Les glaciers quartenaires d'un bassin fermé : la vallée de Joux (Canton e Vaud)

Autor(en): **Aubert, D.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **60 (1937-1939)**

Heft 246

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-272757

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

Les glaciers quaternaires d'un bassin fermé : la vallée de Joux (Canton de Vaud)[1]

PAR

D. AUBERT

(Séance du 9 juin 1937.)

---

1. *Introduction.*

En 1843, Agassiz (2) signale l'existence d'une moraine en forme de fer à cheval, à la Dent de Vaulion; c'est la première fois, à ma connaissance, qu'il est fait mention d'un glacier appartenant en propre à la vallée de Joux. Dès lors, tous les naturalistes qui ont effectué des recherches dans ce pays n'ont pas manqué de s'intéresser à ses anciens glaciers ; on trouvera la liste de leurs travaux à la fin de cet article.

Pourtant, on ne peut passer sous silence les observations si judicieuses de Machacek (16), ni l'erreur étonnante de A. Jaccard qui affirme que « la vallée de Joux est remplie de blocs erratiques alpins » (4).

Certes mes prédécesseurs ont fait des recherches de valeur dont j'ai tiré bénéfice ; mais il faut bien reconnaître qu'ils n'ont pas soupçonné l'importance du phénomène glaciaire de la vallée de Joux, ni l'intérêt qu'il présente du fait des conditions si spéciales dans lesquelles il s'est produit. Cela n'a rien d'étonnant; dans ce pays où la forêt enlève toute expression à la topographie, seules des investigations minutieuses et l'assemblage d'une multitude d'observations fragmentaires, peuvent donner une idée d'ensemble.

Ces difficultés ne m'ont pas été épargnées et ce n'est qu'à la suite d'une exploration assidue de tout le territoire de la vallée de Joux que j'ai commencé d'y voir clair; mais dès ce moment, mes recherches sont devenues très fructueuses et leurs résultats ont dépassé ce que j'espérais. Leur intérêt provient pour la plus grande part du fait que la vallée de Joux,

[1] Il ne s'agit que d'une note préliminaire ; une étude détaillée et descriptive du même sujet paraîtra dans une monographie géologique de la vallée de Joux, en préparation.

en tant que bassin fermé, est restée en dehors de la zone envahie par les glaciers alpins; effectivement on n'y a jamais trouvé le moindre galet d'origine étrangère. Les glaciers qui vont nous occuper sont donc, sinon tout à fait autonomes, du moins nettement distincts de l'appareil glaciaire rhodanien.

2. *Témoins de l'époque glaciaire.*

Les vestiges de l'époque glaciaire ne manquent pas dans la vallée de Joux: roches moutonnées, polies ou striées, blocs erratiques de calcaire jurassien, matériaux morainiques. Ces derniers sont abondants tant dans le fond de la vallée que sur ses versants. Ils constituent cette espèce de terre blanche, caillouteuse, que l'on désigne dans le pays sous le nom de « chaille », résultat de la trituration plus ou moins complète de la roche jurassienne dont elle a gardé la teinte. C'est un mélange blanchâtre de marne, de sable et de cailloux, en proportions variables, dont il existe toutes les variétés, depuis la moraine de fond, argile plastique à galets striés, qui revêt le fond des vallons et des bassins tourbeux, jusqu'à la moraine superficielle, plus sèche et graveleuse, qui forme les collines du thalweg et le placage des versants.

Ses éléments constitutifs — cailloux, sables, etc. — sont disposés sans ordre et les traces de lévigation sont rares, même dans la moraine superficielle. Cette remarque a son importance; elle nous indique en effet que le ruissellement devait être très faible sur le front des glaciers, conséquence probable d'un écoulement en profondeur déjà établi à cette époque.

La morphologie glaciaire laisse beaucoup à désirer; vallums et placages morainiques, dégradés et amenuisés par l'érosion, ne sont le plus souvent que des monticules amorphes, assez nombreux toutefois pour que nous puissions en tirer des renseignements intéressants.

3. *Le glacier principal.*

Il existe sur le versant droit de la vallée, à l'altitude de 1200 à 1300 m., une série de pâturages, les Esserts, le Chef, les Mollards (fig. 1) [1], qui doivent leur existence à une traînée morainique longitudinale dont l'origine est évidente; c'est la moraine latérale droite du glacier qui remplissait la vallée jusqu'à cette hauteur. On devrait en trouver le pendant sur

[1] Les figures 1 et 2 ont été dessinées sur la base topographique des cartes qui illustrent l'ouvrage de M. René Meylan sur la vallée de Joux (21), avec l'autorisation bienveillante de l'auteur.

le versant du Risoux; or si l'on excepte quelques petits lambeaux glaciaires, ce n'est pas le cas, mais cette carence s'explique sans peine. La chaîne du Mont-Tendre, large et élevée, a pu donner naissance à des glaciers secondaires importants, qui apportaient des matériaux morainiques abondants, et en effet, c'est bien au débouché des vallons transversaux, aux points où aboutissaient les affluents, que la moraine des Mollards atteint son volume maximum. Au contraire, la chaîne du Risoux, beaucoup plus basse, devait être en bonne partie submergée par le glacier; c'est pourquoi l'accumulation n'a pu se produire activement de ce côté.

En suivant sur la figure 2, l'isohypse de 1250 m. qui a été soulignée, nous marquons approximativement les limites du glacier de la vallée de Joux; son étendue est surprenante. A l'ouest, nous le voyons recouvrir presque toute la chaîne du Risoux, par-dessus laquelle il se raccordait sans doute à des nappes glaciaires françaises; à l'est, il devait rejoindre le glacier du Rhône par la grande dépression comprise entre la chaîne du Mont-Tendre et celle du Mont-d'Or, au milieu de laquelle la Dent de Vaulion émergeait comme un nunatak.

Ce glacier était donc considérable; son épaisseur dépassait certainement 350 m. Aussi peut-on s'étonner qu'une telle accumulation de glace se soit produite dans un bassin somme toute assez restreint et à une altitude si modeste. Il est vrai que le glacier de Joux prenait naissance sur le plateau des Rousses et qu'il devait y bénéficier de l'apport des glaciers de la Dôle et du Noirmont; mais cela ne suffit pas à expliquer son importance. Il faut admettre que ce glacier de bassin fermé n'obéissait pas aux mêmes lois d'écoulement que les glaciers des Alpes.

4. *L'écoulement du glacier.*

La vallée de Joux est une vallée synclinale, mais on sait qu'elle est barrée à son extrémité nord-est par le décrochement complexe de la Dent de Vaulion et que ses issues sont fermées par les cols de la Tornaz (1060 m.), de Pétra-Félix (1150 m.) et du Mollendruz (1180 m.). On comprend donc que la glace se soit accumulée dans cette cuvette et y ait formé, au lieu d'un glacier ordinaire, une sorte de nappe glacée, dont seul le trop-plein s'échappait par les échancrures de la chaîne. Mais ce courant de décharge ne devait pas tarder à être interrompu par le glacier du Rhône qui atteignait, en pleine période wurmienne, une altitude voisine de 1200 m. Il en résultait évidemment un entassement de glace plus considérable dans la

vallée jurassienne, jusqu'à un niveau sensiblement égal à celui du grand glacier.

Ainsi tout s'explique; notre glacier de Joux était une énorme accumulation de glace à peu près immobilisée par les obstacles qui s'opposaient à son écoulement. Pendant la période d'extension maximum du glacier du Rhône, son niveau était déterminé par celui de la glace alpine; c'est alors que se déposèrent les moraines des Mollards, dont l'altitude de 1200 à 1300 m. correspond effectivement à celle du glacier alpin.

5. *Phase de récurrence.*

Lorsque le glacier du Rhône commença à se retirer, le glacier de Joux put vraisemblablement s'étendre jusqu'au pied du Jura. A vrai dire, je n'ai pas retrouvé ses moraines terminales, mais il est admis que les glaciers jurassiens s'avancèrent à la suite du retrait du glacier du Rhône, sur le territoire abandonné par celui-ci. C'est ce que l'on a appelé « la phase de récurrence » des glaciers jurassiens; on en voit des traces indiscutables au pied du Jura vaudois, à Montricher, à L'Isle, par exemple. Ce que nous savons du glacier de Joux, nous permet de supposer que cette phase de récurrence ne fut en réalité qu'une crue factice, c'est-à-dire que sans subir aucune augmentation de volume, les glaciers jurassiens, libérés par le recul de la glace alpine, purent s'écouler jusqu'au pied de la chaîne.

C'est ainsi que cela s'est passé dans le cas du glacier de Joux ; sa masse n'étant plus retenue par le barrage alpin, il en résulta sans doute une accélération de son écoulement et une véritable vidange de la vallée de Joux, avec abaissement du niveau de la glace.

6. *Stades de retrait.*

Cette débâcle ne fut interrompue que par l'obstacle du col de la Tornaz, derrière lequel le glacier se stabilisa provisoirement à une altitude voisine de 1100 m. Cela est confirmé par la disposition des moraines locales, mais cette fois, c'est sur le versant gauche de la vallée, qu'on le voit le mieux. Effectivement, les vallons du Risoux par lesquels s'écoulaient les glaciers secondaires, sont obstrués par des collines morainiques longitudinales, très significatives, dont l'altitude est en moyenne de 1100 m. (fig. 1). Il est clair que le glacier principal a stationné longtemps à ce niveau, à peine supérieur d'une cinquantaine de mètres à celui de la Tornaz ; dans cet état, seule une langue glaciaire terminale parvenait à franchir le col et à s'écouler dans le vallon de Vallorbe (fig. 2).

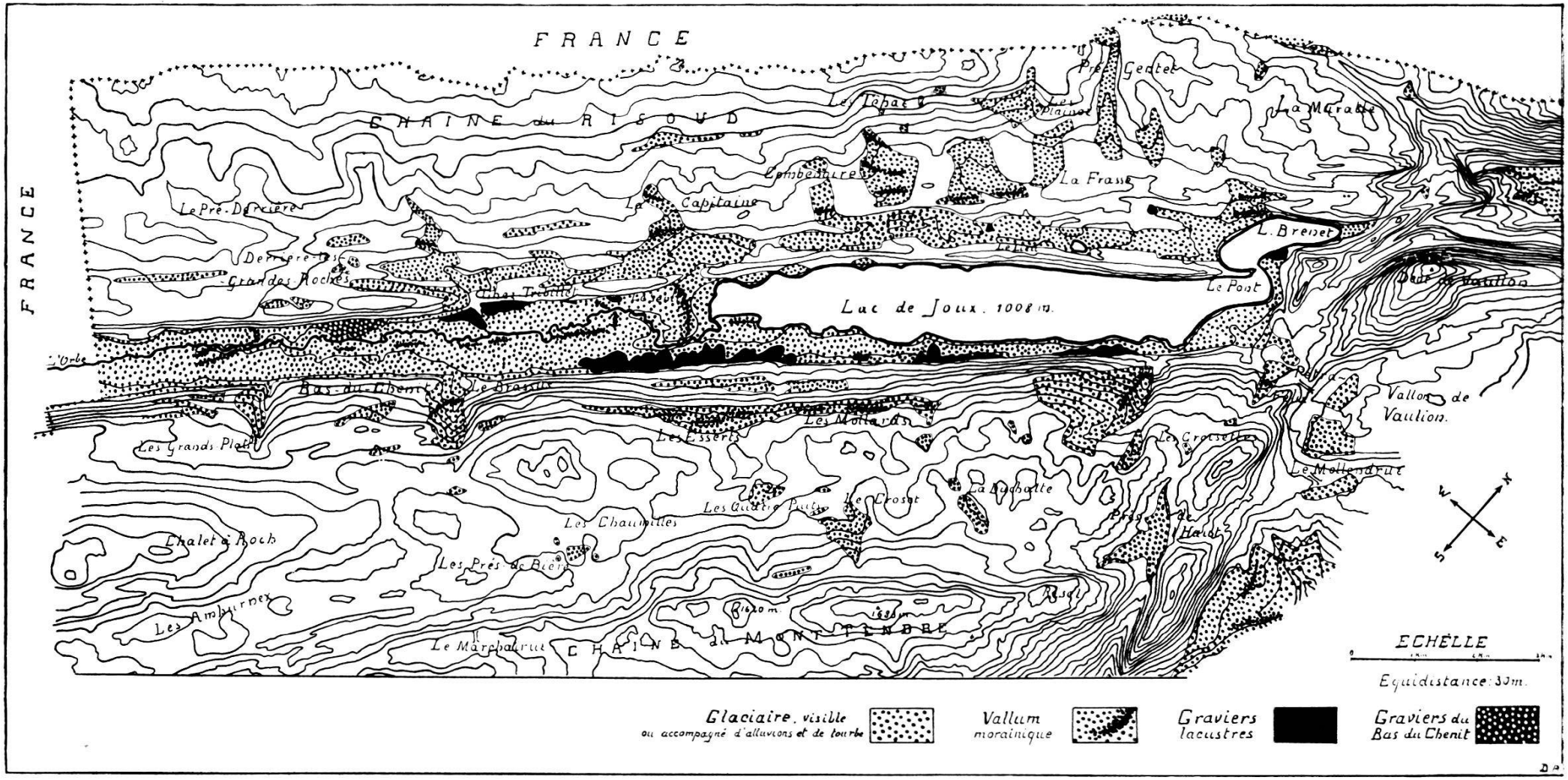

FIG. 1. — Les terrains quaternaires de la Vallée de Joux.

Puis la décrue s'est accentuée; lorsque le niveau de la glace devint inférieur à 1060 m., le glacier fut confiné dans la vallée, au fond de laquelle il a laissé une multitude de moraines de retrait qui subsistent aujourd'hui, sous la forme de collines étirées longitudinalement et raccordées par les restes de quelques arcs terminaux. Parmi ces derniers, les plus caractéristiques sont celui des Crêtets, près de l'extrémité sud-ouest du lac et celui, si remarquablement conservé, qui encadre la tourbière de Praz-Rodet, non loin de la frontière française. Du reste, toutes les tourbières du thalweg se sont formées dans des petits bassins de retenue, à l'abri des barrages morainiques [1].

A propos des moraines de retrait, il convient de dire quelques mots des « monts du lac »; on appelle ainsi de curieuses collines sous-lacustres de l'origine desquelles on a beaucoup discuté [1], certains auteurs les considérant comme des moraines submergées et d'autres comme des monticules rocheux moutonnés. Cette dernière explication est plausible pour les monts qui jalonnent les escarpements de la rive occidentale; quant aux autres, ceux de l'extrémité méridionale du lac, il n'y a pas de doute, ce sont des moraines. En effet, on peut constater qu'ils sont alignés dans le sens longitudinal et que dans le prolongement de leurs files, direction amont, se trouvent de petites moraines, à peine plus élevées que les monts eux-mêmes.

7. *Glaciers secondaires.*

A tous les stades de son développement, le glacier de Joux a été alimenté par des glaciers secondaires dont on trouve les traces dans les petits vallons transversaux si fréquents sur les deux flancs de la vallée. Le versant du Mont-Tendre était parcouru par une douzaine au moins de ces glaciers, qui prenaient naissance au pied des crêtes les plus élevées. Mais la plupart ne pouvaient rejoindre directement le glacier de Joux car, en cours de route, ils devaient se perdre dans des dépressions synclinales ou des bassins fermés comme la combe des Amburnex et celle des Prés de Bière; ils y formaient sans doute des nappes de glace semblables, quoique moins étendues, à celle de la vallée principale (fig. 2). Leur trop-plein s'écoulait lentement par les ensellements des chaînons secondaires et rejoignait le glacier de Joux, ainsi que le prouve l'existence

[1] Selon Delebecque (12, 13) le lac des Rousses aurait la même origine.
[2] Voir en particulier 9, 17 et 20.

de stries et de lambeaux morainiques. Il semble bien que ce mode d'accumulation et d'écoulement soit caractéristique de la glaciation en bassin fermé. Un autre trait original du même phénomène est la façon dont s'écoulait l'eau de fusion, à laquelle nous avons fait allusion à propos de la rareté des matériaux lévigués de la moraine.

Maintenant que la nature de ces glaciers nous est connue, le comportement de leurs eaux de fonte s'explique beaucoup mieux; retenues par les contre-pentes, elles ne pouvaient s'écouler normalement et devaient donc s'accumuler au fond du glacier. On peut imaginer qu'une bonne partie de cette eau, en contact avec les calcaires jurassiens, disparaissait en profondeur comme le fait aujourd'hui celle des lacs de la vallée de Joux.

8. *Glaciations de Riss et de Wurm.*

Tout ce que nous venons de dire appartient à la dernière période glaciaire, celle des glaciers wurmiens. Les glaciations plus anciennes n'ont laissé aucune trace dans la vallée de Joux; on sait seulement que le glacier rissien s'est élevé contre le Chasseron jusqu'à une altitude voisine de 1400 m. et qu'il a pénétré profondément dans la chaîne du Jura par les dépressions de Ste-Croix et de Jougne. On lui attribue aussi les blocs de cristallin [1] qui existent au débouché français du col de St-Cergue (1235 m.) (15, 19). De toute façon, son niveau était bien supérieur à celui des trois principaux cols d'accès de la vallée de Joux. On peut en dire autant du glacier wurmien, qui atteignait encore l'altitude de 1200 m. contre le flanc du Suchet.

Or il n'existe aucun vestige de l'un ou de l'autre de ces glaciers, non seulement dans la vallée de Joux, mais aussi dans les vallons de Vallorbe et de Vaulion, qui sont pourtant ouverts sur la plaine vaudoise et qui se trouvent à une altitude inférieure à celle de la vallée de Joux. On peut se demander pourquoi le glacier du Rhône n'y a pas pénétré. En ce qui concerne le vallon de Vallorbe, Charpentier (1) l'expliquait par l'activité dissolvante de la source de l'Orbe. Les observations qui précèdent justifient une autre solution.

Au moment où le glacier alpin parvint au Jura et tenta de pénétrer dans ses vallées, celles-ci étaient sans doute déjà occupées par des glaciers locaux, qui offrirent une première ré-

[1] Je ne cite que pour mémoire les prétendus blocs erratiques du Mt Disé (Mt Tendre) dont j'ai démontré l'origine jurassienne (22).

sistance à cette invasion. Ensuite, le glacier du Rhône s'éleva davantage et sa pression se fit de plus en plus menaçante; mais en même temps, ainsi que nous l'avons constaté dans la vallée de Joux, la glace indigène put s'accumuler en plus grande quantité et s'exhausser jusqu'au niveau de la glace alpine. Donc, sa force de résistance augmentait en fonction directe de la puissance du glacier alpin. Dans ces conditions, il est vraisemblable que les glaciers locaux purent tenir en échec le flot de glace étrangère et le détourner dans une autre direction; malgré les variations des glaciers antagonistes et les perturbations qui en résultaient, l'équilibre de ce système ne fut sans doute jamais menacé sérieusement, puisque toute crue du glacier du Rhône déterminait une réaction correspondante des glaciers jurassiens.

Cette explication est parfaitement acceptable pour la période wurmienne; pour le glacier rissien, on ne peut être aussi affirmatif, puisqu'il n'a laissé aucun vestige dans la région qui nous occupe.

9. *Lac de 1060 m. et phase tardi-wurmienne.*

La rareté des matériaux lévigués dans les terrains morainiques a déjà été signalée mais indépendamment de ceux-ci, il existe des formations graveleuses, intéressantes en ce sens qu'elles vont nous apprendre ce qui s'est passé dans la vallée de Joux pendant et après le retrait des glaciers.

Il s'agit de monticules ou de petits contreforts disposés au pied du versant droit principalement ; le plus remarquable se trouve pourtant de l'autre côté, au nord du Brassus, près du hameau de Chez-Tribillet (fig. 1). C'est le dépôt d'un ruisseau important, aujourd'hui à sec, descendant du Risoux et qui a laissé une profonde entaille dans l'anticlinal jurassique de la Côte.

La structure de ces graviers, que l'on peut étudier dans de nombreuses exploitations, est caractéristique des formations de deltas; les cailloux et les sables, triés par le mouvement de l'eau, y sont disposés en couches inclinées et les galets sont émoussés. D'autre part, leurs gisements ne dépassent nulle part l'altitude de 1060 m. et à leur partie supérieure, ils déterminent de petites terrasses subhorizontales. Au surplus, ils n'existent que dans la partie inférieure de la vallée ; on n'en rencontre pas trace en amont du hameau du Bas-du-Chenit et à plus forte raison au delà de la frontière française, à tel point que les habitants des premiers villages français se procurent le sable dont ils ont besoin, dans les gravières suisses.

Il est clair que ces amas de graviers sont d'anciens deltas ou les restes d'une beine ; ils se sont formés dans un lac, dont le niveau était voisin de 1060 m., celui des lacs actuels étant de 1008 m. Or le seuil de la Tornaz, qui sépare la vallée de Joux de celle de Vallorbe, a lui aussi une altitude de 1060 m. environ. On peut donc se demander si cet ancien lac, contrairement aux lacs d'aujourd'hui, ne s'écoulait pas à ciel ouvert vers Vallorbe et, en effet, les traces d'un émissaire sont encore visibles au revers du col de la Tornaz [1].

L'existence de ce haut lac de Joux est connue depuis longtemps et, sauf erreur, le mérite de sa découverte revient à un érudit local, Lucien Reymond, qui en fait mention dans sa notice sur la vallée de Joux, en 1864 (5).

Les exploitations actives qui entament les dépôts de graviers, ont altéré leur morphologie, mais elles permettent d'étudier minutieusement leur structure. Ce sont bien des deltas, mais en y regardant de très près, on découvre les traces d'une forte influence glaciaire, variable du reste d'un cas à l'autre; les cailloux sont, non pas arrondis, mais seulement émoussés; de gros blocs les accompagnent dont quelques-uns portent encore des stries. Enfin la stratification est fréquemment interrompue par des amas grossiers de cailloux et de sable semblables à la moraine superficielle. Certes, ces graviers sont d'origine lacustre, mais une forte proportion de leurs éléments proviennent des moraines voisines dont les matériaux ont été entraînés par le ruissellement et déposés dans le lac. De toute façon, le glacier n'était pas loin.

A ce sujet, une précision de plus nous est donnée par le vieux delta de Chez-Tribillet ; M. Golay, municipal, qui dirige l'exploitation de la gravière communale de Chez-Tribillet, y a découvert un bois de renne qui est actuellement déposé au musée du Collège scientifique du Chenit [1]. Cette trouvaille permet de préciser l'âge du delta et du haut lac. L'un et l'autre datent de la fin du quaternaire (âge du renne), c'est-à-dire de l'époque où les glaciers disparaissaient du plateau suisse; nos graviers seraient donc les contemporains de la terrasse lémanique de 30 m. Dès lors, il est permis de croire que des glaciers locaux occupaient encore, à cette époque, les

[1] H. Schardt (17, p. 621) commet une erreur lorsqu'il prétend que cet ancien lac n'était que de 30 à 40 m. plus élevé que le lac actuel et que par conséquent son écoulemeut se produisait par voie souterraine; en réalité, les graviers atteignent fréquemment une altitude voisine de 1060 m.

[2] Cette collection a été mise très aimablement à ma disposition par son conservateur, M. Pierre Baud, qui voudra bien trouver ici l'expression de ma vive gratitude.

hauteurs de la vallée de Joux, et que ce sont leurs torrents de fonte, à sec aujourd'hui, qui ont déposé dans le lac la plus grande partie des graviers qui nous intéressent.

Le lac des Rousses est situé sur territoire français, à 6 km. de la frontière et à l'altitude de 1059 m.; son emplacement devrait donc marquer approximativement la limite sud-ouest de l'ancien lac de 1060 m. Alors comment se fait-il qu'on ne trouve aucun reste de delta, non seulement dans son voisinage, mais aussi dans tout le territoire situé en amont du Bas-du-Chenit, soit sur une longueur de près de 9 km. ?

A cet égard, on peut remarquer que toutes les moraines de retrait situées en aval du Bas-du-Chenit, portent les traces de leur immersion dans le lac, tandis que celles qui se trouvent en amont, sont si fraîches, qu'elles paraissent avoir échappé à cette influence désagrégeante. Il y aurait donc deux sortes de moraines, les unes plus anciennes et les autres plus jeunes que le lac. Mais alors, on est en droit d'admettre que le glacier qui les a produites, était le contemporain du lac ; on peut même se demander si les graviers du Bas-du-Chenit, les derniers du côté amont, qui séparent les moraines antélacustres des moraines postlacustres, ne représentent pas la moraine terminale du glacier de Joux, déposée dans le lac. C'est ce que nous allons voir.

En tout cas, leur structure n'est pas celle d'un delta ordinaire et ils paraissent s'être formés dans des conditions spéciales. Dans l'une des petites gravières qui y sont creusées, les galets sont ronds ou ovoïdes et disposés en couches subhorizontales. En outre, la morphologie est singulière; au lieu de se présenter comme une terrasse, la surface des graviers forme une série de petits mamelons à côté desquels on remarque plusieurs dolines analogues à celles qui perforent les terrasses de Thonon. Elie Gagnebin, qui a décrit ces dernières (23) sous le nom de tines, en attribue l'origine à des paquets de glace ensevelis sous les graviers et fondus après coup. Dans le cas qui nous occupe, cette explication est fort intéressante puisqu'elle nous autorise à penser que les graviers du Bas-du-Chenit se sont formés au contact d'un glacier; or seul le glacier principal est en cause. Ainsi se trouve étayée notre hypothèse, suivant laquelle ces formations graveleuses ne seraient pas autre chose que la moraine terminale du glacier, déposée dans le lac.

En présence de ces faits, nous sommes en mesure de prétendre que le lac de 1060 m. ne s'est pas étendu aussi loin qu'on pourrait le croire, toute la région située en amont du

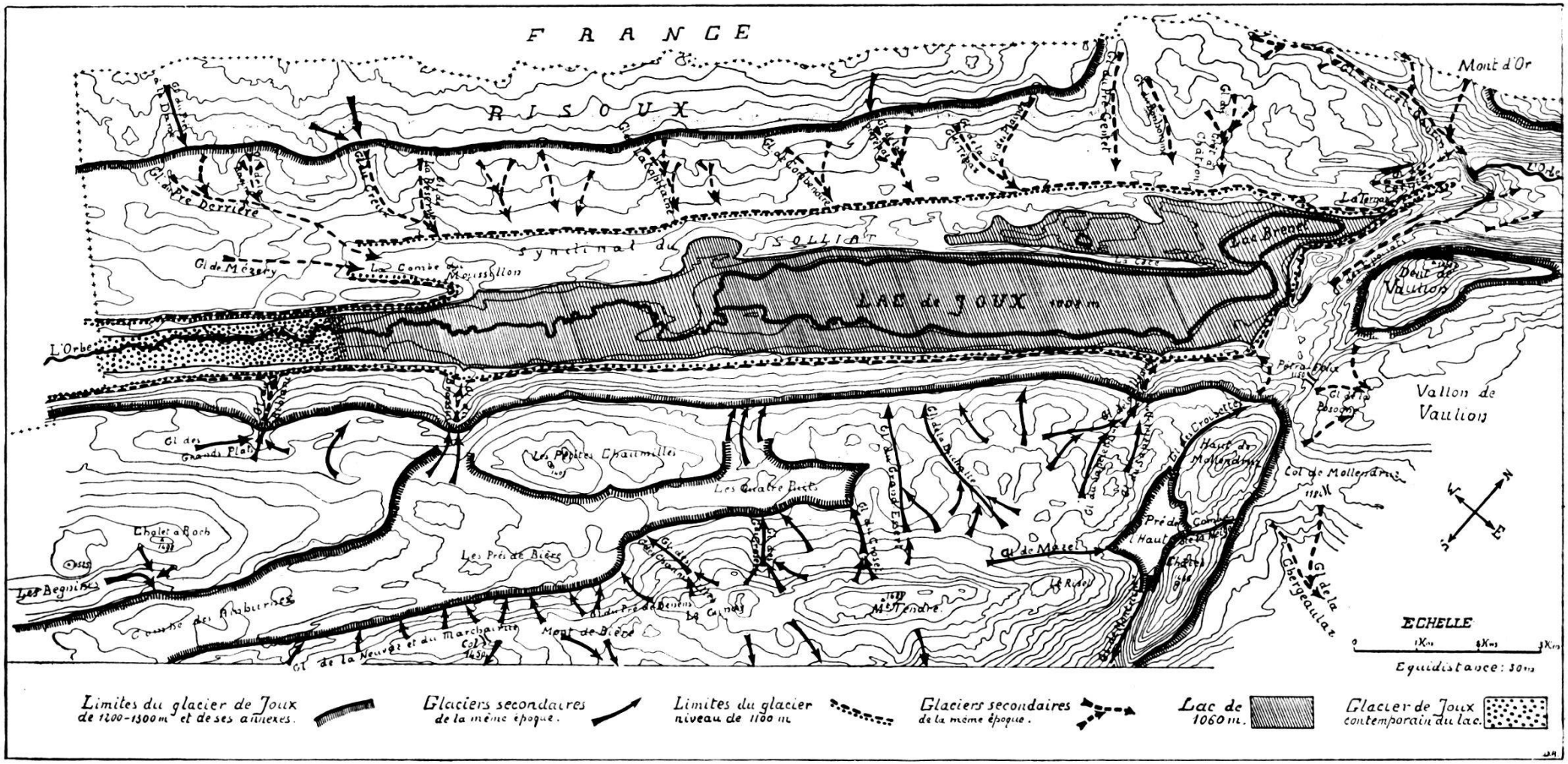

FIG. 2. — Les glaciers quaternaires de la Vallée de Joux.

Bas-du-Chenit étant encore occupée par le glacier de Joux. Celui-ci se jetait donc dans le lac où sa moraine terminale était remaniée; il en était peut-être de même du glacier du Brassus dont les moraines sont dans un état de fraîcheur remarquable, sans la moindre trace d'un ancien delta.

Le lac de 1060 m. ne paraît pas avoir duré très longtemps; en tout cas, aucun de ses deltas n'est très considérable et les traces de son émissaire n'indiquent pas une activité érosive de longue durée. Vraisemblablement, l'écoulement souterrain put se rétablir assez tôt, ce qui entraîna l'abaissement de l'eau jusqu'à son niveau actuel. Après quoi, les glaciers poursuivirent leur recul et ne tardèrent pas à disparaître. Cette double retraite, celle du lac et celle du glacier, permit aux alluvions et à la tourbe de prendre possession d'une grande partie du thalweg.

10. *Conclusions.*

Au terme de cette étude, il n'est peut-être pas superflu de résumer les événements dans l'ordre chronologique :

1. Des deux premières glaciations alpines (Günz et Mindel), nous ne savons rien.

2. Du glacier rissien, pas beaucoup plus, si ce n'est qu'il a franchi le col de St-Cergue.

3. Le glacier wurmien n'a pas pu pénétrer dans la vallée de Joux qui était déjà occupée par une nappe de glace indigène, le glacier de Joux, qui se stabilisa à l'altitude de 1250 m. environ.

4. Dès que le glacier du Rhône, en retrait, ne le soutint plus, le glacier de Joux s'abaissa jusqu'à ce qu'il fût de nouveau soutenu par le seuil de la Tornaz.

5: Pendant le retrait du glacier de Joux, l'eau de fusion put tout d'abord s'échapper par les fissures souterraines; puis, cet écoulement étant devenu insuffisant, il se forma un lac d'accumulation à 1060 m., dont le trop-plein s'écoulait par la Tornaz vers Vallorbe.

6. A ce moment, le glacier de Joux s'avançait encore jusqu'au Bas-du-Chenit et sa moraine terminale se déposait dans le lac; quant aux glaciers secondaires qui existaient encore, ils contribuaient par leurs eaux de fonte à la formation des deltas.

7. Puis les communications souterraines s'étant améliorées, le lac s'abaissa jusqu'à son niveau actuel et les derniers glaciers disparurent.

Ouvrages consultés.

1. — 1841. — J. DE CHARPENTIER: Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône.

2. — 1843. — L. AGASSIZ: [Le Jura a eu ses glaciers propres]. — *Actes Soc. helvét. Sc. nat.*, 28e session, Lausanne, p. 284.

3. — 1843. — I. VENETZ: Glaciers du Jura. — *Actes Soc. helvét. Sc. nat.*, 28e session, Lausanne, p. 78.

4. — 1863. — A. JACCARD: Observations géologiques dans le Jura Vaudois. — *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 8, p. 9.

5. — 1864. — LUCIEN REYMOND: Notice sur la Vallée du lac de Joux. — *Journal Soc. vaud. d'utilité publique,* No 1, p. 3.

6. — 1869. — A. JACCARD: Description géologique du Jura vaudois. — *Mat. carte géol. Suisse,* 6e livr. et 7e livr.

7. — 1883. — ABBÉ BOURGEAT: De l'envahissement des glaciers de la Dôle dans les vallées situées au couchant de la Bienne. — *Ann. Soc. scient. Bruxelles,* 1883, p. 131.

8. — 1890. — L. GAUTHIER: Contribution à l'histoire naturelle de la vallée du lac de Joux. — Notice faite à l'occasion de la réunion de la Soc. vaud. d'utilité publique, au Sentier en 1890. Lausanne, Bridel 1890.

9. — 1892. — F.-A. FOREL: Présentation de la carte hydrographique du lac de Joux et du lac Brenet, levée par M. Hörnlimann. — *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 28, procès-verbal p. IX. (Suivie d'observations de H. Schardt.)

10. — 1892. — A. JACCARD: Contribution à l'étude du terrain erratique dans le Jura. — *Bull. Soc. Sc. nat., Neuchâtel,* t. 20, p. 124.

11. — 1893. — L. GAUTHIER: Première contribution à l'histoire naturelle des lacs de la vallée de Joux. — *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 29, p. 294.

12. — 1895. — A. DELEBECQUE: Sur le lac des Rousses. — *Arch. Sc. phys. et nat., Genève,* 3e pér., p. 584.

13. — 1898. — A. DELEBECQUE: Les lacs français. — Paris, 1898, in 8o.

14. — 1898. — H. SCHARDT: La récurrence des glaciers jurassiens après le retrait du glacier du Rhône. — *Arch. Sc. phys. et nat., Genève,* 4e pér., t. 6, p. 492.

15. — 1899. — ABBÉ BOURGEAT: Quelques points nouveaux de géologie jurassienne. — *Bull. Soc. géol. France,* 3e série, t. XXVII, p. 445.

16. — 1901. — F. MACHACEK: Beiträge zur Kenntnis der lokalen Gletscher des Schweizer (sic) und französischen Jura. — *Mitteil. Naturforsch. Ges. Bern* 1901, p. 9.

17. — 1903. — Dictionnaire géographique de la Suisse (article Joux). — Attinger frères, Neuchâtel 1903.

18. — 1905. — F. MACHACEK: Der schweizer Jura. — Gotha, Justus Perthes 1905.

19. — 1909. — A. PENCK et E. BRÜCKNER: Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig.

20. — 1921. — A.-B. TUTEIN NOLTHENIUS: Etude géologique des environs de Vallorbe. — *Mat. Carte géol. Suisse,* nouv. série, livr. XLVIII.

21. — 1929. — R. MEYLAN: La vallée de Joux; étude de géographie humaine. — *Bull. Soc. neuch. géographie,* T. XXXVIII.

22. — 1936. — D. AUBERT: Les terrains quaternaires de la vallée de l'Aubonne. — *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 59, p. 93. — *Bull. Labor. géol. Lausanne,* N° 55.

23. — 1937. — E. GAGNEBIN: Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. — *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 59, p. 335. — *Bull. Labor. géol. Lausanne,* N° 58.

Cartes.

1. — 1868. — A. JACCARD: Carte géologique de la Suisse au 1: 100 000. F. XI, Pontarlier-Yverdon.

1893. — Idem, 2e édition.

2. — 1868. — A. JACCARD: Carte géologique de la Suisse au 1: 100 000. F. XVI, Genève-Lausanne.

1899. — Idem, 2e édition révisée par H. Schardt, E. Renevier et M. Lugeon.

3. — 1884. — A. FAVRE: Carte du phénomène erratique et des anciens glaciers du versant nord des Alpes suisses et de la chaîne du Mont-Blanc, 1: 250 000. F. III.

4. — 1920. — A.-B. TUTEIN NOLTHENIUS: Carte géologique des environs de Vallorbe. Ech.: 1: 25 000. — *Publ. Comm. géol. Soc. helvét. Sc. nat.*, carte spéciale N° 92.

5. — 1935. — W. CUSTER et D. AUBERT: Atlas géologique de la Suisse 1: 25 000, F. 300 Mont-la-Ville, 301 La Sarraz, 302 Montricher, 303 Cossonay. — Carte N° 5.