Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 49 (1956)
Heft: 1

Artikel: La géologie des environs de Morges
Autor: Vernet, Jean-Pierre
Kapitel: Quaternaire
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162074

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

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

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

Download PDF: 01.12.2025

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

est juste suffisante pour l'établissement d'une telle carte. En allant du SE au NW, nous avons l'esquisse suivante: l'anticlinal de St-Sulpice, puis le synclinal de la Venoge, un certain replat, le grand anticlinal de Morges, une pente douce suivie d'une série d'ondulations et finalement un vaste plateau. Les axes de ces plis plongent vers l'E ou le NE. Disons combien sont aléatoires certaines estimations et combien est schématique cette esquisse. On peut cependant observer un infléchissement des courbes de niveaux et une remontée de celles-ci vers la Venoge. La partie aval du cours de l'Arénaz montre le passage de plusieurs failles sans rejets estimables. La morphologie de la région de la Venoge est aussi particulière: sur rive gauche, une pente faible et douce avec une grande accumulation de matériaux glaciaires, alors que sur rive droite le relief est plus sec, avec un versant raide, parsemé de falaises de grès hautes de plusieurs mètres, et quasi verticales. Or, ces falaises dominant la rive droite ne sont que le bord d'un vaste plateau très faiblement recouvert par les formations glaciaires. Ces considérations nous font admettre la présence possible d'une faille radiale contre laquelle serait venu buter la Venoge à la hauteur du Moulin du Choc. La rivière longerait cette faille jusqu'au débouché de Bussigny. Mais nous affirmons que cette faille supposée est, pour l'instant, purement hypothétique et nous n'en connaissons ni le rejet ni la localisation exacte. Le levé de la feuille Lausanne et la revision de celle de Cossonay seraient d'un immense secours et permettraient éventuellement de trancher la question. Une étude photo-géologique de cette zone permettra, nous l'espérons, d'apporter une certitude quant à l'existence de cette faille.

L'esquisse tectonique générale met en place toutes choses dans un cadre plus étendu et par rapport à l'accident majeur du Plateau vaudois qu'est l'axe anticlinal.

QUATERNAIRE

Introduction

Nous allons, dans une première partie, étudier les formations glaciaires de cette région, non sans avoir auparavant précisé ou défini certains termes de classification utilisés. Puis, nous nous attacherons à quelques problèmes particuliers et souvent locaux. Enfin, dans un dernier paragraphe, nous brosserons à grands traits un tableau des différentes et successives formations glaciaires et reviendrons sur certains problèmes de chronologie.

Dans une deuxième partie, nous nous intéresserons aux terrasses lacustres formant la bordure S de notre terrain. Nous décrirons les principaux deltas et leurs complexes de terrasses, puis nous examinerons le problème dans son ensemble.

Enfin, dans une troisième et dernière partie, nous parlerons de nos études granulométriques et calcimétriques faites en laboratoire, sur des sédiments quaternaires. Nous conclurons alors en discutant des résultats obtenus par les diverses méthodes utilisées.

Les formations glaciaires

LA MORAINE DE FOND

C'est une moraine infraglaciaire qui tapisse le lit du glacier. Un liant plus ou moins argileux enrobe des galets émoussés et striés, parfois arrondis. Le type clas-

sique de ce sédiment est l'argile à blocaux: argile claire, gris-bleu ou gris-beige enrobant des galets. Mais nous appellerons moraine de fond toute une gamme de sédiments terreux dérivant de l'argile à blocaux par un enrichissement de celle-ci en sables et graviers.

Cette formation va revêtir complètement le plateau molassique, colmatant les accidents et empâtant toutes formes. C'est elle qui a donné au Plateau vaudois cette douceur de forme et cette impression de calme serein.

Nous noterons encore la présence relativement fréquente, en tout cas dans le vallon de l'Aubonne, de nappes de graviers et de sables intramorainiques. Elles peuvent atteindre quelques mètres d'épaisseur et correspondent probablement à d'anciens lits de torrents sous- ou intra-glaciaires.

LA MORAINE SUPERFICIELLE

La moraine superficielle recouvre par endroits la moraine de fond, telle une chape, résultant de l'accumulation des débris de matériaux glaciaires après la fonte de la langue de glace. Elle forme principalement les moraines latérales et frontales. Elle est faite d'un matériel plus grossier sans sédiments argileux ou presque. Le passage d'un type à l'autre est net ou graduel.

Nous avons observé une coupe au NE du «Tavelet», au voisinage du Moulin de Vaux, qui est un exemple de passage graduel. Il faut cependant mentionner combien il est souvent difficile de distinguer entre moraine remaniée et moraine superficielle. De par son mode de dépôt, cette dernière est appelée à être plus ou moins remaniée.

Notons cependant que H. Lagotala, après avoir constaté l'absence d'éléments jurassiens dans les gravières au S de Clarmont, et la présence d'un substratum de moraine de fond alpine, cite une des gravières, celle de Monteiller, comme présentant le type de la moraine remaniée (Lagotala, 1926).

Nous n'utiliserons le terme de moraine remaniée que dans le cas de reprise ultérieure de dépôts glaciaires par les agents d'érosion.

LE FLUVIOGLACIAIRE ET LE GLACIOLACUSTRE

Lorsque des matériaux d'origine glaciaire sont entraînés par un courant d'eau, ils acquièrent un faciès particulier, celui d'alluvions fluviatiles. Ce sont des limons, des sables, des graviers ou des galets roulés et stratifiés en lits plus ou moins cohérents, au front ou au large de la langue du glacier ou, éventuellement, sous le glacier. Leur transport est parfois insuffisant pour imprimer à tous les galets le caractère fluviatile. Une cimentation locale peut leur donner l'aspect d'un poudingue. C'est un cas relativement fréquent, en tout cas dans le vallon de l'Aubonne et dans les gravières de la région de Lavigny.

Un autre obstacle terminologique se dresse sur notre route, celui des termes fluvioglaciaire et glaciolacustre; comment trancher et appliquer l'un plutôt que l'autre? Il faut trouver des structures deltaïques qui seules permettent de trancher. Malheureusement, leur observation n'est possible presque que dans les gravières. Citons comme exemple les terrasses glaciolacustres de Lavigny (voir fig. 27).

Mais nous ne devons pas moins souligner l'exception de telles observations, et dans beaucoup de cas, la prudence nous porterait à utiliser le terme encombrant et lourd de «fluvio-glacio-lacustre».

LES ALLUVIONS DE LA CÔTE

Une excellente analyse historique de la question, accompagnée d'une très complète bibliographie, se trouve dans le remarquable travail de A. JEANNET (JEANNET, 1923). Aussi, nous ne retraiterons pas cette question et renvoyons nos lecteurs au dit ouvrage.

Fig. 27. Formation deltaïque visible dans une gravière de la Vaudallaz (village de Lavigny près Aubonne).

Ces «Alluvions de la Côte» reposent directement sur la molasse chattienne. Nous avons observé le contact par deux fois dans les ravins à l'W du village de Bougy. A. JEANNET signale la présence de calcaires marneux blanchâtres, à Limnées et Planorbes, dans la région de «Chez Callin». Nous n'avons pu retrouver ces affleurements, mais, par contre, nous avons récolté de nombreux débris de grès marneux d'origine molassique dans les vignes de cette région. Les affleurements observés montraient des alternances de marnes rougeâtres et de gros bancs de grès vert.

Les Alluvions sont formées de galets roulés, souvent mal lités, d'origine alpine et de lentilles de sables; le tout est plus ou moins cimenté et a l'apparence d'un conglomérat. Dans la région qui va du Signal de Bougy aux crêtes dominant Mont sur Rolle, les Alluvions de la Côte forment une véritable bande continue d'une vingtaine de mètres d'épaisseur. Cette bande a sa base à l'altitude apparemment constante, sur cette distance, de 620 m; elle se termine brusquement à la hauteur de l'ancienne gravière de «Chez Callin» et, semble-t-il, en biseau. A l'orient de la dite gravière, la falaise est composée d'argile à blocaux avec des niveaux de sables et de graviers intramorainiques, alors que le sommet de cette côte, sous et à l'W du point 707, montre une coupe d'une dizaine de mètres de sables et de graviers roulés et stratifiés horizontalement. Il y a donc dans la zone supérieure une moraine graveleuse lavée. Nous n'avons pas retrouvé dans les abrupts voisins la couche de

charbons feuilletés décrite par A. JEANNET. Il est possible qu'elle soit momentanément ou définitivement masquée. Aussi, renvoyons-nous nos lecteurs à l'excellente étude de cet auteur. Rappelons cependant que ces charbons contiennent une faune d'insectes et une flore bien déterminées. Le dépôt de cette formation se serait effectué lors «de récurrences fluviatiles ou même terrigènes», selon A. JEANNET. Au N du Signal de Bougy, à la corne E du bois des «Petits Devens», au bord de la route conduisant à «Le Creux», une gravière abandonnée montre une coupe de 5 à 6 m de sables d'apparence lehmique et de graviers roulés, avec des niveaux cimentés vers le haut de la tranche d'exploitation. Il existe un banc de galets cimentés à l'W du sentier en «S» qui descend de l'Hôtel du Signal de Bougy. Ce banc fut déjà signalé par A. JEANNET. De faible étendue, il est analogue aux Alluvions de la Côte. Il semble que ces alluvions furent en partie érodées après leur dépôt; ce phénomène fut déjà observé par A. FALCONNIER (FALCONNIER, 1931). Leur terminaison soudaine en biseau, à la gravière de «Chez Callin», nous paraît être une limite d'érosion. Donc, à l'E de la dite limite, l'érosion aurait été totale.

Disons encore que comme A. JEANNET (p. 517), nous avons souvent observé une cimentation superficielle des alluvions de la Côte, alors qu'ailleurs elle était quasi nulle. Donc tous les degrés de cimentation sont représentés et apparemment celle-ci est locale.

Nous reviendrons ultérieurement sur la question de l'âge de ces formations.

LES VALLUMS ET AUTRES FORMES DU MODELÉ GLACIAIRE

Si la notion de vallum est maintenant bien entendue par tout le monde, les autres formes glaciaires sont encore nommées de façon fort différente suivant les auteurs. Il importe donc de les bien définir.

La définition du terme de drumlin, précisée par A. BERSIER, est celle que nous avons adoptée (BERSIER, 1938); c'est aussi celle qu'avait utilisée antérieurement TH. BIÉLER (BIÉLER, 1901). «Le drumlin est un amas ovoïde de moraine de fond, à grand axe dirigé dans le sens du cheminement glaciaire».

Dans la région de Lavigny, au N, existe une légère éminence. BALTZER en avait fait un «kame». En se basant sur les matérieux la composant, sur sa structure qui, en coupe, est légèrement anticlinale, il avait conclu à: «Hiernach liegt ein Kame vor, welches subglacial, vielleicht aus zwischen zwei Gletscherzungen, gebildet wurde» (BALTZER, 1889, p. 386–387 et fig. 7). Or, un «kame» est pour nous une formation glaciaire déposée à l'intérieur du glacier par les eaux circulant dans la masse de glace. Ce que nous avons pu observer ne nous permet pas de faire de cette éminence un kame; pour nous, c'est simplement une terrasse glaciolacustre comme une gravière aux Pommériaz nous en donne la certitude.

Venons-en aux termes que nous avons souvent utilisés, ceux de *buttes morainiques* ou d'*amas de matériaux morainiques*. La forme de ces buttes est quelconque, mais ne rentre dans aucune des catégories susmentionnées. Ce sont des accumulations de matériaux morainiques, mais sans exclusion de la possibilité d'un noyau molassique.

LE COMPLEXE DES TERRASSES GLACIOLACUSTRES

Ces terrasses glaciolacustres sont visibles surtout dans la région d'Aubonne. Elles forment un complexe qui s'étend de Montherod jusqu'à la colline de Cotrable

près de Villars-sous-Yens. Elles furent étudiées par D. AUBERT dans une note détaillée à laquelle nous renvoyons nos lecteurs pour la description des faits et la partie historique (AUBERT, 1936).

En 1869, JACCARD note: «Enfin, si nous arrivons à la partie supérieure du plateau, à Lavigny, Châtel, Aubonne, nous retrouvons encore des couches stratifiées, irrégulièrement il est vrai, mais dans la formation desquelles l'intervention de l'eau ne saurait être méconnue.» (JACCARD, 1869, p. 22.) L'auteur note encore la présence pour moitié d'éléments jurassiens dans cette formation. JACCARD place ces terrasses dans les graviers diluviens superposés aux formations glaciaires et formant des gradins jusqu'au pied et contre les flancs du Jura au N, et au S, jusqu'aux terrasses lacustres. Mais ceci est non clairement exprimé.

SCHARDT fait passer par la région du vallon de l'Aubonne un glacier qui descendant du Jura aurait atteint Perroy, selon sa théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens (SCHARDT, 1898a et 1898b; RENEVIER & SCHARDT, 1899).

BALTZER a aussi étudié les terrasses d'Aubonne et y a trouvé une proportion de matériaux jurassiens par rapport aux matériaux alpins de 1 à 2,3 (BALTZER, 1899). Il pense même que ces formations furent à nouveau recouvertes par les moraines de fond alpines. Il cite, notamment, la colline de Jérusalem comme gisement type: «Ferner liegen die Weinberge südlich von St-Livres im Fluvioglacial, welches auch die mittlern Gehänge des nach drei Seiten isolierten Hügels von Jerusalem an der Aubonne bildet. Besteigt man aber den Grat desselben, so findet man typische Grundmoräne mit zahlreichen geschrammten Alpenkalken». Or, ce que BALTZER cite, c'est tout simplement un niveau plus ou moins cimenté de graviers et de galets roulés intramorainiques, sans rapport et sans liaison avec les terrasses de Lavigny.

H. LAGOTALA voit aussi, dans cette région, une superposition de la moraine de fond alpine à des graviers fluvioglaciaires (LAGOTALA, 1926).

En 1936, paraît la note de D. AUBERT qui reprend avec soin l'étude de ces formations. Il constate, comme nous l'avons fait nous-même, un plongement de 20 à 30° des couches de sables et de graviers vers l'aval, et note que la stratification est typiquement deltaïque. Il émet l'hypothèse de petits lacs temporaires et successifs retenus par le glacier du Rhône; le niveau de ces lacs s'abaisserait périodiquement avec le retrait du glacier (AUBERT, 1936). Non seulement nous souscrivons pleinement à cette façon de voir, mais nous pensons que le phénomène devait avoir une plus grande extension et une certaine généralité; ainsi, nous trouvons de ces terrasses glaciolacustres jusqu'au pied du Jura (AUBERT & FALCONNIER, 1946). La plaine de Bière étant fort proche de nos terrasses, la présence d'une certaine proportion de matériel jurassien mélangé au matériel alpin apparaît comme normale. Il fut probablement charrié par les torrents locaux qui alimentaient ces lacs temporaires et formaient de petits deltas.

LA COUPE DE L'ARNEY ET LE PROBLÈME DES VARVES (voir fig. 28)

Décrite une première fois par BALTZER sous le nom de «Creux d'Arney (BALTZER, 1899, p. 381 et fig. 3), puis par D. AUBERT sous celui de «glissement de terrain de Volailles» (AUBERT, 1936), nous en avons repris dernièrement l'étude.

Cette coupe surplombe le cours de l'Aubonne, sur rive gauche, environ 100 m en aval du point de confluence de cette rivière avec le petit torrent d'Arney. C'est un vaste glissement de terrain, formé par de nombreux glissements secondaires, sans cesse réactivés et de ce fait ne présentant pas toujours une coupe observable dans sa totalité.

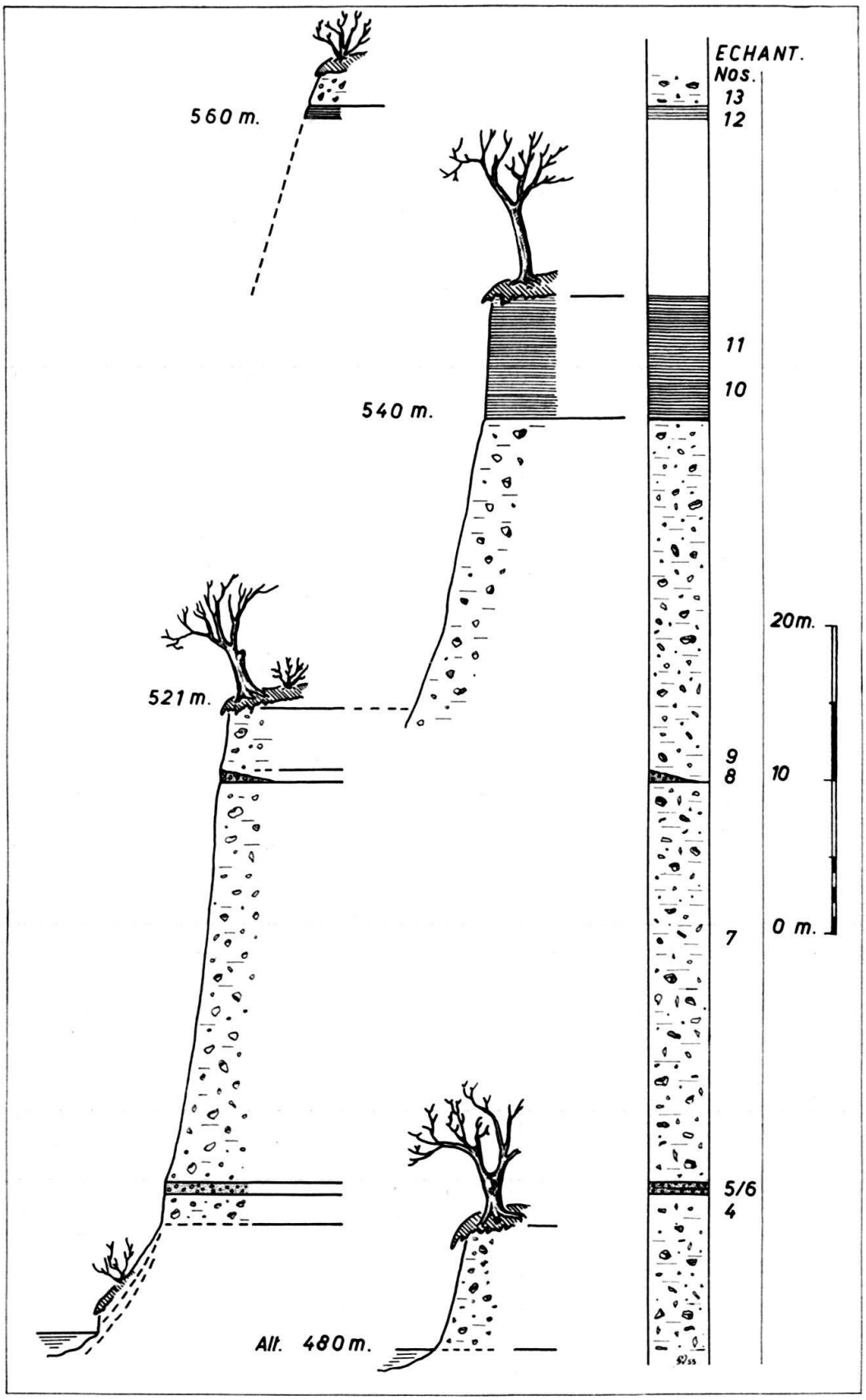
C'est une des plus belles coupes observables dans les formations glaciaires. Sa hauteur totale est de 83 m. Nous avons pris environ 10 échantillons (n^os^ des échantillons 4 à 13, voir fig. 28) qui furent étudiés au laboratoire en granulométrie et calcimétrie.

La coupe de l'Arney présente deux particularités: ses intercalations de sables et de graviers roulés dans la moraine de fond et son niveau de varves. Examinons-les l'une après l'autre.

Deux passées graveleuses sont visibles (n°s 5/6 et 8). Elles sont composées de sables et de graviers roulés, avec parfois des intercalations de fines bandes d'argile à blocaux (6). Leur extension est probablement faible, ainsi que le laisse supposer le niveau supérieur (8) qui se termine en biseau; ce ne sont problablement que des lentilles de graviers intramorainiques déposés par des torrents sous-glaciaires. Le transport par l'eau est évident. Relevons à ce propos que la bande supérieure, en biseau, passe insensiblement à l'argile à blocaux; elle est plus argileuse que l'inférieure et la proportion de galets subanguleux est assez élevée. Aucune trace de cimentation dans ces graviers intramorainiques de l'Arney; par contre, ailleurs un certain nombre de ces niveaux graveleux sont fortement cimentés et apparaissent, de ce fait, en relief sur les versants du vallon de l'Aubonne. D. Aubert en avait cartographié une partie et avait émis l'hypothèse d'une Aubonne ancienne, ceci en se basant surtout sur le fait que dans ces graviers intercalés «la teneur en éléments jurassiens est plutôt forte, quoique irrégulière». Falconnier, observant une couche de ces graviers fortement cimentés au Moulin de La Vaux, dans le vallon de l'Aubonne, à l'aval de la ville, en faisait des alluvions de progressions würmiennes «recouvertes par la moraine de fond du glacier du Rhône, durant son extension würmienne maximum» (Falconnier, 1931).

Nous avons observé que le transport par les eaux de ces sables et graviers est indiscutable; qu'ils forment des nappes dont l'épaisseur n'excède pas 2 m et dont les dimensions sont limitées; qu'elles sont souvent de forme lenticulaire. Leur cimentation est variable, nulle par endroits et si forte ailleurs que l'on peut parler de poudingue; le passage d'un extrême à l'autre se fait quelquefois sur une distance d'un mètre. Pour nous, la cimentation est locale et superficielle, et n'est pas du tout un critère d'ancienneté comme on l'avait cru longtemps. Joukowski avait déjà relevé ce point (Joukowski, 1928). A la suite de ces observations, il est normal que nous ne faisions pas de différence entre les affleurements des graviers cimentés cartographiés par D. Aubert et ceux de la coupe de l'Arney. De plus, leur altitude est variable et tout à fait quelconque. Il n'y a pas d'alignement ou de rapport visible entre ces différentes lentilles. Aussi ne nous rallions-nous à aucune des deux hypothèses susmentionnées; pour nous, ce sont des dépôts intramorainiques dus à des torrents sous-glaciaires et, à notre avis, rien ne permet de conclure à une origine plus particulière.

La deuxième particularité de la coupe de l'Arney est la présence d'une épaisse


ECHANT.
NOS.
13
12
11
10
9
8
7
5/6
4
560 m.
540 m.
521 m.
Alt. 480 m.
20m.
10
0 m.

couche de varves. Appelées souvent «argiles rubanées» par les auteurs, ce sont des feuillets argileux et sableux alternants. Nous avons observé la présence de véritables ripple marks dans cette formation. Les couches de sables interstratifiées peuvent atteindre jusqu'à 10 cm de puissance; une granulométrie faite sur ce matériel montre un hydroclassement très poussé. La base et le sommet de ce niveau de varves montrent un passage graduel aux argiles à blocaux.

SCHARDT indique sur sa feuille XVI (Atlas géologique suisse au 1:100000) un gisement d'argiles rubanées en amont sur la rive droite de l'Aubonne. D. AUBERT cite aussi la présence d'une coupe semblable à celle de l'Arney dans le ruisseau qui rejoint l'Aubonne près de l'usine électrique. Mais nous n'y avons pas trouvé trace de varves; il est vrai que les versants fourmillent de glissements de terrain de toutes tailles. Le premier qui a relevé la coupe de l'Arney fut BALTZER qui attribua, avec un point d'interrogation, aux argiles rubanées un âge interglaciaire (BALTZER, 1889, p. 381). Ce sont là les dépôts d'un petit lac sous-glaciaire ou plus probablement situé à la périphérie du glacier. Local et de faible étendue, il fut recouvert par l'une ou l'autre des pulsations du glacier würmien.

Des varves identiques se rencontrent interstratifiées dans la moraine de fond, 20 m à l'aval du pont coté 637, sur la Saubrette, 100 m en amont de sa confluence avec le Toleure, puis au milieu de la falaise dominant la rive droite du Toleure, en aval du point précédent, à 610 m d'altitude. Ces trois gisements sont donc voisins les uns des autres et relativement éloignés du gisement de l'Arney, à moins que la longue bande d'argiles rubanées cartographiée par SCHARDT corresponde à quelque réalité. Comme il est difficile de paralléliser les divers affleurements de la région du Toleure, il semble qu'il s'agit de dépôts locaux et de faible étendue, plutôt que d'un niveau continu de varves.

LES BONDS DE BIÈRE

Ces bonds sont connus depuis très longtemps et ont été l'objet de nombreuses études (DE LA HARPE, 1835; NECKER, 1841; DESOR, 1844; JACCARD, 1869; GAGNEBIN, 1913).

Ce sont des sortes de cratères vomissant périodiquement une eau très limoneuse, principalement lors des fortes pluies du printemps, plus rarement en automne. Ce sont des sources intermittentes, alimentées par des nappes aquifères emprisonnées entre deux couches argileuses sises sous ou dans les alluvions de la plaine. Les bonds observés, dont le limon fut étudié en granulométrie et calcimétrie, se trouvent à l'E–SE de Bière. Leur limon, fortement argileux, est gris-bleu.

L'étude de ces bonds n'apporte aucune conclusion intéressante sur le sous-sol de la plaine de Bière.

Fig. 28. Coupe de l'Arney dans les formations glaciaires würmiennes de la vallée de l'Aubonne.

13	argile à blocaux	
12	varves	0,9 m
	lacune	11,0 m
10/11	varves	8,0 m
9	argile à blocaux	13,5 m
8	lentille de sable argileux et de graviers subanguleux	
7	argile à blocaux	26,0 m
5/6	sables et graviers roulés	0,8 m
4	argile à blocaux	10,0 m

ESQUISSE GÉNÉRALE DES DÉPÔTS GLACIAIRES DE LA RÉGION

La formation probablement la plus ancienne de notre région est celle des «Alluvions de la Côte». Leur repos sur la surface érodée des assises tertiaires a déjà été cité. Les sédiments tertiaires les plus jeunes observés à leur contact sont les calcaires lacustres. Les alluvions, plus ou moins stratifiées horizontalement, sont composées de sables, galets et blocs, d'origine alpine, roulés par les eaux. Elles sont plus ou moins cimentées par endroits et ont un caractère torrentiel très net. Ces alluvions furent, elles-mêmes, érodées avant le dépôt de la moraine de fond würmienne qui les recouvre.

Les auteurs sont, semble-t-il, d'accord pour dire qu'elles sont parmi les dépôts quaternaires les plus anciens de la région lémanique.

Découvertes par L. A. NECKER en 1841, ces alluvions firent l'objet de nombreuses études et de presque autant d'hypothèses (NECKER, 1841, p. 275 à 276). Pour A. JACCARD, ce serait une formation torrentielle déposée lors de la progression du glacier du Rhône (JACCARD, 1869). Ces alluvions seraient en continuité avec celles de Genève pour E. BRÜCKNER (BRÜCKNER, 1886). F. A. FOREL les parallélise avec celles de la Dranse et en fait «des dépôts d'affluents torrentiels latéraux qui, venant buter contre le corps du grand glacier du Valais, y formaient des étangs locaux, à des altitudes diverses, sans relation les uns avec les autres, analogues à ceux que nous voyons sur les bords de tant de glaciers» (FOREL, 1892).

H. SCHARDT les considère d'abord comme alluvions de retrait du glacier rissien (SCHARDT, 1895). Puis, dans la notice explicative de la feuille XVI, 2e édition, il reconnaît le caractère de cette alluvion, mais note: «les graviers ont la disposition imbriquée, propre aux dépôts torrentiels non immergés». Puis, il observe que «les graviers de l'alluvion ancienne, cimentés en forme de poudingue, se relient nettement à de la moraine»; nous ne sommes évidemment point d'accord avec cette dernière observation (SCHARDT & RENEVIER, 1899, p. 98). Plus tard, il affirmera que ces dépôts proviennent des deux premières glaciations (SCHARDT, 1908).

B. AEBERHARDT examine la possibilité discutée de relier ces Alluvions de la Côte au niveau de graviers intramorainiques du vallon de l'Aubonne. Il admet que les alluvions furent déposées par un torrent qui coulait de Lausanne vers Genève (AEBERHARDT, 1903).

E. BRÜCKNER, lui, pense que ces alluvions seraient de progression würmienne (PENCK & BRÜCKNER, 1909, p. 563–566). W. KILIAN et J. RÉVIL ont la même opinion que E. BRÜCKNER, mais ils se basent sur d'autres critères (KILIAN & RÉVIL, 1918). Plus près de nous, A. JEANNET, parlant de l'âge de ces alluvions, note: «la plupart des auteurs sont actuellement d'accord pour considérer comme würmienne cette grande épaisseur de dépôts morainiques» (JEANNET, 1923). E. JOUKOWSKI admet que ces dépôts datent de l'une des deux premières glaciations (JOUKOWSKI, 1923). Quelques années plus tard, dans une étude sur la cimentation des poudingues, il donne comme hypothèse que ces alluvions représentent le retrait rissien, période climatiquement favorable à la cimentation (JOUKOWSKI, 1928). Dans sa thèse, A. FALCONNIER émet l'hypothèse suivante: «nous envisagerions ces alluvions anciennes comme étant d'anciennes moraines latérales du glacier rissien complètement remaniées» (FALCONNIER, 1931). Dans la notice explicative de la feuille 25 (Atlas géologique de la Suisse au 1:25000), ce même auteur, parlant de ces allu-

vions anciennes, les appelle «graviers préwürmiens (interglaciaires Riss-Würm?)» (FALCONNIER, 1951). Quant à nous, nous ne connaissons aucun critère nous autorisant à trancher entre ces diverses hypothèses. Nous pensons, en nous basant sur le caractère torrentiel, que ce matériel fut transporté par les eaux de fonte du glacier du dos de celui-ci contre ses flancs, plutôt qu'amassés sur les côtés de la masse de glace, car alors comment expliquer l'absence quasi totale de galets jurassiens? D'autre part, il est certain que ce dépôt n'a pu se faire lors du retrait du glacier würmien puisqu'il fut recouvert, après son dépôt et son érosion, par de la moraine de fond würmienne, elle-même surmontée par de la moraine superficielle remaniée et stratifiée à un point tel que l'on peut parler d'un véritable fluvioglaciaire. Par contre, les Alluvions de la Côte furent peut-être déposées lors d'une pulsation du glacier würmien du Rhône. Mais il nous apparaît plus probable que ces dépôts datent de la progression du glacier würmien ou du retrait rissien. Mais rien ne permet de trancher entre ces deux hypothèses.

La théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens émise par H. SCHARDT souleva une vive polémique. J. DE CHARPENTIER et I. VENETZ avaient déjà parlé de ce phénomène très logique (de CHARPENTIER, 1841, et VENETZ, 1843). Mais H. SCHARDT lui donna une ampleur considérable puisque, par exemple, le glacier venant de Bière et empruntant le vallon de l'Aubonne arrive jusque près de Perroy à environ 420 m d'altitude et à moins d'un km du bord actuel du Léman (SCHARDT, 1898a et 1898b; RENEVIER & SCHARDT, 1899). Le processus suivant est invoqué par H. SCHARDT: après le retrait du glacier du Rhône, les masses glaciaires du Jura, qui avaient été jusqu'alors endiguées, se sont écoulées dans la direction du Plateau suisse et ont recouvert la surface à peine abandonnée par le glacier rhodanien. Cette façon de voir fut vivement combattue, à l'époque, par A. BALTZER (BALTZER, 1899), par B. ÆBERHARDT (ÆBERHARDT, 1902) et F. MACHACEK (MACHACEK, 1903). A. BALTZER relevant, entre autre, la longueur excessive (12 km environ) de ce glacier de l'Aubonne et la disproportion avec son bassin d'alimentation, en nie la possibilité au point de vue climatique. De même, il note l'absence de moraines terminales et le fait que les moraines récentes du glacier du Rhône contiennent «localement» beaucoup d'éléments jurassiens.

Actuellement, la récurrence des glaciers jurassiens telle que la concevait H. SCHARDT n'est plus admise; mais, de nombreux auteurs admettent par contre une certaine, mais faible, extension des glaciers du Jura qui ne dépasse pas le débouché des vallées ou le pied immédiat de la montagne.

Le malentendu et la confusion qui régnèrent dans ce domaine proviennent, comme l'a déjà dit J.-P. PORTMANN dans sa thèse, de la mésentente sur le sens à donner au terme de «moraines locales». E. FREY, parlant de la récurrence des glaciers jurassiens basée sur la teneur en éléments autochtones des moraines du pied du Jura, admet que les valeurs comprises entre 30 et 70% sont dénuées de signification (FREY, 1925). G. LUNDQVIST appelle locale une moraine qui contient plus du 80% d'éléments autochtones, dans le cas particulier: jurassien (LUNDQVIST, 1935). J.-P. PORTMANN ne retient pas de pour-cent particulier, mais admet que «seule la présence ou l'absence de roches caractéristiques provenant du bassin d'alimentation de ces glaciers jurassiens, ainsi que l'étude de l'orientation des constituants de ces formations fourniraient des arguments décisifs». C'est une opinion

prudente, qui jointe à la constatation que, pour les auteurs, le pour-cent de matériel jurassien doit être élevé, en tout cas plus de la moitié, a renforcé notre propre opinion.

Sur ce terrain, nous n'avons pas observé de moraine jurassienne typique et en place. Et la provenance de ce que nous avons vu est souvent bien incertaine. Aussi, il va de soi que la théorie de H. SCHARDT ne jouera pas de rôle pour notre région et l'existence d'un glacier de l'Aubonne n'a même pas un semblant de réalité lorsque l'on étudie cette région sans l'extraire du cadre des régions avoisinantes.

Le glacier würmien s'est étendu sur toute la région étudiée, déposant partout ses moraines de fond et par endroits ses moraines superficielles et ses formations fluvioglaciaires et glaciolacustres. Il n'y a pas de restes de la glaciation du Riss discernables, si ce n'est, éventuellement, les Alluvions de la Côte. Nous avons précédemment discuté et rejeté l'existence de l'interglaciaire observé dans la région de St-Livres. Aussi l'histoire quaternaire de ce terrain, telle que nous avons pu la déchiffrer, est essentiellement d'âge würmien. La voici dans ses grandes lignes:

Si nous observons l'ensemble de cette région, nous voyons que nous pouvons la diviser en trois zones, soit au pied du Jura une bande large de 2 à 3 km de fluvioglaciaires jurassiens et alpins orientée SW–NE, à peu près dans cette même orientation une seconde zone large de 3 à 5 km caractérisée par une morphologie indistincte, résultat d'une accumulation de matériel glaciaire contenant, par endroits, des quantités importantes d'éléments jurassiens, et enfin, une troisième zone, de largeur très variable, où les vallums morainiques sont bien individualisés, où les éléments jurassiens sont absents et où l'épaisseur du matériel glaciaire a fortement diminué, laissant apparaître, par endroits, le substratum molassique. Nous pensons que le glacier du Rhône a stationné longtemps sur l'emplacement de la zone médiane et que ses oscillations ont imbriqué, trituré et déformé en amas souvent informes ses dépôts les plus caractéristiques. Puis, le retrait se fit rapide et saccadé.

La zone du pied du Jura est donc caractérisée par du fluvioglaciaire recouvrant de la moraine de fond alpine. Ce fluvioglaciaire est composé d'éléments alpins et jurassiens en proportions variables. La plaine de Bière et ses prolongements de «La Taille» et de «Le Crépon», ainsi que les plateaux de Saubraz et des Ursins sont faits de vastes atterrissements de graviers et de sables fluvioglaciaires composés d'une très forte majorité d'éléments jurassiens.

Dans la zone médiane ou zone des amas de matériaux glaciaires remaniés, la proportion d'éléments jurassiens est très variable: forte dans la région de Montherod-Lavigny, de Ballens, de Froideville, elle est nulle dans la région d'Apples-Clarmont. Cette zone n'est, bien entendu, pas exempte de fluvioglaciaire. Mais celui-ci est plus localisé. Cette barrière d'accumulation de matériaux glaciaires joue un rôle important dans l'hydrologie de la région. Cette zone est caractérisée dans la région d'Aubonne, par une série de terrasses glaciolacustres formées dans de petits lacs temporaires, sortes de lacs de barrage dont la digue de retenue serait, le plus souvent, le glacier lui-même. Ces terrasses forment des gradins qui vont jusqu'au pied du Jura, et la plaine de Bière, ainsi que les plateaux voisins ne sont probablement pas autre chose qu'une amplification importante de ce phénomène. A. BALTZER a vu près de la colline de «Chante Merle» une terrasse, qui serait un reste d'un delta de l'ancienne Aubonne; ce qui lui a fait admettre la présence d'un

lac de barrage d'au moins 50 m de profondeur entre le Jura et la barrière de glace du glacier du Rhône (BALTZER, 1899, p. 390). Cette vision des choses se rapproche de la nôtre, car pour nous, les graviers de la plaine de Bière se sont déposés dans un lac de faible profondeur ou représentent les alluvions d'un delta plus ou moins immergé.

Quant à la proportion variable d'éléments jurassiens dans les deux premières zones, elle peut fort bien s'expliquer:

1. Les dépôts glaciaires ont été augmentés par l'apport des cours d'eau jurassiens, alors que le glacier du Rhône stationnait à quelque distance du Jura, ou après son retrait. Dans le premier cas, ils auraient été repris et mélangés en partie par le glacier. Cette hypothèse impliquerait, évidemment, une certaine récurrence des glaciers jurassiens, récurrence dont nous ne nions pas l'existence, mais dont nous n'avons pas observé de traces dans cette région.

2. Au début de la glaciation würmienne, les glaciers jurassiens, plus près de leur source, auraient atteint cette région avant le glacier du Rhône. Celui-ci aurait donc incorporé, par la suite, les moraines de ces glaciers, ce qui expliquerait que, suivant la trituration subie, la proportion en matériel jurassien soit variable. Il va de soi que suivant ce processus ces éléments ne seront pas nécessairement autochtones, mais pourront avoir été entraînés par le glacier rhodanien le long du pied du Jura.

3. Pendant la glaciation, des névés et de petits glaciers jurassiens apportaient au glacier du Rhône une certaine quantité de matériel qui se mélangeait avec le matériel alpin. Sans oublier aussi que le glacier rhodanien arrachait au Jura toutes sortes de matériaux lors de sa progression. Matériaux qui se mélangeaient immédiatement avec le matériaux alpins en proportions variables au gré des courants intra- ou sous-glaciaires. Cette proportion devenant plus faible lorsqu'on s'éloignait des flancs du Jura.

Voyons maintenant la troisième zone que nous appellerons zone des vallums morainiques ou zone du retrait würmien. Si l'on observe cette zone, dont la limite occidentale va de Rolle à Etoy, Denens et Apples, on remarque immédiatement que de Rolle à Tolochenaz on ne voit que des vallums longitudinaux, alors qu'au N et à l'E de Tolochenaz seuls sont représentés les vallums transversaux (par rapport au sens d'écoulement des eaux du Léman). Dans la région de St-Prex, proche de la ligne de démarcation, se situe un fort beau complexe morainique avec moraine latérale EW arquée vers le S à son extrêmité W. A l'E cette moraine est relaiée par le complexe des moraines transversales (N–S) de Tolochenaz–Denens; encore plus à l'E viennent les complexes de Lonay–Aclens et finalement d'Ecublens–Renens. Entre ces trains morainiques sont visibles de nombreux vallums intermédiaires et un ensemble mal défini à l'E et au SE des asiles de Lavigny.

Il faut encore citer la présence de formations fluvioglaciaires au pied de certains vallums ou entre deux vallums parallèles: Bussigny, Colombier, Clarmont et Burnens. Des varves marquent les emplacements de lacs de barrage temporaires provoqués par le corps du glacier lui-même: région de la confluence de l'Irence et du Boiron, région de Bussigny et régions déjà décrites de la Saubrette-Toleure et de l'Arney. Dans la région de Bussigny, rien ne permet de déterminer avec certitude l'agent d'obstruction de l'ancienne vallée de la Venoge. La présence de

gros blocs erratiques interstratifiés dans les varves et dont le transport par des glaces flottantes semble probable, impliquerait la proximité immédiate du glacier. De là à admettre qu'il fit lui-même digue de retenue des eaux de ce lac temporaire, il n'y a qu'un pas. Ainsi s'expliquerait l'absence de toutes traces d'un barrage morainique quelconque.

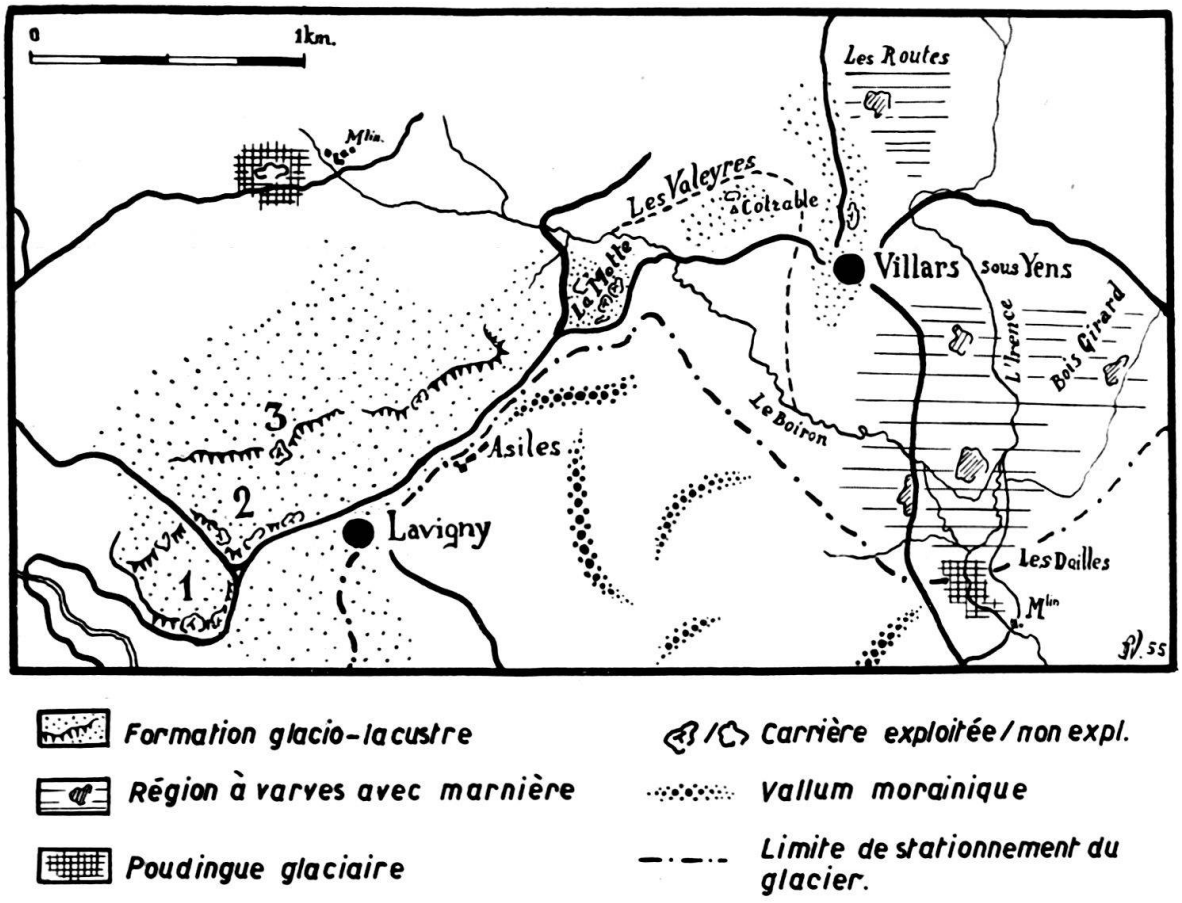


Fig. 29. Esquisse du würm de la région de Lavigny.

La région de Lavigny montre un complexe étendu de terrasses glaciolacustres. Celles-ci sont étagées et montrent une structure deltaïque indiscutable (voir fig. 27, p. 204). La région de «La Motte» marque la limite E de cette zone et fait penser à un vaste cône de déjection auquel se rattacherait la colline de Cotrable. Il est même probable que le lieu où a été bâti le village de Villars-sous-Yens fait encore partie de ce complexe. Plus en aval, la région du Moulin de Villars, de l'Irence et de Bois Girard montrent la présence de varves exploitées activement. Plus en aval encore, vers «Les Dailles», le Boiron dut éroder des poudingues d'origine glaciaire. Il semble donc que lors de son retrait le glacier du Rhône ait stationné un peu au S du village de Lavigny et dans les environs E des Asiles, s'invaginant légèrement en direction du S dans la région des «Dailles». C'est à ce moment que se sont déposées les terrasses dans un lac de barrage relativement étendu. Les matériaux les composant venaient du NW, de la région de St-Livres, et comportaient une certaine proportion d'éléments jurassiens. Les courants transporteurs

longeaient la barrière de glace, déposant dans la région de Cotrable les sables et plus en aval les argiles fines des varves. Dans la région des Dailles, extrêmité S de ce lac de barrage, les eaux de fonte et les vagues trituraient plus ou moins un matériel provenant des flancs du glacier. Ce sont ces sédiments qui ont formé le poudingue susmentionné. Ce lac s'étendait en tout cas jusque dans la région de «Les Routes», alors que plus à l'E nous manquons de données. Puis vint le retrait du glacier, qui abandonna une série de moraines disposées en tous sens dans la région allant d'Arborex au N, à Bois Billens au S. Ces moraines forment un complexe quasi indéchiffrable. Enfin, le Boiron actuel compliqua encore le déchiffrement de l'histoire géologique de cette contrée (voir fig. 29) en taillant un premier cours qui ceinturait la colline de Cotrable dans la région de «Les Valeyres», puis un deuxième cours, l'actuel, qui isola cette colline de la zone de La Motte.

Cette longue description est un exemple montrant la complexité des problèmes que posent au géologue les formations quaternaires. Disons encore que la solution trouvée est presque toujours incertaine et, nous en sommes conscient, c'est aussi le cas pour celle que nous venons d'envisager.

Les lacs de barrage contre les flancs du glacier durent être très fréquents. Mais comme ils étaient tributaires des conditions topographiques locales, il faut, à notre avis, perdre tout espoir de pouvoir, pour le moment du moins, relier leurs terrasses entre elles, et établir ainsi une chronologie glaciaire.

Puis vint l'époque des terrasses lacustres qui intéresse plus particulièrement la bordure S de notre terrain.

Les terrasses lacustres

LE DELTA DE LA VENOGE

Le passage du delta actuel à la «terrasse de 3 m» est absolument graduel. Seule la gravière du Laviau en exploitation donne une indication et permet de reconnaître l'existence de la «terrasse de 3 m», sur rive gauche. La partie immergée du delta a fait l'objet de nombreuses, successives et temporaires exploitations. Celles-ci furent de deux types: dragage, et il y a une cinquantaine d'années encore, exploitation à la pelle des berges sableuses de l'embouchure et de la rive s'étendant vers l'E. Actuellement, la seule exploitation existante est une gravière ouverte au point de coordonnées 531, 400/151. 250, au lieu dit «Le Laviau». Nous reviendrons sur cette gravière.

La seule vision possible de la structure interne du delta se trouve dans cette gravière. Ce sont des couches inclinées et alternées de sable et de gravier roulés et mélangés en toutes proportions. Pas la moindre trace d'argile. Au point coté 374, au SE de la terrasse du Laviau, des argiles à blocaux remaniées apparaissaient sous la nappe alluviale du delta. Cette coupe n'est actuellement plus visible. Au NE de ce point 374, se trouvent plusieurs puits et même une zone marécageuse avec quelques petites sources au pied de la «terrasse de 30 m». Il semble donc qu'en cet endroit la couverture alluviale, épaisse de quelque 1 à 3 m, repose sur un substratum d'argile probablement glaciaire.

Sur rive droite de la Venoge, un grand affleurement de molasse tertiaire est partiellement visible en période de très basses eaux. De nombreux blocs erratiques

sont immergés en cet endroit. Rappelons à ce propos que FOREL a signalé la présence d'une moraine immergée au large de Préverenges (FOREL, 1887).

Au lieu dit «Les Roseaux», s'étend un vaste marécage dont la forme en boucle semble indiquer la position d'un ancien méandre de la Venoge.

A la hauteur du pont de la route cantonale, le cours de la Venoge est encaissé sur une cinquantaine de mètres. En amont de ce goulet, la rivière coule dans une plaine alluviale de formation récente. Celle-ci se poursuit jusque hors de notre carte, la Venoge alluvionnant sur une grande partie de son cours.

«La terrasse de 10 m» fait totalement défaut dans la région de l'embouchure de la Venoge; seule celle de 30 m est visible sur rive gauche où elle forme un grand replat qui s'appuie contre le vallum morainique d'Ecublens–St-Sulpice. Les alluvions de cette terrasse se sont déposées jusqu'à St-Germain–Bussigny. Elles firent l'objet de nombreuses exploitations dans la région de St-Sulpice. Lorsque nous recueillîmes l'échantillon n° 72 (voir fig. 31, p. 230), nous trouvâmes un éclat de silex atypique; cette rencontre exceptionnelle dans ce matériau fit que nous consultâmes R. M. SAUTER qui ne décela pas trace d'actions humaines sur cet éclat. Il n'a été trouvé dans cette terrasse que des ossements de Renne (*Rangifer tarandus* LIN.) (GAGNEBIN, 1935), et une coquille de limnée qui fut égarée avant sa détermination.

Sur rive droite, les terrasses ne sont pas marquées et ont probablement été effacées par le ruissellement des eaux, les glissements de terrain ou l'action de la Venoge.

LA GRAVIÈRE DU LAVIAU

Cette gravière a été ouverte récemment au lieu dit «Le Laviau», sur rive gauche de la Venoge, à quelque cent mètres du rivage. Au point de coordonnées 531,380/151,130.

Les trouvailles faunistiques que nous avons faites dans cette gravière nous poussent à la rattacher à la terrasse de 3 m.

La profondeur moyenne de la gravière est de 200 cm, l'exploitation étant limitée vers le bas par le niveau des eaux du lac. Il y fut relevé la coupe caractéristique suivante, de bas en haut: 180 cm de sable et de gravier en formation deltaïque recelant une faunule malacologique et recouverts par 20 à 30 cm de terre arable plus ou moins tourbeuse, avec, par endroits, des débris de tuiles romaines à la base.

La structure de ce matériel est entrecroisée par endroits et ailleurs régulièrement inclinée de 10° vers le S–SE. Les galets sont prépondérants au S de la carrière, alors que le sable est nettement dominant vers le N. L'origine deltaïque du dépôt est absolument certaine.

Si l'on admet que la terrasse de 3 m est contemporaine de l'époque romaine, les débris de tuiles trouvés dans la couverture arable nous amènent à rattacher cette gravière à la dite terrasse.

Nous avons recueilli en un point de la gravière, à une profondeur de 60 cm environ, des ossements de mammifères. Il s'agit probablement d'une sépulture, donc d'ossements humains. Nous devons à A. JAYET la détermination et l'énumération des pièces suivantes: *fragments de deux fémurs, de tibias, d'humérus, fragment cranien.* Il y a aussi une *apophyse épineuse d'une vertèbre de mammifère,* probable-

ment d'un bœuf ou d'un cheval. Rappelons à ce propos le voisinage immédiat d'une station lacustre importante (FOREL, 1909).

Dans toute la formation, nous avons récolté une faune malacologique abondante, excepté dans la couverture végétale. Cette faune est répandue uniformément ou, par strate très localisée. Seule la partie S de la gravière a livré des valves d'Unios. Nous avons déterminé cette faune et largement usé de l'offre obligeante de A. JAYET qui a bien voulu contrôler nos déterminations. L'inventaire des trouvailles est le suivant:

Mollusques terrestres:

Retinella nitidula (DRAP.)	1 exemplaire
Fruticicola strigella (DRAP.)	1 exemplaire
Fruticicola hispida (L.)	abondant
Goniodiscus rotundatus (MÜLL.)	plusieurs exemplaires
Vallonia costata (MÜLL.)	1 exemplaire
Pupilla sp.	1 fragment
Euconulus fulvus (MÜLL.)	1 exemplaire incomplet
Clausilia ventricosa (DRAP.)	1 fragment
Clausilia dubia? (DRAP.)	1 fragment
Helicodonta obvoluta (MÜLL.)	3 exemplaires
Jaminia tridens (MÜLL.)	1 exemplaire
Cochlicopa lubrica (MÜLL.)	plusieurs exemplaires
Succinea Pfeifferi (ROSSM.)	plusieurs exemplaires

Mollusques aquatiques:

Limnea ovata (DRAP.)	4 jeunes individus
Limnea palustris (MÜLL.)	abondant
Limnea stagnalis (L.)	1 exemplaire
Limnea truncatula (MÜLL.)	plusieurs exemplaires
Planorbis carinatus (MÜLL.)	var. *typique* plusieurs ex. var. *turgidus* (WESTERL.) abond. var. *intermédiaire* entre le *type* et la var. *debilis* (FAVRE)
Bythinia tentaculata (L.)	très abondant
Valvata piscinalis (MÜLL.)	plusieurs exemplaires
Unio batavus (LMK.)	très abondant
Pisidium amnicum (MÜLL.)	plusieurs exemplaires

Le mélange des faunes terrestres et aquatiques est normal le long du cours d'une rivière ou à son embouchure.

Ce que nous tenons à signaler, c'est l'importance du gisement en valves d'*Unio batavus* (LMK.); en effet, nous avons découvert plus d'une centaine de ces valves dans cette gravière du Laviau. Nous avons pensé que nous nous trouvions devant la variété *squamosus* décrite par J. DE CHARPENTIER (DE CHARPENTIER, 1837), mais la taille des coquilles était trop faible et ne correspondait pas aux dimensions données pour cette variété par l'auteur. Après avoir vainement cherché l'holotype dans la collection de J. DE CHARPENTIER, nous avons limité notre détermination

à l'espèce. Citons à ce propos SCHNITTER: «Aus der Einmündung der Venoge in den See besitze ich einige Exemplare von *Unio Batavus*, die sehr klein sind und als die gewöhnlichen Seeformen angesehen werden können. Oberrand und Unterrand verlaufen parallel.» (H. SCHNITTER, 1922.) L'*Unio batavus* semble avoir été fréquent dans le Léman il n'y a guère longtemps. Nous citerons les trouvailles de F. A. FOREL, l'une dans les anciens fossés du château de Morges, et l'autre dans les fouilles faites lors de la construction du Casino de cette même ville (FOREL, 1870). Des coquilles subfossiles ont été trouvées «dans les anciens rivages du lac, lorsque les eaux étaient de 2 à 5 m plus élevées que le niveau actuel». F. A. FOREL en a aussi trouvé dans les ruines du palaffite des Roseaux, près de Morges, ainsi qu'une valve à l'embouchure du Bief (FOREL, 1868 et 1900). H. SCHARDT a signalé une valve recueillie dans le limon des Tattes, près de Nyon (SCHARDT, 1889). Des exemplaires vivants ont été trouvés à la pointe à la Bise, près de Genève, alors que F. A. FOREL récolta des dizaines de valves fraîches, mais vides de l'animal dans le delta immergé de la Venoge. H. SCHARDT présenta trois animaux recueillis vivants à Villeneuve, entre l'embouchure de l'Eau Froide et celle du Grand Canal. Les Unios semblent être relativement fréquents dans les canaux, fossés et ruisseaux des environs de Villeneuve, mais excessivement rares dans le lac (ZWIESELE, 1913). Nous citons H. SCHARDT (SCHARDT, 1887): «Ce sont peut-être (les trois exemplaires susmentionnés) les derniers survivants de l'espèce en voie de s'éteindre dans le lac, car il est certain que l'Unio batavus était très fréquent à une époque qui n'est pas très éloignée, à en juger par la présence de ces valves à l'état subfossile dans les limons de certains endroits de la rive, et dans les anciens sédiments lacustres reposant sur les dépôts glaciaires à la hauteur de 2 à 5 m au-dessus du lac.» Cette citation de H. SCHARDT exprime fort bien notre pensée; seuls le bon état de conservation des valves récoltées, leur abondance et l'association faunistique qui les accompagne rendent important le gisement du Laviau.

LA DÉPRESSION DU BIEF

C'est une chose remarquable que cette large dépression, qui va de Denges à St-Jean, comparée à la petitesse du ruisseau qui semble l'avoir creusée. Il y a une disproportion qui choque. Mais regardons quelles sortes de sédiments l'occupent. D'abord ce sont des argiles lacustres qui s'étendent de l'embouchure du Bief jusqu'au voisinage de la gare de Denges-Echandens, un peu à l'W. Elles firent l'objet d'exploitations il y a encore une cinquantaine d'années (LETSCH, ZSCHOKKE, ROLLIER et MOSER, 1907). La région de la route qui va de Denges à Echandens recèle du sable et des graviers. Cette zone sablo-graveleuse s'étend en une bande plus ou moins large jusque vers «La Chocolaterie». Au NE du cimetière d'Echandens, se trouvent d'anciennes exploitations de graviers. En résumé, en allant d'amont en aval, on rencontre, dans l'ordre, des graviers et des galets, des sables, des argiles. Cet hydroclassement normal indiquerait un courant venant de l'amont, soit de la région de Denges. Et l'hypothèse d'une ancienne Venoge empruntant la dépression du Bief est plausible. Surtout si l'on songe qu'à l'époque du dépôt de la «terrasse de 30 m», la côte de Préverenges était une île assez éloignée des côtes. En effet, tant la dépression du Bief que celle de la Venoge actuelle avaient près d'un kilomètre de large, et jusqu'à Bussigny s'étendait un vaste golfe.

LE DELTA DE LA MORGES

Extrêmement étendu, il n'est localisable que par l'examen des fouilles lors de constructions ou de travaux divers qui entament profondément le sous-sol de Morges. Des dépôts modernes ou anciens, dont souvent on a perdu jusqu'au souvenir, en ont altéré la morphologie. Notons à ce propos la plaine gagnée sur le lac à l'W de l'embouchure de la Morges.

Des travaux au SW de la gare ont mis en évidence une nappe alluviale composée de sable, de gravier et de galets roulés, d'épaisseur variable, mais voisine de 2 m. Cette nappe repose sur une couche de limon.

Rappelons les trouvailles de F. A. Forel (voir p. 218) et ajoutons-y celle d'*Unio tumidus* dans la vase des anciens fossés de la ville de Morges (Forel, 1894). Si l'existence actuelle d'Unio batavus dans les eaux du Léman est probable (Forel, 1900), celle d'Unio tumidus est niée par l'auteur qui admet sa disparition de la faune actuelle. Il semblerait donc que ce delta est pour le moins contemporain de l'époque de la formation de la «terrasse de 3 m».

Au lieu dit «En Chanel», le gradin de la «terrasse de 30 m» est bien net au N de la voie du chemin de fer.

Sur rive droite, la présence d'alluvions lacustres est incertaine, excepté celles du delta récent. Il semble cependant que les collines de la Prairie et de la Chaumière soient formées d'alluvions d'origine lacustre (Forel, 1895). L'absence de bonnes coupes nous a toujours empêché de trancher ce point.

LE DELTA DU BOIRON

La partie actuelle du delta du Boiron se confond avec la «terrasse de 3 m»; le passage est graduel. Les dépôts de détritus modernes comblent les marécages et masquent la morphologie primitive. La partie immergée du delta fait l'objet de dragages pour l'exploitation des sables et graviers. Sa morphologie est donc sans signification pour nous.

La terrasse de 10 m du Boiron est en voie de disparition, une gravière la rongeant lentement. Elle est intéressante et fit couler beaucoup d'encre. La structure deltaïque visible dans la gravière est remarquable; elle fut altérée, par endroits, par des sépultures lacustres d'âge du bronze, d'après F. A. Forel (Forel, 1910). On voit très nettement les couches horizontales reposant sur des couches inclinées de quelque quinze degrés au SE. La couverture de cette terrasse est composée principalement d'un sable grossier et terreux de couleur rousse. De petits blocs atteignant 30 à 50 cm sont relativement fréquents parmi les graviers et les galets. F. A. Forel, en 1895, signale la présence dans cette terrasse d'un bloc de «gneiss micacé alpin» de plus du demi-mètre cube (Forel, 1895). Nous reviendrons sur cette question ultérieurement. Citons encore une autre observation faite par le même auteur, celle d'un pavé formé de galets juxtaposés de la grosseur d'une tête d'enfant. Ce pavé se trouvait à la limite inférieure des couches horizontales qui recouvrent les couches inclinées de la terrasse immergée, déposées lorsque le Léman avait son niveau de 8 m supérieur au niveau actuel (Forel, 1908).

Cette terrasse de 10 m du Boiron livra une faune malacologique étudiée à diverses reprises. En 1854, A. Morlot signale la présence, «sous une profondeur

d'environ trois pieds de gravier, d'une couche argilo-sableuse, calcaire et blanche, de 3 à 4 pouces d'épaisseur, renfermant un assez grand nombre de coquilles blanches et friables, mais du reste bien conservées, que J. DE CHARPENTIER a eu la bonté de déterminer comme suit:

Limneaus vulgaris	(PFR.)
Limneaus pereger	(DRAP.)
Limneaus palustris	(MÜLL.)
Limneaus minutus	(DRAP.)
Paludina impura	(LAM.)
Valvata piscinalis	(NILSON)
Planorbis marginatus	(MÜLL.)

« Un exemplaire de *Cyclas* avait été recueilli, mais il s'est perdu.» (MORLOT, 1854).

Quarante ans plus tard environ, F. A. FOREL recherche et retrouve la couche fossilifère décrite par A. MORLOT. Les coquilles récoltées sont alors déterminées par A. BROT:

Limnea miscuta	(DRAP.)
Limnea perega	(MÜLL.)
Limnea palustris	(DRAP.)
Planorbis marginatus	(DRAP.)
Planorbis contortus	(L.)
Planorbis spiverbis	(L.)
Valvata piscinalis	(MÜLL.) (*N. alpestris*, BLAUNER)
Pisidium...	
Helix fulva	(MÜLL.)
Helix lucida	(DRAP.)
Helix pulchella	(MÜLL.)

plus 2 formes non déterminées.

Les Hélix y étaient d'un apport accidentel, suivant l'opinion de F. A. FOREL, qui, de plus, reconnaît comme semblable à cette faune celle découverte par H. SCHARDT aux Tattes et à Colovray près de Nyon (FOREL, 1895 et SCHARDT, 1889).

J. FAVRE a recueilli et déterminé: *Retinella radiatula*, *Vallonia costata*, *Limnea palustris* type et var. *peregriformis*, *L. ovata*, *Planorbis carinatus* var. *turgidus*, *P. albus*, *P. crista*, *Bythinia tentaculata*, *Valvata piscinalis* var. *alpestris* (FAVRE, 1927).

Nous n'avons pas repris l'étude de ces faunes et n'avons pas retrouvé la couche fossilifère découverte par A. MORLOT. En un siècle, l'exploitation a trop avancé, mais heureusement nous avons retrouvé un échantillon de cette couche récolté en son temps par F. A. FOREL. C'est une craie d'eau douce vacuolaire et d'apparence spongieuse recelant de nombreuses coquilles blanches de mollusques; elle a une teinte générale beige sale. L'épaisseur apparente de l'échantillon est de quelque 5 à 7 cm; une calcimétrie a donné 58% de calcaire.

La «terrasse de 30 m» (voir fig. 30), dont l'altitude varie entre 20 et 35 m au-dessus du niveau des eaux du Léman (375 m), vient buter contre le relief glaciaire de Tolochenaz et forme une véritable plaine alluviale. Lors de la construction du

passage sous-voies reliant Tolochenaz à la grande artère, à la hauteur du cimetière de Morges, nous avons observé une coupe de quelque 2 m de sable fin contenant des concrétions calcaires. Donc il semblerait qu'à l'E entre cette terrasse et le vallum morainique de Riond-Bosson s'intercale une bande de loess.

Cette plaine alluviale de la terrasse de 30 m est criblée de gravières anciennes et actuelles. Dans les gravières au S de la voie de chemin de fer, nous observons des alternances de sables limoneux et de graviers en strates inclinées de 25 à 30° au SE. Elles sont recouvertes par une nappe horizontale de gravier de 1 à 2 m d'épaisseur. Au N de la dite voie, la stratification n'est plus du tout régulière et

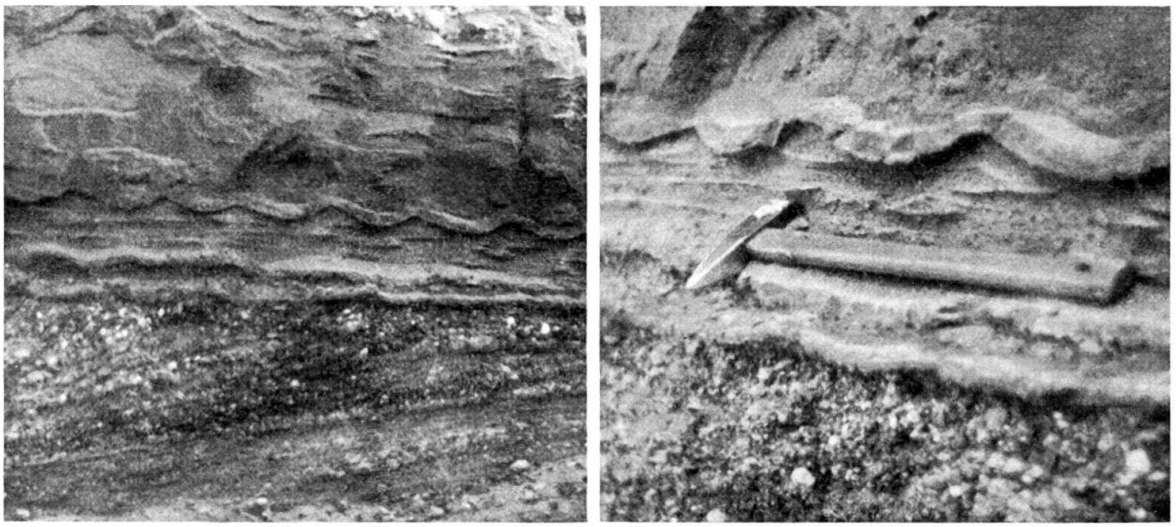


Fig. 30. Ripple marks dans les alluvions de la terrasse de 30 m du Boiron.

devient turbulente: entrecroisée, inclinée ou ondulée suivant les endroits. Nous avons relevé la présence de «ripple marks» faites de sable limoneux et reposant sur du sable fin et sec; cette formation n'est pas nécessairement horizontale, mais peut avoir une pente allant jusqu'à 15°.

Ce type de sédimentation n'a pas à notre connaissance été décrit à l'état subfossile, ni dans les terrasses lacustres. Dans toute cette zone N, les exploitations sont moins profondes que dans la zone S. La nappe alluviale va en s'amenuisant en direction du relief de Tolochenaz. Des faillules de tassement ou de glissement sont visibles dans cette zone. Il semble probable que l'ancien Boiron ait vagabondé dans toute cette aire, empruntant un chenal ou un autre, débordant et alluvionnant d'une façon déréglée lors des crues. Ceci expliquerait le caractère désordonné de cette sédimentation. Dès lors, la présence dans cette formation de restes de vertébrés terrestres ne pose guère de problème. Rappelons brièvement les diverses découvertes faites dans cette terrasse de 30 m du Boiron.

En 1853, A. Morlot signale la découverte faite par des ouvriers d'une dent d'éléphant; c'est la cinquième molaire inférieure droite d'un individu adulte d'*Elephas primigenus* (Blum.) (Morlot, 1853).

En 1857, on découvre, lors du creusement de la tranchée du chemin de fer, tout près du chemin de Tolochenaz, une défense gauche de Mammouth. Elle gisait

dans les couches inclinées, à 3 ou 4 pieds sous la limite inférieure des couches horizontales et à 3,67 m au-dessus du niveau des rails (DELAHARPE, 1857 et MORLOT, 1857).

Citons à cette époque la découverte incertaine et sans commentaire de coquilles de mollusques au voisinage des gisements mentionnés ci-dessus (MORLOT, 1858 et FOREL, 1883).

Puis le silence se fait jusqu'en 1940, année où une défense droite de Mammouth (*Elephas primigenus*, BLUM) est mise au jour dans une gravière située au NE du chemin en montant de la station de Tolochenaz vers ce village. Elle gisait à environ 2 m au-dessous du sol, dans une couche de gravier et de sable légèrement inclinée (GAGNEBIN, 1941).

Tout ce que nous venons de dire se rapporte uniquement à la rive gauche du Boiron. La rive droite étant sans exploitation et les terrasses y étant plus ou moins estompées, elle n'offre rien de remarquable. Seule la plaine alluviale de la terrasse de 30 m s'étend, suivant une mince bande, assez loin vers le NW, jusqu'au lieu dit «Les Valerettes».

LA RÉGION DE ST-PREX

Cette région est caractérisée par des vallums morainiques importants. A leur pied, en bordure du Léman, des formations assez semblables aux terrasses lacustres ont été déposées. En effet, si l'on observe les matériaux des gravières de cette région, on constate qu'une partie importante des galets sont anguleux ou subanguleux, striés ou même éclatés, alors que l'autre partie est formée de sable fin non terreux et de galets roulés et globuleux. D'autre part, la stratification n'est pas inclinée, mais horizontale à subhorizontale; elle est peu nette et l'apparence générale de la formation est assez terreuse. A 6 ou 7 m de profondeur, on trouve des limons sur lesquels reposent les sables et graviers. Au vu de ces observations, nous ne pensons pas avoir affaire à de vraies terrasses lacustres avec un matériel hydroclassé comme les deltas nous en donnent maints exemples, mais à de véritables beines d'érosion. C'est-à-dire que cette terrasse coïncide avec la surface d'abrasion de la moraine (contact de la beine d'alluvion avec la beine d'érosion et la grève), comme l'avait déjà décrit H. SCHARDT, mais sans situer le phénomène (RENEVIER & SCHARDT, 1899, p. 96). Les matériaux les composant auraient été arrachés aux vallums tout proches et se seraient sédimentés dans le lac à quelques centaines de mètres de leur ancien gisement. Ceci expliquerait la non-homogénéité du matériel et cette coexistence de caractères glaciaires et lacustres. Rappelons à cet effet que les gravières du Coulet qui ont livré un magnifique crâne de *Bison priscus* (SCHNORF, 1954), sont à quelque cinq cents mètres de la crête du vallum morainique le plus proche. Dans toute cette zone les terrasses sont fort mal marquées, seule la région de «La Moraine» montre de belles terrasses d'érosion. Partout ailleurs, elles sont totalement effacées. Nous admettons donc être en présence de matériaux glaciaires arrachés par les eaux de ruissellement et les vagues aux vallums voisins, et plus ou moins roulés sur la beine et sédimentés grossièrement. Si la formation est typiquement lacustre, les matériaux qui la composent le sont moins.

Mais il reste un problème non résolu encore. C'est celui posé par la forme étrange, en triangle, qu'affecte le sol sur lequel St-Prex est bâti. Cette forme semble être un delta fossile dont la rivière aurait totalement disparu. Ce pourrait être un ancien delta du Boiron qui, venant en droite ligne des «Isles», se serait jeté dans le Léman à l'emplacement de St-Prex. Par la suite, la glaciation würmienne, avec ses vallums longitudinaux aurait barré ce cours primitif et forcé le Boiron à faire une boucle vers l'E pour contourner cet obstacle. St-Prex serait alors bâti sur un delta pré-würmien du Boiron. Une autre hypothèse serait que le vallum surplombant la voie de chemin de fer et aboutissant au-dessus de la Verrerie de St-Prex se prolongeait vers l'Orient, s'enfonçant ainsi dans le lac. Attaqué de trois côtés à la fois par les vagues, il fut démantelé quasi totalement. Il donna naissance ainsi à cette pointe sur laquelle le village fut construit. Mais ces opinions sont des hypothèses de travail que nous nous permettons de lancer et que des études ultérieures, plus détaillées et plus étendues que les nôtres prouveront ou infirmeront.

Voyons rapidement la faune des terrasses de la région de St-Prex. Une gravière au NE de l'église du village livra à diverses reprises des restes fossiles d'animaux, soit: un bois de Renne (*Cervus tarandus*), une phalange de cheval, l'extrémité inférieure du tibia de même animal (*Equus caballus*), et des restes de deux grands ruminants, notamment des molaires (FOREL, 1872 et 1905; VIONNET & FOREL, 1881). Des débris de bois fossiles ont aussi été trouvés dans cette gravière. Son sol de couverture recelait de très anciennes sépultures (FOREL, 1868). Notons encore la trouvaille, déjà citée, faite dans une gravière du Coulet en 1942 d'un crâne très bien conservé de *Bison priscus* (SCHNORF, 1954).

LE DELTA DE L'AUBONNE

La discrimination entre la terrasse de 3 m et le delta actuel ou récent est relativement aisée sur rive gauche. Sur rive droite, nous avons placé la limite au bas des talus, marécages ou faibles dénivellations, alors que sur rive gauche une terrasse nette en bordure du Léman est visible dans le domaine de Chanivaz et se poursuit à l'intérieur des terres. Elle a donc une individualité certaine.

La «terrasse de 10 m» est particulièrement bien marquée à l'E du domaine de Chanivaz. Elle fit l'objet d'exploitations anciennes, et aujourd'hui elle est à nouveau activement exploitée (521,175/146,500). La structure de cette terrasse est typiquement deltaïque: couches inclinées d'environ 33° au SE, de sable et de graviers, cimentées par places et recouvertes par quelque 2 m de couches subhorizontales de mêmes matériaux.

Cette gravière montre de plus le phénomène des «ripple marks» que nous avons déjà décrits dans les gravières de la terrasse de 30 m du Boiron et des cimentations locales pouvant donner de véritables poudingues. On trouve de ces blocs cimentés sur la grève voisine de cette gravière.

Nous avons récolté la faune suivante dans cette gravière des Grands-Bois: une coquille écrasée de limnée et une vertèbre appartenant à la région antérieure du thorax, de *Bos primigenius* ou de *Bison priscus*, déterminée par S. SCHAUB.

Sur l'autre rive, la gravière située sous la route cantonale montre des sables souvent limoneux, et surtout des blocs pouvant atteindre 30 à 40 cm interstratifiés parmi les sables. Ce matériel ne semble pas avoir subi un grand transport; la proxi-

mité du vallum d'Allaman peut, en quelque sorte, expliquer ce fait. D'autre part, l'examen de la tranche de cette gravière montre que les couches horizontales supérieures recouvrant les couches inclinées de 20 à 25° au S ont une épaisseur d'environ 10 m, ce qui semble confirmer notre façon de voir qui fait de cette gravière le sommet de la terrasse de 10 m.

La «terrasse de 30 m» va de 20 m à 50 m d'altitude au-dessus du niveau du lac. Nous avons vu que la terrasse de 3 m gagne aussi en altitude lorsqu'on remonte le cours de l'Aubonne. Celle de 10 m atteint près de 20 m d'altitude sous la ferme des Grands-Bois. Dans le domaine de Chanivaz et sur rive droite, au N de la Frésaire, nous notons la présence de plusieurs terrasses intermédiaires ayant parfois plus de 2 m de dénivellation. Ces terrasses se suivent sur de courtes distances et s'estompent rapidement dans la pente uniforme à l'W; phénomène qu'a aussi constaté le remarquable observateur qu'était H. SCHARDT (RENEVIER & SCHARDT 1899, p. 95).

Les dénominations: terrasse de 3, 10 ou 30 m ne sont que partiellement correspondantes. Nous avons toujours constaté que ces formations avaient une pente douce et que partant à une altitude moindre que la dénomination admise, elles atteignaient une altitude souvent supérieure à celle-ci. Les études de toutes les terrasses lacustres lémaniques devraient être reprises, car la caducité de leur désignation classique est certaine (MARTINS & BRAVAIS, 1845; MORLOT, 1854; DAUSSE, 1866 et 1868; COLLADON, 1877, etc.). D. AUBERT, dans une note sur les terrains quaternaires de la vallée de l'Aubonne (AUBERT, 1936), introduit une terrasse nouvelle de 20 à 25 m. Celle-ci formerait le plateau des Grands-Bois, sur rive gauche, et sur l'autre rive, la zone de la gravière d'Allaman, sous la route cantonale. Or, nous rattachons le plateau des Grands-Bois à la partie aval de la terrasse de 30 m et la gravière susmentionnée au sommet de celle de 10 m. Dans le deuxième cas, nous n'avons, en effet, pas observé de gradins permanents sur une certaine distance entre «La Frésaire» et la gravière d'Allaman. Disons que cette vision des choses fait appel au même raisonnement que celui qui permet à D. AUBERT de faire remonter la terrasse de 3 m de l'embouchure jusqu'au pied du viaduc du chemin de fer, soit à environ 397 m d'altitude, ou 22 m au-dessus du niveau des eaux du Léman.

Tout ce complexe fluviatile repose sur un substratum d'argile à blocaux recouvrant lui-même la molasse, tout au moins jusqu'en amont du pont de la route cantonale où l'on observe la coupe suivante, de haut en bas:

graviers et sables des terrasses lacustres	8,50 m
moraine de fond typique	6,00 m
complexe marno-gréseux tertiaire	8,30 m

Entre le pont et le viaduc, sur rive gauche, toute une série de petites sources jaillissent à environ 5 m au-dessous du sommet du talus de la terrasse de 30 m.

A 100 m en amont du viaduc du chemin de fer, sur rive gauche, la coupe suivante, de haut en bas, est visible:

graviers et galets à stratifications horizontales, mais les galets sont placés dans toutes les positions	3,00 m
niveau à gros blocs roulés formant une sorte de pavage	0,30 m
argile à blocaux assez sableuse	6,00 m

Le sommet de cette coupe se trouve à environ 420 m d'altitude.

LES DELTAS A L'W DE ROLLE

Les deltas de l'Eau Noire et du Rupalet n'offrent rien de particulier. Notons que la morphologie du delta du Rupalet est partiellement masquée par le dépôt des détritus récents.

CONCLUSIONS RELATIVES AUX TERRASSES LACUSTRES DE LA RÉGION ÉTUDIÉE

Etablissons un graphique indiquant quelles terrasses sont présentes dans les différents deltas:

Régions	Terr. 30 m	Terr. 10 m	Terr. 3 m
Venoge	présente	—	présente
Morges	présente	—	—
Boiron	présente	présente	présente ?
St-Prex	présente	—	—
Aubonne	présente	présente	présente

Nous remarquons immédiatement que la terrasse la plus courante est celle de 30 m. Elle existe dans les 5 régions étudiées. La terrasse de 10 m, elle, n'est représentée que dans 2 régions, alors que celle de 3 m l'est dans 3. Les terrasses les plus destructibles sont celles de 10 et 3 m. Les eaux de ruissellement, les glissements et les agents d'érosion quels qu'ils soient semblent en avoir assez souvent raviné la morphologie. Ainsi, sur la rive droite de la Morges, toute la zone au S du chemin de fer représente probablement les terrasses de 10 et de 3 m, mais sans qu'aucun gradin ne soit marqué. Le ravinement a tout estompé donnant une pente uniforme et sans caractères trahissant ses origines.

Nous présentons maintenant un tableau résumé de la faune des terrasses de notre région.

Régions	Terr. 30 m	Terr. 10 m	Terr. 3 m
Venoge	—	—	Mollusques et Mammifères
Morges	—	—	—
Boiron	Mammouth et Mollusques ?	Mollusques	—
St-Prex	Mammifères	—	—
Aubonne	—	Bison ou Bos	—

Il fut discuté, en parlant du delta de l'Aubonne, du problème des altitudes. A propos de la région de St-Prex, nous avons parlé des types divers de terrasses lacustres. Nous voulons dire encore quelques mots d'un problème embarrassant et non résolu jusqu'à ce jour: celui des gros blocs interstratifiés dans les sédiments fins des terrasses lacustres. Nous trouvons, rarement il est vrai, des blocs dépassant le m^3. Dès lors, la question qui se pose est celle du processus de leur dépôt au milieu de sables et de graviers. Ce problème fit l'objet d'une discussion entre H. Schardt et F. A. Forel. F. A. Forel signala un bloc de «gneiss micacé alpin» de plus d'un demi m^3 dans la gravière de la terrasse de 10 m du Boiron. Rejetant le transport fluviatile, il fait appel «à un transport par des ice-

bergs du glacier du Rhône, dont la langue terminale aurait encore baigné dans le haut lac Léman?» (FOREL, 1895). H. SCHARDT rejette l'hypothèse de F. A. FOREL et propose le processus suivant:

«Lorsqu'un grand bloc se trouve au milieu de menu matériel, soumis à l'érosion et au charriage par l'eau courante, celle-ci ne parvient pas à déplacer le bloc, mais elle le décale, en dégarnissant son aval; il culbute successivement, en avançant graduellement, presque sans s'user.

A supposer que le Boiron ait agit ainsi avec le bloc en question, après l'avoir fait choir du sommet de la moraine dans laquelle est taillée une partie de son lit et d'où il a emprunté la plupart de ses matériaux de transport, on s'explique comment le bloc a pu arriver dans sa position actuelle. Sa position inclinée, comme encastrée dans les graviers de la terrasse, le montre en voie d'être culbuté par l'action du torrent qui passe actuellement à une très faible distance horizontale» (SCHARDT, 1895).

Nous pourrions suggérer aussi un transport de ces blocs dans les racines d'un arbre entraîné lors d'une crue. Ce serait là une nouvelle hypothèse.

Mais aucune de ces trois hypothèses ne nous paraît pleinement satisfaisante et le problème reste posé.

La présence d'ossements de mammifères terrestres dans les terrasses de 10 et 30 m peut fort bien s'expliquer: des cadavres boursoufflés par la décomposition pouvant être entraînés fort loin des rivages. Pourrissant, des débris gagnent le fond, y sont éparpillés et se sédimentent isolément. La vertèbre de Bos ou de Bison de la terrasse de 10 m des Grands-Bois pourrait aussi provenir de la terrasse de 30 m immédiatement voisine; rappelons que la gravière du Coulet, où a été trouvé le crâne de Bos priscus, est distante de 3 km.

Il semble bien que le problème des terrasses lacustres fut souvent trop hâtivement tranché. Et si leur existence est certaine, leur description, et celle des matériaux qui les forment, fut mal faite et mériterait une revision et une coordination totale. Ce travail devrait être basé sur de nombreuses et diverses études de détail et devrait s'étendre à tout le pourtour du Léman. Ce qu'il faudrait établir, c'est l'altitude des diverses terrasses, c'est-à-dire l'élévation exacte au-dessus du niveau des eaux du lac actuel du point le plus en amont de la ligne séparant les couches inclinées des couches subhorizontales d'un delta.

Il nous est difficile de dire pourquoi les terrasses se sont formées si individualisées. Pour l'expliquer, les auteurs ont fait intervenir un abaissement saccadé, dû à l'érosion du verrou de Genève, du niveau du lac. A côté de l'érosion normale, un creusement et un minage de ce verrou durent produire ces trois effondrements brusques qui correspondent aux trois gradins des terrasses lémaniques. Rien, dans ce que nous avons pu observer des terrasses lacustres, ne permettant d'infirmer cette théorie, nous l'acceptons et expliquons ainsi la genèse de nos terrasses lacustres.

Etude en laboratoire des matériaux quaternaires

LA GRANULOMÉTRIE

Une centaine d'analyses d'échantillons de moraines fut exécutée tant au point de vue granulométrique que calcimétrique. Pour cela, nous n'avons envisagé que

la matrice des sédiments, allant des classes dimensionnelles des gravillons aux limons-argiles, ceci dans le but de multiplier les mesures afin d'avoir un nombre suffisant d'analyses nous permettant de tirer quelques résultats valables.

La granulométrie de la matrice des formations quaternaires fournit une représentation nuancée de la granulométrie générale (LUNDQVIST, 1935 et 1940; PORTMANN, 1955), «Elle est capable de révéler les actions complexes dont une moraine est le résultat» (PORTMANN, 1955–56).

Une moraine argileuse est pauvre en blocs, alors qu'une moraine dont la masse interstitielle est graveleuse, est riche en blocs. Selon LUNDQVIST, plus les fractions fines prédominent dans la matrice, plus la densité des blocs est faible, et inversement. Donc, les proportions des divers constituants du remplissage reflètent celles de l'ensemble de la formation (LUNDQVIST, 1935). Mais ce qui confère à la matrice sa texture, c'est la dominance de l'une ou l'autre classe dimensionnelle.

Grâce à l'obligeance de J.-P. PORTMANN qui nous a communiqué l'original de sa thèse, nous avons choisi une échelle granulométrique quasi pareille à celle qu'il a employée. Cet auteur ayant remarqué que l'usage de l'échelle granulométrique d'ATTERBERG (ATTERBERG, 1905) semble se répandre en Suisse, l'adopta. Dernièrement encore, A. CAILLEUX, dans une étude comparée des différents systèmes de nomenclature utilisés par les auteurs, constate que «les dimensions-limites ayant le plus de chances d'être adoptées sont, et se trouvent être celles d'ATTERBERG» (CAILLEUX, 1954). Aussi, pour ces diverses raisons, nous avons adopté cette échelle.

Nous ne cacherons pas le souci que nous a donné et nous donne le caractère aléatoire d'une prise d'échantillon dans ces formations. La granulométrie nous semble plus sujette à caution que la calcimétrie des diverses classes dimensionnelles.

Les échantillons furent étudiés granulométriquement dans les fractions suivantes:

gravillon	5,7 –3,46	mm
	3,46 –2,14	»
sable grossier	2,14 –1,24	»
sable fin	1,24 –0,51	»
sablon grossier	0,51 –0,26	»
	0,260–0,127	»
sablon fin	0,127–0,072	»
limon-argile	0,072–0,000	»

Comparons notre échelle granulométrique à celle d'ATTERBERG:

VERNET

mm	5,7	3,46	2,14	1,24	0,51	0,26	0,127	0,072	0
	gravillon			sable		sablon			limon-argile

ATTERBERG

mm		2,00		0,2		0,02		0,002	0
	gravier		sable grossier		sable fin		schluff		argile

Une prise de chaque échantillon fut donc tamisée et une courbe granulométrique fut établie, ainsi qu'une courbe cumulative. Cette dernière permet une comparaison plus aisée des résultats des divers échantillons.

LA CALCIMÉTRIE

Nous avons exécuté, pour un même échantillon, une calcimétrie dans chacune des classes dimensionnelles envisagées précédemment. Ces mesures ont été faites au calcimètre Bernard. Avant d'utiliser cet appareil, nous avons employé une méthode par titrage qui donne des résultats à une précision de ¼ à ½%. En comparant les résultats obtenus par les deux méthodes sur de mêmes échantillons, il n'est pas apparu d'écart supérieur à 2%. Donc, compte tenu de la marge d'erreur par la méthode de titrage, nous admettons que les résultats obtenus avec le calcimètre Bernard sont exactes à 2–3% près.

A côté des deux courbes granulométriques susmentionnées, et sur le même graphique, nous avons établi une courbe rendant compte des résultats de la calcimétrie dans les diverses classes dimensionnelles étudiées.

Comme pour la granulométrie, il faut tenir compte d'une certaine relativité des résultats. Nous sommes conscient que la teneur en carbonates varie sans cesse d'un point à un autre d'une même strate, mais ces variations sont faibles et l'ordre de grandeur du résultat reste. En plus les terrains sont soumis à une certaine décalcification qui est fonction de la teneur originelle en carbonates, de la quantité des précipitations et de la perméabilité du sol. La teneur en carbonates varie avec la profondeur: après la zone superficielle fortement lessivée vient une zone enrichie par percolation des eaux per ascensum et per descensum, puis cette teneur fléchit légèrement pour se stabiliser par la suite.

L'Ecole d'agriculture de Marcelin sur Morges nous a fort aimablement communiqué, et nous l'en remercions, une série de calcimétries faites de 20 en 20 cm à partir de la surface du sol dans une coupe profonde de 2 m. Ces mesures sont jumelées avec celles du pH de ces sables. Cette coupe fut effectuée lors de fouilles nécessitées par l'agrandissement du transformateur bordant la route de Morges–Echichens, au S du domaine de Marcelin. Les deux premières mesures n'indiquent rien: la fumure et la présence d'engrais chimiques les ayant certainement fortement altérées.

N° échantillon	Profondeur cm	$CaCO_3$ %	pH
90	20	12,0	8,4
91	40	6,0	8,4
92	60	0,5	8,2
93	80	0,2	7,4
94	100	0,2	7,6
95	120	0,1	7,8
96	140	0,4	8,0
97	160	70,0	8,4
98	180	59,0	8,2
99	200	48,0	8,4

Tenant compte de ces résultats, nous avons prélevé nos échantillons dans des gravières et, chaque fois que cela a été possible, à une profondeur supérieure à 2 m.

J.-P. PORTMANN considère que la fraction 0,12–0,25 mm représente bien, en calcimétrie, celle de l'échantillon complet. Nous avons, au contraire, conservé toutes les fractions, pensant ainsi rendre moins aléatoires les résultats obtenus.

La planche suivante (fig. 31) montre schématiquement les gisements des différentes formations quaternaires et l'emplacement des échantillons étudiés, ainsi que leur numérotation.

LES MINÉRAUX LOURDS

Nous aurions pu essayer d'utiliser la méthode des minéraux lourds pour résoudre les problèmes d'origine et de stratigraphie tant des formations quaternaires que tertiaires. Mais la longueur des préparations et des manipulations, le peu de résultats obtenus jusqu'à présent par cette méthode nous l'a faite écarter.

L. DÉVERIN nous a fort aimablement remis, à notre demande, ses notes et publications relatives aux argiles glaciaires et aux formations tertiaires de cette région (DÉVERIN, 1926 et 1948). Dans sa publication traitant de la tourbière des Tenasses, L. DÉVERIN a donné, à titre comparatif, les résultats d'argiles glaciaires de notre région, soit de Pampigny et de Yens (DÉVERIN, 1948, p. 4). Dans ce travail, l'auteur avait conclu que «l'association de la glaucophane à l'épidote et au chloritoïde est constante dans les dépôts würmiens répartis sur une vaste étendue entre les Préalpes et le pied du Jura».

LES TABLEAUX-RÉSULTATS

La planche générale (fig. 31, p. 230) donne un aperçu schématique des formations quaternaires de la région étudiée. Les termes de la légende ne sont point nuancés, car nous avons groupé sous une même étiquette des formations différentes, mais voisines cependant. Les gisements des échantillons prélevés dans les diverses formations furent marqués par un signe spécial, et accompagnés de leur numéro.

Le but poursuivi dans ce travail fut, en appliquant les méthodes utilisées et mises au point par J.-P. PORTMANN, d'étudier par la granulométrie et la calcimétrie les vastes et diverses formations quaternaires de ce terrain, de voir si, dans la région du vallon de l'Aubonne, des terrasses glaciolacustres de Lavigny et des atterrissements fluvioglaciaires du pied du Jura, il était possible de distinguer ce qui était jurassien de ce qui était alpin, et de suivre les courants qui ont transporté les matériaux jurassiens pérégrins. De voir enfin s'il était possible de distinguer, au vu de ces analyses, une formation d'une autre lors de doutes. Pour cela, il était nécessaire de chiffrer chaque type de dépôt en faisant la moyenne d'un nombre suffisant d'analyses. Ainsi, les analyses de varves et de sédiments des terrasses lacustres ne sont citées ici qu'à titre indicatif, pour l'avenir, leur nombre étant nettement insuffisant. D'une façon générale, nous pensons que le nombre d'échantillons étudiés n'est pas suffisant devant la diversité des formations rencontrées.

Au point de vue granulométrique, nous n'avons pas cherché à établir des types, pensant, puisque c'est dans un but pratique de recherches sur le terrain que ces études ont été faites, que les classes ainsi observées ne nous amèneraient pas à déduire l'appartenance de la formation à l'un ou l'autre des systèmes glaciaires alpins ou jurassiens.

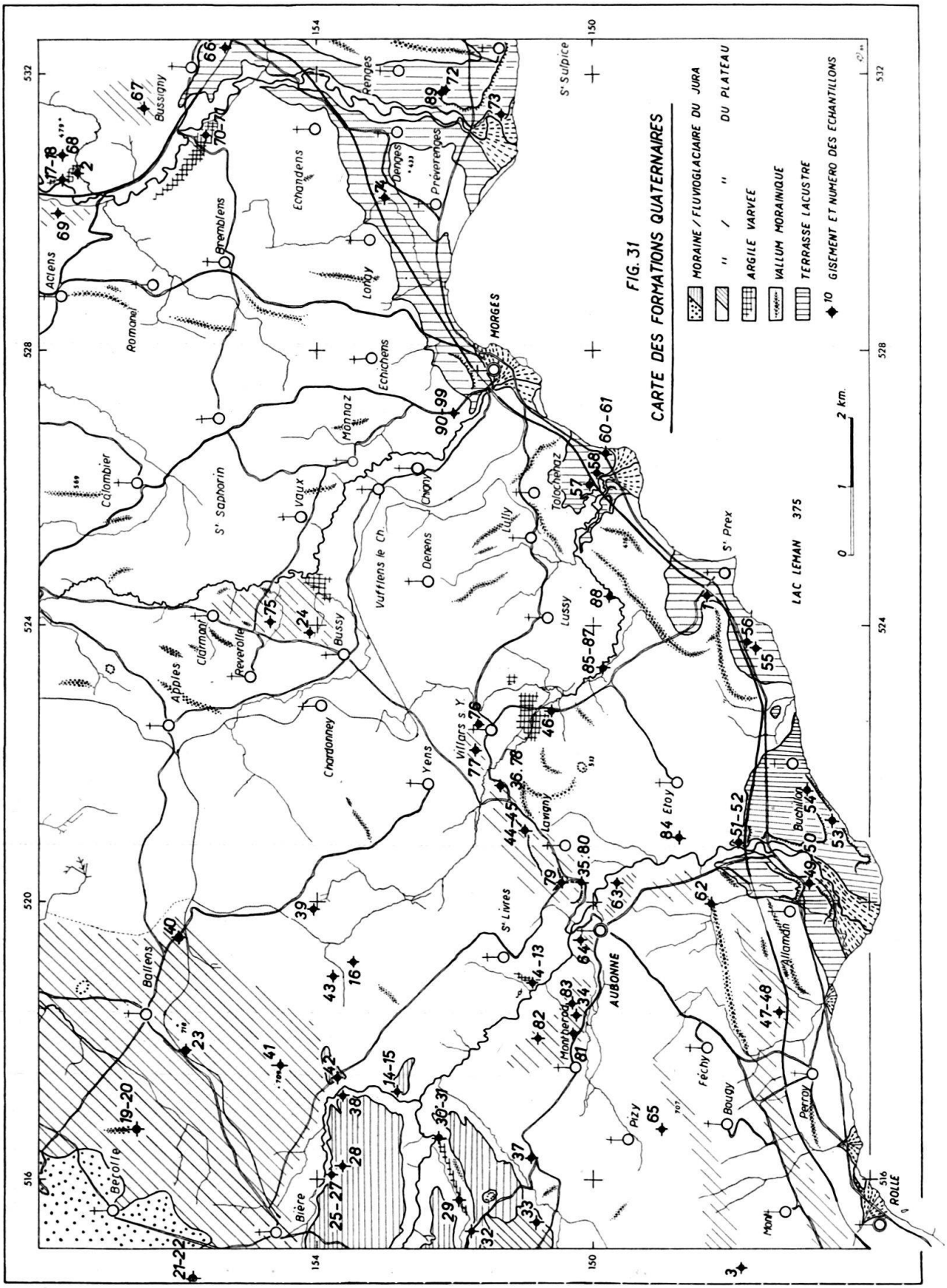


FIG. 31
CARTE DES FORMATIONS QUATERNAIRES
MORAINE / FLUVIOGLACIAIRE DU JURA
" / " DU PLATEAU
ARGILE VARVEE
VALLUM MORAINIQUE
TERRASSE LACUSTRE
10 GISEMENT ET NUMERO DES ECHANTILLONS
0 1 2 km.
LAC LEMAN 375
MORGES
AUBONNE
ROLLE
Aclens
Romanel
Bussigny
Bremblens
Echandens
Lonay
Renges
Denges
Préverenges
St Sulpice
Echichens
Monnaz
Vaux
St Saphorin
Colombier
Chigny
Vufflens le Ch.
Denens
Lully
Talochenaz
Lussy
St Prex
Clarmont
Reverolle
Bussy
Apples
Chardonney
Yens
Villars s Y
Lavigny
St Livres
Etoy
Buchillon
Allaman
Perroy
Bougy
Féchy
Pizy
Montherod
Ballens
Berolle
Bière
Mont

Nous avons établi un tableau résumé donnant la composition granulométrique moyenne des divers types de formations étudiées:

Types de formations	Gravillon	Sable grossier	Sable fin	Sablon grossier	Sablon fin	Limon-argile
Bassin molassique						
Moraines de fond	13	4	4	5	3	70
Moraines superficielles	28	26	20	14	10	2
Fluvioglaciaires	19	23	26	17	9	7
Moraines remaniées à débris molassiques	28	25	17	15	12	3
Varves.	1	—	1	4	14	79
Lentilles sablo-limoneuses dans les varves et la moraine de fond . . .	—	4	14	24	34	24
Lentilles sablo-gravel. dans mor. fond	59	31	6	1	3	—
Région du Jura						
Moraines superficielles	19	11	10	14	30	16
Fluvioglaciaires	8	18	30	14	23	7
Terrasses lacustres						
Terrasse de 40 m ?	47	34	10	4	3	2
Terrasse de 30 m	24	28	22	16	8	2
Terrasse de 10 m	12	20	33	25	8	2
Terrasse de 3 m	16	44	36	2	1	1

Les chiffres obtenus pour les catégories de terrasses lacustres n'ont certainement pas grande valeur, la prise d'échantillon laissant une trop grande place à la subjectivité.

A titre comparatif, nous donnons les valeurs obtenues par J.-P. PORTMANN:

Types de formations	Gravillon	Sable grossier	Sable fin	Sablon grossier	Sablon fin	Limon-argile
Bassin molassique						
Moraines superficielles	23	18	24	19	9	7
Moraines de fond	18	6	16	19	23	18
Région du Jura						
Moraines superficielles	38	12	13	11	14	12
Moraines lavées	65	11	12	5	4	3
Moraines de fond	24	10	10	14	22	20

La divergence entre les résultats obtenus est tout de même sensible; c'est dans le type «moraine superficielle» du bassin molassique que les schémas granulométriques sont les plus proches.

La calcimétrie semble donner des résultats moins décevants. Nous allons passer en revue les résultats obtenus et présentés sous forme de graphiques. En abscisse sont toujours portées les classes dimensionnelles et en ordonnée les pourcents de la teneur en carbonates. Lorsque plusieurs échantillons montrent une même teneur en carbonates dans une fraction identique, nous avons reporté sur la gauche autant de signes qu'il y avait d'échantillons.

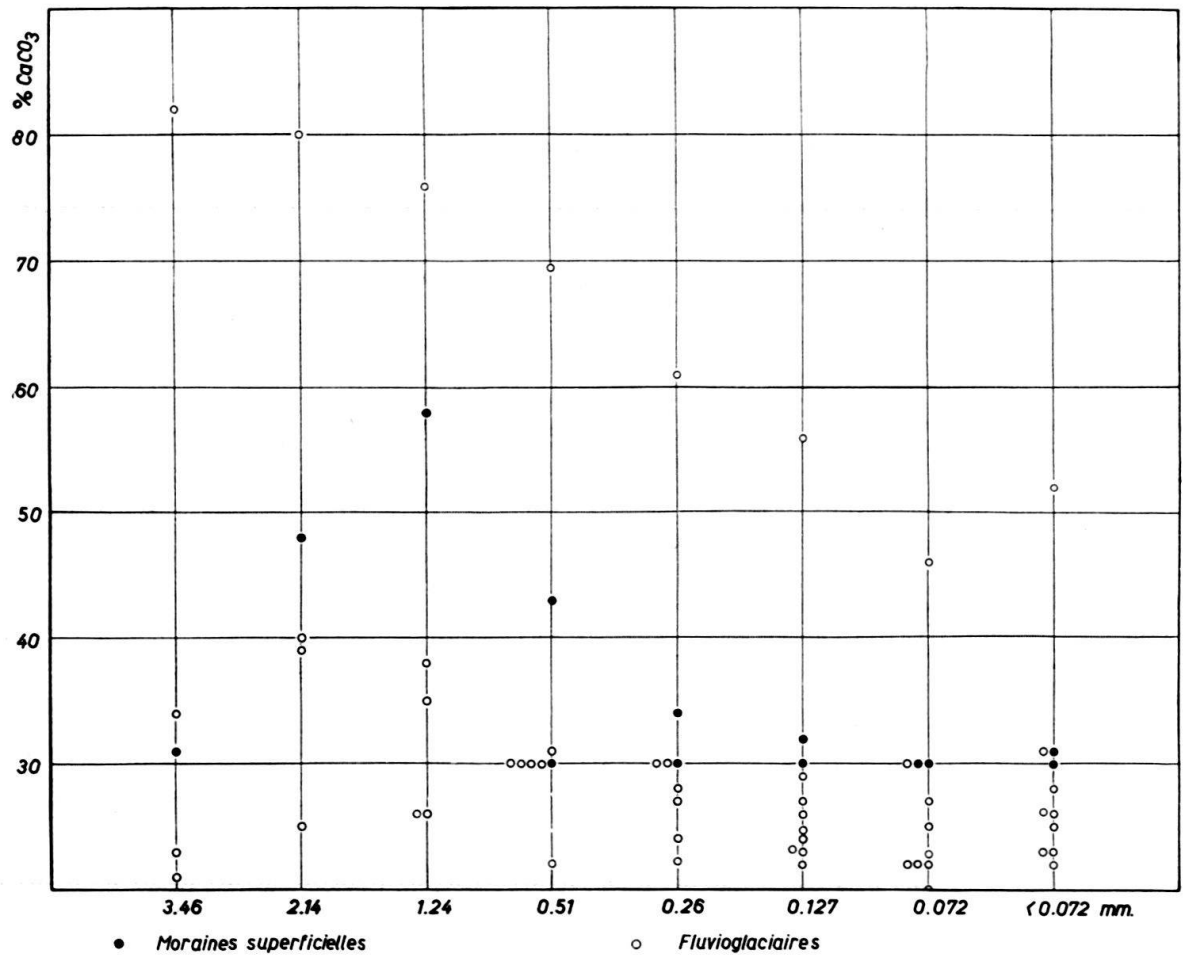


Fig. 32. Calcimétrie des formations glaciaires de la région jurassienne.

Région jurassienne: On remarque une teneur moyenne en carbonates de 25% pour les argiles, passant à 30% pour les sables grossiers, ceci pour les formations fluvioglaciaires. Pour les gravillons, la dispersion est trop forte, alors que pour les moraines superficielles le nombre d'analyses est trop faible; dans ces deux cas, il n'y a pas de conclusion valable (voir fig. 32).

Bassin molassique: Ce graphique est plus intéressant que celui de la région du Jura, tant par le nombre d'analyses que par la pluralité des types de sédiments.

On voit immédiatement que les teneurs se groupent par catégories de formations, sans que cela exclue, loin de là, une certaine dispersion. Ainsi on observe, lorsqu'on va des sablons aux gravillons dans les moraines de fond, que la limite supérieure de la teneur en carbonates passe de 22 à 32%. La zone médiane du

graphique est occupée, principalement, par la moraine superficielle; le plafond de celle-ci passe de 28 à 38% en allant des limons-argiles aux sables. Puis vient au-dessus la majorité des sédiments fluvioglaciaires.

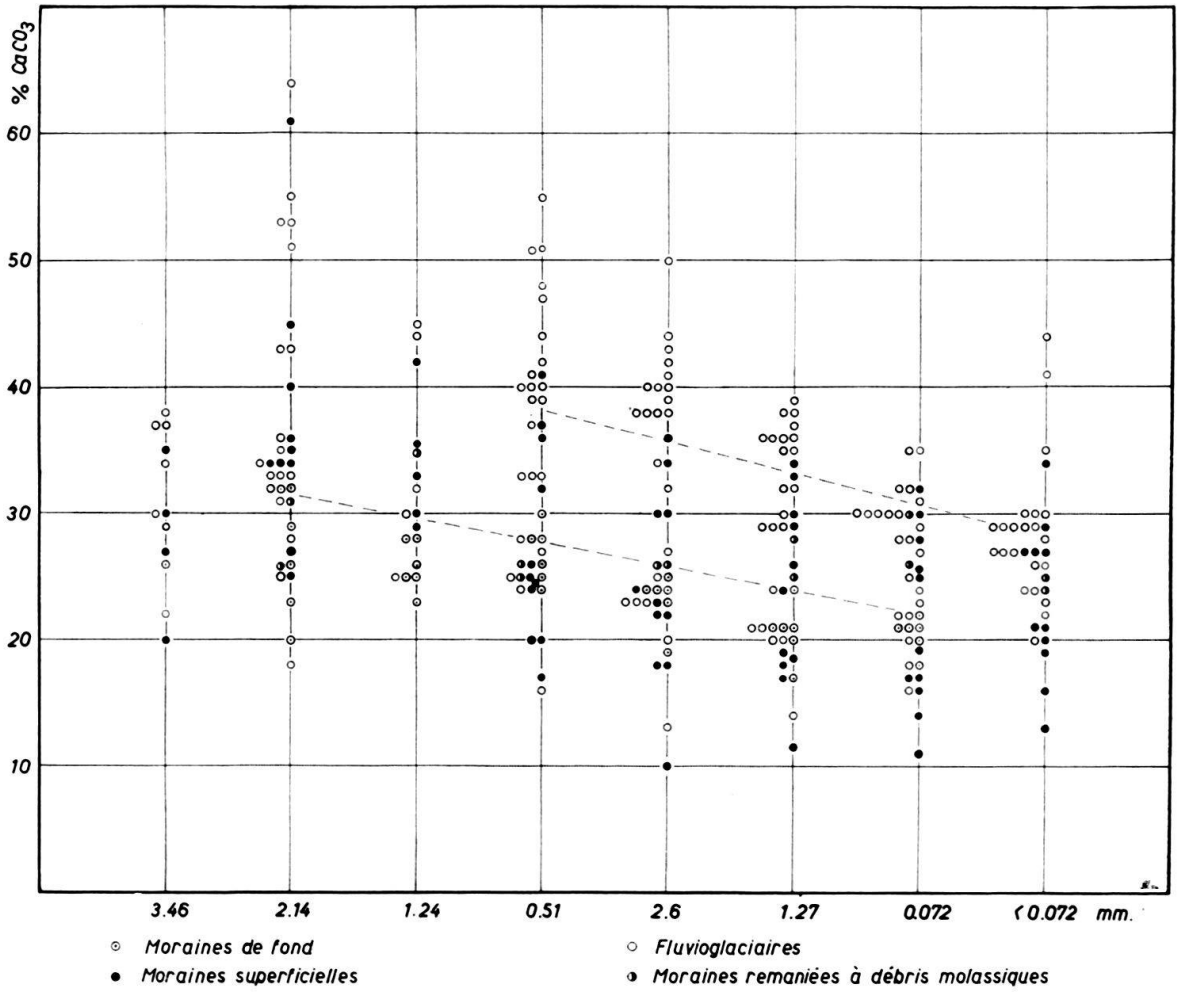


Fig. 33. Calcimétrie des formations glaciaires du bassin molassique.

En résumé, les trois catégories: moraine de fond, moraine superficielle et fluvioglaciaire se relaient et montrent une progression de l'une à l'autre dans le sens d'une augmentation de la teneur en carbonates. Ceci est normal et vient appuyer ce que nous avons déjà dit, soit l'absence quasi totale d'éléments jurassiens dans la moraine de fond würmienne et leur venue de plus en plus importante dans les deux autres catégories. Relevons que ces considérations ne sont valables que pour la majorité des cas, comme on peut l'observer sur la figure 33.

Bassin molassique (types particuliers): Nous avons groupé dans ce graphique des formations peu fréquentes pour lesquelles on remarque un groupement général des points dans la bande 20–30% de teneur en carbonates.Nous devons cependant signaler la belle régularité de deux échantillons de «lentilles sablo-graveleuses dans la moraine de fond». Ceux-ci proviennent de la coupe de l'Arney (voir p. 208, fig. 28, nos 5 et 8). Il n'y a donc pas eu de changement dans les matérieux composants,

bien que ces deux lentilles soient séparées, dans le sens vertical, par environ 25 m d'argile à blocaux (voir fig. 34).

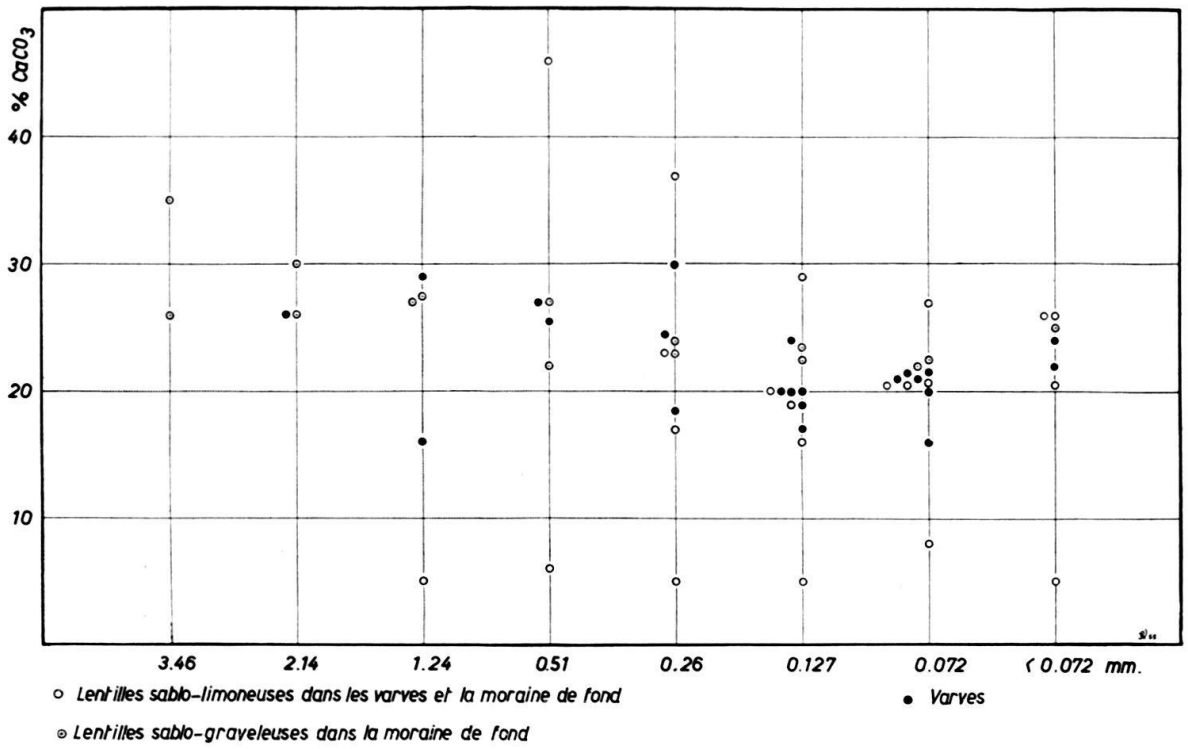


Fig. 34. Formations glaciaires de types particuliers du bassin molassique.

Terrasses lacustres: Le trop faible nombre d'échantillons étudiés ne permet guère de conclusions valables. Disons cependant que les sédiments de la terrasse de 30 m semblent avoir des teneurs en carbonates plus élevées que ceux de la terrasse de 10 m. Ce serait peut-être là l'indice d'un lessivage plus long ou plus intense de ces derniers; rappelons à ce propos que plusieurs des terrasses de 30 m étudiées ne sont en réalité que d'anciennes beines d'érosion lacustre (voir fig. 35).

J.-P. Portmann a préconisé l'adoption d'une classe dimensionnelle qui refléterait la calcimétrie générale de l'échantillon, et a retenu celle de 0,12/0,25 mm. Pensant, avec raison, qu'il est nécessaire de multiplier le plus possible les mesures en les simplifiant, avant de pouvoir les affiner et rechercher des détails, il obtint dans la fraction choisie les teneurs en carbonates suivantes:

moyenne générale des échantillons jurassiens	42,5%	25,4%
moyenne générale des échantillons du bassin molassique	17,2%	

Nous avons obtenu pour notre compte les valeurs suivantes:

moyenne générale des échantillons jurassiens	29,5%	27,3%
moyenne générale des échantillons du bassin molassique	25,1%	
moyenne générale des échantillons des terrasses lacustres	28,6%	

Là encore, les résultats obtenus diffèrent de ceux de J.-P. Portmann; mais il faut relever le fait que nous n'avons pas de vraies formations jurassiennes, que la

zone de l'Aubonne, quoique appartenant au bassin molassique, est fortement mélangée de matériaux jurassiens. Ces raisons expliqueraient cette tendance marquée au nivellement des deux valeurs.

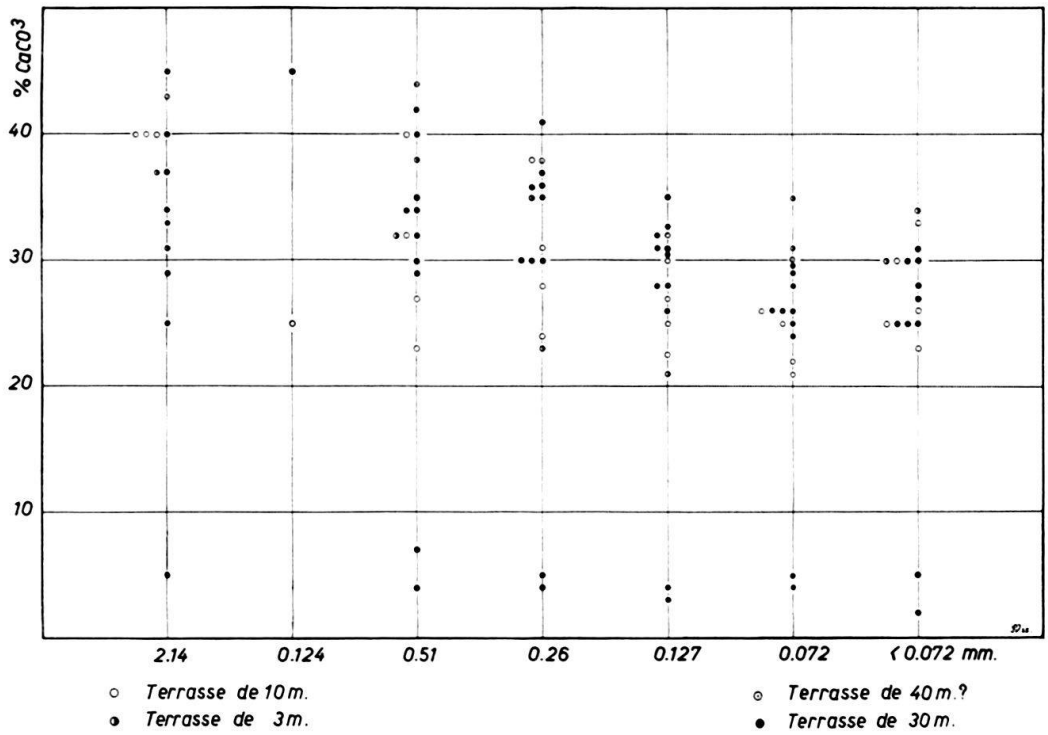


Fig. 35. Calcimétrie des alluvions des terrasses lacustres lémaniques.

CONCLUSIONS

Outre le travail souvent cité de J.-P. PORTMANN, mais non encore publié, d'autres auteurs se sont intéressés aux formations quaternaires de notre région, mais surtout au point de vue de leur teneur en carbonates.

P. NIGGLI, F. DE QUERVAIN et R. U. WINTERHALTER ont analysé quelques échantillons de moraines de fond des environs de Rolle, Morges et Bussigny (NIGGLI, DE QUERVAIN et WINTERHALTER, 1930).

G. A. PIGUET, parlant des vignobles du district d'Aubonne, dit que la teneur en carbonates ne dépasse jamais 30%, que 50% des sols de la région de Féchy–Bougy–Perroy se classe dans la catégorie 10–20%, et que les 52 et 54% des sols des districts de Morges et Rolle sont de la catégorie 1 à 10% de $CaCO_3$. Il constate de plus que le pH moyen est d'environ 8. Les échantillons furent prélevés à 40 et 100 cm de profondeur (PIGUET, 1930).

H. FAESS, quelques années plus tard, traite à nouveau cette même question (FAESS, 1932).

Notre travail n'est qu'une contribution de plus à ce domaine du quaternaire toujours si difficile à étudier et si rebelle à toute chronologie simple. Si les résultats ne sont pas spécialement encourageants, nous pensons que lorsque quelqu'un reprendra peut-être un jour cette question, il trouvera là un apport modeste, mais sûr. Les talons des échantillons étudiés et les fiches portant les résultats des ana-

lyses calcimétriques et granulométriques, ainsi que les courbes correspondantes, avec en plus la courbe cumulative, sont déposés à l'Institut de géologie de l'Université de Lausanne. Certes, nous avons réussi partiellement et avons atteint certains des buts que nous nous étions fixés. Ainsi, nous avons pu suivre les prolongations du plateau de Bière, voir que la plaine entre Ballens et Berolles était moins riche en éléments jurassiens que les formations d'Aubonne–Lavigny et que le fluvioglaciaire qui la recouvrait, ainsi que le vallum du Crêt de Mai, devaient être rattachés aux dépôts würmiens du glacier du Rhône. Il semble que le vallon de l'Aubonne a servi d'exutoire aux matériaux jurassiens de la plaine de Bière qui, légèrement en aval de la ville d'Aubonne, ont été déviés en direction de Villars-sous-Yens. Nous avons aussi pu chiffrer ces phénomènes. Mais, hors de cela, nous n'avons rien relevé de bien nouveau, nous avons acquis des certitudes parfois, mais souvent la réponse à une question est restée incertaine.

Les résultats obtenus par J.-P. Portmann et les nôtres ne concordent pas tout à fait, mais il ne faut pas oublier combien différentes sont les deux régions étudiées. Relevons encore le nombre restreint des échantillons prélevés et la très grande complexité de la région étudiée.

Dépôts récents ou actuels

Des dépôts récents ou actuels peuvent prendre une certaine importance. Ainsi les alluvions de la vallée de la Venoge, au Moulin du Choc, posent un problème qui est loin d'être résolu. Nous observons, dans le bois «Bochet», deux éminences de nature argileuse et une plaine avec un gradin faiblement marqué, recelant une gravière et, en retrait, le long de la Venoge, une terrasse d'érosion dans les alluvions récentes. La gravière susmentionnée montre un matériel plus ou moins roulé, mais dont le caractère glaciaire est loin d'avoir disparu; la présence d'un gros bloc de granite pourri n'est pas faite pour simplifier la question. Nous envisageons le processus génétique suivant pour cette zone: la Venoge érode le matériel morainique, laissant par endroits quelques buttes. La plaine ainsi créée est alluvionnée, seules les dites buttes émergent toujours, puis le niveau de base s'étant abaissé, la Venoge érode à nouveau ses anciennes alluvions et crée ainsi la terrasse d'érosion cartographiée déjà par W. Custer (Custer, 1928). Quant à la gravière, nous l'avons rattachée au fluvioglaciaire levé par W. Custer. Une autre gravière au N de la première, sur la Feuille 5 de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25000, le montre en une fort belle coupe. Nous aurions pu faire de cette gravière un lambeau de moraine superficielle remaniée. Notons encore qu'il est possible que les alluvions du Moulin du Choc soient contemporaines de la terrasse lacustre de 30 m et en soient la prolongation vers l'amont.

Nous voulons encore signaler la tourbière des sources de la Morges et celle de la grande dépression de Froideville.

La plaine alluviale au NE de «Le Saugey» est recouverte par quelque deux mètres de matériel enlevé au versant par de petits torrents et par les eaux de ruissellement. Nous pouvons observer la présence de petits cônes de déjection au débouché de ces torrents dans la plaine. Nous avons vu, à un mètre de profondeur, au lieu dit «Savorex», du tuff enrobant des débris de bois et des galets. C'était là