Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 62 (1942-1945)

Heft: 263

Artikel: L'altitude moyenne des vallées et le retrait des glaciers des Dranses de Savoie

Autor: Joukowsky, Etienne / Gagnebin, Elie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-273262

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.07.2025

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

L'altitude moyenne des vallées et le retrait des glaciers des Dranses de Savoie

PAR

Etienne JOUKOWSKY et Elie GAGNEBIN

(Séance du 1er mars 1944.)

PREMIÈRE PARTIE

L'altitude moyenne des vallées.

par E. JOUKOWSKY.

Il y a un demi siècle que les glaciologues viennois, sous l'impulsion d'Albrecht Penck, ont souligné la valeur de l'altitude moyenne des vallées comme facteur, peut-être le plus important, de la limite des neiges persistantes, donc aussi de la formation des glaciers. Cette dernière pour être étudiée complètement, impliquerait la connaissance exacte de facteurs météorologiques tels que précipitations, températures, qui dépendent aussi, outre l'altitude, de l'orientation des vallées. Mais pour les connaître de façon complète, il faudrait un nombre de stations d'enregistrement qu'on est encore loin d'avoir atteint aujourd'hui. Et quand bien même on serait en possession de ces données, les seuls facteurs qui soient actuellement ce qu'ils étaient à la dernière époque glaciaire sont précisément l'altitude et l'orientation, autrement dit, c'est la topographie.

Il est donc d'importance première de faire entre les différents bassins d'un massif montagneux toutes les comparaisons possibles, basées uniquement sur la topographie, parce que ces comparaisons sont seules valables aussi bien pour la période glaciaire qu'à l'époque actuelle. C'est ce que j'ai tenté de faire pour ce qui concerne les vallées du Rhône et de l'Arve jusqu'à la cluse de Bellegarde, qui présentent au point de vue de l'ancienne extension des glaciers, cette particularité qu'un glacier alimenté par un bassin de plus de 10.000 kilomètres carrés, et ayant sa surface vers 800 m. d'altitude dans le bassin du lac, n'avait d'autre issue que le défilé du Fort de l'Ecluse. On en

peut déduire, en grossière approximation, qu'un glacier dont la section transversale était de 500 hectares entre le Salève et le Jura s'engageait au droit du Fort de l'Ecluse dans un défilé où sa section se réduisait à 25 hectares. Ceci est important au point de vue de la genèse des dépôts postglaciaires du bassin du Petit Lac, pendant la période de fusion de masses énormes de glace. Ce sont des considérations de ce genre qui m'ont conduit à faire le calcul des altitudes moyennes des vallées.

* * *

A la suite de la publication du mémoire de Paul Beck intitulé « Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizeralpen » (*1*), nous avions conçu, avec Emile Chaix, le projet d'appliquer la notion d'altitude moyenne des vallées, à peu près telle qu'elle est définie par Paul Beck, à une comparaison des bassins de l'Arve et du Rhône jusqu'à leur jonction à Genève. Chacun avait fait, de son côté, divers calculs préliminaires, mais les résultats sont restés dans les cartons et la mort d'Emile Chaix est venue interrompre le cours de ces recherches.

Ayant repris récemment des études analogues, en prenant pour base la carte physique de la Suisse au 1 : 200.000 de Kümmerly et Frey, à Berne, ma première préoccupation fut de refaire les calculs d'altitude moyenne pour les vallées du Rhône et de l'Arve, ne connaissant les chiffres d'Emile Chaix que par une communication verbale de données approximatives, d'où il résultait que l'altitude moyenne de la vallée du Rhône était de « plus de 200 mètres supérieure à celle de la vallée de l'Arve ». M. André Chaix a très obligeamment mis à ma disposition un cahier intitulé « Pour l'étude de nos glaciers » où son père avait noté les résultats d'un nombre considérable de calculs relatifs à plusieurs vallées des bassins du Rhône et de l'Arve. Dans ce répertoire, dont récemment encore j'ignorais l'existence, l'auteur n'a malheureusement donné aucune indication sur la marche suivie pour ses calculs, ni mentionné les cartes dont il s'est servi, mais on voit qu'il a constamment fait des comparaisons avec le procédé de P. Beck. Cela n'enlevait rien, d'ailleurs, à l'intérêt que ses chiffres présentaient pour moi, étant donné que j'avais fait moi-même les calculs, en me préoccupant seulement du résultat pour l'ensemble de chacun des deux bassins Rhône et Arve, sans passer par des calculs d'altitudes moyennes séparément pour chacune des vallées composantes du réseau.

C'était donc une excellente occasion de comparer les résultats obtenus par deux opérations différentes, et je donne ici les chiffres pour quelques vallées.

	Altitude moyenne		
	E. Chaix	E. Joukowsky	
Rhône Furka-Jonction (Genève)	1724	1744	+ 1.16 %
	non comprise la dépression du lac		
Furka-Fort de l'Ecluse	1671	1655	— 9.5 ‰
	comprise la dépression du lac		
Arve Mont Blanc-Jonction (Genève)	1357	1335	— 1.62 %
Dranses d'Abondance	1361	1393	+ 2.35 %
du Biot	1363	1364	+ 0.73 ‰
de Bellevaux	1251	1230	— 1.7 %

Ces résultats donnent quelque valeur aux chiffres obtenus, mais j'ai cru bon de faire un autre contrôle par comparaison avec les chiffres d'altitude moyenne donnés par le Service fédéral des Eaux (Annuaire hydrographique de la Suisse).

I. Superficie du bassin versant
II. Altitude moyenne

	Serv. fédéral des eaux	Joukowsky	
Rhône	I. Km² 7987	Km² 7953	— 4.25 ‰
	II. m. 2130	m. 2103	— 1.27 %
Arve	I. Km² 1983	Km² 1989	+ 2.5 ‰
	II. —	m. 1335	

Le faible pourcentage des différences permet de conclure que mes mesures faites sur la carte physique de la Suisse au 1 : 200.000, équidistance 100 mètres, sont d'une approximation suffisante pour faire des comparaisons entre les bassins du Rhône et de l'Arve.

L'altitude moyenne d'une vallée jusqu'à un point arbitraire, d'altitude h, situé sur son émissaire, a été calculée de la manière suivante :

On considère un bloc montagneux ayant sa base à l'altitude h, et dont le périmètre est celui du *bassin versant* alimentant son émissaire jusqu'au point d'altitude h (Cf. 1). Ce bloc est assimilé à une pyramide dont la base est le périmètre du bassin versant. On évalue le volume de ce bloc en le décomposant en tranches tronc-coniques, de hauteur arbitraire. Le plus souvent on adopte 300 mètres. La précision est, cela va de soi, d'autant plus grande que la hauteur des troncs de pyramide est plus petite. On mesure au planimètre les deux bases

du tronc de pyramide, comprises, par exemple, entre les plans d'altitude 1500 et 1800. Nous aurons ainsi :

Base inférieure du tronc de pyramide = B
Base supérieure » » = b
Hauteur 1800 — 1500 = 300
Volume du tronc de pyramide $B + b + \sqrt{Bb} \times \frac{H}{3}$

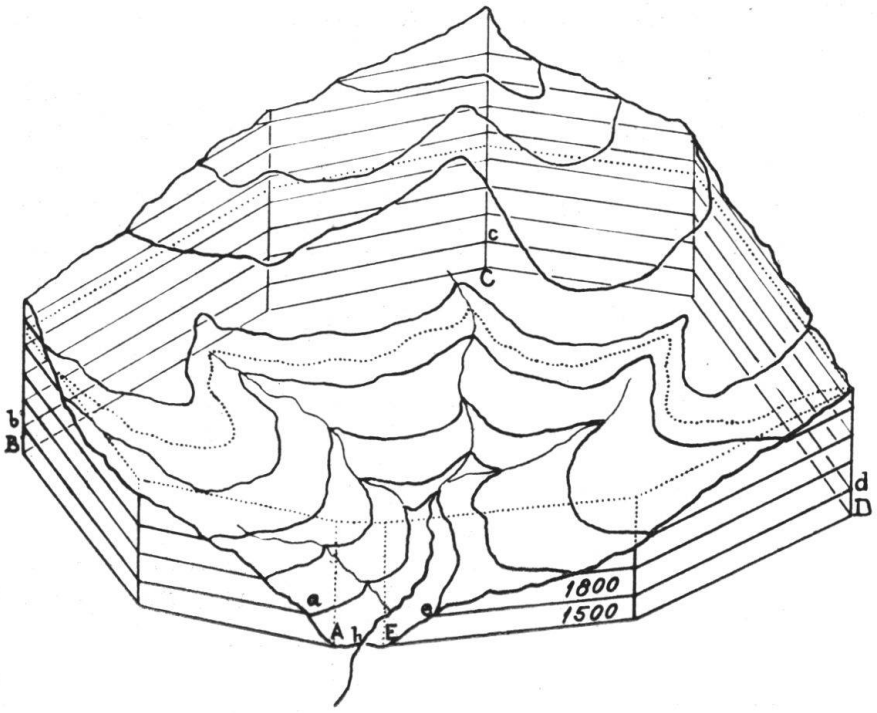

Fig. 1.

La ligne A B C D E est bien définie sur la carte, tandis que les raccordements h A et h E se font au jugé, et il peut y avoir des différences d'appréciation personnelles, mais elles sont minimes lorsqu'il s'agit de surfaces de plusieurs centaines de kilomètres carrés, et sans influence notable sur l'altitude moyenne.

J'ai comparé pour la vallée du Rhône jusqu'à la Porte du Scex le volume total obtenu avec cette formule et une autre plus simple : $\frac{B + b}{2} H$. La différence d'altitude moyenne dépassait à peine 5 mètres. On a donc une approximation suffisante avec la formule simplifiée, et c'est celle que j'ai adoptée pour la suite de mes mesures.

Pour la partie rocheuse la plus élevée, où le relief est figuré

par hâchures, ce sont des volumes de pyramides qu'il faut évaluer par la formule $V = \frac{1}{3}$ B. H. Ici les causes d'erreur s'aggravent du fait d'une imprécision plus grande du dessin. Mais le volume de cette pyramide terminale est pour le glacier du Rhône le 2.2 % de la masse rocheuse totale, de sorte qu'une erreur sur l'évaluation de ce volume n'a pas grande importance.

On obtient donc ainsi le volume de la masse rocheuse située, dans le périmètre du bassin versant, au-dessus du plan d'altitude h et formant la base du support rocheux de la vallée considérée. Si nous divisons ce volume par sa base, nous obtenons la hauteur H′ d'un prisme ayant cette même base et le même volume. Cette hauteur H′ additionnée à h donne ce que nous appelons l'altitude moyenne de la vallée considérée.

La notion peut aussi se définir en d'autres mots : Après avoir calculé la hauteur d'un corps prismatique ayant pour base le périmètre du bassin versant de la vallée en question, l'altitude moyenne de la vallée est définie par l'isohypse donnant la cote correspondant à la base supérieure du prisme précité ; autrement dit, c'est l'intersection de cette base avec la surface topographique de la vallée.

Appliqué aux vallées du Rhône et de l'Arve limitées au point de leur jonction, ce procédé a donné les résultats suivants :

a)	Altitude moyenne de la vallée du Rhône, abstraction faite de la dépression du Léman	1744 m.
b)	Id., en tenant compte de la dépression du lac	1655.5
c)	Altitude moyenne de la vallée de l'Arve	1335
	J'ajoute à cela les données suivantes :	
	Altitudes moyennes	
d)	Rhône jusqu'à la Porte du Scex (Valais)	2103
e)	Rhône jusqu'au seuil entre le grand et le petit lac, en tenant compte de la dépression du grand lac	1746
f)	Rhône, de la Porte du Scex à la Jonction du Rhône et de l'Arve, compte tenu de la dépression du lac	735
g)	Bassins réunis de l'Arve et du Giffre jusqu'à leur confluent (cote 455)	1736
h)	Bassin du Giffre jusqu'au confluent avec l'Arve	1428
i)	Bassin de l'Arve jusqu'au confluent de la Menoge	1482
k)	Bassin du Giffre jusqu'à la moraine frontale de la Tour	1431

Lors même qu'on ne peut parler de chose prouvée, ces chiffres autorisent certaines hypothèses de travail qui ne sont pas sans valeur pour l'étude de l'ancienne extension des glaciers. On voit la grande différence d'altitude (300 m.) entre le bassin du Rhône et celui de l'Arve.

Si l'on compare les chiffres sous a et g d'une part, et les chiffres h et i d'autre part, il semble que la question suivante se pose : Quand les conditions climatiques déterminaient un stationnement du glacier du Rhône non loin de la Jonction (Genève) (altitude moyenne 1744 mètres), le glacier de l'Arve ne devait-il pas avoir son front bien en amont de la Jonction, à la plaine des Rocailles, ou même près du confluent actuel de l'Arve et du Giffre ?

D'autre part, les chiffres i et k marquent des altitudes moyennes peu différentes pour le Giffre jusqu'à la moraine frontale de La Tour et pour l'Arve jusqu'à son confluent avec la Menoge. Or c'est au voisinage de ces deux points que Kilian plaçait ce qu'il a nommé le stade de retrait wurmien de Chignin. Nous ne pouvons préciser avec certitude un stade correspondant du glacier du Rhône sur le plateau genevois. Mais nous savons qu'une phase du retrait wurmien était caractérisée par un cours d'eau temporaire contournant le front d'un glacier rhodanien stationné dans la dépression de l'Aire. Ce cours est marqué par la vallée de l'Arande, et la vallée morte de Saint Julien-Soral-Eau morte.

D'une façon générale, en glaciologie on ne s'est pas embarrassé de rechercher des caractères physiques précis marquant le synchronisme de deux stades de retrait situés dans deux vallées voisines ou proches. L'analogie d'altitude moyenne des deux vallées délimitées comme il est dit m'a paru d'autant plus digne d'attention, et il m'a semblé opportun de faire un contrôle sur un autre cas, soit sur les stades de retrait du glacier wurmien dans les trois vallées des Dranses de Savoie.

DEUXIÈME PARTIE

Le retrait des glaciers des Dranses de Savoie.

par E. GAGNEBIN.

1. — *Les vallums de retrait.*

Le recul des glaciers préalpins, après leur dernière grande extension (glaciation wurmienne), est jalonné par une série de remparts morainiques ou vallums, qui marquent des stades de retrait successifs. Ils prouvent que ce recul, par fusion et par évaporation de la glace dans les zones frontales, ne s'est pas produit de façon uniforme et continue : comme on l'observe sur les glaciers actuels, le retrait s'est effectué par à-coups, avec des périodes d'arrêt, de stabilité relative, avec des réavancées temporaires. C'est durant ces arrêts, après ces récurrences, que les moraines marginales et frontales se sont déposées en bordure des glaciers.

Mais les fortes quantités d'eaux courantes libérées par la fusion des glaces ont usé ou détruit une grande partie de ces dépôts ; puis l'érosion et le ruissellement post-glaciaires ont fait leur œuvre ; ce qu'il reste au géologue pour reconstituer les stades de retrait n'est donc qu'un ensemble très fragmentaire de vestiges plus ou moins nets.

Nous avons reporté sur la carte ci-jointe (fig. 2) les vallums morainiques des glaciers des Dranses de Savoie dont nous avons pu constater l'existence en révisant la feuille de Thonon (n° 150) de la Carte géologique de la France au 1 : 80.000, dans les années 1931 à 1939. Nous décrirons brièvement leur disposition[1] dans chacune des trois vallées principales (Dranses d'Abondance, du Biot et de Bellevaux ou Brévon) avec leurs tributaires ; ayant ainsi déterminé dans la mesure du possible les stades de retrait de leurs glaciers, nous pourrons poser la question de leur parallélisme, de leur contemporanéité, et c'est alors qu'apparaîtra l'intérêt du calcul de l'altitude moyenne des vallées.

2. — *La « phase de récurrence ».*

Le glacier du Rhône, lors du maximum de l'extension wurmienne, pénétra profondément dans les vallées des Dranses. Dans celle d'Abondance, on voit encore fort bien l'auge qu'il occupait,

[1] Il n'a pas été possible de reporter sur la fig. 2 tous les noms locaux cités dans notre texte, On les trouvera sur la feuille de Thonon au 1 : 80.000 (carte française de l'Etat-Major).

au SE de Chevenoz[1], et dans laquelle la rivière s'encaisse. La moraine de fond rhodanienne affleure, le long de la Dranse, jusqu'en amont de Vacheresse, recouverte de moraine locale, et le glacier du Rhône devait remonter au moins jusqu'à Bonnevaux (1000 m.), en pénétrant dans les vallées de Darbon et de l'Eau Noire.

Dans la Dranse du Biot, nous avons noté des blocs erratiques cristallins au Pont de Gys, à St-Jean d'Aulph, sans parler des fameux blocs de granite signalés par M. Lugeon dans la contrée de Morzine (*6*, p. 105). Mais ce sont des blocs isolés dans la moraine locale ; on ne trouve pas de dépôts rhodaniens en amont du Jotty (630 m. d'altitude), et il n'est pas certain que, lors de l'extension wurmienne, le glacier du Rhône ait franchi ce défilé. Les blocs trouvés plus haut pourraient provenir d'une glaciation antérieure, à moins qu'ils n'aient été arrachés par le glacier local à quelque « pointement » cristallin dans le Flysch de la nappe de la Brèche. Il se peut aussi qu'ils proviennent d'une diffluence du glacier du Giffre par le Col des Gets.

Pour la vallée du Brévon, c'est au remarquable défilé du Lavouet (780 m.) que s'arrêtent les dépôts wurmiens du glacier du Rhône ; mais il continuait vers le SE, dans le vallon de Lullin : il franchissait le Col du Feu, au NW de Lullin, et semble avoir entièrement recouvert le Mont d'Hermone (1411 m.). Les cailloux cristallins que l'on trouve isolés en amont de Bellevaux, et jusqu'à la Clusaz, paraissent aussi le fait d'extensions glaciaires plus anciennes ou de « pointements » dans le Flysch.

Il n'est donc possible de déterminer que d'une manière hypothétique les limites de pénétration du glacier du Rhône dans les vallées des Dranses, mais les défilés que nous indiquons (Bonnevaux, le Jotty, le Lavouet) sont en tout cas des minimums. Les glaciers des Dranses, au fort de l'extension wurmienne, étaient bloqués par le glacier du Rhône et restaient séparés les uns des autres. Ce n'est que lorsque le glacier rhodanien leur céda la place que les glaciers locaux purent se développer et envahir jusqu'aux bords de la vallée principale.

Nous avons mentionné ailleurs (*3*, p. 22) la généralité de cette « phase de récurrence » des glaciers locaux, déjà constatée par Jean de Charpentier (*2*, p. 259). Nous avons décrit également (*3*, p. 23) la preuve qui nous reste de l'extension des

[1] Au NE de Chevenoz, les vestiges de deux auges antérieures, superposées, sont remarquablement nets sur l'arête occidentale des Trables : banquettes de Prébosa (990 m.) et des Chalets des Trables (1100 m.).

Rhône
Evian
Thonon
Yvoire
Nyon
Hermance
Genève
Douvaine
Boisy
Allinges
Champanges
Drance
Bernex
Ugine
Chevenoz
Vacheresse
Eau Noire
Nant de Darbon
Carnettes de Bise
Dt d'Oche
Mt Chauffe
La Chapelle
Bonnevaux
Abondance
Châtel
Goliet
Malève
Pte de Grange
Géant
Margins
Champéry
Dents Blanches
Hautforts
Pic de la Corne
St Jean d'Aulph
Montriond
Morzine
Col des Gets
Samoëns
Ouzon
Pont de Gys
Le Biot
Roc d'Enfer
Jotty
Bigge
Billiat
Bellevaux
La Clusaz
Brevon
Chaîne
Haute Pointe
Giffre
Orchez
Hermone
Lullin
Lavouet
Forchet
Col de Jambaz
Hirmente
Mégevette
Miribel
Risse
Brasses
La Tour
Le Môle
Bonneville
Arve
Voirons
Boège
Annemasse
Reignier
Rocailles
La Roche
Salève
Seimaz
E.G. 1944
Vallums Rhodaniens
Vallums Locaux

FIG. 2.

glaciers des Dranses : la moraine locale de Champanges et de Thièze, à l'E de Thonon. Elle s'allonge du S au N, à l'altitude de 700 m., sur la moraine de fond rhodanienne du plateau de Thollon.

M. Joukowsky nous suggère, à son propos, une remarque dont la portée est générale : ce vallum local n'implique pas nécessairement que le glacier du Rhône avait abandonné Champanges lors de la récurrence du glacier préalpin. Il suffit d'admettre que le glacier du Rhône était immobile. Celui des Dranses pouvait s'avancer sur lui, comme sur une masse de glace morte, et y laisser une moraine latérale que, plus tard, la fusion du glacier du Rhône aura déposée sur le sol.

De toutes façons, il est manifeste que les glaciers des Dranses, réunis depuis Bioge, point de jonction des trois vallées, se sont étendus jusqu'à la cuvette du Léman. C'est de ce point qu'on peut tenter de suivre leurs stades de retrait.

Entre le Léman et Bioge, aucun autre vallum de moraine locale ne subsiste que celui de Champanges. A Bioge (altitude 530 m.), en amont de la gorge épigénique que nous avons signalée (*3*, p. 32), aucun vestige de l'occupation par les glaciers locaux n'a été conservé non plus ; il semble pourtant probable que le front des glaciers des Dranses a stationné dans cette vaste dépression.

3. — *L'Ugine et les glaciers de Memise.*

L'Ugine, ou Dranse de Bernex, est un affluent de droite de la Dranse d'Abondance, la rejoignant à l'W de Chevenoz. Dans la profonde gorge qui serpente entre ce confluent et Bioge, il ne s'est pas déposé de vallums de retrait, ou rien n'en est resté. Mais plus en amont, dans la vallée de l'Ugine, des dépôts manifestent clairement l'extension du glacier local qui descendait du massif de la Dent d'Oche.

Au NW de Bernex, c'est la belle moraine marginale de la Bennaz, creusée de dolines péri-glaciaires, qui s'allonge entre 960 et 1000 m. d'altitude. Nous l'avons décrite et figurée dans une note précédente, traitant des lacs de la Bennaz (*4*). Nous y avons signalé aussi (p. 4) la nappe de cailloutis qui s'étend en contre-bas, dans le fond de la vallée, reposant sur la moraine de fond rhodanienne entamée par le cours de la rivière. Ces cailloutis, dont la surface bien plane descend de 900 à 850 m., se sont déposés après la moraine de la Bennaz, en aval du front glaciaire, dans un lac de barrage déterminé par le glacier qui occupait alors la vallée de la Dranse d'Abondance.

A peu près 1 km. en amont de Bernex, à l'E du hameau de Trossy, un vallum de retrait borde la rive droite de l'Ugine, à 1000 m. d'altitude, tandis qu'en face du hameau, sur la rive gauche, ne subsiste qu'un faible segment d'une moraine correspondante.

Bien qu'ils ne rentrent qu'en partie dans le bassin des Dranses, il convient de mentionner les multiples vallums de retrait qui entourent le Pic de Memise et le Mont César qui le prolonge vers le SW. Au pied de la paroi de Memise, qui regarde vers le N, s'est développé un véritable petit glacier de piedmont qui est descendu, après le retrait du glacier du Rhône, jusqu'au delà du village de Thollon, à 920 m. d'altitude. Il a laissé, lors de son retrait, toute une série de moraines frontales, que connaissait déjà Jean de Charpentier, et qui montrent sa résolution graduelle en 4 ou 5 petits glaciers distincts au fur et à mesure que le front montait à 1000 m., à 1100 m., à 1200 ou 1250 m.

Sur la face occidentale du Mont César, 2 stades de retrait d'un petit glacier sont marqués par des vallums frontaux qui dominent le hameau de Creuzat, à 1170 et 1250 m. d'altitude. Et sur sa face méridionale, tournée vers la vallée de l'Ugine, un beau vallum frontal à 1250 m. témoigne aussi de l'existence d'un petit glacier sur ce versant.

4. — *La Dranse d'Abondance.*

Ce n'est qu'à partir de Vacheresse qu'on rencontre, en remontant cette vallée, des remparts morainiques de son dernier glacier. Le village de Vacheresse est en partie construit sur un grand vallum latéro-frontal droit, à 850 m. d'altitude. Allongé au pied d'une pente assez forte, il semble bien s'être formé où il gît actuellement, et non pas à la surface d'un épais glacier. Il date donc, probablement, d'un stade où le front glaciaire stationnait tout près de là, ou d'une récurrence atteignant ce point. En amont de Vacheresse, avant le confluent de l'Eau Noire, plusieurs moraines latérales s'étagent entre 830 et 850 m., paraissant elles aussi s'être formées sur place.

En face de Vacheresse, le hameau d'Ecotex montre une série de petites buttes, qui sont les vestiges d'arcs morainiques frontaux d'un glacier descendant du Mont Ouzon. Ce glacier local n'a pu se développer jusqu'au niveau de la vallée, à 800 m., qu'après la fusion du glacier de la Dranse. Nous retrouvons donc ici, à une échelle inférieure, le même phénomène de récurrence qu'entre les glaciers préalpins et celui du Rhône.

Au N de l'Ouzon, un petit glacier de cirque descendant à l'E de la Pointe de Tréchauffex a laissé de jolies moraines frontales à la Crottaz, à 1150 et 1220 m.

Au SE de Vacheresse, la vallée de l'Eau Noire présente, près de son confluent avec le Nant de Darbon, un vallum latéral droit, à 900 m. d'altitude, et un vallum latéral gauche, plus étendu, à la même cote.

Dans la vallée principale, en amont de l'Eau Noire, des tronçons de moraines latérales subsistent soit sur le versant gauche, à 850 m. et 890 m., soit sur le versant droit, à 840 m., 860 m. et 880 m. Ils paraissent contemporains des vallums de l'Eau Noire et de ceux de Vacheresse.

En amont de Bonnevaux, dans la belle cluse de Cercle, des vallums s'allongent soit sur le versant gauche, à 890 m., soit sur le versant droit, un peu plus en amont, entre 920 et 930 m. Ils appartiennent peut-être aussi au stade de Vacheresse, bien qu'il soit possible qu'ils datent d'une époque où le front du glacier stationnait à la sortie de cette cluse.

Mais c'est en amont du village d'Abondance, sur le versant gauche de la vallée, que sont conservées les plus belles moraines latérales de ce glacier de la Dranse. Elles s'étagent en deux trains superposés, qui marquent nettement deux stades de retrait distincts. Le train supérieur est bien visible à l'Enquerne, au SE d'Abondance, à 1400 m. d'altitude, et se suit vers l'E sur 2 km., où sa hauteur est de 1440 m. Le train inférieur est celui de la Plagne, au S de Miolène. Il s'allonge sur un peu plus d'1 km., coupé en 3 tronçons par l'érosion torrentielle, entre 1160 et 1200 m. d'altitude.

Entre ces deux stades, les glaciers locaux du versant nord de la Pointe de Grange ont profité de la fusion du glacier principal pour se développer. Au NW de ce sommet, le cirque des Chalets de Pertuis le manifeste par une moraine médiane qui descend jusqu'à 1340 m., tandis qu'aux chalets mêmes, à 1650 m., un arc morainique admirablement conservé, entourant un petit lac, date d'un stade récent. Plus à l'E, les chalets de Folliex, à 1490 m., sont aussi sur l'arc frontal d'un glacier local dont les moraines latérales gauches sont descendues antérieurement jusqu'à 1280 m. Le cirque de Folliex est plus vaste, plus allongé surtout, que celui de Pertuis, et dirigé droit au N. Il semble très probable que leurs dépôts sont contemporains, malgré la différence d'altitude ; que leur récurrence s'est produite en même temps, et que leurs arcs récents, ceux qui portent les chalets, datent tous deux d'un même stade.

Au village d'Abondance, la Dranse reçoit un important affluent gauche, le Malève, dont les deux branches principales se rejoignent au Plan de Charmy. La branche ouest, légèrement suspendue au-dessus de l'autre, y montre un double vallum frontal, assez effacé, à l'altitude de 1000 m. environ. Plus en amont, cette même branche traverse à la Chargne un beau vallum frontal de retrait qui se continue sur le versant gauche, au SE du Pic de la Corne, jusqu'aux chalets inférieurs de Séranant (1360 m. environ) ; tandis qu'aux chalets supérieurs de Séranant (1400 m. environ), un vallum latéral gauche plus élevé marque un stade antérieur. C'est à la Chargne aussi que se joignent les deux principaux ruisseaux, venant du S, et constituant cette branche du Malève. Celui de l'W descend du petit lac de Tavaneuse (1800 m. environ), entouré d'un vallum frontal, et traverse plus bas les chalets de Tavaneuse, à 1685 m. environ. Ces chalets sont sur un vallum frontal de retrait. Le ruisseau voisin, un peu plus à l'E, naît aussi dans un petit cirque glaciaire à moraine frontale, et passe vers 1690 m. aux chalets d'Entre deux Pertuis, également construits sur un vallum de retrait[1].

La branche orientale du Malève est moins riche en témoins des stades de retrait glaciaires. En amont des Plagnes, vers 1230 m. d'altitude, s'arque le joli vallum latéro-frontal droit de Ste-Anne, et plus haut, vers 1300 m. probablement, après une petite plaine d'alluvion, un vallum frontal se poursuit latéralement, de part et d'autre de la vallée. La carte au 1 : 80.000 est si défectueuse en cet endroit qu'aucune indication plus exacte n'y est possible.

Au sujet du Malève, notons encore qu'on observe les traces d'une ancienne diffluence de son glacier au NW de la Pointe de Grange et au NE du Plan de Charmy, aux chalets de Leschaux (ou les Chaux), à 1600 m. d'altitude. Cette diffluence se fait vers le N, vers la vallée de la Dranse, et a dû précéder de peu le dépôt des moraines de l'Enquerne, qu'elle domine.

La vallée principale de la Dranse d'Abondance, en amont

[1] Nous indiquons en général les altitudes d'après les plans directeurs au 1 : 20.000 publiés en 1938 par le Service géographique de l'armée française : cartes à courbes de niveau équidistantes de 10 m., d'une admirable précision. Mais ces plans (feuille de Thonon-les-Bains, n°s 1 à 8) s'arrêtent, vers le S, à une ligne passant légèrement au S de Châtel, du sommet de la Pointe de Grange et de Lullin. La feuille de Samoëns, qui doit faire suite, n'avait pas encore paru en mai 1940. Sur son territoire, la carte au 1 : 80.000 ne porte que de rares cotes, sujettes à caution, et nous en sommes réduits à nos propres mesures à l'altimètre, qui sont peu précises.

de La Chapelle, ne présente plus de vallums de retrait. Mais ses affluents de droite en montrent de fort distincts.

C'est d'abord, au N de La Chapelle, le Séchet, venant du Mont Chauffé, qui près de son débouché, à 400 m. environ du village, est dominé de 100 m. par un vallum latéral de son versant gauche, à 1190 m. d'altitude.

C'est le Terroix, au N de Châtel, qui dans sa partie supérieure, en face des chalets de Barbossine, à 1600 m., est longé par une moraine latérale gauche.

A l'E de Châtel, c'est le ruisseau de Fiolaz, dans le vallon de Conche dont la rive gauche est surmontée par des tronçons de moraines latérales qui se relaient, d'aval en amont, et représentent au moins deux stades successifs.

C'est enfin la moraine de Vonne, au S de Châtel, entre 1230 et 1250 m. d'altitude, qui marque le débouché du vallon descendant du col de Morgins, débouché suspendu au-dessus du thalweg de la vallée principale, avec un gradin de confluence de 150 m. de hauteur.

On sait en effet qu'à un certain stade de son développement, le glacier de la Vièze de Morgins diffluait vers le N dans la vallée de la Dranse. De même au NE de Morgins, le glacier qui occupait la haute vallée de la Greffe, au N des Portes de Culet, entre le Bec de Corbeau et Bellevue, diffluait vers la Dranse par le lac du Goliet dans le vallon de Conche. Les vallums qui entourent ce petit lac, à l'W et à l'E, jalonnent des stades de retrait de cette langue diffluente.

* * *

Cette longue énumération des vallums de la Dranse d'Abondance, nécessaire pour établir les faits, risque de gêner la vue d'ensemble qu'on en doit dégager. Laissons maintenant de côté les glaciers affluents et leurs stades de recul, de date relativement récente.

Deux traits ressortent de la disposition des moraines dans la vallée principale :

1° Le front du glacier a dû stationner non loin de Vacheresse, un peu en aval de ce village, vers 800 m. d'altitude.

2° Les deux trains de moraines au SE et à l'E d'Abondance marquent deux stades successifs bien nets d'occupation du glacier : le train de l'Enquerne, qui atteint 1440 m. à sa partie amont, et celui de la Plagne, à 1200 m., alors que l'altitude du thalweg est là d'environ 970 m.

Nous avons vu d'autre part que le glacier s'est étendu

jusqu'à la cuvette du Léman, à Champanges (700 m.), et qu'il a probablement stationné dans la dépression de Bioge.

A partir de ces données, les questions se posent :

L'une des moraines latérales en amont d'Abondance (train de l'Enquerne ou de la Plagne) a-t-elle pu correspondre au stade où le front du glacier stationnait à Vacheresse ? On peut suivre, en amont de Vacheresse, de part et d'autre de la vallée, des moraines latérales formées sur place et se rattachant à ce stade, probablement jusqu'à Cercle, c'est-à-dire sur une distance d'environ 5 km. La différence d'altitude, de 80 m., indiquerait une pente de 16 ‰ de la surface du glacier. Entre Cercle et la Plagne, en amont d'Abondance, la distance est aussi de 5 km. à peu près, et la différence d'altitude serait de 270 m. avec le train inférieur (pente de 54 ‰), de 520 m. avec le train supérieur (pente de 104 ‰). Bien entendu, une forte déclivité locale du glacier ne peut être exclue en principe, entre Abondance et Cercle, où la vallée traverse deux étroits défilés. Cependant rien ne l'indique dans la morphologie. Ces différences de pentes rendent la correspondance fort douteuse pour le train inférieur, invraisemblable pour le train supérieur. Il est donc probable que lorsque le front du glacier stationnait près de Vacheresse, son bord gauche entre Abondance et La Chapelle était notablement plus bas que le train morainique de la Plagne, et que les moraines marginales n'y ont pas été conservées.

A quel stationnement du front peuvent alors correspondre les trains de la Plagne et de l'Enquerne ? En supposant un arrêt du glacier à Bioge, distant de 18 km. environ (altitude 530 m.), on calcule pour les moraines de la Plagne une pente moyenne de 37 ‰, pour celles de l'Enquerne 51 ‰. Le premier chiffre n'a rien d'invraisemblable. En reliant enfin ces moraines à celle de Champanges, éloignée de 24 km. environ (altitude 700 m.), on calcule une pente moyenne de 21 ‰ pour le train de la Plagne, de 31 ‰ pour celui de l'Enquerne. Mais l'altitude actuelle de la moraine de Champanges ne signifie pas grand'chose, si l'on considère qu'elle a pu se former à la surface d'un glacier dont nous ignorons l'épaisseur.

A titre d'hypothèse de travail, on peut cependant s'arrêter à la supposition que les moraines latérales de l'Enquerne correspondent au stade de Champanges, celles de la Plagne au front probable de Bioge, antérieurement au stade de Vacheresse. Mais on voit, par ces tâtonnements, combien est délicat et douteux tout essai d'établir des correspondances entre les moraines

qui subsistent dans les vallées, et particulièrement entre des moraines latérales élevées et le front lointain du glacier.

* * *

L'étrange sinuosité de la Dranse d'Abondance pose un problème de morphogénèse dont le rapport n'est que très indirect avec celui de la fusion des glaciers, mais qu'on ne saurait passer sous silence lorsqu'on parle du Quaternaire. Nous nous bornerons à en relever les traits principaux.

La disposition tectonique doit avoir joué un rôle principal dans l'établissement du cours de cette rivière, mais un coup d'œil sur la carte géologique montre dès l'abord la diversité des relations entre la structure du pays et le tracé de la vallée. La vallée est tantôt longitudinale, tantôt transversale, tantôt oblique par rapport aux plis. Une telle complexité ne peut être que l'effet de multiples captures fort anciennes, dont la succession demanderait, pour être établie, une étude spéciale.

Un cours presqu'uniquement transversal, et grossièrement rectiligne, est indiqué par la branche orientale du Malève, se poursuivant par Abondance, Bonnevaux, Vacheresse jusqu'à Chevenoz. Il semble que ce soit le cours primitif, l'axe autour duquel la vallée actuelle décrit ses arabesques au gré des anciennes captures.

M. Lugeon a déjà relevé (*6*, p. 28) que la Vièze de Morgins a dû s'écouler autrefois par le Pas de Morgins (1375 m.), dans la Dranse d'Abondance, d'où sa capture par un affluent de la Vièze de Champéry l'a détournée. Et nous avons vu que, lors de la dernière glaciation, une diffluence du glacier de Morgins avait repris le même passage vers la Dranse.

Plus anciennement, il est probable que le tronçon supérieur de la Dranse de Savoie continuait son cours vers le NE, par le col du Goliet (1684 m.), dans la vallée de la Greffe qui aboutit à Vionnaz. Là aussi, nous avons noté qu'une diffluence du glacier récent avait utilisé le même chemin, mais en sens inverse.

D'autres captures analogues ont sans doute eu lieu plus en aval, mais il nous suffira d'avoir indiqué le problème et d'avoir, par ces deux exemples, fait sentir sa complexité, sans pousser ici davantage la reconstitution de l'histoire ancienne de cette vallée.

5. — *La Dranse du Biot.*

Autant le cours de la Dranse d'Abondance est sinueux, autant celui de la Dranse du Biot est rectiligne et constamment transversal par rapport aux plis, dont il occupe souvent une dépression axiale.

L'étude de ses moraines de retrait est aussi beaucoup plus simple.

Nous avons mentionné déjà que le glacier du Rhône, lors de son extension wurmienne, s'est avancé dans cette vallée au moins jusqu'au défilé du Jotty (630 m.). Lorsqu'il s'est retiré, le glacier local a pu envahir le segment aval. Une langue de ce glacier local a débordé vers le NW par la dépression de la Vernaz (811 m., au S de Bioge), où elle a laissé, au NW du village, un beau vallum frontal de retrait (750 m.). Son matériel comprend une assez grande proportion d'éléments rhodaniens remaniés.

Il faut monter jusqu'en amont du Jotty pour retrouver un vallum local. C'est une moraine latérale gauche qu'on voit au bord de la grande route, sous les Esserts, à 670 m. d'altitude.

Au SE de la Baume, entre le Pont de Gys et Gys, un vallum latéral droit domine la route du Biot, de 680 à 690 m.

De part et d'autre du village du Biot, une double série de moraines latérales droites s'allonge et s'élève vers l'amont, entre 730 et 840 m. Sous elles, un beau vallum frontal arrive en s'arquant, rive droite, au-dessus du pont de Couvaloux, à 730 m. d'altitude. Le pont lui-même, à 696 m., traverse une petite gorge épigénique de la rivière. La situation de ces moraines et leur étagement témoignent qu'elles se sont formées sur place, au bord du glacier.

A Seytroux, en face du Biot, le glacier d'un affluent de gauche a laissé un grand vallum latéro-frontal vers 800 m., au-dessus de la Dranse, tandis qu'immédiatement en amont, le hameau d'Ombre est bâti sur une moraine latérale gauche de la rivière principale.

A St-Jean d'Aulph, versant gauche, s'allonge un vallum latéral, entre 820 et 860 m. d'altitude.

Près de St-Jean d'Aulph, la Dranse reçoit de gauche un affluent qui descend du Roc d'Enfer. Dans le partie supérieure de sa vallée, de jolies moraines médianes et latérales sont conservées, en amont des Adrets, entre 1250 et 1400 m. d'altitude.

Les cailloutis qui forment de si belles terrasses fluviales, de part et d'autre de la Dranse, dans le secteur de Montriond, sont postérieurs à la fonte du glacier ; ils se sont déposés dans un lac de barrage, déterminé par un éboulement en aval d'Essert-la-Pierre. Au SW de Montriond, sur la rive droite, la terrasse de cailloutis fluvio-glaciaires noie le pied de vallums latéraux qui bordent la route de Morzine, et dont l'altitude doit être de 970 à 980 m. environ.

Ajoutons qu'à l'E du lac de Montriond, un vallum frontal

de retrait de l'affluent qui l'alimente, s'arque à 1120 m. d'altitude environ.

Dans la vallée principale, les vallums que nous avons suivis du Jotty à Morzine ne dessinent avec netteté qu'un seul stationnement du front glaciaire, au-dessous du Biot, au pont de Couvaloux, à 730 m. d'altitude. Mais les vallums du Biot rendent probable, en outre, un arrêt du front au Pont de Gys (660 m.) et peut-être au Jotty (630 m.), dont les moraines frontales auraient totalement disparu. Comme pour la Dranse d'Abondance, on peut supposer que le glacier du Biot a stationné dans la dépression de Bioge, sans qu'il nous en reste de preuves matérielles.

6. — *Le Brévon ou Dranse de Bellevaux.*

Moins rectiligne que la Dranse du Biot, moins sinueux que celle d'Abondance, le cours du Brévon, du Roc d'Enfer à Bioge, est morphologiquement fort complexe. Il est d'abord transversal, jusqu'à la Clusaz ; puis longitudinal, en gros, de la Clusaz au Lavouet ; au Lavouet, il traverse brusquement une barre calcaire de Malm puis, rejoignant le ruisseau de Lullin (la Follaz), il longe jusqu'à Bioge l'anticlinal du Mont d'Hermone.

Cette diversité est évidemment, comme pour la Dranse d'Abondance, l'effet d'antiques et multiples captures.

La morphologie manifeste, entre autres, l'individualité du segment de la Clusaz au Lavouet. Et la déclivité de tous les reliefs, sur ce parcours, indique nettement qu'en des temps fort anciens une rivière devait y couler en sens inverse, du NNE au SSW. Elle descendait de la Combe des Bœufs (au NE du Lavouet) vers Bellevaux, passait par le col de Jambaz (1026 m.) et s'écoulait dans la vallée de Mégevette.

Le défilé du Lavouet est donc un important point de capture. Il a certainement joué un rôle capital aussi lors de la glaciation wurmienne. En aval, on ne trouve que des dépôts morainiques rhodaniens ; en amont, que des moraines locales.

Immédiatement en amont de ce défilé, s'arque un magnifique vallum frontal, à 780 m. d'altitude. C'est le premier vallum local que l'on rencontre en remontant la rivière depuis le confluent de Bioge.

Entre le Lavouet et Bellevaux, plusieurs petits vallums latéraux ou médians se relaient, sur la rive droite à 810 m., sur la rive gauche de 830 à 840 m.

Il faut monter jusqu'à l'E du col de Jambaz pour en retrou-

ver ; là, de 1000 à 1010 m. d'altitude environ, s'élève une moraine latéro-frontale gauche. Les dépôts qui tapissent le col de Jambaz (1026 m.) témoignent d'une diffluence du glacier du Brévon, à un stade antérieur, par cet ancien seuil de capture.

Environ 4 km. plus en amont, l'affluent qui suit le vallon de Bellecombe, venant de la Haute Pointe, a laissé près de son confluent avec la Dranse une moraine latérale gauche, qui s'incline de 1190 à 1130 m. d'altitude.

Au pied du Roc d'Enfer, entre les vallons du Grand Souvroz et du Petit Souvroz, une moraine médiane en pente assez forte descend de 1370 à 1330 m.

Ces quelques vallums de retrait n'enseignent pas grand'-chose sur l'histoire du glacier du Brévon. Ils affirment un important stationnement du front au Lavouet, et c'est à peu près tout. Le glacier s'est peut-être aussi arrêté à l'E du col de Jambaz, vers 950 m. d'altitude. De ses autres arrêts, les jalons ont disparu.

7. — *Essai de coordination.*

L'énumération des vestiges qui nous restent des stades de retrait des glaciers des Dranses, et leur figuration schématique sur la fig. 2, font ressortir la difficulté d'une synthèse. Les témoins sont si peu nombreux, si fragmentaires que l'histoire de chaque vallée ne peut être établie sans lacunes considérables. La coordination entre les trois vallées apparaît, dès lors, à peu près impossible.

Récapitulons cependant les résultats acquis par l'étude de chacune des vallées.

Pour la *Dranse d'Abondance* : Stationnement du front près de Vacheresse, vers 800 m. d'altitude. Deux stades probablement antérieurs, manifestés par les moraines latérales de la Plagne et de l'Enquerne, au-dessus d'Abondance. Nous avons supposé, après discussion, que les vallums de la Plagne pouvaient correspondre à un stationnement du front dans la dépression de Bioge (530 m. d'altitude), ceux de l'Enquerne à la moraine de Champanges qui domine la cuvette du Léman.

Pour la *Dranse du Biot* : Stationnement du front au-dessous du Biot, à 730 m. d'altitude. On ne peut que supposer d'autres arrêts du front, au Pont de Gys (660 m.), au Jotty (630 m.) et à Bioge.

Pour le *Brévon* : Stationnement du front au Lavouet, à 780 m. d'altitude. Stationnement probable à l'E du col de Jambaz, vers 950 m.

Les seuls stationnements dont les vallums témoignent de façon à peu près incontestable, dans les trois Dranses (Vacheresse 800 m. ; le Biot 730 m. ; le Lavouet 780 m.), sont à des altitudes si analogues qu'il est tentant de les paralléliser. Ce qui conduit à reconstituer hypothétiquement la succession des principaux phénomènes :

1° Suivant de près la diminution du glacier du Rhône, récurrence des glaciers des trois vallées, réunis depuis Bioge, jusqu'au bord de la cuvette du Léman où ils déposeront la moraine latérale de Champanges.

2° Retrait du front jusqu'à Bioge, où les trois glaciers se joignent encore tout juste, et stationnent probablement dans cette vaste dépression, en amont d'une étroite gorge épigénique (530 m. d'altitude).

3° Après disjonction des trois glaciers, leur recul avec un temps d'arrêt ou de légères récurrences, à Vacheresse, au Biot, au Lavouet.

Entre ces stades et plus en amont, les lieux de stationnement sont trop mal connus pour tenter des raccords ; mais l'hypothèse exposée ci-dessus est cohérente, harmonieuse, vraisemblable, et s'appuie sur quelques faits positifs. A vrai dire, nous en étions assez satisfait.

* * *

C'est alors qu'est intervenue la notion de l'altitude moyenne des vallées.

Dans une lettre datée du 28 septembre 1943, M. E. Joukowsky nous faisait part des mesures et des calculs qu'il avait opérés sur les vallées des Dranses, dont il avait établi l'altitude moyenne jusqu'à Bioge, sur la carte au 1 : 200.000 de Kümmerly et Frey. Le cahier d'Emile Chaix mentionné dans la première partie de notre article contenait aussi les chiffres relatifs aux vallées des trois Dranses de Savoie jusqu'au pont de Bioge. Voici les résultats :

	Abondance	Biot	Brévon
E. Chaix	1361	1363	1251
E. Joukowsky	1393	1364	1230

Les chiffres du Brévon étant beaucoup plus bas que les autres, M. Joukowsky avait calculé l'altitude moyenne de son bassin limité à la moraine frontale du Lavouet ; le résultat est 1373 m. Et il ajoutait : « Si le principe des altitudes moyennes semblables vaut quelque chose, cela signifierait que

le stationnement du Brévon au Lavouet correspond à celui de Bioge pour les deux autres vallées. »

C'est pour chercher un contrôle de ce principe que M. Joukowsky nous avait demandé quels étaient les stades de retrait des glaciers des Dranses manifestés par des vallums. Nous l'avons exposé en détail : l'étude des cordons morainiques actuellement conservés ne permet pas une reconstitution sans équivoque des stationnements successifs des fronts glaciaires. Mais à l'hypothèse que la position et l'altitude de ces vallums nous avaient suggérée, les calculs de l'altitude moyenne des vallées viennent apporter une si frappante correction, que l'intérêt de ce facteur s'en trouve singulièrement mis en lumière.

Conclusion commune.

Les résultats que nous venons d'exposer, si peu nombreux et si fragiles qu'ils soient, nous ont paru cependant mériter d'être signalés. Ils montrent que le calcul de l'altitude moyenne des vallées constitue un utile auxiliaire pour la synchronisation des stades de retrait constatés dans des vallées soumises à des climats analogues. Les chiffres obtenus par ce calcul semblent d'autant plus valables et significatifs que les bassins considérés sont plus grands. Mais il va sans dire que d'autres contrôles sont nécessaires pour valider un tel procédé de détermination.

Ouvrages cités.

1. P. Beck : Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizeralpen. — *1. Mitteilung der Naturwissenschaftl. Ges. Thun*, Bern 1926.
2. J. de Charpentier : Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. — Lausanne 1841.
3. E. Gagnebin : Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. — *Bull. Soc. vaudoise sc. nat.*, vol. 59, n° 243. — *Bull. Labor. géol. Lausanne*, n° 58, 1937.
4. E. Gagnebin : Les lacs de la Bennaz, au-dessus d'Evian (Haute-Savoie). — *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. 60, n° 245. — *Bull. Labor. géol. Lausanne*, n° 60, 1938.
5. J. Jegerlehner : Die Schneegrenzen in den Gletschergebieten der Schweiz. — *Gerlands Beitr. zur Geophysik*, Bd. V, Heft 3, Leipzig 1902.
6. M. Lugeon : La région de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie). — *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. VII, n° 49, 1896.