâtre (salinité: 5 à 16,5 ‰) de l'ensemble de la série, dont, seuls, la base et le sommet justifient l'ancien nom de «molasse d'eau douce»; en même temps, l'identité des faunes du bassin genevois et de celles de Morges—Yverdon, montrait clairement que la série des marnes à gypse de Genève appartient au *Chattien supérieur*.

Le caractère saumâtre du Chattien supérieur est connu depuis longtemps déjà à Epautheyres et St-Sulpice (3, 10). A. Jordi et J. Hürzeler ont trouvé de nombreuses confirmations de ce fait dans toute la région Yverdon-Talent (20, 24). Nous avons, de notre côté, récolté une cyrène à Mex (6) et des Potamides dans la Senoge (coord. 158,90/529,70). Vernet signale des cyrènes dans la Morges (54). Sur la nouvelle route bétonnée du versant sud-est du coteau de Bernex, nous avons des ostracodes saumâtres (58, n° 163) et une cyrène (coord. 113,7/494,55) Des ostracodes saumâtres également près de Jonzier (dans le ravin du Fornant), et dans la vallée de la Valserine, près de Mijoux (30, p. 3). A Mons—Frangy, Doncieux a cité depuis longtemps des Potamides (12, 55). Ainsi, non seulement la lithologie et l'âge chattien supérieur, mais encore le facies saumâtre font des «marnes grises à gypse» — ce terme doit être préféré à celui, impropre, de «molasse d'eau douce» — un horizon très constant. Disons encore la ressemblance de ces marnes avec la «molasse à charbon» de la Paudèze, où P. Biro a trouvé, autrefois, une dent de squalé, et dont l'âge est également chattien supérieur.



Un terme lithologique intéressant de cette série, ce sont les calcaires oolithiques signalés par A. Bersier et J. P. Vernet (7). Nous en avons trouvé deux niveaux sur la nouvelle route du versant sud-est du coteau de Bernex et un niveau au sud de Thairy (coord. Siegfried: 110,35/493,87). M. A. Bersier a bien voulu entreprendre l'étude de ces roches.

Malgré de patientes recherches, le seul reste de mammifère que nous ayons trouvé dans les marnes à gypse est une molaire isolée de *Caenotherium sp.*, récoltée près de Nioux (coord. Lambert 123,75/881,55).

En dehors du Nant d'Avanchet, le contact marnes à gypse/molasse rouge peut s'observer:

1) dans le Biaz (ouest de Chancy, coord. Lambert 134,64/877,60), où la base de la série gypseuse est marquée par une zone de calcaires, épaisse de quelques mètres; c'est aussi le cas, en général, dans la région Morges—Yverdon; à l'Avanchet, par contre, le groupe calcaire n'est pas individualisé;

2) à l'W d'Humilly (coord. Lambert 131,86/882,56), où le contact est légèrement faillé.

Partout ailleurs, le contact est masqué, ou alors d'ordre tectonique.

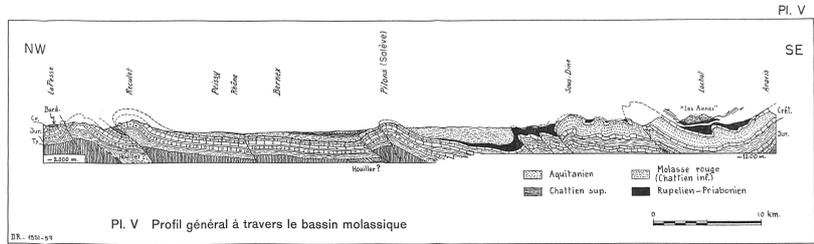
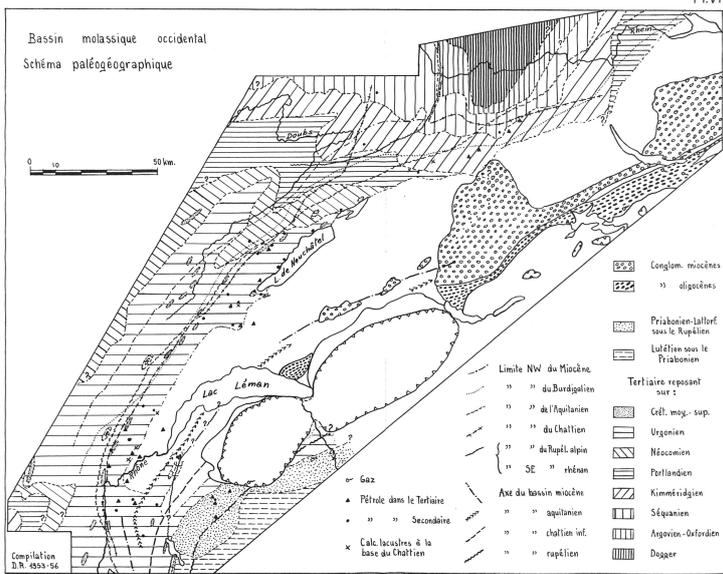
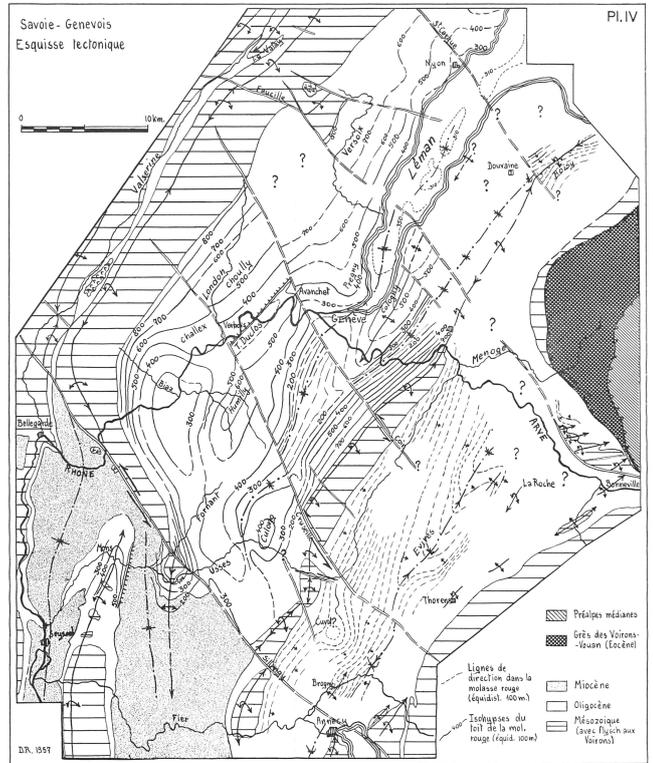
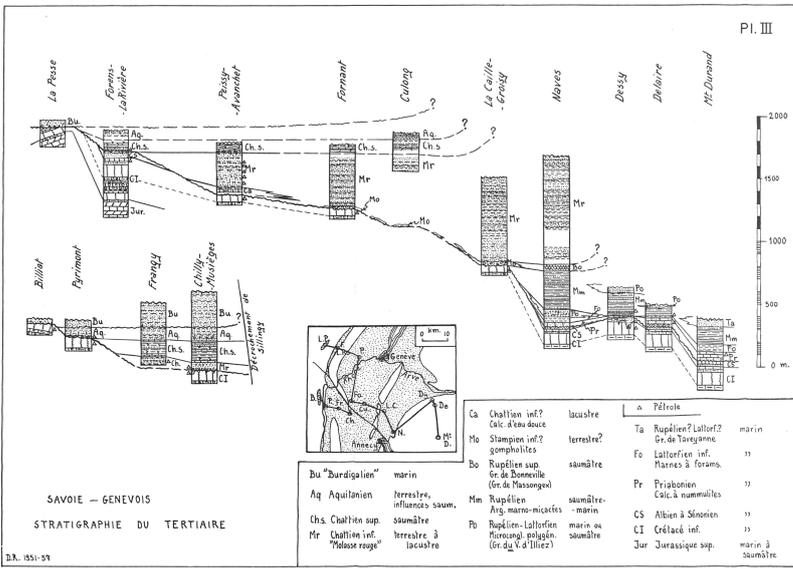
Plusieurs auteurs ont posé le problème de l'*Aquitani*en dans le bassin de Genève. A-t-il été érodé? Ne s'est-il jamais déposé? A-t-il le facies de marnes à gypse? Cette dernière explication, en tous cas, pouvait être rapidement exclue, puisque les faunes, aussi bien que la corrélation lithologique avec la région Morges—Yverdon, démontrent l'âge chattien supérieur des marnes à gypse. La question peut être maintenant tranchée: les levés du versant sud du Mont de Sion nous ont montré en différents points, mais surtout dans le Nant Trouble (aux environs des coord. Lambert 122,6/886,2) une série surmontant les marnes grises à gypse. Cette série comprend, de bas en haut: un grès massif, épais de 4 à 10 m, ravinant quelque peu les marnes à gypse (par l'intermédiaire d'une surface de «disconformity», terme qui n'a hélas pas d'équivalent en français), puis des marnes argileuses, plus ou moins gréseuses, délicatement bariolées de rose et d'ocre; dans ces marnes, un petit niveau plus calcaire à gastéropodes (coord. Lambert 124,94/888,20) a livré quelques débris de mammifères, parmi lesquels J. Hürzeler a pu identifier:

Dimyloides stehlini Hü.

Cette espèce qui, par son stade évolutif, indique l'*Aquitani*en inférieur, est un des représentants typiques de la faune de Boudry (21). Un riche gisement de mammifères, découvert par nous près de Messen (Soleure, coord. 214,20/600,87) au cours d'un travail effectué pour la Superior Oil Co., a fourni de nombreux restes de *D. stehlini* Hü. avec une faune de l'*Aquitani*en inférieur ou moyen.¹⁾

Ainsi donc, la présence de l'*Aquitani*en inférieur, entre le Salève et le Vuache, est bien précisée. Lithologiquement, on peut attirer l'attention sur le fait suivant: l'*Aquitani*en inférieur est presque toujours caractérisé par un grès massif de base: ainsi, le «grès de Cuarny» (Arn. Heim, 18) dans la région d'Yverdon, le «grès d'Aclens» (D. Rigassi, rapport «Middleland Oil Co.», 1953) au N de Morges. De plus, cet *Aquitani*en inférieur contient presque toujours des niveaux de calcaires, et de marnes brunes calcaires à gastéropodes continentaux, niveaux pouvant se différencier de leurs homologues chattiens, en général plus durs, ou plus noirs; ces niveaux se trouvent par exemple dans le bassin de Bellegarde (Génissiat, Pyrimont, etc.), à Boudry, à Möri-

¹⁾ On remarquera donc que les couches sont plus anciennes qu'on ne le croyait, dans la région axiale de Messen. Cela implique une «closure» beaucoup plus forte, et, probablement, l'existence d'une faille ou flexure le long du Limpachthal.



gen, à Messen (Messibach et Hell Graben), etc. — L'école de Berne (24, 38) a mis en évidence les différents pourcentages de sable, d'argile et de carbonates dans les séries molassiques: alors que, dans la molasse rouge du Chattien inférieur les pourcentages de sable et d'argile varient parallèlement, dans l'Aquitaniens, ils sont inversement proportionnels; de rares mesures, encore trop sommaires pour en donner les résultats, semblent confirmer cela dans le bassin genevois.

En dehors du versant sud du Mont de Sion, l'extension de l'Aquitaniens dans le bassin de Genève est difficile à préciser. Il existe probablement à l'E du coteau de Bernex. Le sondage de Perly (26) a trouvé, sous une certaine de mètres de Quaternaire, un grès gris clair à deux micas qui pourrait bien être de l'Aquitaniens.

2. Synclinaux du Jura

a) *Valserine*. — A La Vata (coord. Lambert 160,85/885,19) on trouve, sur l'Urgonien du synclinal de la Valserine, directement au contact du grand pli-faille jurassique Reculet-Dôle, un placage de quelques mètres de marnes bariolées, de grès et de conglomérats (éléments: silex du Crétacé supérieur, grès verts albiens, Urgonien): c'est le dernier affleurement, vers le NW, de la molasse rouge (Chattien inférieur); c'est aussi l'affleurement molassique le plus élevé du Jura (altitude: 1300 à 1340 m); au sommet de ce placage, il y a quelques bancs de calcaire d'eau douce blanc, représentant la base du Chattien supérieur.

Ce Chattien supérieur va transgresser directement sur le Crétacé supérieur à la Rivière (coord. Lambert 144,15/874,37). On observe là, sur le Crétacé supérieur (Turonien), 10 à 20 cm d'un conglomérat bitumineux, à galets de silex, dont le ciment est un agrégat d'aragonite fibro-radiée; puis viennent quelques dizaines de mètres de marnes grises, à filets de charbon et petits bancs calcaires; dans l'un de ces bancs, nous avons trouvé une molaire se rapportant à *Amphitragulus sp.* (genre du Stampien supérieur et de l'Aquitaniens). Lithologiquement, on peut rattacher sans hésitation la série de La Rivière aux marnes grises à gypse du Chattien supérieur. La molaire d'*Amphitragulus* se prête fort bien à cette assimilation, et les Ostracodes de Mijoux la confirment (30). Quant à l'âge ludien et sannoisien attribué aux calcaires d'eau douce de la Valserine (55), nous pensons qu'il faut purement et simplement l'abandonner; en fait, on sait à quels déboires les géologues se sont exposés lorsqu'ils ont voulu établir l'âge des séries molassiques sur les seuls gastéropodes continentaux; dans le cas qui nous occupe, on sera d'autant plus fondé à mettre en doute la datation de P. Jodot, qu'il décrit presque toutes les espèces avec des *nov. var.* et des *cf.*

Plus haut, et au SE des affleurements de la Rivière (coord. Lambert 145,20/874,80, etc.), de même qu'à Lélex, on voit une série de grès et de marnes bariolées, bien décrite par Schardt (45). Sa lithologie, de même que sa situation, nous conduisent à l'attribuer, sans preuves formelles, à l'Aquitaniens.

b) *La Pesse*. — Près de ce village, on peut voir:

1) 500 m à l'ESE du village, et en quelques autres points, des grès glauconieux à dents de squales, reposant, semble-t-il, sur l'Urgonien;

2) (coord. Lambert 148,36/871,18) des trainées de calcaires conglomératiques (éléments: Crétacé inférieur, silex etc.) à débris d'huîtres et dents de squales, recouvrant le Berriasien, ou même le Portlandien.

Il s'agit du Burdigalien; il n'y a donc là plus trace d'Oligocène.

3. Bassin de Bellegarde

Sur son revers ouest, la transgression «burdigalienne» atteint le Mésozoïque; comme à La Pesse, tout l'Oligocène manque.

Le long du Rhône, sur rive gauche, entre Bellegarde et Seyssel, on voit, entre le Crétacé et le «Burdigalien», 50 à 90 m de grès et marnes bariolées, avec quelques niveaux marno-calcaires, et, à la base, des lentilles conglomératiques, parfois imprégnées de bitume. La célèbre faune de Pyrimont-Challonges a été trouvée à la base de cette série; on avait hésité longtemps, au sujet de l'âge de cette faune, cela surtout à cause de la présence, dans un milieu faunistique aquitainien, de *Brachyodus borbonicus*, connu autrefois dans le Stampien seulement. Mais la découverte de *B. borbonicus* à Langenthal, associé à une faune typiquement aquitainienne, a définitivement levé le doute: le gisement de Pyrimont est d'âge aquitainien inférieur (21, 46, 56); sa faune correspond à celles de Wischberg et Boudry. Là encore, les essais de datation par les gastéropodes continentaux, faits d'ailleurs avec une grande prudence, doivent être abandonnés (55).

Une question se pose: pourquoi, entre les couches à mammifères et la molasse marine «burdigalienne», l'Aquitainien est-il si mince? Nous pensons que, à Pyrimont-Challonges en particulier, et dans le bassin de Bellegarde en général, la molasse marine transgresse sur l'Aquitainien inférieur. Ce dernier, par la présence, en plusieurs points de la vallée des Usses, de gypse, témoigne d'influences saumâtres. Il n'y a apparemment pas de discordance angulaire à la base de la molasse marine. La conclusion s'impose: dans le bassin de Bellegarde, *la base de la molasse marine doit être aquitainienne*. Dans la région de Lausanne—Estavayer, la limite lithologique molasse marine/molasse terrestre correspond exactement à la coupure Burdigalien/Aquitainien. Au Vully (38), la partie supérieure de la molasse terrestre est déjà burdigalienne. Nous croyons ainsi mettre en évidence une invasion progressive et très lente, allant du SW au NE, de la mer «miocène». Par où cette invasion s'est-elle faite? Tout simplement, par la région genevoise; le fait que le «Miocène» y ait été érodé ne suffit pas pour avancer de complexes hypothèses; d'autant plus qu'à la Pesse, les calcaires à débris d'huitres sont un faciès tout à fait côtier, excluant une communication marine Bellegarde—Jorat limitée au domaine jurassien.

Il faut encore dire que les termes du Chattien du bassin de Bellegarde (région de Frangy) sont les mêmes qu'à Genève, à part la présence de gompholites intercalées dans la molasse rouge en plusieurs endroits. Pour nous, les calcaires d'eau douce et les marnes à gypse de la vallée des Usses, attribués par plusieurs auteurs à l'Aquitainien (12, 16) sont en réalité du Chattien supérieur. Près du Pont de Serrasson (coord. Lambert 118,15/820,25), un banc de grès nous a livré une molaire d'*Amphitragulus* sp. (malheureusement cassée en cours de préparation), et la marne grise immédiatement sous-jacente, une petite cyrène.

4. Bornes

Ce qui différencie profondément la région située à l'E du Salève, c'est la présence, au front des chaînes subalpines, d'une puissante série marine et saumâtre priabonienne, latorfienne et rupélienne. Nous avons décrit déjà la coupe type de cette série, au Pont de Naves, nous n'y reviendrons donc pas (40). La molasse proprement dite est constituée, dans les Bornes, par une suite puissante et monotone de grès et

de marnes bariolées. Aucune subdivision franche n'y est possible. Tout au plus, remarque-t-on que, dans les 200 m inférieurs, les grès prédominent, ils sont riches en éléments dolomitiques et pauvres en débris de jaspes rouges et verts, et les marnes sont plus souvent grises que rouges. *Helix (Plebecula) ramondi* Brgt., a été signalé en plusieurs points des Bornes. Nous en avons trouvé quelques exemplaires tout au sommet de la série molassique, près des Ollières (coord. Lambert 114,36/898,18). Si l'on veut bien considérer *H. ramondi* comme un fossile caractéristique, alors, toute la molasse des Bornes est d'âge chattien. C'est probablement le cas, car, lithologiquement, toute la série appartient à la molasse rouge. Il semble donc que le Chattien supérieur est absent, puisque, dans la molasse subalpine, dans l'Emmenthal et le Toggenburg aussi bien qu'en Bavière, même là où les facies sont très conglomératiques et essentiellement terrestres, on peut toujours établir une distinction lithologique entre un Chattien supérieur gris et un Chattien inférieur rouge.

En tous cas, l'Aquitaniien n'est pas représenté dans les Bornes; probablement, ne s'y est-il jamais déposé.

Sur le flanc est du Salève, on observe, sporadiquement, entre le Crétacé et la molasse, des grès uniquement quarzeux et des gompholithes: c'est la série des «Poudingues de Mornex». Elle semble à la fois torrentielle et éolienne. A Mornex, on y a trouvé quelques fossiles marins (14, 36); des marnes intercalaires, à Mornex, ne nous ont livré que de rares oogones de *Chara*: on peut donc se demander si les fossiles marins sont autochtones. En tout état de cause, il faut modifier la coupe publiée par E. Paréjas (36, fig. 6): les couches 10 à 12 de cette coupe n'en constituent pas le sommet; pourquoi? parce qu'elles sont dessinées avec un pendage de 34 degrés, alors que le vrai pendage, indiqué d'ailleurs dans le texte, est de 22 degrés. On a donc à Mornex une série de base, quarzeuse et gompholitique, surmontée par des grès micacés à *Cepaea rugulosa*, appartenant à la molasse rouge d'âge chattien inférieur; il est difficile d'estimer l'épaisseur de la série basale. En amont du Pont de la Caille, par contre, ces couches de base, recoupées par un petit décrochement courant dans le lit des Usses, mesurent 25 m environ; le chiffre de 44 m, qui a été avancé (36), est obtenu si l'on ne tient pas compte du petit décrochement. L'âge des couches gompholithiques n'est pas connu; tout au plus, peut-on les considérer comme un équivalent latéral, torrentiel et éolien, des Grès de Bonneville saumâtres; dans ce cas, leur âge serait rupélien supérieur.

5. Chaines subalpines

Le «Flysch» des chaines subalpines est apparemment assez complexe. Mais c'est surtout parce qu'on en a rendu l'étude complexe, en postulant, sans argument sérieux, le fameux déplacement, à la fois dans le temps et dans l'espace, du bassin (32, 57, etc. etc.). Et pourtant, les termes lithologiques sont bien constants, entre les Aravis et la zone molassique: au-dessus d'un Eocène moyen à grandes Nummulites, conservé en quelques points seulement, viennent les couches saumâtres (facies des Diablerets) du Priabonien inférieur (Lédien), elles aussi localisées (8, 32, 40); puis, les calcaires plus ou moins gréseux ou conglomératiques à petites Nummulites (surtout, semble-t-il, *N. incrassatus* de la Harpe, et *N. ramondiformis* de la Harpe, sens Lanterno et Roveda), discocyclines et mélobésiées; les discocyclines, et l'absence de Nummulites oligocènes, font de ces calcaires du Priabonien supérieur; les marnes à Foraminifères sus-jacentes sont, nous l'avons montré (40), du Lattorfien inférieur. Enfin, couvrant le tout, la série du Flysch proprement dit: argiles marno-micacées (= sch. à

Meletta = Tonmergelstufe, etc.) à intercalations de grès. Suivant qu'ils sont à la base ou au sommet du Flysch, ces grès peuvent varier d'un grès de Taveyanne typique à un grès du type de Massongex (57). *Mais ils peuvent coexister sur une même verticale.* Les grès de Bonneville (= grès de Vulruz, = grès des carrières, = grès de Massongex, = Bausteinzone, etc.) sont d'âge rupélien récent. Les marnes à Foraminifères sont d'âge latorfien inférieur. Nous croyons donc que tout le Flysch des chaînes subalpines, y compris les grès de Taveyanne, est d'âge *latorfien supérieur et rupélien*. C'était l'opinion de Boussac (8); depuis, on a cherché à établir l'âge éocène des grès de Taveyanne, en s'appuyant sur des faunes peut-être remaniées, et trouvées souvent dans des blocs éboulés, et aussi, en avançant la fameuse migration du bassin. C'était sans doute faux, dans le segment de l'arc helvétique compris entre le Val d'Iliez et le lac d'Annecy.

III — Tectonique

Les planches IV et V donnant les grandes lignes structurales, nous n'aurons à nous occuper que de quelques points de détail.

Et d'abord, du front des chaînes subalpines. On a toujours discuté, pour savoir si ces chaînes étaient en place, ou charriées. Schardt parla même d'une «nappe du Genevois». Les levés de détail ont montré que, en avant de la Montagne de Veyrier, entre Annecy et Naves, les contacts molasse/Rupélien et Tertiaire/Crétacé sont, en moyenne, verticaux: il n'y a donc pas là de chevauchement important. Plus loin au NE, par contre, et à partir du Ruisseau de Disonche, on voit quelques affleurements de Rupélien recouvrant d'une façon nettement irrégulière la molasse rouge; ce phénomène s'observe, çà et là, jusqu'à la vallée de l'Arve; il n'est du reste pas aisé de savoir s'il s'agit d'un vrai chevauchement, ou si les masses de Rupélien plastique coiffant la molasse rouge ne se sont pas mises en place par gravité, à une époque récente.

Entre Bonneville et Bonne, les contacts molasse rouge/Rupélien et Tertiaire/Mésozoïque ultrahelvétique sont complexes. Pour nous, suivant en cela partiellement H. Haug (17), repris récemment par J. W. Schroeder (47), le Mésozoïque des collines du Faucigny est très probablement autochtone ou parautochtone, et il supporte, vers le Nord, une couverture normale de Rupélien et de molasse rouge. Il semble bien que dans l'«Ultrahelvétique» de notre région, seuls les «grès des Voirons» et les «conglomérats du Vouan» soient franchement allochtones. Ce sont les seules formations, du reste, qui reposent sur un substratum tout à fait irrégulier et imprévisible, allant du Trias à l'Oligocène. Souhaitons que J. W. Schroeder reprenne prochainement toute cette question.

Avant de clore ce paragraphe tectonique, signalons l'incroyable fantaisie d'un profil accompagnant une publication de G. Scolari (49): la place est trop limitée, et le nombre des erreurs trop grand pour les énumérer ici.

IV — Problèmes pétroliers

Généralités. — Depuis fort longtemps, les nombreux indices pétroliers de notre région ont été signalés et décrits en détail. De multiples hypothèses ont été avancées pour expliquer les migrations de ces hydrocarbures. Il serait un peu académique, sans doute, de vouloir trancher en faveur de l'une ou l'autre théorie. Le fait important, dans cette question des roches-mères et des migrations, c'est l'existence,

durant le Mésozoïque, d'une fosse sur l'emplacement des chaînes subalpines, fosse où se déposèrent de 3500 à 4000 m de sédiments marins surtout schisteux, souvent riches en matière organique; bordant cette fosse, au NW, s'étend la région des faciès jurassiens, relativement peu épais (1500 à 1800 m), témoignant, en général, d'un milieu marin néritique, assez propice à la formation de roches poreuses calcaires et dolomitiques. L'épaississement du Mésozoïque, entre le Salève et le Jura d'une part, et les chaînes subalpines d'autre part, montre qu'au début du Crétacé supérieur, le socle plongeait, en moyenne, de 3 à 6 degrés au SE; c'était bien assez, déjà, pour permettre à des hydrocarbures de migrer. Durant le Crétacé moyen-supérieur, et jusqu'à l'Oligocène inférieur (Lattorfien, Rupélien p.p.), ce mouvement de bascule s'accroît. Il se poursuit encore du Chattien au Miocène, mais limité alors au pourtour des chaînes subalpines, dans les régions de plus en plus externes. C'est, pensons-nous, dans ce gigantesque biseau allant de la région Jura—Salève jusqu'aux chaînes subalpines, qu'il faut rechercher l'origine d'une grande partie des hydrocarbures de notre région. Et même, on ne devrait pas oublier que d'épaisses séries marines, maintenant empilées et broyées par le jeu de la tectonique alpine, furent autrefois juxtaposées normalement à l'arrière des chaînes subalpines: ainsi en est-il de tout l'helvétique interne, de l'ultrahelvétique, du subbriançonnais, etc. Bien entendu, les nombreuses discordances existant dans les séries, et, singulièrement, la surface basale du Tertiaire, ont facilité grandement les migrations du pétrole, soit en augmentant d'une façon appréciable les perméabilités, soit en permettant, par l'introduction de biseaux angulaires, l'échange de fluides entre différentes formations.

Certains hydrocarbures rencontrés dans le Jurassique et le Trias du Jura proviennent, eux, vraisemblablement de sédiments paléozoïques enfouis, ou alors des séries triasiques organiques (Lettenkohle, etc.).

Jura. — On se trouve, dans le Jura, en présence de problèmes structuraux complexes: plis violents, faillés, mutilés par des décrochements, disharmonies jouant sur chaque niveau plastique d'une certaine importance (Aalénien, Argovien, Purbeckien) et conférant à chaque massif calcaire une tectonique autonome.

Les roches poreuses intéressantes sont de deux types: d'abord, et surtout dans le Jurassique supérieur, des roches récifales, très capricieusement limitées dans leur extension horizontale; dans ce cas, et vu aussi la complication des structures jurassiennes, un forage serait positif plus par chance qu'à la suite de déductions géologiques serrées. D'autre part, des roches dont les épaisseurs et les porosités primaires sont assez constantes, ces dernières étant au surplus presque partout renforcées par une vigoureuse fracturation (Grande oolithe dans le Jura septentrional, calcaires à pentacrines du Jura méridional; grès rhétiens; grès à roseaux du Keuper, etc.). Pour ce deuxième groupe de roches, le problème est peut-être moins ardu, mais, là encore, les difficultés structurales subsistent; il faut donc recourir à des arguments supplémentaires; c'est dans cette intention que j'avais préconisé, avant toute campagne de forages, une étude stratigraphique approfondie de la limite Malm/Dogger. De fait, alors qu'en certains points, le Callovien supérieur et l'Oxfordien atteignent 100 m, ailleurs, ils manquent: dans ce cas, on a les couches de Birmensdorf directement sur le Callovien moyen limonitisé. Il est facile de voir que ces lacunes correspondent à une paléotectonique, caractérisée par des pendages variant de $1/2$ à 4 degrés; ces ondulations à très grands rayons de courbures se sont produites à un moment où les roches mères éventuelles du Permien (Autunien) ou du Trias (Lettenkohle) se trouvaient recouvertes par un manteau sédimentaire de 300 à 400 mètres d'épaisseur, ce qui est géné-

ralement considéré comme suffisant pour permettre la solubilisation des pyrobitumes. Ainsi donc, l'exploration dans le Jura devrait se porter avant tout sur des structures ayant existé au début du Jurassique supérieur déjà, ou supposées telles.

Molasse et son soubassement. — Le Rupélien supérieur (Grès de Bonneville) semble être le seul réservoir constant, le seul «blanket sandstone» de la série tertiaire; ce fait est confirmé en Bavière (Grès de Bonneville = Bausteinzone), où l'on sait pourtant que les porosités ne sont pas excellentes (Heimertingen, etc.); un échantillon des grès du Bouveret donne une porosité absolue de 4,07 % et une porosité apparente de 1,55 % (34). Les lentilles de grès quarzeux et de gompholithes (type «Mornex») ont une répartition tout à fait capricieuse. Nous avons vu que la série de la molasse rouge (Chattien inférieur) est riche en grès poreux; mais on a dit aussi combien les bancs de grès peuvent être irréguliers, et combien leurs caractéristiques de réservoirs peuvent varier rapidement (Pl. I). Les calcaires à Lithothamnies du Priabonien sont de vrais biohermes, tout à fait lenticulaires. Les grès de l'Albien, très poreux, sont conservés d'une façon si sporadique, entre le Tertiaire et le Crétacé inférieur, qu'il serait impossible de prévoir leur présence sous une structure molassique donnée. Les calcaires urgoniens sont souvent fracturés, souvent, aussi, la corrosion qu'ils ont subie durant l'Eocène les a «lapiazés», mais ce sont là encore des phénomènes d'une variabilité horizontale considérable; quant à la porosité primaire de l'Urgonien, liée qu'elle est à l'existence de biohermes récifaux, elle est, bien sûr, très lenticulaire: dans la même carrière de La Sarraz, deux échantillons ont des porosités absolues aussi différentes que 2,9 % et 11,9 % (34).

Et les structures molassiques? Certaines semblent très favorables: ainsi, Culong, Humilly et Teppes Duclos (voir Pl. IV), où la série molassique doit atteindre, respectivement, 500, 400 et 250 m environ; l'anticlinal de Morges, également, est attrayant. Plus loin, certains anticlinaux présenteraient des épaisseurs molassiques plus grandes: ainsi Corserey, Wohlen, Messen. Toutes ces structures, et d'autres aussi, pourraient être précisées par sismique.

Certains anticlinaux sont vieux: Morges, par exemple, sur tout le pourtour duquel on peut observer, dans le Chattien supérieur, des ripple-marks parallèles à la direction des couches, leurs crêtes abruptes regardant l'axe de l'anticlinal; la structure de Morges existait donc déjà, à l'état de haut-fond, durant le Chattien supérieur.

Et nous en arrivons ainsi à définir le caractère paradoxal d'une prospection de la molasse et de son substratum: problème structural et paléostructural favorable, mais répartition des porosités si irrégulière, que d'éventuelles accumulations d'hydrocarbures ont bien des chances d'être localisées par des facteurs stratigraphiques. Il se peut donc que, dans la première phase de l'exploration, concentrée sur les structures, on aboutisse à certains mécomptes, du type peut-être de ceux que subit, en ses débuts, l'activité au Canada.

Un fait défavorable est celui du «flushing», signalé par H. M. Schuppli, «flushing» qui a dû envahir une bande plus ou moins large de la molasse subjurassienne. Dans le bassin de Genève proprement dit, la présence symétrique du Jura et du Salève de part et d'autre de la région molassique, diminue peut-être ce risque; à Peissy et à Challex, pourtant, les forages n'ont probablement rencontré que des zones à eau douce.²⁾

²⁾ D'après H. Lagotala (28), certains grès de Peissy auraient une «water saturation» inférieure à 55 %; avec leurs porosités de 15 à 20 %, et leur bitume à 20° API environ, leur faible profondeur (maximum 500'), on peut se demander s'ils ne pourraient être mis en production ???

Entre Salève et Chaines subalpines, le «flushing» a peut-être bien étendu ses ravages; en effet, comment expliquer les sources tempérées sulfureuses de Bromines, de la Caille et d'Etrembières autrement que par une circulation d'eaux infiltrées au front des chaines subalpines, et lessivant tout le fond du synclinorium d'Evires?

Quelques mots encore relatifs à l'âge des imprégnations. Tout le long du Jura, les nombreux indices de bitume se trouvent dans des roches dont les plus jeunes sont, en général, les grès du Chattien inférieur. Des galets de calcaires urgoniens asphaltiques existent dans des couches postérieures au Chattien supérieur. C'est donc durant le Chattien supérieur qu'ont dû se produire les imprégnations les plus importantes. Malgré de patientes recherches, nous n'avons jamais rencontré de galets asphaltiques dans le sidérolithique (région Mormont—Chamblon), ni dans les gompholites du Chattien inférieur (région Frangy—Mt. de Musiège).

Forages récents. — Depuis la fin de la guerre, plusieurs puits ont été forés en Hte. Savoie, jusqu'à une profondeur maxima de 6000' environ, notamment sur les anticlinaux mésozoïques Montagne des Princes-Gros Faoug et Semnoz, et sur la prolongation molassique vers le sud de l'axe du Salève (région Chapeiry—Chavanod) (pour la situation de ces forages, voir la planche, bibl. 47). Partout, des complications profondes ont été mises en évidence: ainsi, le Semnoz, et peut-être le Gros Faoug, chevauchent vers l'W; le premier sondage de Chapeiry, astucieusement placé à une trentaine de mètres d'un affleurement d'Aquitanien pendant à 85 degrés et constituant le flanc molassique ouest du Salève, a démontré que ce pli est fortement déjeté vers l'ouest, ce que la géologie de surface avait déjà montré il y a 40 ans (25). En bref, tous ces forages, par suite de leur implantation, ne sont guère concluants du point de vue pétrolier. Seul point important: dans le tertiaire chevauché par le pli du Semnoz, on a trouvé de l'eau pratiquement douce, avec un peu de gaz; cela confirme ce que nous disions plus haut du «flushing» entre Salève et chaines subalpines.

V — Remarques sur les cartes géologiques

Carte géologique générale de la Suisse, Feuille 5, Genève—Lausanne. Différentes imprécisions diminuent la valeur de cette carte, par ailleurs excellente. Dans le *Jura*: toute la région de Gex, Divonne, La Dôle, la Faucille est dessinée très inexactement; le Dogger de Chézery est dessiné en place, alors que l'on sait depuis longtemps qu'il s'agit d'un grand écroulement (53); le Crétacé supérieur de la Rivière (Valserine) devrait être dessiné 1,5 km plus loin au NE, et reposant sur l'Albien, et non l'Urgonien; le Portlandien de la Montagne de la Balme a été oublié. Dans la *molasse*: plusieurs affleurements sont omis; lors d'une réédition, il serait utile d'introduire une distinction entre molasse rouge et marnes à gypse (Chattien); tous les affleurements du Mont de Sion sont indiqués en Chattien, nous savons maintenant qu'une partie est aquitanienne; à l'inverse, l'Aquitanien n'existe pas dans le synclinorium d'Evires; plusieurs sondages importants (26) et de nombreux indices de pétrole (47) ne sont pas marqués. Dans les *chaines subalpines*: la distinction entre une «Molasse marine inférieure» (brun) et un «Flysch en général» (jaune) est tout à fait captieuse, les seules roches sûrement priaboniennes de la région étant les «Calcaires à petites Nummulites»; le calcaire à petites Nummulites est omis dans la région de Dessy—Delairaz, où il affleure pourtant largement.

Atlas géologique de la Suisse, 1 : 25 000, Feuille 12, Dardagny-Vernier. Comme nous l'avons vu, le Chattien est l'équivalent du Stampien supérieur *et moyen*, et non

du seul Stampien supérieur; la légende devrait être modifiée, à la suite des découvertes de ces dernières années, et s'exprimer ainsi: «Molasse dite d'eau douce (terrestre, lacustre et saumâtre)»; le figuré de la «Molasse gypseuse» (surcharge de points bleus sur fond brun) devrait être étendu à plusieurs affleurements: Peissy, Coteau de Bernex, affleurements au S et SW de Thairy; le pendage, au Coteau de Bernex, est au SE, et non au NW (47 et note manuscrite de H. Lagotala); la grande cassure de direction NW coupant l'Avanchet, environ 200 m en amont de son confluent avec le Rhône, mérite d'être dessinée. L'*Esquisse tectonique* accompagnant la carte néglige certains affleurements (ceux du Biaz par exemple); elle indique d'autre part plusieurs affleurements de Burdigalien sur le versant est du Vuache: il n'y a là que de l'Oligocène; l'Aquitaniien du Mont de Sion, inconnu lors de la publication de la carte, devrait être introduit.

Chouilly, Août 1957.

Bibliographie

- 1—*Althaus, H. E.*: Die ölführende Molasse zwischen Genfer und Neuenburger See. Beitr. Geol. Schw., Geotechn. Ser., Lief. 26, I, 1947.
- 2— Ueber geologische Untersuchungen im Gebiet der ölführenden Molasse im Kanton Genf. Beitr. Geol. Schw., Geotechn. Ser., Lief. 26, I, 1947.
- 3—*Baumberger, E., Stehlin, H. G.*: Die Molasse des schweizerischen Mittellandes und des Juragebietes. Geol. Führer d. Schw., Fasc. I, 1934.
- 4—*Bersier, A.*: La forme de la transgression burdigalienne dans la région vaudoise. C. R. Som. Soc. géol. Fr., 30 mars 1936.
- 5— Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat. Mém. soc. vaud. sc. nat., vol. 6, n° 3, 1938.
- 6— Notice explicative, feuille 27 de l'Atlas géologique suisse, 1952.
- 7—*Bersier, A., Vernet, J. P.*: Un cas d'oolithisation en facies détritique. Bull. Lab. géol. Univ. Lausanne, n° 116, 1956.
- 8—*Boussac, J.*: Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. Mém. serv. carte géol. Fr., 1912.
- 9—*Cadisch, J.*: Das Werden der Alpen im Spiegel der Vorlandsedimentation. Geol. Rdsch., 19, S. 105, 1928.
- 10—*Chavannes, S.*: Essai sur la géologie d'une partie du pied du Jura. Bull. soc. vaud. sc. nat., vol. 4, p. 14, 1856.
- 11—*Doncieux, L.*: Revision de la feuille Nantua. Bull. serv. carte géol. Fr., n° 140, T. XXIV, 1920.
- 12— L'Oligocène de la vallée du Rhône et de la région des Usses. C. R. Som. soc. géol. Fr., 18 janvier 1932.
- 13—*Douxami, H.*: Etude sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale. Ann. Univ. Lyon, sér. I, fasc. 27, 1896.
- 14—*Favre, A.*: Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, ... 1867.
- 15— Description géologique du canton de Genève. Bull. Cl. Agric., Soc. Arts, Genève, 1879.
- 16—*Gignoux, M., Moret, L.*: L'Oligocène du bassin du Rhône entre Genève et Seyssel. Etudes Rhodaniennes, vol. XV, nos 1—3, 1939.
- 17—*Haug, E.*: Les régions dites exotiques du versant nord des Alpes suisses. Bull. soc. vaud. sc. nat., vol. XXXV, n° 132, 1899.
- 18—*Heim, A., Hartmann, A.*: Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz. Beitr. Geol. Schw., Geotechn. Ser., Lief. VI, 1919.

- 19—*Heim, A.*: Le sondage pour la recherche du pétrole à Challex. *Eclogae geol. helv.*, vol. XVII, n° 1, 1922.
- 20—*Hürzeler, J.*: Alter und Fazies der Molasse am Unterlauf des Talent... *Eclogae geol. helv.*, Vol. 33, N. 2, S. 191, 1940.
- 21— Säugetierpalaeontologische Bemerkungen zur Abgrenzung und Unterteilung des Aquitanien. *Ecl. geol. helv.*, vol. 38, N. 2, S. 655, 1945.
- 22—*Jaccard, A.*: Description géologique du Jura vaudois et neuchatelois... *Mat. carte géol. suisse*, livr. 6, 1869.
- 23—*Jeannet, A.*: Environs de Neuchâtel et Val de Travers. *Guide géol. Suisse*, fasc. V, p. 348, 1934.
- 24—*Jordi, A.*: Geologie der Umgebung von Yverdon. *Beitr. Geol. Schw.*, 99. Lief., 1955.
- 25—*Joukowsky, E., Favre, J.*: Monographie géologique et paléontologique du Salève. *Mém. soc. phys. hist. nat. Genève*, vol. 37, fasc. 4, 1913.
- 26—*Joukowsky, E.*: Géologie et eaux souterraines du Pays de Genève, Genève, 1941.
- 27—*Lagotala, H.*: Les gites bitumineux de Dardagny. *Le Globe*, Genève, 1935.
- 28— Les roches bitumineuses de Peissy. *Le Globe*, Genève, 1948.
- 29—*Maillard, G.*: Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville. *Bull. serv. carte géol. Fr.*, n° 6, 1889.
- 30—*Michel, R. C.*: Observations sur la géologie de la Haute Valserine. *Cahiers géol.*, n° 32, Thoiry, septembre 1955.
- 31—*Morel, P.*: Etude de quelques avant-plis du Jura gessien. *Feuille naturalistes de l'Ain*, 1946.
- 32—*Moret, L.*: Géologie du Massif des Bornes. *Mém. soc. géol. Fr.*, T. X, Fasc. 1—2, 1934.
- 33—*Necker, L. A.*: Etudes géologiques dans les Alpes. Paris, 1841.
- 34—*Niggli, P., Grubenmann, U., Jeannet, A., Moser, R.*: Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. *Beitr. Geol. Schw., Geotechn. Ser.*, V, 1915.
- 35—*Parejas, E., Lagotala, H.*: Relations tectoniques entre le Jura méridional et les plis du Genevois. *C. R. Soc. phys. hist. nat. Genève*, vol. 40, n° 3, 1923.
- 36—*Parejas, E.*: Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, T. III, fasc. 2, 1938.
- 37— Notice explicative, feuille 12 de l'Atlas géol. Suisse, 1938.
- 38—*Ramseyer, R.*: Geologie des Wistenlacherberges... *Ecl. geol. helv.*, Vol. 45, n° 2, 1952.
- 39—*Revil, J.*: Sur la structure du Mt. de Musiège et son raccordement avec la chaîne du Vuache. *Bull. soc. hist. nat. Savoie*, t. 19, 1922.
- 40—*Rigassi, D.*: Faune sannoisienne du Pont de Naves. *Arch. sc.*, Genève, vol. 10, fasc. 2, 1957.
- 41—*Rollier, L.*: Revision de la stratigraphie et de la tectonique de la molasse au Nord des Alpes... *Mém. soc. helv. sc. nat.*, vol. XLVI, Mém. 1, 1911.
- 42—*Rosset, J.*: Description géologique de la Chaîne des Aravis. *Bull. serv. carte géol. Fr.*, T. LIII, 1956.
- 43—*Rutsch, R.*: Neue Auffassungen über die Entstehung der Molassesedimente. *Ecl. geol. helv.*, vol. 38, S. 407, 1945.
- 44—*Schardt, H.*: Notice géologique sur la molasse rouge du pied du Jura. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, vol. 16, 1880.
- 45— Etudes géologiques sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, vol. XXVII, 1891—1892.
- 46—*Schaub, S., Hürzeler, J.*: Die Säugetierfauna des Aquitanien von Wischberg bei Langenthal. *Ecl. geol. helv.*, vol. 41, N. 2, S. 354, 1948.
- 47—*Schroeder, J. W.*: Géologie du pétrole des régions lémanique, genevoise et savoyarde. *Bull. Ass. s. géol. pétr.*, vol. 23, n° 65, 1957.
- 48—*Schuppli, H. M.*: Oelgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. *Beitr. Geol. Schw., Geotechn. Ser.*, 26, Lief., III, 1950.

- 49—*Scolari, G.*: Nouvelles observations et hypothèses sur la tectonique du Mt. Vuache. Arch. Sc., vol. 9, fasc. 1, 1956.
- 50—*Stehlin, H. G.*: Uebersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation. Verh. naturf. Ges. Basel, Bd. XXX, S. 179, 1913.
- 51— Säugetierpalaeontologische Bemerkungen zur Gliederung der oligocaenen Molasse. Ecl. geol. helv., vol. 16, 1922.
- 52—*Studer, B.*: Beiträge zu einer Monographie der Molasse. Bern, 1825.
- 53—*Tsyrovitch, X. de*: Etude du versant occidental de la première chaîne du Jura méridional... Arch. sc., Genève, T. XXX, 1910.
- 54—*Vernet, J. P.*: La géologie des environs de Morges. Ecl. geol. helv., vol. 49, n° 1, 1956.
- 55—*Jodot, P., Vincienne, H.*: Mollusques de petites dimensions... Bull. soc. géol. Fr., T. IV, p. 537, 1954.
- 56—*Viret, J., Hürzeler, J.*: Sur l'âge de la faune de Mammifères de Pymont-Challonges. Bull. soc. géol. Fr., T. VII, fasc. 4, p. 129, 1934.
- 57—*Vuagnat, M.*: Pétrographie, répartition et origine des microbrèches du Flysch nordhelvétique. Mat. carte géol. s., livr. 97, 1952.
- 58—*Oertli, H.*: Ostrakoden aus der oligozänen und miozänen Molasse der Schweiz. Schw. Pal. Abh., Bd. 74, 1956.