

La glaciation de Wurm

Objektyp: **Chapter**

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

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

Heft 243

PDF erstellt am: **10.08.2024**

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.

descendent vers l'W jusqu'aux grandes dépressions transversales de la Drance et de la Venoge.

Ces traits généraux rappelés et fixés — une promenade en bateau, un vol en avion suffisent à les reconnaître — il faut nous approcher davantage et entrer dans quelques détails. Nous commencerons par les dépôts glaciaires les plus récents, qui sont les mieux conservés.

III. La glaciation de Wurm.

1. *Les moraines de retrait.*

Nous avons vu que la diminution du dernier grand glacier ne s'est pas faite de façon continue; des temps d'arrêt, même des réavancées, sont venus l'interrompre. Le bord du glacier a stationné en certains endroits assez longtemps pour que s'y accumulent des moraines, latérales et frontales, sous forme de vallums ou de crêtes qui permettent de définir avec plus ou moins d'exactitude des *stades de retrait*. Il y eut une époque où le glacier du Rhône, après s'être étendu jusqu'au delà de Soleure et jusqu'à 20 km. de Lyon, ne couvrit plus que la cuvette lémanique et la surface comprise entre le Jura et le Jorat; il y eut un moment où il n'occupa que la vasque du Grand Lac, avec une pointe dans la dépression de la Venoge.

A. — *Le stade de Buhl.*

Le dernier stade de retrait de la région du Léman paraît marqué par les moraines de Noville et de Chessel, au SW de Villeneuve. Leurs vallums sont tellement submergés par les alluvions du Rhône qu'il n'y a qu'une vingtaine d'années qu'on les a réellement reconnus¹ (95, p. 637).

Brückner estima cependant (85, p. 571) que là devait être le front du glacier du Rhône au *stade de Buhl*. A ce stade appartient, selon cet auteur, la belle moraine latérale de Monthey-Collombey, rive gauche de la vallée, puis celle de Vérossaz. Jeannet a montré d'autre part (95, p. 638 et carte 91) que sur le versant droit le vallum de Comberbou au NW d'Yvorne, celui de Plan d'Essert au N d'Aigle, devaient correspondre aux mêmes moraines frontales.

¹ A vrai dire, Venetz les avait déjà considérés comme des moraines (30, p. 20), mais plus tard Brückner (85, p. 571) les tint pour les restes d'un écroulement, selon l'opinion de E. Favre et H. Schardt (51, p. 274).

Note ajoutée pendant l'impression : Un examen tout récent de ces collines nous porte à croire qu'il ne s'agit ni d'un écroulement, ni de moraines rhodaniennes, mais des vallums frontaux d'un *glacier local*, provenant du cirque des Evouettes et descendu après le retrait du glacier du Rhône.

Si l'on peut admettre que le « stade de Buhl » de Penck et Brückner a bien une signification générale dans la chronologie du Quaternaire alpin, qu'il se marque dans la plupart des vallées (voir 138, III, p. 54), c'est juste avant lui que le glacier du Rhône s'est retiré du domaine lémanique. Car rien n'indique ici que ce stade de Buhl ait été précédé d'un retrait plus important, qu'il représente un retour en avant, une récurrence du glacier (138, III, p. 54) : aucune formation « interstadaire » n'est connue en amont de Villeneuve.

B. — *Moraines antérieures au stade de Buhl.*

Les auteurs ne sont pas d'accord sur le nombre et l'importance des périodes de stationnement ayant précédé le stade de Buhl, lors du retrait du glacier wurmien du Rhône. Et cette question, qui peut sembler d'importance secondaire pour l'histoire géologique de notre contrée, prend un intérêt beaucoup plus général parce que des *méthodes d'interprétation* différentes y ont été appliquées, s'y sont affrontées, et qu'il s'agira d'en éprouver la valeur.

Depuis le maximum d'extension wurmien, marqué dans la vallée du Rhône, près de la confluence de l'Ain, par le magnifique amphithéâtre des moraines frontales de Grenay (voir 85, carte p. 640 et 140, carte p. 675), Brückner (85, p. 558-560 et carte p. 702) admettait trois principaux stationnements de retrait avant le stade de Buhl. L'un où le front du glacier arrivait près de Bellegarde, déposant les moraines de Léaz, et aussi la grande moraine du Mont de Sion au S de St-Julien; un second où l'extrémité du glacier se trouvait aux environs de Genève; au troisième, manifesté par la moraine sous-lacustre d'Yvoire (53, p. 140) le front glaciaire s'arrêtait à la limite du Petit et du Grand Lac. C'est à ce dernier stade que Brückner rapporte les moraines de La Côte, de Cossonay, de Lausanne et de Chexbres sur le versant nord, celles de Publier-Maxilly dans la région d'Evian-les-Bains. L. von Sawicki (86, p. 31), par contre, estime que les moraines de Lausanne représentent probablement un autre stade que la moraine d'Yvoire, stade auquel correspondrait la moraine de Monthey. Dans une réponse à Sawicki, Brückner (87, p. 394) maintient sa manière de voir.

Deux ans après, W. Kilian introduit une notion nouvelle (88, 1911). Il constate dans les environs de Bellegarde, par exemple, à l'W du défilé du Fort de l'Ecluse, des moraines à deux niveaux différents: celles de Léaz, qui marquent un stationnement de retrait du glacier wurmien, une quarantaine de

mètres au-dessus du Rhône et, en contre-bas, celles de Longeray, qui reposent sur des alluvions fluviales et lacustres. Il en infère qu'entre l'époque du dépôt des moraines de Léaz et l'époque de celles de Longeray, une période d'érosion est intervenue, où s'est approfondie la vallée, puis une période d'alluvionnement. Le glacier s'est donc retiré fort loin vers l'amont, laissant place à l'érosion fluviale, à l'établissement d'un lac, puis est revenu, précédé par des alluvions, pour déposer les moraines de Longeray. Ce retour du glacier, après un recul très prononcé et un creusement des vallées, Kilian l'a nommé la *récurrence néowurmienne*.

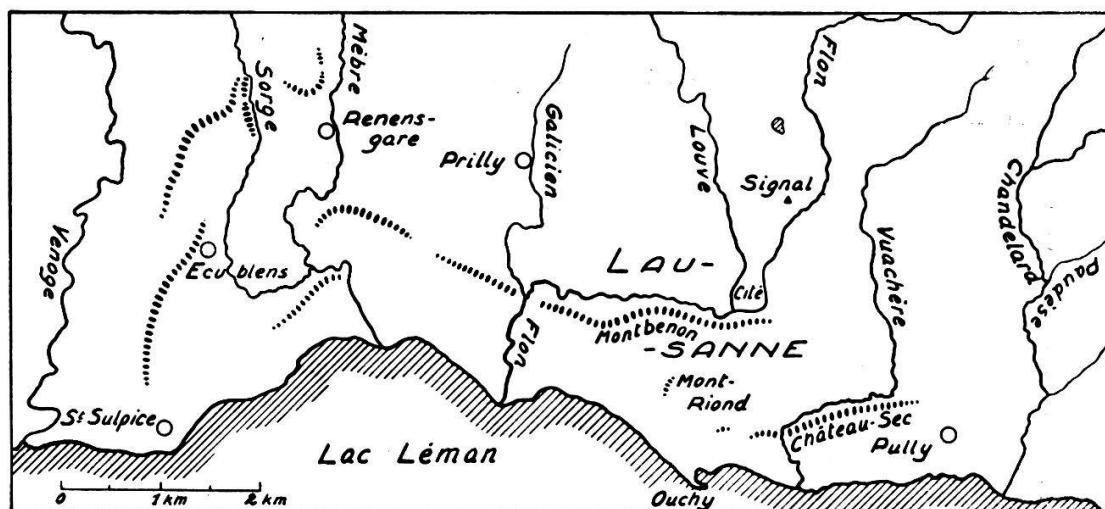


FIG. 2. — Les vallums morainiques des environs de Lausanne.

Le même raisonnement pouvait s'étendre à divers endroits de la région lémanique: à La Côte, à Thonon, à Evian (97, fasc. II et III) partout où l'on observe deux formations morainiques en contre-bas l'une de l'autre, *emboîtées* l'une dans l'autre. Nous verrons, par l'analyse d'exemples concrets, jusqu'à quel point cette notion d'emboîtement peut être interprétée de la sorte.

Mais considérons d'abord les moraines de retrait de la région lémanique, pour connaître l'allure de la régression du dernier glacier et fixer, si possible, des étapes de stationnement.

De Lausanne vers l'aval, nous trouvons toute une série de vallums morainiques se succédant et se relayant de la façon la plus capricieuse (fig. 2).

Dans les environs de Lausanne, les moraines jalonnent au moins trois positions successives du bord du glacier. En partant de la plus récente, nous avons d'abord celle de Château-Sec, Mont-Choisy, Ouchy, qui détourne vers l'W le cours de la Vuachère. Puis celle

de St-François, Montbenon, Montoie, qui fait dévier le cours du Flon; elle se poursuit par Malley et la Bourdonnette pour tourner brusquement au SW au bois de Caudray, près Chavannes, et s'arrêter là; 500 m. plus au S, un autre vallum évidemment du même complexe, partant de Dorigny, s'allonge vers le SW et vient s'effacer aux Pierrettes; la Mèbre s'adapte de façon curieuse à ces dispositions du relief. Un troisième complexe, tout voisin, part de St-Sulpice vers le N; un magnifique vallum s'élève jusqu'à Ecublens, où le relaie une moraine un peu plus externe, dirigée NNE d'abord, puis incurvée vers le NE et brusquement coudée vers le N. Là, un nouveau vallum interne s'y adjoint, légèrement arqué, sa concavité tournée vers l'E et suivie de près par la Sorge; et c'est sans doute la suite de ce vallum qui se dresse au-dessus de Renens-gare, dans la moraine d'Epenex-dessus (135). Elle est arquée aussi, mais plus fortement, et sa concavité s'ouvre vers le NW.

Les tournants brusques de ces vallums, de la direction longitudinale du glacier (WNW) à la transversale (N-S), ont pu faire croire que c'étaient là des moraines *frontales* marquant la place, à un certain stade de son retrait, de l'extrémité du glacier. Mais sur l'autre rive du Léman, à la même altitude, dans la région d'Evian, les vallums que l'on suit de Maxilly à Publier, en direction WSW, ne montrent pas la moindre déviation vers le N. Et les inflexions des moraines lausannoises, comparées à la largeur du lac, sont insignifiantes. Leur tracé dessine donc simplement le bord de *lobes latéraux* du glacier, et non pas son extrémité frontale.

A l'W de la Venoge, d'autres complexes morainiques, antérieurs à ceux de Lausanne, montrent des sinuosités analogues, des sinuosités de détail. On en voit de fort belles entre Denens et Lully, au NW de Morges; on en voit à l'W de St-Prex, au N de Prangins près Nyon, etc. Tandis que des vallums franchement latéraux s'allongent au pied de La Côte, près d'Etoy, d'Allaman, de Perroy, de Dully et de Gland.

Il est certain que les moraines de Lausanne sont plus récentes que celles de La Côte, qui sont probablement contemporaines du vallum frontal, sous-lacustre, d'Yvoire. Mais on ne peut parler ici de « stades » de retrait, c'est-à-dire de stationnement prolongé entre deux phases de fusion rapide de la glace. Car les moraines de La Côte sont fort voisines de celles de St-Prex et de Morges, qui se continuent par celles d'Echichens-Bremblens et de Romanel-Aclens. Celle d'Echichens est à 4 km. à peine de celle d'Ecublens, qui fait partie de l'ensemble lausannois. Et celui-ci représente, nous l'avons vu, trois positions successives du bord du glacier.

Il y eut donc un moment où le front du glacier était près d'Yvoire, avec un grand bras s'étendant vers le N dans la dépression de la Venoge, au delà de Cossonay, probablement jusqu'au pied du Mormont; c'est alors qu'ont dû se déposer

aussi, comme l'a noté Brückner, les moraines de Chexbres. Mais entre ce moment et celui des moraines de Lausanne, il s'est construit toute une série de vallums successifs, témoignant d'un retrait saccadé, mais graduel.

De même sur la presqu'île d'Yvoire (fig. 3), entre la moraine frontale immergée et les moraines latérales qui correspondraient au « stade de Genève » de Brückner, on trouve

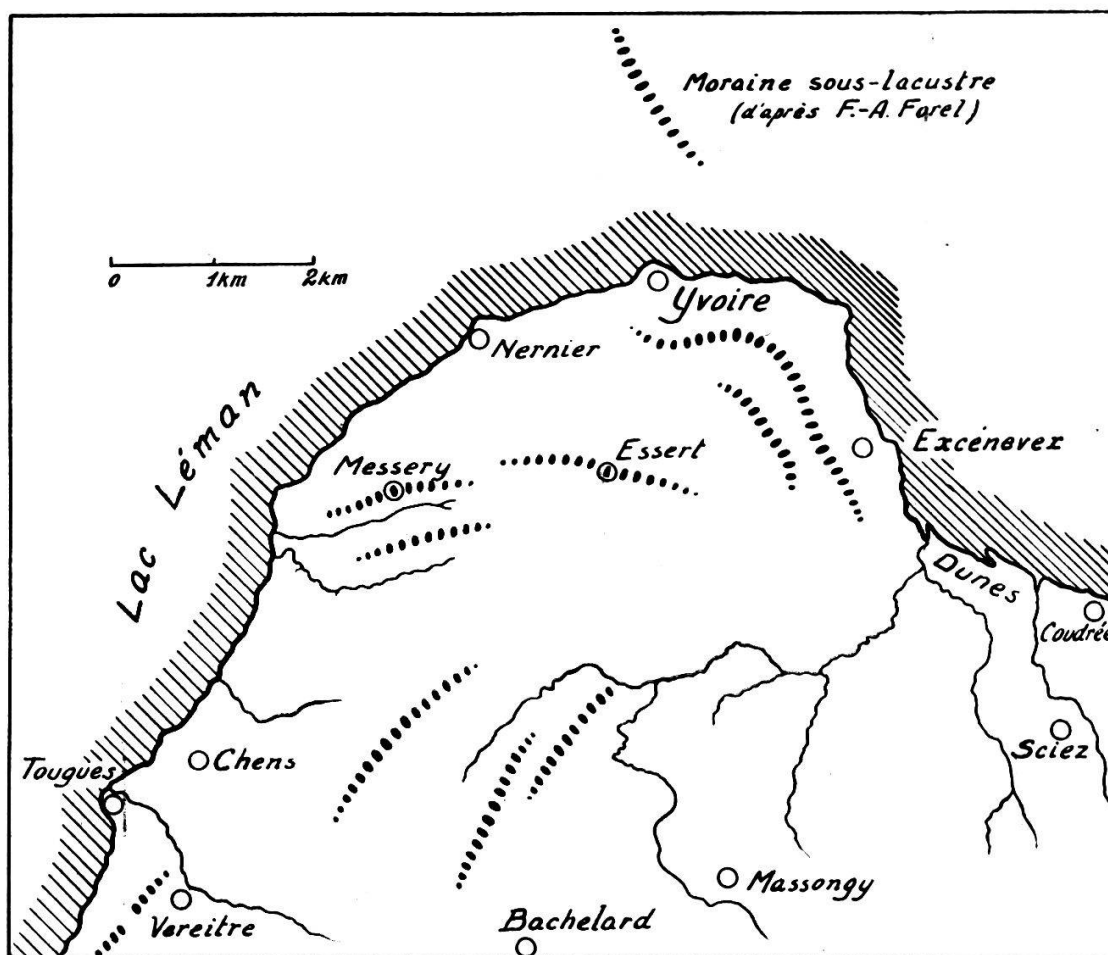


FIG. 3. — Les vallums morainiques de la presqu'île d'Yvoire.

quatre vallums, intermédiaires par leur position comme par leur direction, qui interdisent de considérer ces deux étapes du retrait comme des périodes de stationnement plus prolongé.

Ainsi l'étude détaillée des moraines récentes nous apprend que la fusion du dernier glacier, entre Genève et Lausanne en tous cas, s'est faite par petits à-coups, avec des arrêts suffisants pour l'accumulation de vallums marginaux, avec de petites réavancées sans doute, mais sans que l'on puisse distinguer une position plus durable que les autres. Il n'y a donc pas, antérieurement au stade de Buhl, un « stade de Genève »,

un « stade d'Yvoire », un « stade de Lausanne », comme le pensaient Brückner ou Sawicki, mais une dizaine ou une douzaine de lignes de retrait marquées par des remparts morainiques successifs, à peu près égaux et tout voisins les uns des autres.

Cette conclusion est corroborée de façon remarquable par l'examen des terrasses de graviers qui s'élèvent au-dessus de Thonon-les-Bains et qui vont nous permettre de trancher, en outre, la question de la « récurrence néowurmienne ».

2. Les terrasses de Thonon.

Le port de Thonon-les-Bains, Rive, est sur la moraine de fond, mais la ville est bâtie sur un large replat de cailloutis et de sable, à l'altitude de 435 m., soit 60 m. au-dessus du niveau du lac (fig. 4). Le contact des graviers sur l'argile morainique est indiqué par une belle source, utilisée pour un lavoir, au bord du chemin qui suit le funiculaire du port à la ville. Au NE de Thonon s'étale le vaste delta de la Drance, avec des terrasses marquant d'anciens niveaux du Léman, jusqu'à 30 m. au-dessus du niveau actuel. Le replat de la ville de Thonon est nettement supérieur à ces terrasses lacustres.

La *terrasse de Thonon* s'étend vers le SE jusqu'à la gare P. L. M. Immédiatement au delà du chemin de fer se dresse un talus de 15 à 20 m. de hauteur, surmonté par un nouveau replat, la *terrasse de Sur Crête* (altitude 455 m.). Presque horizontale, elle mesure environ 500 m. de largeur vers le SE. Puis un nouveau gradin se présente, d'une quinzaine de mètres de hauteur, précédant un replat qui s'étale au SW, vers la propriété de *Morillon* (altitude 475 m.). Le talus qui sépare cette terrasse de celle de *Sur Crête* est entamé par trois grandes gravières, en pleine activité, où l'on voit les couches alternantes de sable et de cailloutis disposées de la façon la plus irrégulière, avec des pendages de 15°, 20°, 25° au N, à l'W, au SW, au S, des stratifications entrecroisées et de nombreuses petites failles décalant les couches. Parmi les matériaux roulés, on remarque aussi de vrais blocs erratiques, émoussés, à peine façonnés, dont quelques-uns dépassent 1 m³.

En suivant la *terrasse de Morillon* vers le SW, on voit sa surface plane se creuser de grandes dépressions ovalaires, comme des *dolines*, ayant 10 à 15 m. de profondeur, 20 à 30 m. de diamètre, ou davantage. Dès la route nationale d'Annecy, cette terrasse est séparée de celle de *Sur Crête* par un vallum morainique en relief, dont la structure de moraine superficielle est bien manifeste dans la tranchée du chemin descendant sur Corzent. Ce vallum, dont la crête s'abaisse par places, est alors presque submergé par les cailloutis de la *terrasse de Morillon*.

Voyons maintenant cette même terrasse vers le NE, au delà du chemin qui monte de Sur Crête à l'Ermitage. On rencontre bientôt deux fort grandes dolines, accolées, séparées seulement par une mince arête de graviers. Ovalaires l'une et l'autre, à grands axes parallèles, dirigés vers l'ENE, de 150 à 200 m. de longueur. Celle du NW est un peu plus petite que l'autre; son fond est sec, constitué par des cailloutis; on le constate clairement, parce que son bord nord-est est égueulé, exploité en gravière au bord de la route qui monte de Thonon vers Armoiy. Les couches y montrent la disposition caractéristique des deltas: sur des strates inclinées de 20° à 30° vers le SW ou l'WSW reposent des assises horizontales qui bientôt s'inclinent à leur tour comme les couches inférieures. Là aussi, de gros blocs erratiques se mêlent au gravier et au sable. La dépression voisine est remarquable: son petit axe mesure une centaine de m., ses versants sont fort inclinés et son fond plat est marécageux, couvert de roseaux, fait d'argile morainique; le flanc nord a 20 ou 25 m. de hauteur, le flanc sud environ 35 m., parce qu'il entame le gradin d'une terrasse supérieure.

C'est la *terrasse de Chessy* (altitude 490 m.). La route de Thonon vers Armoiy, après un détour vers l'E, rejoint le chemin de Sur Crête à l'Ermitage juste au-dessus de son replat, fait de deux paliers décalés de 2-3 m. l'un par rapport à l'autre. Le palier supérieur s'enfonce en pointe vers le S entre deux hauts éperons, et aboutit à un marais bordant une colline morainique. Plus à l'W, cette terrasse est également creusée de nombreuses dolines et la structure de ses cailloutis (visible dans la carrière de Collonge, non loin de la route nationale d'Annecy) montre des stratifications entre-croisées remarquables, sous un toit de couches horizontales.

Suivons la grande route d'Armoiy. A Chessy, elle contourne un éperon dont les flancs sont creusés de hautes gravières où les couches sont assez régulièrement inclinées au SW ou à l'W, de 15° à 30°. Le sommet de cet éperon est un long replat, coté 541 m., bien horizontal: la *terrasse des Promeneurs*. C'est donc la 5^{me} terrasse depuis Thonon. La route d'Armoiy la laisse à sa gauche; après avoir entamé une pente de moraine, elle contourne une grande doline creusée dans les graviers, puis débouche sur la *terrasse de Planaise*, dont le bord domine la gorge de la Drance, à 580 m. d'altitude.

Cette terrasse a été remarquablement décrite, ainsi que les suivantes, et même photographiée, en 1902, par M. C. Jacob, actuellement professeur à la Sorbonne (76); c'était l'une de ses premières recherches géologiques. Nous y reviendrons, pour montrer à quel point peuvent différer les interprétations d'observations très semblables, lorsqu'il s'agit de phénomènes aussi complexes que les dépôts glaciaires. Et c'est parce que ces différences d'interprétation nous paraissent importantes pour le sujet qui nous occupe, que nous devons détailler la description de ces terrasses. M. Jacob a fort bien vu que celle de Planaise, dont les graviers subhorizontaux reposent sur la moraine dans le versant du ravin de la Drance, se prolonge au

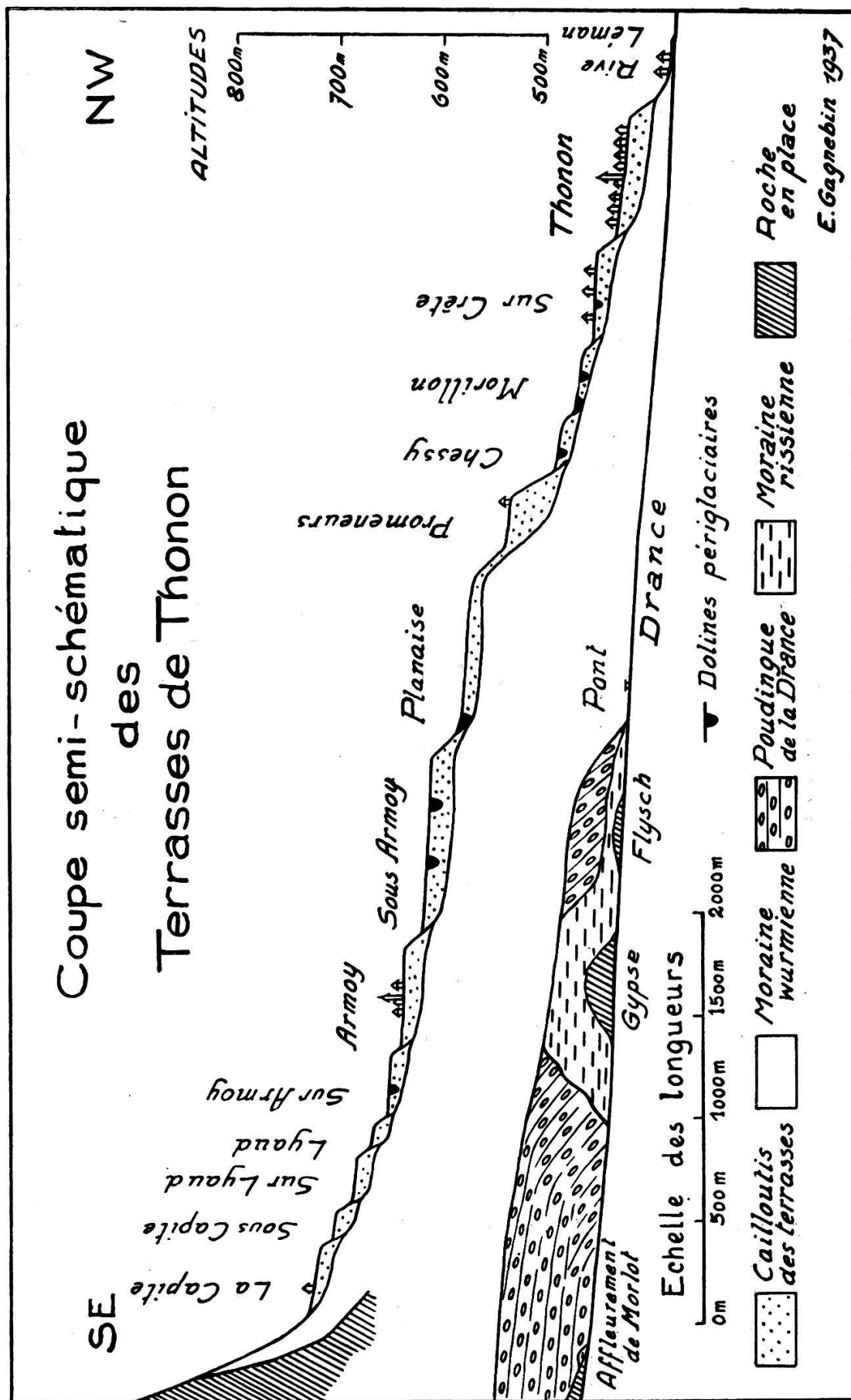


FIG. 4.

SW sur plus de 4 km., jusqu'au delà de la Chavanne, et se retrouve de l'autre côté de la Drance, à Chullien.

La route d'Armoy, qui montait vers l'E, tourne brusquement au S et passe devant une petite gravière, taillée dans le gradin de la terrasse suivante, avec des couches inclinées soit au N, soit à l'ESE, de 30°. Nous sommes bientôt sur son replat, coté 615, ici fort large (*terrasse de Sous Armoy*), et se continuant vers le SW par le plateau de Sur Lonnaz. Cette terrasse, bien plane au passage de la route, est aussi creusée de plusieurs grandes dolines. Un talus d'une régularité parfaite se présente ensuite, celui de la *terrasse d'Armoy* (altitude 640 m.); une éraillure au départ du chemin au NW du village, y montre des couches de sable et cailloutis inclinées au NW de 20°. Ce talus, à l'E de la route, tourne vers le SE, ce qui fait qu'une grande pointe de la terrasse au-dessous s'enfoncé vers l'amont de la gorge de la Drance.

Nous pouvons abrégé, c'est toujours la même chose. Au S. d'Armoy, s'étend une nouvelle terrasse (*Sur Armoy*, altitude 650 m.) à surface bien plane. Puis la *terrasse de Lyaud*, moins régulière, à 670 m. environ. Au NE de ce village s'étend la terrasse très régulière de *Sur Lyaud* (690 m.), dont la route de Reyvroz met à vif le talus de sable et gravier en couches subhorizontales. Encore un talus, surmonté d'un replat peu large, mais nettement en terrasse (*Sous Capite*, 710 m.). Puis enfin un dernier talus, avec la belle surface plane portant les fermes de *La Capite* (hameau de la commune de Lyaud, altitude 730 m.). Au-dessus commence la pente du Mont d'Hermone, faite de moraine dans sa partie inférieure.

Cela fait donc, depuis Thonon, pas moins de 13 terrasses, bien individualisées, qui se succèdent aux altitudes de 435 m. (Thonon), 455 m. (Sur Crête), 475 m. (Morillon), 490 m. (Chessy), 540 m. (Promeneurs), 580 m. (Planaise), 615 m. (Sous Armoy), 640 m. (Armoy), 650 m. (Sur Armoy), 670 m. (Lyaud), 690 m. (Sur Lyaud), 710 m. (Sous Capite), et 730 m. (Capite).

Entre celles de Planaise, des Promeneurs et de Chessy, on remarquera que la différence d'altitude est un peu plus forte qu'entre les autres; et comme celle des Promeneurs n'est guère visible de la route ni des points de vue avoisinants, il semble qu'un gradin particulièrement élevé sépare les terrasses supérieures des inférieures. En réalité, la succession des dépôts de cailloutis est continue, d'une terrasse à l'autre, de Thonon à la Capite, sur une largeur (NW-SE) de 5600 m. environ.

Que représentent ces terrasses, comment se sont-elles formées, et comment les dépressions qui altèrent leur surface s'y sont-elles creusées ?

3. *Interprétation des terrasses de Thonon.*

Dans son opuscule de 1903 sur les terrains glaciaires de Thonon (76), M. C. Jacob distingue et sépare un complexe de terrasses inférieures (celles de Thonon et de Sur Crête), qu'il rattache aux « terrasses lacustres » postérieures au retrait du dernier glacier, d'un ensemble de terrasses supérieures (Planaise, Sous-Armoy, Armoy et Sur Armoy) formant ce qu'il appelle les « cônes de déjection de la Chavanne ». Les unes comme les autres sont des alluvions de la Drance, mais datant d'époques nettement différentes; elles reposent toutes sur de la moraine, mais sur deux moraines différentes: un « glaciaire élevé » sous les terrasses supérieures, un « glaciaire inférieur » sous les plus basses. La pente qui sépare les deux systèmes de terrasses est faite de terrain morainique exclusivement: c'est le socle de « glaciaire élevé » sous les cônes de la Chavanne. La succession des phénomènes est donc la suivante: 1^o dépôt de la moraine supérieure par un glacier; 2^o après le retrait de ce glacier, formation des cônes de déjection de la Chavanne par la Drance, à des niveaux de plus en plus bas à mesure que la rivière, entre les époques d'alluvionnement, creuse son lit; 3^o longue période d'érosion où s'est taillée la pente au-dessous du niveau de Planaise; 4^o retour d'un nouveau glacier, en contre-bas, déposant la moraine inférieure; 5^o après son retrait, alluvionnement de la Drance qui construit les terrasses inférieures, avec creusement du lit par saccades jusqu'au niveau actuel du lac.

Nous retrouvons donc ici le raisonnement basé sur l'*emboîtement* des moraines et des terrasses, d'après lequel, en 1911, W. Kilian introduisait la « récurrence néowurmienne ». A vrai dire, le « glaciaire inférieur » de Jacob n'est pas autre chose que le « Néowurmien » de Kilian (cf. 97).

Mais nous venons de voir qu'entre la terrasse de Sur Crête (première des « terrasses inférieures » de Jacob) et celle de Planaise (dernier des « cônes de la Chavanne »), s'intercalent les terrasses de Morillon, de Chessy et des Promeneurs, identiques aux autres par leur composition et leur structure¹: la succession des dépôts de graviers est bien continue — avec une certaine proportion de blocs erratiques. En outre, si l'on observe dans la vallée de la Drance le socle morainique de

¹ Si leur caractère de « terrasse », pour celles de Morillon et de Chessy, est moins net, c'est que leur surface est creusée d'un plus grand nombre de dolines.

ces cailloutis, on constate que c'est un seul et même dépôt glaciaire; on peut le suivre sans discontinuité depuis la hauteur de Thonon jusque sous la Capite.

Nous sommes donc amenés à voir, dans le matériel de ces terrasses, des dépôts formés dans un lac de barrage latéral, au bord du glacier en décrue graduelle. Les alluvions y arrivaient de tous côtés: principalement de la Drance¹, comme l'a fort bien remarqué C. Jacob, mais aussi des flancs du Mont d'Hermone (à Lyaud, à Charmois), et du glacier lui-même, qui formait le rivage nord-ouest de ce lac. Ceci explique l'inclinaison de certaines couches de gravier vers le S ou le SE, qui resterait incompréhensible sans cela. En un mot, ce sont des «alluvions glaciaires», comme l'avait reconnu, dès 1902, Th. Biéler (75), et même, dès 1867, Alphonse Favre (33, I, p. 81 à 84; voir aussi H. Douxami, 77 et 78).

Le décalage d'altitude entre les terrasses est bien le fait de l'abaissement du cours de la Drance, mais déterminé lui-même par l'abaissement de la surface du glacier en décrue. Et nous voyons ici que cet abaissement du glacier s'est produit par saccades, par petits à-coups suivis de périodes de stabilité relative, sans qu'on puisse distinguer un stade beaucoup plus important que les autres dans ces nombreuses étapes du retrait. C'est donc exactement ce que nous ont appris les moraines latérales.

Mais alors, au cours de cet abaissement graduel et saccadé de la surface glaciaire, entre 730 et 435 m. d'altitude, il n'y a plus de place pour un retrait total du glacier, une période d'érosion et une récurrence néowurmienne. Du reste, cette période spéciale d'érosion, inférée de l'emboîtement des dépôts, n'a plus sa raison d'être: une pente descendant du Mont d'Hermone jusqu'au-dessous du niveau du Léman, existait avant le retrait du glacier wurmien, puisque ce glacier l'a tapissée de sa moraine de fond. La pente du socle morainique soutenant les terrasses ne se créait pas, elle se découvrait seulement à mesure que la glace s'en retirait. Le ressaut plus accentué qui existe entre la terrasse de Planaise et celle de Chessy est une

¹ La dépression de la Drance, fort ancienne, et que le dépôt morainique du dernier glacier n'avait pas entièrement effacée, était particulièrement favorable à l'établissement d'un tel lac. D'autant plus qu'elle se prolongeait d'abord vers le SW, dans le creux séparant la colline d'Allinges et le Mt d'Hermone. Une langue de glacier a persisté assez longtemps dans ce creux: les moraines frontales de Draillant, dont la principale est fort épaisse, en sont une preuve. Les torrents descendant du Mt d'Hermone, la Drance elle-même, devaient activer la fusion du bord de cette langue de glace restée en retard, et entretenir une nappe d'eau dans cette échancrure du versant.

particularité du lit glaciaire lui-même, non pas l'effet d'une érosion postérieure au retrait du glacier. Seuls les cours de la Drance et de torrents voisins, déterminés par le niveau de base que représentait la surface du glacier ou du lac de barrage, s'enfonçaient vraiment par érosion au fur et à mesure de la décrue glaciaire.

Ainsi la récurrence néowurmienne, que l'on avait cru nécessaire de postuler pour rendre compte de l'emboîtement des dépôts glaciaires, n'a pas existé, n'a pas pu exister dans le bassin lémanique. Le glacier wurmien s'est simplement retiré, par à-coups successifs, de Grenay et de Bellegarde à Genève et à Villeneuve. Sans doute s'est-il produit pendant ce temps, comme dans l'histoire de tous les glaciers, d'innombrables petites réavancées, mais non pas un considérable retrait avec période d'érosion, suivie d'une nouvelle invasion des glaces.

Depuis plusieurs années, M. E. Joukowsky était arrivé à la même conclusion par l'étude de la contrée genevoise (104, 108, 118). L'étude des terrasses de Thonon confirme entièrement ses vues et leur apporte une preuve nouvelle. Ces confirmations, du reste, arrivent de toutes parts: récemment, dans le bassin de l'Isère où la réalité de la récurrence néowurmienne paraissait bien établie, un savant de Grenoble (133; voir aussi 140, p. 679 et 681) a montré qu'elle n'avait pas existé non plus¹.

On voit avec quelle prudence il convient d'interpréter l'emboîtement des dépôts glaciaires. L'exemple des terrasses de Thonon montre que des alluvions glaciaires peuvent se trouver en contrebas les unes des autres par simple abaissement de la surface du glacier en décrue, sans qu'une période d'érosion les sépare nécessairement. Ici encore, les judicieuses remarques de E. Joukowsky (118) ont précédé nos recherches, et celles-ci, menées indépendamment de celles-là, peuvent servir à leur confirmation. Nous tenterons (p. 388) dans la suite de tirer quelques conclusions plus générales, sur ce sujet, des exemples que nous aurons analysés.

4. Les « tines » ou dolines périglaciaires.

Restent à expliquer les singulières dépressions dont nous avons signalé quelques-unes au passage.

Disons d'abord qu'elles se rencontrent jusque sur la terrasse de Thonon, et jamais sur les « terrasses lacustres » qui

¹ Cet article était à l'impression lorsqu'ont paru, aux *C. R. de l'Acad. Sc. de Paris* (t. 204, p. 212 et 310, 18 et 25 janv. 1937) deux notes sur les dépôts glaciaires du Fort de l'Ecluse, de MM. M. GIGNOUX et F. BOURDIER, qui se rallient pleinement à l'interprétation de M. E. JOUKOWSKY.

sont postérieures à la disparition du dernier glacier. Elles sont localisées dans les dépôts de cailloutis et ne se trouvent jamais, ici, dans la moraine de fond. Elles sont fort nombreuses en certains endroits.

Nous en avons compté 4 sur la terrasse de Thonon, 2 à Sur Crête, 10 sur celle de Morillon, 11 sur celle de Chessy, 2 sur celle des Promeneurs, 7 sur celle de Planaise-la Chavanne, 7 à Sous Armoy, 14 sur la terrasse d'Armoy, 3 à Sur Armoy, 1 sur celle de Lyaud. Et certainement il a dû nous en échapper.

Ces dolines sont connues depuis longtemps. H. Douxami, qui le premier attira sur elles l'attention des géologues (77, 78, 81), en cherchait la cause dans la dissolution du gypse en profondeur. Le gypse apparaît en effet, en boutonnière, à la base des Préalpes médianes, dans la profonde vallée de la Drance, au-dessous d'Armoy (voir fig. 4) et plus en amont, au-dessous de l'Épine. En outre, dans certaines couches de la molasse oligocène, dans les cantons de Genève et de Vaud, on trouve localement de minces filonnets de gypse.

Ces filonnets molassiques sont à mettre hors de cause tout de suite: leur fusion ne pourrait jamais provoquer en surface de si nombreuses dépressions ayant jusqu'à 50, 100 ou même 200 m. de diamètre avec une profondeur de 20 à 30 m. Du reste, rien n'indique l'existence de cette molasse gypseuse dans le sous-sol de Thonon. Quant au gypse préalpin, il est séparé des cailloutis des terrasses, dans la vallée de la Drance, par au moins 170 m. d'épaisseur de moraine de fond, argileuse et imperméable. La dissolution du gypse, à cette profondeur, ne pourrait provoquer en surface des entonnoirs aussi rigoureusement localisés, aussi voisins, aussi indépendants les uns des autres. Sans doute cette épaisseur de moraine de fond séparatrice peut-elle être moindre en d'autres endroits; mais sous les belles dolines qu'on observe entre Armoy et Planaise, des deux côtés de la route, l'écran de moraine argileuse interposé entre le gypse et l'alluvion glaciaire dépasse en tous cas 200 m. Et que dire de celles de Thonon, de Sur Crête, de Morillon, qui sont séparées du gypse non seulement par de la moraine, mais par les schistes argileux du Flysch !

Ces dolines ne peuvent être dues, à notre avis¹, qu'à des

¹ Lorsque nous avons proposé cette explication, en 1933 (123), nous avons ajouté que MM. J. Favre, de Genève et J. Hug, de Zurich, avaient interprété ces dolines de la même manière, indépendamment l'un de l'autre et de nous; il nous avait incompréhensiblement échappé que Ed. Brückner déjà les signale comme effets de la fusion de blocs de glace morte (85, p. 558, les 3 dernières lignes de la page). D'autre part, MM. M. Gignoux et P. Combaz

paquets de glace détachés du glacier, de glace morte, recouverts par les alluvions, conservés ainsi pendant l'édification de la terrasse, puis fondus peu à peu en laissant un vide qui provoqua l'affaissement de la surface plane. De tels phénomènes sont bien connus au Danemark, dans l'Allemagne du Nord, les Alpes autrichiennes, la Suisse centrale, etc. Faute d'un mot français qui désigne ces dépressions si spéciales, nous avons proposé d'y appliquer le nom local de « tines ». Le terme de « dolines glaciaires » serait meilleur, s'il ne convenait également aux « moulins » qui se forment à la surface de certains glaciers (cf. 142). Peut-être *dolines péri-glaciaires* serait-elle l'expression la plus adéquate ?

5. *Le maximum d'extension du glacier wurmien.*

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de la période de retrait du glacier wurmien dans la région lémanique; c'est l'époque dont les témoins sont les plus manifestes. Lors de son maximum d'extension, le dernier glacier du Rhône a de beaucoup dépassé le bassin du Léman. C'est à Wangen, au NE de Soleure, qu'il faut chercher les moraines frontales de sa branche nord, et c'est à 20 km. de Lyon, près de la confluence de l'Ain et du Rhône, à Grenay et à Lagnieu, qu'on trouve celles de sa branche sud (85, carte p. 702; voir aussi 122).

La partie de son front qui butait alors contre le Jura vaudois a laissé la belle moraine de Bullet, au flanc du Chasseron, à 1210 m. d'altitude (2, 13, 14, 43, etc.); mais au SW de l'Orbe, aucun vallum frontal ne jalonne, sur le versant jurassien, la limite extrême des glaces (85, p. 551). On en est donc réduit à des conjectures sur l'altitude de la surface glaciaire au-dessus du Petit Lac.

Au S du Léman, en Haute-Savoie, on ne trouve pas non plus de moraines latérales bien conservées du glacier wurmien à son maximum d'extension. Brückner estime (85, p. 554) que dans la région de Villeneuve et du Bouveret, la glace atteignait 1450 m. environ. Elle recouvrait certainement le Mont Bénant (1280 m.) au SW de Thollon, et tout le plateau de Thollon, pénétrait dans la vallée de la Drance d'Abondance jusqu'à Bonnevaux et s'élevait peut-être jusqu'au Col du Corbier (1240 m.) au S du Mont Ouzon (79). Le glacier du Rhône ne

ont reconnu, dès 1914, d'analogues cuvettes de glace morte entre Rossillon et Virieu dans le Jura méridional (94). Nous sommes d'autant plus étonné de voir M. Gignoux, dans la 2^e édition de son admirable traité de Géologie stratigraphique (1936) en revenir, pour les dolines de Thonon, à l'idée de Douxami, qui nous paraît vraiment insoutenable (140, p. 635, note 4).

semble pas avoir, à cette époque ¹, occupé la vallée de la Drance du Biot en amont du Jotty, mais poussait une langue du côté de Lullin, au SE du Mont d'Hermone. D'après Douxami (79), il n'aurait pas pénétré dans la dépression d'Habère-Poche.

Les vallées que n'envahissait pas le glacier du Rhône étaient partiellement remplies de glaciers locaux, dont la masse confluaient généralement avec celle du glacier principal.

6. La « phase de récurrence » des glaciers locaux.

Sitôt que le glacier du Rhône se mit à décroître, les glaciers locaux, gênés par lui jusque-là dans leur développement, commencèrent à s'étendre (voir J. de Charpentier, 13, p. 259). Leur front était beaucoup plus proche de leur bassin d'alimentation: l'élévation de température estivale qui faisait fondre l'extrémité du glacier rhodanien avait moins de temps pour agir sur leur glace. Dans le Jura, Venetz avait déjà signalé, en 1843 (19), ce phénomène. H. Schardt, qui l'étudia particulièrement (66, 67, 68), et qui du reste en exagéra fort l'extension, le nomma « phase de récurrence des glaciers jurassiens ».

Dans la région de St-Cergue, par exemple, un glacier jurassien, bloqué par le glacier du Rhône à son maximum, profita de la disparition de cet obstacle pour descendre jusqu'au-dessus de Gingins (voir 17, 18, puis 70). Ses moraines frontales sont admirablement conservées au Pontet (altitude 581 m.), au Château Blanc (575 m.), à la Gingine (voir *Atlas topogr.* f. 442 St-Cergue), et ses moraines de retrait des deux côtés du ravin de la Colline (ou Couline), en amont de Givrins — où elles reposent manifestement sur la moraine rhodanienne. Un autre glacier arrivait à l'W de Bière (altitude 730 m.), un autre à Montricher (750 m.), un autre encore au-dessus de L'Isle (740 m.) (voir carte géol. 134). Pour le glacier de St-Cergue, Brückner a calculé (85, p. 587 et 87, p. 394), que la limite des neiges persistantes devait être alors à 1285 m. d'altitude, soit environ 70 m. ou 75 m. seulement plus haut que lors du maximum wurmien ². Il en infère que le glacier

¹ A une époque antérieure, il est possible qu'il ait poussé beaucoup plus loin. M. Lugeon signale en effet, dans les environs de Morzine, des blocs de granite du Mont Blanc qui semblent avoir été déposés par le glacier du Rhône (60, p. 105).

² Brückner admet, d'après les travaux d'Aeberhardt (70) que ce glacier jurassien ne descendait que jusqu'à 700 m. d'altitude au S de St-Cergue; or il arrivait certainement plus bas, jusqu'à 570 m. ou même 560 m. La conclusion de Brückner s'en trouve d'autant renforcée.

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-