Le dernier interglaciaire et les moraines du Riss

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **59 (1936-1937)**

Heft 243

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

rhodanien ne devait pas avoir encore beaucoup diminué, que son front devait se trouver près d'Yvoire. La phase de récurrence est donc antérieure au stade de Buhl.

Sur le versant savoyard, nous avons constaté une récurrence analogue du glacier des Drances.

Entre Champanges et Thièze, au SW d'Evian, à l'altitude de 700 m., sur le « plateau de Thollon » recouvert ici d'un manteau continu de moraine de fond rhodanienne, une croupe en haut relief s'allonge en direction à peu près N-S. C'est un vallum morainique bien caractérisé, mais dont les matériaux sont exclusivement d'origine préalpine: Malm et Crétacé rouge des Préalpes médianes, Brèche du Chablais, etc. C'est évidemment une moraine latérale du glacier des Drances, témoignant d'une extension indépendante après que le glacier du Rhône lui ait cédé la place.

Comme au pied du Jura, il semble ici que cette récurrence a suivi de très près le départ du glacier rhodanien. Elle doit être à peu près contemporaine des terrasses que nous avons décrites au-dessus de Thonon. Nulle part, en effet, ces terrasses d'alluvions glaciaires ne sont recouvertes de moraine locale. Au N de Champanges, d'autre part, une file de moraines latérales du glacier du Rhône en retrait s'allonge, depuis St-Thomas, par Aux Granges jusqu'au-dessus de Marin, en direction WSW; ces vallums n'ont été ni dérangés ni recouverts par les dépôts du glacier des Drances.

Dans la partie orientale du plateau de Thollon, entre Thollon et Lajoux, tout un jeu de moraines frontales à matériel local, admirablement conservées (J. de Charpentier les connaissait déjà) montre que de petits glaciers se sont développés au pied de la paroi de Mémise, sans doute immédiatement après que le glacier du Rhône leur ait laissé le champ libre.

A St-Gingolph, on voit également des témoins d'une récurrence du glacier de la Morge (*129*). Plus en amont, la belle carte de A. Jeannet (*91*) en figure de semblables dans le bas des vallées de la Tinière et de la Grande-Eau.

La récurrence des glaciers locaux, dès le début du retrait du glacier du Rhône, est donc un phénomène tout à fait général dans le bassin du Léman.

IV. Le dernier interglaciaire et les moraines du Riss.

Lors de la glaciation wurmienne, le glacier du Rhône et ses affluents ont donc laissé dans le bassin lémanique de nombreuses marques de leur passage. Si les limites de l'extension du glacier rhodanien à son maximum ne peuvent être déterminées avec certitude, son retrait s'est manifesté par as-

sez de moraines et de terrasses latérales pour nous permettre de le suivre presque pas à pas, de Genève à Villeneuve.

Mais avant l'invasion wurmienne, dans quel état se trouvait la région lémanique? La cuvette du lac existait-elle déjà? Là-dessus les témoignages géologiques sont beaucoup moins nombreux et moins évidents. Les données de quatre régions différentes vont cependant nous permettre de serrer le problème autant que possible. Ce sont 1° la gorge de la Drance de Savoie, au SE de Thonon; 2° certains points du plateau vaudois; 3° les escarpements de La Côte; 4° les environs de Genève.

La première, que nous avons plus spécialement étudiée nous-même, et dont la complexité est particulièrement délicate à interpréter, doit être analysée avec quelques détails.

1. *La gorge de la Drance de Savoie.*

Les trois Drances, celle d'Abondance, celle du Biot et celle de Bellevaux (dite aussi le Brévon) se rejoignent dans la grande dépression de Bioge. Avant ce confluent, chacune de ces rivières est déjà fort encaissée et nous aurons aussi à y chercher des renseignements. Mais c'est surtout en aval de Bioge que la vallée de la Drance est remarquable. Sur quelque 8 km. de longueur, jusqu'à la pointe du grand delta qui s'étend à l'E de Thonon, c'est une gorge des plus pittoresques, d'une centaine de mètres de profondeur dans sa partie amont, de plus de 200 m. entre Armoy et Féterne.

Cette gorge est célèbre, à juste titre, depuis que L. A. Necker, en 1841 (*15*), en a reconnu l'intérêt. C'est là que Morlot put démontrer, pour la première fois d'une façon positive, la multiplicité des glaciations alpines (*27*); dès lors de nombreux observateurs l'ont étudiée: Alphonse et Ernest Favre (*33*, *41*, *42*), Rothpletz (*45*), Brückner (*50*), Forel (*53*), Schardt (*59*, *68*), Lugeon (*73*), Jacob (*76*), Douxami (*77*, *78*, *79*), Kilian (*97*, *106*), etc.; c'est une des plus remarquables coupes que l'on puisse voir.

Partant de Thonon, la route de Bioge (route nationale de Taninges et de Grenoble) longe d'abord le pied du gradin de la terrasse de Sur Crête, puis de celle de Morillon, jusqu'au départ de la route d'Armoy, à l'E de laquelle la terrasse de Thonon elle-même s'enfonce en pointe vers l'amont. Arrivée au bord de la vallée, la route nationale, descendant vers le SE, coupe les alluvions horizontales de cette terrasse et pénètre dans la moraine wurmienne sur laquelle ont glissé de gros paquets de cailloutis cimentés de la terrasse de Planaise. En face, le

versant droit taillé à vif montre admirablement la moraine wurmienne. surmontée aussi d'alluvions glaciaires ayant laissé choir des paquets disloqués. Cette moraine de fond, essentiellement argileuse, contient des parties sableuses, par places bien stratifiées et horizontales; près du Pont de la Douceur, de jolies pyramides y sont taillées. La Drance, sous ce pont, coule à l'altitude de 420 m.

A. — *Coupe au-dessous de Planaise.*

Prenons d'abord, une centaine de mètres après le pont, rive droite, la route qui monte vers Féterne; elle permet un coup d'œil d'ensemble sur le versant gauche (voir fig. 4, p. 349), où la disposition des dépôts est des plus manifestes [1] :

Tout en haut, l'on aperçoit les graviers horizontaux de la terrasse de Planaise (altitude 580 m.) reposant sur la moraine de fond wurmienne, ici fort épaisse. En bas et plus en amont, apparaît sous cette moraine un escarpement de conglomérat stratifié: c'est le fameux « poudingue de la Drance ». Sous lui, on peut distinguer encore, à travers les arbres, une moraine inférieure.

Les couches du poudingue sont ici inclinées de 20° à 25° vers l'aval, et l'ensemble s'effile dans cette direction où la proportion de sable, par rapport au gravier, augmente. Au SE, l'escarpement a bien une trentaine de mètres d'épaisseur; au NW, où les bancs de conglomérat atteignent obliquement le lit de la rivière, ils n'ont pas plus de 10 m. d'épaisseur au total. La moraine qui les surmonte, toujours avec des traces de stratification horizontale, coupe obliquement les couches de poudingue, suivant une ligne qui monte vers l'amont, moins inclinée que leur pendage. A la base de l'escarpement, le repos du poudingue sur la moraine inférieure se fait suivant une ligne ondulée, qui descend encore plus doucement vers l'aval et que les couches viennent atteindre de biais. De près, la niche toute fraîche d'un petit éboulement permet d'observer le détail du phénomène.

On voit donc ici quatre dépôts différents et superposés :

4° La terrasse de Planaise, alluvion glaciaire du retrait wurmien.

3° La moraine de fond wurmienne.

2° Le poudingue de la Drance, alluvion interglaciaire ou « alluvion ancienne » aux couches inclinées vers l'aval.

1° Une moraine de fond plus ancienne encore, datant vraisemblablement de la glaciation de Riss.

[1] C'est de cette route que C. Jacob a photographié ce versant (*76*).

B. — *Coupe au-dessous d'Armoy.*

Plus en amont, sur la route de Bioge, à 4,5 km. de Thonon, là où l'on exploite le gypse au-dessous d'Armoy, la coupe est encore plus intéressante. Le gypse affleure au fond de la gorge et s'élève d'une trentaine de mètres au-dessus du thalweg (dont l'altitude est ici de 435 m.).

Sur la rive droite, où est la route, les travaux d'exploitation ont rendu le versant très accessible. Le gypse est recouvert d'une vingtaine de mètres de moraine argileuse, localement un peu sableuse, d'un gris bleu sombre, avec des blocaux émoussés et striés. Sur elle, les cailloutis stratifiés et conglomérés de l'alluvion interglaciaire se dressent en paroi verticale d'une trentaine de mètres de hauteur. Au-dessus, c'est la masse de la moraine wurmienne, assez sableuse, avec des cailloux par places alignés horizontalement.

Le versant gauche, où mène un pont, montre une coupe différente (voir fig. 4). Le poudingue interglaciaire n'y existe pas et l'on ne voit, au-dessus du gypse, que de la moraine de fond mise à nu jusque vers le haut de la pente. Mais ce grand talus morainique est divisé en deux étages par une ligne très nette, sombre, horizontale, environ 50 m. au-dessus de la rivière. L'étage inférieur est bleu foncé, l'étage supérieur jaunâtre; et cette différence de couleur n'est pas un effet de l'altération superficielle, car la masse supérieure est épaisse de 150 m. environ. Du reste, la même différence de teinte caractérise, sur la rive droite, la moraine rissienne et la moraine wurmienne. En outre, c'est dans le prolongement de cet horizon que vient se placer, plus en aval, le sommet de l'escarpement de poudingue au-dessous de Planaise [1]. Et quelque 500 m. en amont de l'exploitation de gypse, le poudingue reparaît aussi sur le versant gauche, au même niveau, en paroi tout de suite fort épaisse.

L'absence de l'alluvion interglaciaire entre ces deux escarpements, sur le versant gauche, au-dessus du bombement de gypse, nous a d'abord singulièrement intrigué. Nous verrons qu'elle s'explique de la façon la plus simple.

C. — *L'affleurement de Morlot.*

Morlot n'a pas eu la chance de pouvoir observer cette belle coupe d'Armoy; sans doute, en 1857, l'exploitation du gypse

[1] Entre la coupe d'Armoy et celle de Planaise, des glissements de terrain et la végétation plus épaisse, empêchent d'observer clairement la superposition des dépôts.

ne l'avait-elle pas encore mise à nu. C'est presque 2 km. plus en amont, au delà du coude de la Drance dominé par un gros piton de poudingue dressé comme une tour, qu'il a découvert (*27*) un paquet de moraine inférieure — premier reste de la moraine rissienne signalé dans les Alpes — entre l'alluvion interglaciaire et la roche en place.

L'affleurement est sur la rive gauche, parfaitement visible encore aujourd'hui de la route qui suit la rive droite, une cinquantaine de mètres en aval de la borne kilométrique à 6,3 km. de Thonon. La roche en place apparaît ici sous le poudingue, en fortes couches horizontales de calcaire dolomitique, coupées obliquement par la surface, inclinée vers l'aval, qui les sépare de l'alluvion ancienne. Les bancs de poudingue sont aussi subhorizontaux. Entre deux apparaît une lentille de moraine de fond, de 10 à 15 m. de longueur sur 3 ou 4 m. d'épaisseur. Elle est tout isolée, déterminant une anfractuosité du versant, et surplombée par le conglomérat. Plus en amont, partout où l'on voit sa base, ce conglomérat repose sur la roche en place.

La découverte de Morlot fit sensation. Dix ans plus tard encore, Alphonse Favre en discute la portée (*33*, I, p. 78) et refuse d'y voir la preuve de deux périodes glaciaires différentes. Dix ans après, en 1877, il vient la contrôler sur place avec son neveu, Ernest Favre, et Sylvius Chavannes. Ernest Favre dessine un croquis de l'affleurement qui permet de le reconnaître aujourd'hui sans peine (*41*). C'est le seul point, remarque-t-il, où l'on trouve du glaciaire bien caractérisé sous le conglomérat. Est-ce le reste d'un dépôt plus étendu? « La coupe, qui est très nette, autorise bien à croire qu'il est en place » ; mais comme c'est le seul fait de cette nature, on se demande s'il n'est pas accidentel « et si cette coupe qui paraît normale ne pourrait pas être expliquée par un phénomène de glissement ou autre, particulier à cette localité ». En 1879, en effet (*42*, I, p. 143-144), Alphonse Favre estime encore qu'il s'agit d'un éboulement de la moraine supérieure. Pourtant le poudingue surplombe de 2 ou 3 m. ce lambeau de moraine plus ancienne.

Il faut croire qu'en 1877 la coupe d'Armoy, sur la rive droite, n'était pas encore évidente. Avant 1881 cependant, Rothpletz a pu l'observer (*45*, p. 86-87). « Nous avons ici une coupe très claire, déclare-t-il, qui ne peut tromper sur les relations des terrains; nous la recommandons à tous ceux qui doutent encore d'une double époque glaciaire autour du Léman. L'affleurement est à trois quarts d'heure de Thonon, aisément

accessible, impossible à manquer, juste en amont d'une fraîche auberge [1] ».

D. — *Disposition et composition du poudingue de la Drance.*

En 1886, Brückner décrivit en détail le poudingue de la Drance (*50*, p. 164-167). Il montra que ses couches, horizontales dans toute la partie amont de la gorge, s'inclinent vers l'aval à partir de l'affleurement de Morlot, les bancs inférieurs d'abord, puis les couches supérieures aussi. C'est donc une structure de delta, d'alluvion déposée dans un lac. Il en concluait à l'existence d'un Léman interglaciaire, dont le niveau aurait été de 130 m. à 150 m. plus haut qu'aujourd'hui, si ce n'est 200 m. Forel, qui vint contrôler cette observation, met en doute cette conséquence (*53*, p. 172): « Je n'ai pas su voir dans cette localité, écrit-il, des faits aussi décisifs que ceux décrits par mon excellent collègue et ami de Berne; j'ai reconnu à la place indiquée une inclinaison des couches d'alluvion ancienne; mais elle m'a paru locale et je n'ai pas vu le développement étendu qu'exige l'hypothèse. »

A vrai dire, la structure en delta de l'alluvion interglaciaire est dérangée et compliquée par des dislocations. A l'affleurement de Morlot, les couches de poudingue sont encore horizontales, sauf les bancs tout à fait inférieurs, de matériel grossier, qui s'inclinent d'environ 15° à l'WNW. Sur les 300 m. qui suivent vers l'aval, on voit l'inclinaison augmenter peu à peu jusqu'à 25° et gagner graduellement des couches de plus en plus hautes, comme l'indique Brückner, les assises supérieures restant horizontales. Au bout de ces 300 m., la distinction est fort nette, au milieu de la paroi, entre le complexe horizontal et le complexe incliné vers l'WNW. Mais une centaine de mètres plus loin, au coude de la rivière, en face du piton qui le domine, les couches inférieures ne plongent plus que de 10° au NW et passent sans limite tranchée au complexe supérieur horizontal. Une centaine de mètres encore plus en aval, tous les bancs plon-

[1] Rothpletz commet ici une petite erreur qui pourrait justement faire manquer la coupe d'Armoy : il la situe sur « la route qui conduit de Thonon à Féterne », alors que c'est la route de Thonon à Bioge dont il s'agit. La route de Féterne monte au-dessus des alluvions interglaciaires et se tient dans la moraine wurmienne.

Il est assez curieux que les observations de Morlot, des Favres, de Rothpletz, de Brückner (*50*, p. 165-166), de Forel (*53*, p. 172), aient totalement échappé aux géologues français qui ont plus tard étudié la gorge de la Drance. Ni Douxami, ni Jacob, ni Kilian, ni Révil n'ont eu connaissance de la moraine antérieure au conglomérat interglaciaire, et tous ces auteurs le tiennent pour le plus ancien dépôt quaternaire de la région. On signale cette omission pour que l'on nous excuse d'avoir, en 1933, ignoré nous-même que Brückner, dans l'ouvrage le plus classique, avait formulé déjà l'explication juste des dolines périglaciaires de Thonon (voir p. 354, note 1).

gent au NW, de 35°, coupés par de grandes fissures verticales qui n'affectent en rien leur pendage; c'est sur le flanc sud d'un grand ravin latéral, toujours au versant gauche de la vallée. Sur le flanc nord de ce ravin, en face du départ du sentier pour la grotte aux Fées (qui s'ouvre dans une haute intercalation sableuse), les couches de poudingue, assez disloquées, plongent sur toute leur hauteur au SSE d'environ 30°, donc *vers l'amont*. Ce pendage reste à peu près le même, toujours compliqué par de fortes fissures, jusqu'en face de la borne kilométrique 5,3 de Thonon. Plus loin, peu avant que le poudingue disparaisse du versant gauche au-dessous d'Armoy, l'ensemble s'incline de nouveau au NW, d'environ 20°, avec de nombreuses irrégularités de détail.

Rive droite, plus en aval encore, sous l'éperon de Féterne, le pendage du poudingue est NNW, de 25° à peu près; dans le flanc nord du ravin descendant de Féterne, il est WSW, de 25° aussi, mais assez irrégulier. Enfin, sur le versant gauche de la vallée, en aval du gypse, au-dessous de Planaise, les couches de conglomérat plongent au NW, de 20° à 25°.

Ces variations ne sont pas toutes imputables à l'irrégularité de structure des deltas. Le pendage si net vers l'amont, entre l'exploitation de gypse et le coude de la vallée, est certainement l'effet d'une dislocation locale. Il ne semble pas que ce soit un simple glissement sur la pente du versant; peut-être un affaissement provoqué par la dissolution du gypse en profondeur ?

De toutes façons, la structure en delta de la partie aval du poudingue interglaciaire est bien manifeste, et nous ne pouvons que donner raison à Brückner sur ce point. Quant à la conséquence qu'il en tirait, nous en discuterons plus loin.

Une autre constatation de Brückner est aussi importante: ce poudingue s'est déposé *entre les versants d'une ancienne vallée,* dont le cours suivait à peu près le même tracé que la Drance actuelle. Là aussi nos observations confirment celles de Brückner, en les précisant sur un point assez significatif.

Cette localisation du conglomérat dans un ancien chenal explique, d'abord, de façon très claire, sa brusque interruption au-dessous d'Armoy sur le versant gauche de la gorge: simplement la vallée actuelle s'est un peu écartée vers la gauche, en cet endroit, du tracé de la vallée interglaciaire. Le même phénomène se produit plus en amont, sur environ 2 km. de longueur, de part et d'autre du gypse de l'Epine, également sur le versant gauche de la gorge.

Quant à la *composition pétrographique* du poudingue interglaciaire, elle est fort remarquable: presque tous les éléments proviennent des Préalpes, et les éléments cristallins y sont rares. Morlot et Alphonse Favre (*33*, I, p. 79) l'avaient déjà noté.

Leurs successeurs ont surenchéri et volontiers affirmé (Douxami, *77*, *78*) qu'il ne s'en trouvait point. Brückner déclare (*50*, p. 164 et 165) qu'après de longues recherches il n'y a découvert qu'un seuil caillou de gneiss. En réalité, la fréquence des éléments cristallins varie suivant les endroits. D'une façon générale, il y en a plus vers l'aval qu'en amont. Entre Bioge et l'Epine, par exemple, ils sont tout à fait exceptionnels, tandis qu'au-dessous d'Armoy ou de Féterne, on peut estimer à 1 ou 2% la proportion des galets de gneiss, de micaschistes, de granites ou de prasinites (cf. *123*, p. 188).

Le poudingue de la Drance est donc une alluvion interglaciaire, un dépôt des Drances déjà existantes, provenant des Préalpes du Chablais, entre les parois d'une ancienne vallée.

Cette vallée débouchait dans un lac, dont le niveau devait être à 485 m. ou 500 m. d'altitude environ. Mais ce lac, nous le verrons, ne pouvait pas être le Léman.

E. — *Caractères du chenal interglaciaire.*

Il est possible de préciser, jusqu'à un certain point, la forme, la largeur, la profondeur, de cette ancienne vallée enserrant aujourd'hui le poudingue de la Drance.

Et d'abord son *extension*: on peut la suivre en amont de Bioge, dans les trois rivières confluentes. Dans la Drance d'Abondance, jusqu'au-dessous de Chevenoz, où l'alluvion ancienne disparaît sous la moraine wurmienne [1]. Dans la Drance du Biot, le poudingue existe jusqu'à la gorge du Jotty; dans le Brévon, jusqu'en amont de Vailly. Ainsi, les trois Drances existaient à la dernière époque interglaciaire, et se rejoignaient à Bioge comme aujourd'hui.

De cet ancien chenal, on ne voit généralement qu'une des berges à la fois, ce qui empêche de se rendre compte de sa *largeur*. Là où la vallée actuelle s'en écarte pour s'enfoncer dans la roche en place, on constate que les versants de l'ancien chenal sont assez abrupts — moins cependant, sauf exceptions,

[1] M. Lugeon (*60*) et Douxami (*78*) ont cru voir ici un passage latéral du poudingue à la moraine ; cette erreur provient du fait que des paquets de moraine argileuse ont glissé, en maint endroit, sur les flancs de la vallée, et simulent à s'y méprendre des passages latéraux. Les mêmes auteurs signalent de tels passages près du Biot, mais il s'agit là de graviers locaux, déposés lors du retrait du dernier glacier. Enfin M. Lugeon (*60*, p. 103), assimile à l'alluvion ancienne les graviers de la terrasse de Morzine-Montriont-Essert Romand-Essert la Pierre. Mais ce sont des alluvions postglaciaires, déposées probablement dans un lac dû au barrage de la vallée par un éboulement. Les deux petites moraines en aval de la Plagne, invoquées par M. Lugeon, ne reposent pas sur ces graviers mais en sont, au contraire, entourées.

que ceux de la gorge actuelle; et puisque cette gorge est sur d'assez longs parcours entièrement taillée dans le poudingue, c'est donc qu'elle est plus étroite que l'ancien sillon.

Il est un endroit pourtant où l'on peut toucher presque vis-à-vis l'un de l'autre les deux versants interglaciaires. C'est dans la vallée de la Drance d'Abondance, près du confluent de l'Ugine qui arrive de Bernex, au SW de Chevenoz.

Il est donc possible de mesurer ici la largeur de l'ancienne vallée à la partie supérieure de ses versants. Elle est de 600 m. environ, c'est-à-dire tout à fait analogue à la largeur de la gorge actuelle en ce point.

La paroi gauche de l'ancien chenal est montrée par la Drance actuelle, dont le cours s'encaisse dans la roche en place (cours épigénique) sur environ 500 m., en amont du confluent. La paroi droite, c'est dans la vallée de l'Ugine qu'on la trouve, 400 m. au NE de son débouché dans la Drance. Là émergent le Trias et le Lias, aux couches très redressées, contre lesquels s'appuient les bancs horizontaux du conglomérat, surmontés par la moraine wurmienne. La pente de cet ancien versant est ici d'environ 30°.

La *profondeur* du chenal interglaciaire, dans les trois Drances en amont de Bioge, est plus grande que celle des gorges actuelles qui nulle part n'en atteignent le fond. Par contre, en aval de Bioge, il semble bien que sur certains segments la rivière récente ait creusé son lit plus bas que le vieux thalweg.

Là où la route nationale traverse la Drance, quelque 700 m. après l'entrée de la gorge, on voit de part et d'autre du pont les bancs horizontaux du poudingue reposer, en discordance magnifique, sur les calcaires dolomitiques du Trias fortement redressés, quelques mètres au-dessus du cours d'eau. Mais rien ne prouve qu'on soit ici dans l'axe de l'ancien chenal.

A vrai dire il n'y a qu'un seul endroit où l'on puisse en être presque sûr. C'est 1 km. plus en aval, au coude de la vallée, tout près du point où le poudingue s'interrompt sur le versant gauche. On le voit reposer aussi, des deux côtés de la rivière, sur le calcaire dolomitique. Mais ce contact est 5 ou 6 m. au-dessus de l'eau sur la rive gauche, tandis que sur la rive droite il est environ 10 m. au-dessus du courant. Or la rive gauche est ici toute proche du bord de l'ancien chenal, puisqu'elle en sort quelques mètres plus loin. Le thalweg actuel est, par conséquent, de 5 ou 6 m. plus profond, en cet endroit, que le thalweg interglaciaire.

Mais en aval de l'affleurement de Morlot, le poudingue descend de nouveau jusqu'au fil de la rivière et peut-être plus

bas, sur plus de 500 m. de longueur. Au-dessous d'Armoy, puisque la vallée actuelle s'écarte vers la gauche de l'ancien sillon, on ne peut savoir quelle était sa profondeur, ni jusqu'où le delta interglaciaire s'étendait vers le NE [1].

Un trait particulier de la vallée interglaciaire, qui ne se retrouve nullement dans la gorge actuelle, et même dans aucune gorge importante des Alpes, c'est qu'elle se divise parfois en *deux sillons jumelés* qui se rejoignent vers l'aval (*123*).

C'est le cas immédiatement au-dessous de Bioge (fig. 5). Les trois anciennes Drances, nous l'avons vu, se réunissaient déjà dans cette dépression: le poudingue affleurant au confluent du Brévon en est la preuve. Mais en aval de cette jonction, l'ancien chenal se divise en deux bras, séparés par une grande masse rocheuse où la rivière actuelle a creusé profondément sa gorge sur près de 700 m. de longueur. Les deux bras s'unissent au point où la route nationale traverse la rivière.

Un autre exemple est visible dans la gorge de la Drance du Biot, environ 1200 m. en amont de son confluent avec la Drance d'Abondance, au-dessous du Cruet. La rivière décrit là un méandre suivi par la route, taillé dans un éperon de roche en place qu'enserrent de part et d'autre les bancs de conglomérat.

[1] W. Kilian, en 1924 (*106*) pensait que le poudingue de la Drance s'étend, vers l'E, jusqu'à Evian-les-Bains, où il constituerait le réservoir alimentant les célèbres sources minérales de cette ville. Ce n'est pas impossible, mais fort peu probable.

Le captage de la source Cachat a saisi l'eau dans une épaisse couche de sable entièrement recouverte de moraine argileuse. C'est le seul captage sur lequel nous ayons des renseignements géologiques certains. Ce sable est-il l'équivalent de l'alluvion ancienne de la Drance, comme l'admet Kilian, représenterait-il l'extrémité du delta interglaciaire ? Rien ne permet de trancher nettement la question. Mais les diverses sources d'Evian, dont la composition chimique est très semblable, émergent à des altitudes assez différentes les unes des autres (source du Châtelet 380 m., source Cachat 395 m., source des Ducs de Savoie 425 m., source Eviana environ 600 m.). Ceci nous porterait à croire qu'elles proviennent de lentilles de sable ou de gravier intercalées à divers niveaux dans la moraine wurmienne, et non pas de formations interglaciaires.

Kilian avait d'abord (*97*, III, p. 130-135) considéré le poudingue de la Drance comme une alluvion de progression wurmienne, en adoptant pour la contrée de Thonon l'interprétation de C. Jacob (voir ci-dessus, p. 351). En 1924, reprenant l'étude de la région pour délimiter une large zone à protéger autour de la source Cachat, il reconnut la continuité de la moraine supérieure au poudingue de la Drance, du plateau de St-Paul jusqu'à Thonon. Et comme il tenait la moraine de Thonon pour « néowurmienne », il fit du poudingue un dépôt interstadiaire, entre wurmien et néowurmien, et de toute la couverture morainique du plateau de St-Paul une formation néowurmienne. Il n'y avait donc plus de moraine wurmienne — si ce n'est au-dessous de l'alluvion ancienne, mais nous avons vu (p. 362, note 1) que Kilian l'ignorait — et tout devenait néowurmien !

L'existence de ces sillons jumelés pose un problème assez troublant. On en connaît d'analogues dans plusieurs vallées alpines, mais ils sont comblés de moraine, sans doute de moraine wurmienne, et se présentent presque toujours sur des *verrous,* sortes de barres rocheuses qui ferment transversalement les vallées. Le premier exemple qui ait été signalé, à notre connaissance, est celui du Kirchet dans le Hasli, par M. Lugeon (*71*). De la multiplicité des sillons emplis de moraine, il concluait à la multiplicité des avancées glaciaires

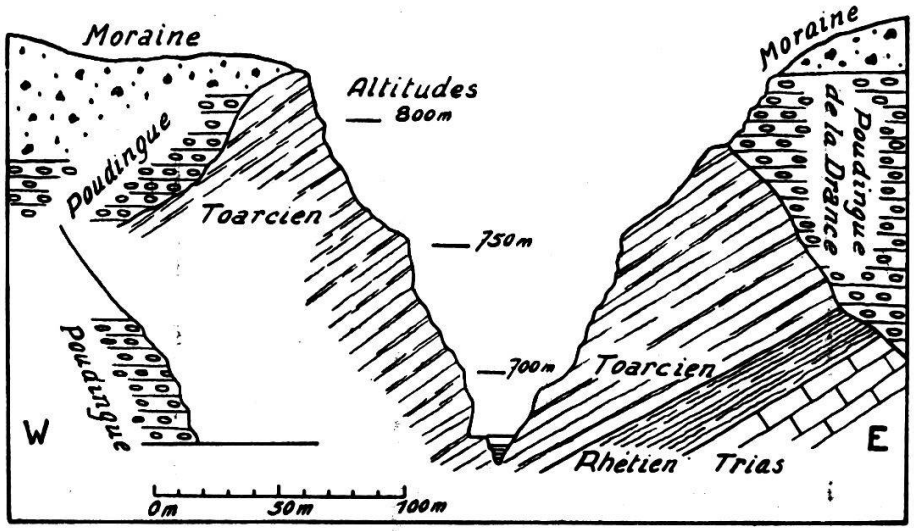

FIG. 5. — Coupe de la gorge épigénique de la Drance au Pont de Fer, en aval de Bioge.

(p. 32 et 33). Cela est fort compréhensible lorsqu'il s'agit d'un verrou, derrière lequel le front du glacier a dû stationner assez longuement, avec de petits reculs, de petites avancées, multiples oscillations de faible amplitude qui s'observent sur tous les glaciers.

Ici, les deux sillons anciens sont l'un et l'autre comblés par de l'alluvion fluviale, bien stratifiée, en bancs subhorizontaux, dont l'unité de formation ne peut faire aucun doute. Il est donc certain que les deux sillons existaient, tous deux, avant le dépôt alluvial. Or puisqu'il y en a deux, il faut que l'un ait été comblé avant que l'autre ne se creuse. Et le premier ne peut avoir été comblé que par de la moraine rissienne.

Nous sommes donc amenés à conclure que l'ancien chenal enserrant le poudingue a été creusé deux fois au moins. Une première fois avant la glaciation de Riss, qui a dû l'emplir de moraine jusqu'au-dessus des éperons rocheux séparant aujourd'hui les deux sillons. Une seconde fois après la glaciation rissienne; les cours d'eau, déviant quelque peu de leurs an-

ciens tracés, ont alors taillé de petits segments épigéniques, tandis que les premiers sillons se vidaient, grâce au ruissellement sans doute, de leur moraine. Et c'est après que tous deux ont été libres, que l'alluvionnement a commencé.

Nous pouvons être certains que la seconde phase d'érosion est postérieure à la glaciation rissienne, puisque le chenal est taillé, au-dessous d'Armoy, dans la moraine inférieure. Le creusement n'a pu s'y accomplir qu'après le retrait du glacier qui déposa cette moraine.

Il faut avouer qu'une donnée reste étonnante: c'est la faible largeur du chenal post-rissien, s'il eut presque toute la période interglaciaire pour se creuser, et en majeure partie sur un sillon préexistant. Mais, d'une part, il n'est pas sûr que son approfondissement ait commencé sitôt après le retrait du glacier rissien [1]; d'autre part, nous ne savons pas quelle épaisseur de moraine rissienne l'érosion eut à enlever avant d'atteindre la roche en place.

2. *Conclusions sur la vallée de la Drance.*

Les faits que nous venons d'analyser en détail nous permettent d'établir quelques conclusions sur une base solide.

Brückner, nous l'avons vu, ayant observé la structure en

[1] Alphonse Favre (*33*, I, p. 80) signale l'existence d'une couche de *lignite*, de 300 m. de longeur et de 1,50 m. environ d'épaisseur, qui fut exploitée « à une certaine hauteur, sur la rive gauche de la Dranse, et près d'Armoi... Il paraît être placé dans le terrain glaciaire. Ce lignite, qui a disparu, était un dépôt de bois fossile dont la matière végétale était peu altérée ; on y trouvait des cônes de sapins noircis, mais très bien conservés ». Favre l'estime plus récent que celui du bois de la Bâtie (p. 81).

Nous n'avons pas encore retrouvé l'emplacement de ce lignite, mais la couleur foncée du mince horizon qui sépare, au-dessous d'Armoy, les masses morainiques wurmienne et rissienne nous a d'abord fait supposer qu'il se trouvait à ce niveau. C'eût été une indication précieuse, car le chenal contenant le poudingue s'est creusé à partir de cet horizon. Si, avant qu'il ne s'amorce, une couche de lignite interglaciaire s'était formée à cet endroit, son creusement n'aurait pu commencer sitôt après le retrait du glacier rissien.

Mais il semble bien que ce lignite soit post-wurmien ou tardi-wurmien. Un croquis d'Alphonse Favre (Atlas, Pl. II, fig. 7), bien que « grossier » de son propre aveu, le figure tout en haut du versant, franchement au-dessus du niveau de l'alluvion ancienne. En outre G. de Mortillet (25, p. 9 et 10), qui parle de ce lignite sans préciser le lieu de son gisement, le considère comme un produit d'accumulation torrentielle datant du retrait du dernier glacier rhodanien. La couche est « composée de troncs d'arbres et autres fragments végétaux, ajoute-t-il. Les bois sont encore à l'état ligneux et brûlent à peu près comme les bois de l'époque actuelle ; mais comme cette couche de combustible est le résultat d'un charroi torrentiel, elle se trouve très mélangée de terre et de sable ». Ces indications font nettement supposer que ce « lignite » se trouvait dans la terrasse alluviale d'Armoy ou de Sur Armoy, qu'il s'est donc déposé, suivant l'idée de Mortillet, lors du retrait wurmien. Son exploitation a dû cesser entre 1848 et 1854.

delta du poudingue de la Drance dans sa partie aval, en inférait qu'un Léman interglaciaire avait existé, avec un niveau de 130 à 150 m. plus élevé que l'actuel, peut-être même de 200 m. Les recherches morphologiques de Baertschi (*92*) aboutissaient au même résultat.

Forel (*53*, p. 172 et 173) oppose à cette hypothèse que nulle part ailleurs on ne trouve trace de cet ancien Léman. Il lui semble plus probable que ce delta s'est formé dans un lac de barrage, au flanc du glacier du Rhône.

Pour trancher cette question, il faut d'abord préciser l'âge du poudingue de la Drance et choisir entre trois solutions: 1° ou bien c'est une alluvion de retrait du glacier rissien; 2° ou bien une formation franchement interglaciaire, arrivant dans un lac de niveau élevé, comme le pensait Brückner; 3° ou bien encore une alluvion de progression wurmienne, datant de l'époque où le glacier du Rhône, en croissance, barrait déjà le chenal ancien et déterminait un lac à son embouchure.

Brückner estimait (*50*, p. 166) que le creusement du chenal où s'est accumulée l'alluvion interglaciaire, avait précédé le dépôt de la moraine du Riss. Nous avons vu que c'était vrai en partie, mais pas au sens où l'entendait Brückner. Puisque sous Armoy ce chenal est taillé dans la moraine rissienne, il ne peut être que postérieur à son dépôt, et même à l'abandon de cet endroit par le glacier rissien. Voilà qui exclut la première solution [1].

Pour la seconde, l'objection de Forel n'est pas sans valeur: un Léman pré-wurmien dont le niveau se serait élevé à 500 m. d'altitude aurait sans doute laissé d'autres traces de sa présence, et l'on n'en connaît point. Mais ce n'est qu'un argument négatif. M. E. Joukowsky nous en fournit un autre, et des plus positifs : si un Léman pré-wurmien a réellement existé, ce qui est probable, l'altitude de son émissaire à Genève ne pouvait être que de très peu supérieure à 360 m., cote de la base des marnes à lignites interglaciaires au pont Butin (*98, 99, 104*). L'hypothèse de Brückner et de Baertschi est en contradiction avec les résultats des sondages exécutés dans la région de Genève.

[1] C'est pourtant celle que nous avons proposée en 1933 (*123*). Nous croyions alors à l'existence d'une période d'érosion entre le dépôt du poudingue de la Drance et celui de la moraine wurmienne. Mais les signes de cette érosion se sont révélés ou fallacieux, ou presqu'insignifiants et fort localisés, tels que le frottement du glacier wurmien lui-même, sur le poudingue, a pu les produire. Nous n'avions pas envisagé non plus toutes les conséquences de nos observations sur la coupe d'Armoy, sur les sillons jumelés de l'ancien chenal : nous y voyions l'effet de la présence peu antérieure d'un glacier dans le bassin de la Drance.

Il ne subsiste que la troisième solution, qui semble être la bonne: le poudingue de la Drance est une alluvion de progression wurmienne, arrivant dans un lac de barrage latéral du glacier du Rhône [1]. L'altitude de la surface du glacier devait être un peu supérieure à 485 m. au débouché de l'ancien chenal, et les glaciers locaux des trois Drances étaient encore dans le haut des vallées.

3. *Dépôts interglaciaires du Plateau vaudois.*

A l'E de la vallée de la Drance, on ne voit plus nulle part, en Haute-Savoie, d'alluvions interglaciaires. Par contre, on les connaît en divers points du plateau vaudois.

Citons, au bord de la cuvette lémanique, les graviers des Cases, 5 km. à l'ENE de Lausanne. Ils reposent sur la molasse, à l'altitude de 770 m., et sont recouverts de moraine wurmienne.

Beaucoup plus au N, au versant droit de la vallée de la Broye, citons les alluvions anciennes d'Henniez, sur la molasse également, à 520 m. On les connaît à Chapelle sur Moudon (760 m.) et près de Thierrens (760 m.), grâce à des captages qui vont y chercher l'eau sous la moraine wurmienne. Près de Sottens, H. Lagotala en a décrit quelques affleurements (*110*), mais il est douteux qu'ils soient recouverts de moraine. On exploite des graviers interglaciaires à Bioley-Orjulaz, 4 km. au SW d'Echallens; ils sont accotés ici au flanc d'une butte molassique et tapissés, sur leur tranche occidentale comme sur leur surface, par la moraine de fond wurmienne. Des sondages faits en 1929 ont montré qu'une couche marneuse s'intercale dans ces cailloutis et qu'ils recouvrent, à l'altitude de 566 m., une marne limoneuse enrobant des galets roulés. Il ne semble pas que ce soit de la moraine rissienne, mais un dépôt d'alluvion plus argileux. On a trouvé, dans les cailloutis, une dent de *Rhinoceros tichorrhinus* (*135*, p. 7) [2].

Environ 4 km. à l'WNW de Cossonay, une ancienne exploitation a mis à jour, à Prévondavaux, des graviers interglaciaires recouverts de moraine wurmienne (voir W. Custer, *114*, p. 37, Carte géol. *134* et notice explicative). Des cap-

[1] C'est la solution que paraît aussi préférer M. M. Gignoux dans la 2e édition de son traité de Géologique stratigraphique (*140*, p. 679). Elle n'explique pas le pendage des poudingues vers l'amont, au SE de la coupe d'Armoy (cf. ci-dessus, p. 363), car les éléments du conglomérat n'y semblent pas d'une autre provenance que ceux des couches inclinées vers l'aval.

[2] M. A. Bersier, qui poursuit ses recherches sur le Plateau molassique vaudois, doute que la masse argileuse recouvrant les cailloutis des Cases, de Chapelle, même de Bioley-Orjulaz, soit bien de la moraine de fond. Il y verrait plutôt des limons post-glaciaires. La question est à l'étude.

tages d'eau par puits filtrants en ont atteint la base, à 555 m. d'altitude; ils paraissent reposer directement sur la molasse [1].

C'est aussi par un captage qu'on connaît leur existence à Dizy, 2,5 km. au NNW de Cossonay, à 575 m. d'altitude.

Sur le plateau vaudois, les alluvions interglaciaires sont donc assez répandues; mais généralement couvertes de moraine wurmienne, on ne les voit affleurer qu'en de rares endroits. Ce sont du reste des dépôts localisés, discontinus, dont l'altitude varie de 520 m. à 770 m. Ils sont bien stratifiés, en couches subhorizontales partout où nous avons pu les observer. Leur épaisseur ne dépasse guère 25 à 30 m. et en chaque point où l'on atteint leur base, ils reposent sur la molasse.

Il est probable que ces cailloutis proviennent tous de la progression wurmienne, du temps où le glacier du Rhône, débordant la cuvette lémanique, s'avançait vers le N et le NE, entre les Préalpes et le Jura. Mais il est possible qu'une partie d'entre eux date du retrait rissien ou de la phase franchement interglaciaire. Rien ne permet d'en décider. La seule formation connue, parmi les dépôts préwurmiens, qui témoigne d'un climat tempéré, est le lignite découvert à Grandson, en 1894, par une galerie de captage (voir l'étude de A. Jeannet, *103*, avec bibliographie). Trois couches de lignite, intercalées dans de la marne, reposent sur de l'argile à blocaux, qui serait donc de la moraine rissienne, à l'altitude de 470 m. La marne à lignite mesure environ 5 m. d'épaisseur; elle est recouverte de 12 à 15 m. de gravier sur lequel est plaquée la moraine du Wurm. Si le lignite est franchement interglaciaire, les cailloutis qui le surmontent semblent dater, ici aussi, de la progression du glacier wurmien.

4. *Le conglomérat de La Côte.*

Dans le long escarpement qui domine le vignoble de La Côte apparaît, sous la moraine wurmienne, un dépôt de cailloutis cimenté en conglomérat, nettement stratifié, aux couches subhorizontales. Il repose directement sur la molasse. On le suit sur 10 km., depuis les hauteurs de Bougy jusque dans les vallées de la Serine et de la Combaz, à l'W de Begnins.

Au-dessus de Bougy, d'après la carte fort précise de A. Jeannet (*103*, p. 515), sa base est à 620 m. d'altitude et son épaisseur d'une trentaine de mètres. Là, Jeannet l'a vu coupé obliquement, vers le

[1] D'après les communications de M. C. Glapey, ingénieur, qui a dirigé l'exécution de ces puits filtrants, c'est probablement par erreur que W. Custer indique de la moraine de fond entre ces cailloutis et la molasse.

NE, par la moraine wurmienne qui contient elle-même des couches de graviers et des lits d'argile charbonneuse, tourbeuse, découverts par Morlot (*27*, *28*; voir aussi *58* et *103*, avec une bibliographie très complète). Au-dessus de Luins, la base du conglomérat est à 560 m. et son épaisseur d'une soixantaine de mètres. Au confluent de la Combaz et de la Serine, il recouvre la molasse à 520 m. et sa limite supérieure est vers 570 m. d'altitude. Dans le ravin de la Serine, on le suit vers l'amont sur plus de 1 km. Vers le SW, il disparaît sous la moraine wurmienne dans la vallée de la Combaz, et l'on ne sait jusqu'où il s'étend. La pente, d'amont en aval, est bien manifeste. Brückner (*85*, p. 563) l'estime, entre Bougy et Begnins, de 7 à 8 ‰ à sa surface supérieure et Jeannet mesure 7,8 ‰ à sa base.

La composition pétrographique de ce conglomérat est très remarquable, précisément inverse de celle du poudingue de la Drance: les galets y sont presque exclusivement de provenance alpine, valaisanne, et l'on n'y trouve que très peu d'éléments jurassiens [1]. La disposition des graviers est très variable: il y a des zones de gros blocs et des intercalations sableuses.

Comme le poudingue de la Drance, plus encore peut-être, le conglomérat de La Côte a donné lieu à d'innombrables discussions. Necker, qui le reconnut le premier, l'assimilait (*15*) à son « alluvion ancienne » de Genève. Schardt, en 1895 (*59*), le tient aussi pour contemporain du poudingue de la Drance et des graviers interglaciaires génevois, et les considère tous trois comme des alluvions de retrait du glacier rissien. En 1908 par contre (*83*, p. 12), il affirme que ces dépôts proviennent des deux premières glaciations. Aeberhardt (*74*) conclut de la constitution pétrographique du conglomérat de La Côte qu'il s'est déposé avant que le Jura ne se plisse et que la cuvette du Léman ne soit creusée. Brückner (*85*, p. 563 à 566) l'estime plus jeune que le poudingue de la Drance, qu'il date de la période franchement interglaciaire entre Riss et Wurm; l'alluvion de La Côte, comme celle de Genève, serait de progression wurmienne.

Puis viennent les années où l'on attribue une grande importance, pour déterminer l'âge des dépôts glaciaires, aux différences d'altitudes, aux « emboîtements ». Une alluvion déposée à 520 ou 620 m. d'altitude ne peut dater de la même époque que celle de Genève, dont la base est proche du niveau du Léman; une phase d'érosion a dû se produire entre deux. Kilian et Révil (*97*, III, p. 127-135) distinguent donc nette-

[1] Schardt (*59*) et Aeberhardt (*74*), prétendent même qu'on n'en trouve aucun ; mais avec quelque patience on arrive à en reconnaître. De même, il existe des cailloux de gabbro, d'euphotide et de gneiss d'Arolla, contrairement à l'affirmation d'Aeberhardt.

ment, d'une part les poudingues de La Côte et de la Drance, qui seraient de progression wurmienne, et d'autre part l'alluvion ancienne de Genève, de progression néowurmienne[1]. Pour Jeannet, en 1923 (*103*), la moraine qui tapisse le versant au-dessous du conglomérat de La Côte est évidemment plus récente que celle qui recouvre le conglomérat. Joukowsky lui-même, en 1923 (*104*), alors qu'il rejetait déjà l'hypothèse d'une récurrence néowurmienne, se trouve contraint par la raison des « emboîtements » à séparer l'alluvion ancienne de Genève, qui serait de progression wurmienne, du conglomérat de La Côte, considéré alors comme contemporain des « Deckenschotter », c'est-à-dire de l'une des deux premières glaciations (Günz ou Mindel).

Quelques années plus tard (1931, *118*), le même auteur montrait la fragilité d'un tel raisonnement. Un glacier dont le front serait à Genève ou en aval de Genève peut fort bien avoir son flanc droit, à La Côte, à 500 ou 600 m. d'altitude, au bord de la cuvette rocheuse, préexistante, du Léman, et y faire déposer par ses eaux de fonte des alluvions épaisses. Il est donc très possible que le conglomérat de La Côte soit contemporain des cailloutis génevois, ou même un peu plus jeune. Il date probablement, comme eux, de la phase de progression du glacier wurmien.

La différence de composition pétrographique entre le poudingue de la Drance et le conglomérat de La Côte répond à une différence de gisement et de dépôt. Le premier, nous l'avons vu, est une alluvion fluviale, cantonnée dans une vallée débouchant dans un lac de barrage. Le second est, au contraire, localisé sur un plateau molassique, s'abaissant régulièrement vers le SW, mais dominant au NE la vallée de l'Aubonne. D. Aubert a prouvé récemment (*139*) que cette vallée suivait une dépression beaucoup plus large, taillée dans la molasse avant la glaciation wurmienne en tout cas. On n'y connaît pas d'alluvion ancienne. Un lobe important du glacier en croissance devait occuper cette dépression, tandis que son bord latéral s'appuyait sur l'escarpement molassique de La Côte; et c'est dans l'espace intermédiaire que les eaux s'écoulant de la surface de la glace ont accumulé le dépôt du conglomérat.

[1] C'est encore l'opinion de W. Kilian en 1923 (*105*). On sait qu'en 1924 (*106*), il attribue le poudingue de la Drance lui-même à la progression néowurmienne (cf. ci-dessus, p. 366, note 1). Mais il ne se prononce pas, dans ce dernier travail, sur l'âge du conglomérat de La Côte.

5. *Les formations pré-wurmiennes de la région génevoise.*

C'est dans les environs de Genève, et particulièrement au bois de la Bâtie, près du confluent de l'Arve, que « l'alluvion ancienne » fut d'abord étudiée par L. A. Necker (*15*, p. 227-374), par Alphonse Favre (*33*, I, p. 87-89; *42*, I, p. 82-98 et II, passim), par Ernest Favre (*39*), etc.[1]. Necker déjà découvrit immédiatement au-dessous des cailloutis alluviaux une couche de marne à lignite, avec des limnées et des planorbes. Dans les graviers, Ch. Lory (*38*, p. 723), puis Ernest Favre (*39*) signalèrent des intercalations de moraine. En 1878 on trouva dans ces mêmes graviers une défense de Mammouth (*42*, II, p. 78 et 79; cf *135*, p. 4). On considère donc les marnes à lignites comme franchement interglaciaires, et les cailloutis qui les recouvrent comme une alluvion fluvio-glaciaire de progression wurmienne.

Les sondages faits au pont Butin ont en effet révélé à M. E. Joukowsky (*98*, *99*, *104*, *108*) que sous la marne à lignite se trouve de la moraine rissienne, localisée dans un sillon taillé dans la molasse. Or le fond de cet ancien chenal est notablement plus bas que le thalweg actuel du Rhône (à moins de 344 m. d'altitude au pont Butin, où le Rhône coule à 371 ou 372 m. et 320 m. environ à Chancy où l'altitude du Rhône est de 344 m.). D'autres sondages (*108*) ont montré, dans la région génevoise, tout un réseau de ces vallées pré-rissiennes, au-dessous du niveau des cours d'eau récents. Dès lors, Joukowsky a découvert un bombement de moraine rissienne, au bord du Rhône, en pleine ville de Genève [2].

Les cailloutis fluvio-glaciaires du bois de la Bâtie se suivent tout le long du Rhône, vers l'aval, jusqu'au défilé du Fort de l'Ecluse; les marnes à lignite, sous eux, sont visibles au bord du fleuve près de Cartigny.

Dans la gorge même du Fort de l'Ecluse, Renevier et Schardt ont découvert (voir *97*, II, p. 97-103) des argiles lacustres à 330 m. d'altitude, sous les graviers. Au delà du défilé, on retrouve les mêmes alluvions fluvio-glaciaires, reposant partout où l'on voit leur base sur la roche en place, sans interposition de moraine rissienne. Elles se suivent par Léaz, l'ancienne vallée de Clarafond (*83*, *101*, *102*) et les Usses, à Seyssel et plus loin vers l'aval (voir note 1 de la p. 353).

[1] Cf. aussi Delebecque (*57*), Schardt (*59*, *68*, *83*), Aeberhardt (*74*), Brückner (*85*, p. 561-563), Kilian et Révil (*97*, III, p. 127-129), Jeannet (*103*).

[2] Communication orale de M. E. Joukowsky ; il nous a fait voir cette moraine en 1934.

En amont de Genève, les alluvions anciennes sont connues aux environs d'Hermance sur la rive gauche du lac, entre moraines rissienne et wurmienne (*115*); elles sont probablement séparées de celles de Genève par la butte molassique de Pressy-Cologny. Sur le versant occidental du lac on peut les observer à Richelien, au bord de la Versoix, entre 400 et 410 m. d'altitude (*128*, p. 319). On les a constatées par des captages d'eau potable, sous la moraine wurmienne, dans le haut du village de Commugny, à 420 m., puis au-dessus de Founex, à 425 m. Ad. Jayet estime que ces trois gisements alignés se trouvent dans un sillon différent de celui du lac, séparé de lui par une croupe molassique faisant suite au coteau de Chambésy. E. Joukowsky relate (*108*), en outre, qu'à Divonne-les-Bains, les graviers fluvio-glaciaires ont été atteints aussi par un captage; ce serait un troisième sillon parallèle, séparé du second par les affleurements de molasse du coteau de Bossy.

Le conglomérat de La Côte rejoint-il l'alluvion ancienne de Divonne, ou celle de Founex, par-dessous la couverture de moraine wurmienne ? C'est possible, mais rien jusqu'ici n'autorise à en décider. Peut-être des sondages pourront-ils nous l'apprendre. Il semble cependant, vu leur différence d'altitude, que ces dépôts doivent être d'âge quelque peu différent. S'ils représentent des alluvions de progression glaciaire, les graviers de Founex-Commugny doivent être un peu antérieurs au conglomérat de La Côte, à l'encontre de la théorie des « emboîtements ».

6. *La cuvette lémanique avant les dernières glaciations.*

Les faits que nous venons de rappeler ou de décrire nous permettent de reconstituer partiellement, en imagination mais sur des bases bien établies, l'état de la cuvette du Léman avant les deux dernières invasions du glacier du Rhône.

Nous savons qu'avant la glaciation rissienne déjà, cette cuvette existait, taillée dans la roche en place. Nous en touchons le bord dans la vallée de la Drance, au-dessous d'Armoy et à l'affleurement de Morlot; les sondages de Genève nous révèlent son cours émissaire, au thalweg plus profond que l'actuel. Cela ne prouve pas, bien entendu, que la cuvette lémanique elle-même était plus profonde qu'aujourd'hui, que le surcreusement des glaciers du Riss et du Wurm ait été nul. Mais la forme générale de ce bassin ne devait pas être très différente de celle que dessinent les affleurements actuels de la roche en place. La vaste dépression du Grand Lac et le sillon

du Petit Lac étaient certainement déjà réunis, et la plupart des vallées suivaient le tracé que nous leur voyons, avec une profondeur plus grande. Ce que nous ne savons pas, c'est s'il existait un lac dans la cuvette du Léman, à l'époque pré-rissienne. S'il existait, ce qui est assez probable, son niveau était de 30 m. au moins plus bas que la nappe actuelle.

Le glacier rissien du Rhône envahit peu à peu le bassin, le déborda, franchit le Jura, s'étendit jusqu'à Lons-le-Saunier et jusqu'à Lyon (*85*, carte p. 702). D'après Brückner, la glace s'élevait à 1580 m. dans la région de Villeneuve et du Bouveret, à 1450 m. au flanc du Chasseron. La moraine rissienne n'existe plus aujourd'hui que dans le fond de la cuvette lémanique et de son émissaire: les alluvions anciennes du plateau vaudois — sauf celles de Grandson —, le conglomérat de La Côte, une grande partie des cailloutis en aval du lac, reposent directement sur la roche en place. Mais les sillons jumelés de l'ancien chenal de la Drance nous ont conduit à voir que cette moraine devait s'être étendue bien davantage, comblant en partie le réseau des vallées préexistantes.

Le retrait des glaciers rissiens fut en effet suivi d'une nouvelle phase érosive, qui n'approfondit pas les sillons anciens mais les déblaya presque entièrement de leur matériel morainique. L'ancien chenal de la Drance fut ainsi dégagé et s'enfonça, vers l'aval, dans la moraine rissienne. Nous ne savons pas au juste à quelle altitude il débouchait dans la cuvette lémanique d'alors, puisqu'au-dessous d'Armoy nous ne voyons que la partie supérieure de son versant gauche. Mais d'après sa profondeur relativement faible en amont de l'Epine, nous pouvons imaginer que son embouchure n'était pas beaucoup au-dessous du niveau du lac actuel. Ceci donne une assez grande probabilité à l'existence d'un Léman interglaciaire, dont la surface devait être d'une dizaine de mètres plus bas qu'aujourd'hui. Ce lac ne devait pas dépasser Genève, puisqu'au bois de la Bâtie et au pont Butin, on trouve des couches de lignite discontinues et d'épaisseur variable, dépôts de petits étangs séparés les uns des autres (*98*).

Il est probable que ce lac interglaciaire fut partiellement envahi d'alluvions, mais rien ne prouve qu'il en ait été comblé. C'est surtout lors de l'avancée des glaciers wurmiens que l'alluvionnement, à leur front, sur leurs bords, sous leur masse même (*98*) prit une ampleur considérable. Le barrage de l'ancien chenal savoyard, par le glacier du Rhône, avec un étang latéral, provoque le dépôt du poudingue de la Drance.

Un peu plus tard sans doute, puisqu'à une altitude légèrement supérieure, à l'autre bord de ce même glacier, ses eaux de fusion déversent sur le bassin de La Côte le produit délavé des moraines marginales. Mais c'est un peu auparavant, selon toute probabilité, qu'autour de sa langue terminale emplissant le Petit Lac, sous cette langue lorsqu'elle eut progressé, s'accumulaient les alluvions anciennes de la région génevoise.

En même temps qu'il avançait et dépassait Genève, le glacier du Rhône devait pénétrer aussi dans la vallée de la Broye, dans la dépression de la Venoge, et ses eaux de fusion déposaient les cailloutis d'Henniez, de Bioley-Orjulaz, de Cossonay. Puis, à mesure qu'il débordait sur le Jorat, ceux de Chapelle et de Thierrens. Lorsqu'il s'étendit jusqu'au delà de Soleure et jusqu'au confluent de l'Ain et du Rhône, il avait recouvert de sa moraine de fond toutes ces alluvions anciennes.

V. **Les deux premières glaciations.**

Nous sommes remontés dans le temps, à travers la phase de retrait des derniers grands glaciers, jusqu'au maximum de l'invasion wurmienne, puis jusqu'à la période d'érosion qui précéda le Riss. Est-il possible de pousser plus en arrière sans tomber dans les imaginations fantaisistes ?

On sait que dans la Suisse centrale, au pied des Alpes bavaroises, Penck et Brückner ont reconnu quatre périodes glaciaires dont chacune est marquée par des dépôts distincts. Mais à l'W du massif du Napf (qui s'élève au NE de Thoune), on ne connaît aucun dépôt des deux premières glaciations, de Günz et de Mindel, ni dans le bassin de l'Aar, ni dans celui du Rhône [1]. C'est donc à d'autres éléments d'information qu'il faut nous adresser, — aux anciennes surfaces topographiques, — avec d'autres méthodes, qui comportent une plus grande marge d'indétermination.

[1] Nous voulons dire aucun dépôt dont la date soit aujourd'hui nettement établie. Il est fort possible que certains lambeaux morainiques de haute altitude, dans le bassin du Rhône, proviennent de l'une des premières glaciations. Par exemple les restes de moraine rhodanienne indiqués par M. Lugeon sur sa *Carte géol. des Hautes-Alpes calcaires* (Carte spéciale n° 60, 1910) au NE de Sion, sous La Chaux, jusqu'à près de 2000 m. d'altitude. Ou certains blocs cristallins que nous avons observés sur les pentes du Chansot, au SE du sommet de Bellevue (Tréveneuse, Val d'Illiez) entre 1800 et 1850 m., ainsi que le gros bloc de grès carbonifère signalé par M. Lugeon au-dessous de Chansot, à Champ-Perrenaz, à 1620 m. (*60*, p. 104 et 105). Ou encore les étranges blocs de granite du Mont Blanc des environs de Morzine, en Chablais, dans la vallée de la Drance du Biot (*60*, p. 105), etc.