

Contribution à l'étude du système glaciaire alpin

Autor(en): **Aeberhardt, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1907)**

Heft 1629-1664

PDF erstellt am: **24.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-319181>

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.

B. Aeberhardt.

Contribution à l'étude du système glaciaire alpin.

Introduction.

Les deux publications qui, à l'heure actuelle, font autorité dans l'étude du phénomène glaciaire des Alpes sont, sans contre-dit, « Le système glaciaire des Alpes », guide publié à l'occasion du congrès géologique international (Zurich 1894) par *A. Penck, Ed. Brückner* et *L. du Pasquier*, et « Die Alpen im Eiszeitalter », par *A. Penck* et *Ed. Brückner*, gros ouvrage encore en cours de publication. Tout naturaliste désireux d'approfondir ses connaissances sur l'histoire du quaternaire dans l'Europe centrale devra, à l'avenir, tenir compte de ces deux ouvrages, car ils représentent l'effort le plus considérable fait en vue de coordonner nos connaissances sur ce sujet.

La théorie émise par ces naturalistes est la suivante: les glaciers sortis des diverses vallées des Alpes recouvraient l'avant pays et travaillaient à la création d'un complexe glaciaire et fluvioglaciaire. Sous cette dénomination on comprend les *moraines terminales* déposées devant le front du glacier pendant un temps d'arrêt relativement long; puis, en aval de la moraine terminale, des *alluvions* à pente superficielle un peu plus prononcée dans le voisinage immédiat de la moraine. Cette région intermédiaire entre la moraine terminale et la terrasse d'alluvions située plus vers l'aval est appelée *cône de transition* « La région du cône de transition présente souvent dans sa structure des alternances de glaciaire et de fluvioglaciaire. Les intercalations glaciaires se trouvent soit à la base, soit dans la masse, soit surtout vers la surface des alluvions. Il n'est pas rare de voir dans les coupes profondes de la région des moraines l'alluvion se poursuivre sous le glaciaire... Dans la règle cependant, l'alluvion n'atteint guère, sous les mo-

raines, la dépression centrale, celle-ci ne paraît limitée à l'aval que par le glacière proprement dit des moraines... vers l'amont, le fluvioglacière se termine donc en coin sous les moraines.» (Le système glaciaire des Alpes, p. 9 et 10).

En amont des moraines terminales, le sol descend à contre-pente d'une façon sensible et l'on arrive dans une espèce de cuvette appelée *dépression centrale*. Celle-ci est assez souvent occupée par un lac ou par une plaine en partie alluviale, en partie tourbeuse si le lac a été comblé (fig. 1).

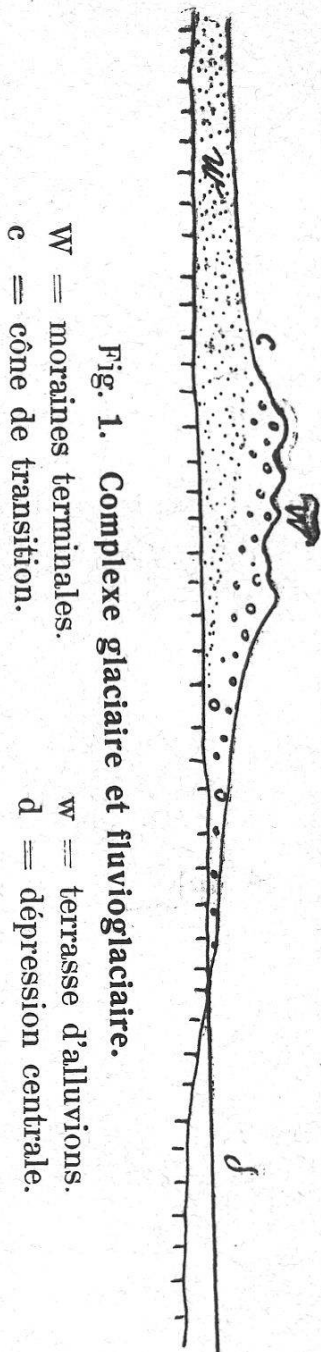


Fig. 1. Complexe glaciaire et fluvioglacière.

W == moraines terminales.
c == cône de transition.

w == terrasse d'alluvions.
d == dépression centrale.

Quant à la genèse des différentes parties du complexe glaciaire et fluvioglacière, voici ce qu'en dit « Le système glaciaire des Alpes » (p. 10) : ... « Devant le front du glacier, les torrents surchargés de matériaux alluvionnaient, tandis que le glacier lui-même déposait, sous forme de moraines terminales, tous les éléments qui ne devenaient pas la proie des eaux. Quant à l'espace occupé par le glacier, aucune accumulation ne s'y produisait; bien plus, il était exposé à la friction glaciaire, en sorte qu'il y avait là, lors du retrait, une cuvette ou dépression centrale limitée par des accumulations morainiques ou même érodée par le glacier. Cette dépression devait former un lac, si elle n'était pas alluvionnée au fur et à mesure du retrait des glaces . . . »

Ainsi, d'une part, les auteurs des ouvrages cités admettent le synchronisme de la terrasse d'alluvions et de la moraine terminale; pour eux, l'une et l'autre ont été déposées devant le front du glacier au même moment. D'autre part, ils admettent que les alluvions de la terrasse ne se prolongent pas bien loin en amont des moraines terminales.

De plus, comme A. Penck et Ed. Brückner ont pu observer 4 complexes glaciaires et fluvioglacières emboîtés l'un dans l'autre ou se recouvrant l'un l'autre, ils admettent une qua-

druple glaciation de la chaîne des Alpes. Je suppose que c'est en souvenir de la région où il a commencé ses études de glaciologie qu'A. Penck les désigne sous le nom de glaciation de Günz, glaciation de Mindel, glaciation de Riss et glaciation de Würm, Günz, Mindel, Riss et Würm étant des rivières de la région d'Ulm où les terrasses alluviales sont bien développées et distinctes.

Dans « Die Alpen im Eiszeitalter » les moraines des glaciations sont respectivement désignées par les majuscules G, M, R et W et les alluvions correspondantes par les minuscules g, m, r et w. Je conserverai ces lettres qui ont l'avantage de ne pas charger les profils et croquis, mais emploierai aussi pour les alluvions les termes plus clairs de *vieilles alluvions des plateaux* (Ältere Deckenschotter, g), *jeunes alluvions des plateaux* (Jüngere Deckenschotter, m), *alluvions des hautes terrasses* Hochterrassenschotter, r) et *alluvions des basses terrasses* (Niederterrassenschotter, w), dénominations employées par « Le système glaciaire des Alpes ».

Voyons maintenant les faits qui ont servi de base à la théorie énoncée dans les deux ouvrages précités.

Relations entre les terrasses d'alluvions et les moraines terminales dans les Alpes orientales.

Comme c'est surtout dans la région des Alpes orientales que Penck et Brückner¹⁾ ont fait les observations qui les ont conduits à créer leur théorie, ce sont surtout celles-là que je citerai.

Dans le bassin glaciaire de l'Iller et du Lech, Penck cite les alluvions de la basse terrasse dans la vallée morte de Memmingen et dans la vallée même de l'Iller. Les premières entrent en contact avec les moraines terminales de la dernière glaciation au village d'Ittelsbourg; mais on peut les suivre encore plus en amont sur une distance de 5 km. Elles disparaissent dans la

¹⁾ A. Penck. Die Vergletscherung der deutschen Alpen, Leipzig 1882.
Ed. Brückner. Die Vergletscherung des Salzachgebietes, Wien 1886.

région de la dépression centrale¹⁾. Dans le bassin du Lech, la basse terrasse de la Wertach passe sous la moraine terminale de la dernière glaciation non loin de Kaufbeuren et se prolonge en amont sur 10 km. encore, jusque non loin de Biessenhofen.²⁾ Le fait que ces alluvions contiennent des galets striés est pour Penck une preuve de la liaison qui doit exister, selon lui, entre moraine terminale et alluvions de la terrasse.³⁾

On observe de même le passage des alluvions de la haute terrasse sous des moraines dans la vallée de l'Iller, non loin de Legau⁴⁾, où Penck les a suivies sur une distance de 4 à 5 km. sous la moraine. La haute terrasse d'Augsbourg⁵⁾ passe, elle aussi, sous des moraines et se prolonge vers l'amont pendant quelques kilomètres encore.

Les jeunes alluvions des plateaux⁶⁾, par contre, entrent en contact avec la moraine sans que l'on puisse observer un prolongement de la terrasse sous la moraine vers l'amont. *Penck*⁷⁾ fait en outre remarquer que la moraine qui recouvre la terrasse du Rothwald dans la vallée du Lech passe d'une façon insensible aux couches supérieures de l'alluvion.

Les vieilles alluvions des plateaux⁸⁾, elles enfin, recouvrent de la moraine non loin de Wagegg dans la vallée de la Günz occidentale.

Si l'on résume donc les relations existant entre les moraines terminales et les terrasses d'alluvions respectives dans la région de l'Iller et du Lech, on obtient le tableau suivant :

w (Memmingen)	pénètre à	5 km.	dans la région	intramorainique.
w (Wertach)	»	» 10	»	»
r (Legau)	»	» 4 à 5 km.	»	»
r (Augsbourg)	»	» quelques km.	»	»
m	prend contact avec la moraine,			
g (Wagegg)	recouvre la moraine.			

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 36.

²⁾ *Id.*, p. 43.

³⁾ *Id.*, p. 43.

⁴⁾ *Id.*, p. 36.

⁵⁾ *Id.*, p. 43.

⁶⁾ *Id.*, p. 36 et tab. I, prof. 1.

⁷⁾ *Id.*, p. 43.

⁸⁾ *Id.*, p. 37 et 38.

Penck ¹⁾ a de même observé qu'au voisinage des moraines terminales les alluvions des terrasses prennent, à leur surface, une pente plus prononcée que plus en aval et qu'elles augmentent sensiblement d'épaisseur comme l'indique la tablelle ci-dessous :

Région du cône de transition.	Région située plus à l'aval.
w { pente 12 ‰. épaisseur 60 m.	w { pente 3 ‰. épaisseur 21 m.
r { pente 6—7 ‰. épaisseur 20 m.	r { pente 3 ‰. épaisseur 20 m.
m { pente 10 ‰. épaisseur 50 m.	m { pente 5,5 ‰. épaisseur 15—35 m.
g { pente 14 ‰. épaisseur 50—60 m.	g { pente 4 ‰. épaisseur 20—30 m.

Je ne crois donc pas m'écarter beaucoup de la vérité en admettant que ce sont surtout les constatations faites dans le bassin glaciaire de l'Iller et du Lech qui ont servi de base à la théorie exposée dans le « Le système glaciaire des Alpes ». On trouve réunis ici tous les éléments principaux de la théorie; les 4 terrasses étagées l'une au-dessus de l'autre, chacune entrant en contact vers l'amont avec des moraines terminales ou autres. Il est vrai que les alluvions des deux terrasses inférieures passent sous la moraine, mais elles ne se prolongent pas bien loin vers l'amont, 10 kilomètres au maximum, aussi « Le système glaciaire des Alpes » a-t-il pu annoncer que si les alluvions passaient sous la moraine, elles n'atteignaient pas, dans la règle, la dépression centrale. En outre, chaque moraine terminale est suivie par une région de la terrasse à pente plus prononcée, le cône de transition contenant des galets striés. En arrière de la moraine terminale de la dernière glaciation commence la dépression centrale²⁾.

Les faits constatés dans les autres bassins glaciaires des Alpes orientales ne rentrent pas tous aussi facilement dans le cadre de la théorie énoncée.

Dans la vallée de l'Isar, on rencontre des alluvions comprises entre deux moraines non loin de Tölz³⁾, à l'entrée de la

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 34, 35 et 36. ²⁾ Id., p. 36. ³⁾ Id., p. 195.

vallée dans les Alpes. Elles sont ici à environ une vingtaine de kilomètres en arrière des moraines de la dernière glaciation, dans la zone intramorainique. *Penck* reconnaît les avoir prises autrefois pour une formation interglaciaire. On rencontre de même des alluvions correspondant à la basse terrasse et recouvertes de moraine de fond sur la rive gauche de l'Isar à Wolf-rathshausen¹⁾ comme aussi sur la rive droite du lac de Würm, entre Ambach et Ammerland²⁾, à 20 km. à l'intérieur des moraines terminales.

Les alluvions de la basse terrasse de l'Inn prennent contact avec les moraines de la dernière glaciation non loin de Gars³⁾ Les couches supérieures des alluvions de la basse terrasse seules passent à la moraine⁴⁾, tandis que les 50 mètres de couches inférieures peuvent être suivis en amont sous la moraine de fond sur 30 km. encore, jusque dans le voisinage de Rosenheim. De Rosenheim à Kufstein, dans la partie transversale de la vallée de l'Inn au sortir des Alpes, les alluvions disparaissent, mais dès Kufstein elles réapparaissent dans les vallées transversales ou dans la grande terrasse de l'Inn⁵⁾ et jusqu'à Imst il est possible de les suivre pincées entre deux moraines de fond.

Dans la vallée de la Salzach, la basse terrasse passe sous la moraine terminale de la dernière glaciation non loin de Wil-hardforst. Elle est encore visible dans la zone intramorainique, environ 20 km. plus au sud dans une tranchée de la Salzach, non loin de Laufen⁶⁾, où elle apparaît pincée entre deux moraines et c'est sur une distance de 35 km. en amont des moraines terminales qu'on peut l'observer. On ne la rencontre plus par contre dans l'intérieur des Alpes.

Dans la vallée de l'Inn, la haute terrasse passe sous les moraines de l'avant-dernière glaciation vers Jettenbach⁷⁾. Elle disparaît peu après et ce n'est guère que sur une longueur de

1) *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 64.

2) *Id.*, p. 185, fig. 39.

3) *Id.*, p. 79.

4) *Id.*, p. 130 et profil 25, p. 134.

5) *Id.*, p. 315—342.

6) *Id.*, profils 28 et 29, p. 152.

7) *Id.*, p. 134 et 135.

3 à 4 kilomètres qu'elle est surmontée par la moraine; plus en amont dans la zone intramorainique, la haute terrasse est inconnue. Elle apparaît encore recouverte de moraine de l'avant-dernière glaciation d'Erding à Schwaben¹⁾, sur environ 12 km. Par contre, pas plus dans la région intramorainique de la dernière glaciation de l'Inn que dans la région intramorainique de la dernière glaciation de la Salzach, on ne cite de lambeaux de la haute terrasse; aussi est-il étonnant de voir, dans la vallée de l'Alz²⁾, entre les deux arcs morainiques de l'Inn et de la Salzach comme aussi dans la vallée de la Mattig, à l'est de l'arc morainique de la Salzach, la basse terrasse, la haute terrasse et les jeunes alluvions des plateaux se rapprocher des Alpes jusqu'à les toucher.

Dans la vallée de l'Inn, les jeunes alluvions des plateaux pénètrent aussi assez avant dans la zone intramorainique; elles existent encore à Assling³⁾, à 10 kilomètres en arrière d'un point où elles sont recouvertes par de la moraine ancienne.

Ainsi ce que l'on observe dans les bassins glaciaires de l'Isar, de l'Inn et de la Salzach ne rentre déjà plus aussi facilement dans le cadre de la théorie telle qu'elle a été créée pour le bassin glaciaire de l'Iller et du Lech. La basse terrasse qui apparaît dans la zone intramorainique de la Salzach et de l'Inn pincée entre deux moraines, et cela non plus sur 10 km. comme dans la vallée de la Wertach, mais sur 30 et 35 km., a obligé *A. Penck* et *Ed. Brückner* à placer, avant la grande poussée de Würm, une première poussée tout aussi importante du dernier glacier suivie de la période interstadienne de Laufen.⁴⁾

Chaque niveau de la quadruple succession de terrasse d'alluvions est séparé du suivant par une distance assez grande. Cette distance est, dans la région de Memmingen, de 50—90 mètres entre la surface des vieilles alluvions des plateaux et la base des jeunes alluvions des plateaux; elle est de 45—70 mètres entre la surface des jeunes alluvions des plateaux et la base de la haute terrasse, de 50 m. entre la surface de la haute terrasse

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 135 et fig. 22, p. 129.

²⁾ *Id.*, p. 79.

³⁾ *Id.*, fig. 24, p. 134.

⁴⁾ *Id.*, p. 157.

et la base de la basse terrasse, et enfin de 20—30 m., de la surface de la basse terrasse au talweg de la vallée actuelle¹⁾. Il faut donc admettre, en plus de 4 périodes d'alluvionnement, 4 périodes pendant lesquelles les rivières ont érodé. *A. Penck* explique ces alternatives de la façon suivante : tandis qu'en aval de la moraine frontale le glacier alluvionnait, sur l'emplacement qu'il occupait, le glacier érodait. Il laissait, lors de sa disparition, une cuvette en contrebas de la moraine frontale et de la terrasse, de sorte que la rivière devait forcément, à la suite du retrait du glacier, se creuser un chenal au travers de la moraine, des alluvions et même attaquer la roche sousjacent. En résumé, les époques glaciaires auraient été des époques de surcreusement dans la zone intramorainique et d'alluvionnement dans la zone extramorainique, tandis que les époques interglaciaires auraient été des époques de comblement pour la zone intramorainique surcreusée et d'érosion pour la zone extramorainique.²⁾

Je cherche depuis quelques années une cause à ces alternatives d'affouillement et d'alluvionnement des rivières de la période quaternaire et j'avoue que j'accepterais bien volontiers cette explication, si elle était en accord avec tout ce que j'ai pu observer jusqu'à maintenant dans le bassin glaciaire du Rhône. Or je répète ici ce que j'ai déjà fait remarquer à l'un des créateurs de cette théorie, c'est qu'on a trop peu tenu compte pour l'échafauder du bassin glaciaire alpin par excellence, j'ai cité celui du Rhône. Il semble bien que l'on ait d'abord édifié la théorie pour la région des Alpes orientales³⁾ et que l'on ait cherché de l'adapter ultérieurement au bassin glaciaire du Rhône. Quantité de faits observés dans les bassins glaciaires des Alpes orientales se retrouvent ici, c'est évident; mais par suite de la disproportion entre les bassins collecteurs, plusieurs des phénomènes prennent ici une ampleur telle qu'il n'est plus possible de les faire rentrer dans le cadre de la théorie précitée et que force sera bien de modifier celle-ci.

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 33.

²⁾ *Id.*, p. 120 et 121.

³⁾ *Id.*, p. 25.

Bassin glaciaire du Rhône.

Pour ne pas me répéter¹⁾, je me bornerai à citer les faits qui, dans cette région, me semblent être en désaccord avec la théorie des auteurs du « Système glaciaire des Alpes ».

C'est d'abord la présence constatée de moraine de fond un peu partout, à la base de la basse terrasse : à la base de la colline de Strättligen près de Thoune, comme à la base de la basse terrasse de Broc en Gruyère; à la base de la basse terrasse du bois de la Bâtie près de Genève, comme à la base de la basse terrasse de Lyss; à la base de la basse terrasse d'Aarau²⁾, comme à la base de la basse terrasse de Birmensdorf³⁾, comme enfin à la base de la basse terrasse de la Beznau. Les auteurs de « Die Alpen im Eiszeitalter » expliquent les premiers de ces affleurements, lesquels se trouvent dans la zone intramorainique de la dernière glaciation, par l'oscillation interstadienne de Laufen. Ceux de Birmensdorf et d'Aarau se trouvent dans la zone extramorainique de la glaciation de Würm et cherchent encore leurs pareils dans la région des Alpes orientales. L'explication qu'en donne *Brückner* ne me paraît pas satisfaisante lorsqu'il admet qu'ils ont été déposés par le dernier glacier, lequel aurait poussé une pointe plus en aval que les moraines terminales de la dernière glaciation avant de s'arrêter au voisinage de Wangen et de Villmergen. Il semble d'ailleurs bien que ces différents dépôts aient mis dans l'embarras les auteurs de « Die Alpen im Eiszeitalter ». Tandis que pour l'affleurement de Birmensdorf⁴⁾ l'ouvrage donne l'explication que je viens de citer, il admet pour les blocs de la base de la basse terrasse d'Aarau, comme d'ailleurs aussi pour d'autres de la basse terrasse de Bâle, le transport à l'intérieur d'icebergs lors de la débâcle d'un lac gla-

¹⁾ *B. Aeberhardt*. Etude sur les alluvions anciennes des environs de Genève, *Eclog. geol. Helv.* Vol. VII. No. 4. — *Id.* Note sur le quaternaire du Seeland, *Arch. des Sc. phys. et nat.* XVI. 1903. — *Id.* Les gorges de la Suze, *Beilage z. Jahresb. des Gymnasiums in Biel für das Schuljahr 1906—07.* — *Id.* Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions intramorainiques de la Suisse occidentale, *Eclog. geol. Helv.* 1908.

²⁾ *F. Mühlberg*. *Boden von Aarau*, p. 51.

³⁾ *F. Mühlberg*. *Mitt. Aargauer Natur. Ges.*, IX, 1901, p. 91.

⁴⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 498 et 499.

ciaire. Pour les blocs de la basse terrasse de Mölin¹⁾, l'ouvrage admet qu'ils appartenaient antérieurement aux moraines terminales de l'avant-dernière glaciation lesquelles surmontent la haute terrasse de Mölin; la rivière de la basse terrasse aurait insensiblement miné ces alluvions et amené les blocs dans leur position actuelle. Seul l'affleurement de la Beznau²⁾ appartiendrait à la moraine de l'avant-dernière glaciation.

La présence de moraine de fond un peu partout à la base de la basse terrasse dans le bassin glaciaire du Rhône, je le répète, me semble être en désaccord avec la théorie du « Système glaciaire des Alpes ». En effet, voici donc, suivant nos auteurs, le glacier de Würm amenant une première fois sa moraine de fond jusqu'à Birmensdorf dans le bassin de la Reuss, jusqu'en aval de Laufen, dans la vallée de la Salzach, jusqu'à Zaizinger dans la vallée de l'Inn sans avoir pu déposer la moindre petite terrasse d'alluvions; car si la moraine de fond de la surface recouvre les alluvions de l'oscillation de Laufen, jamais on n'a observé d'alluvions sous la moraine de la base. Cependant, il aura fallu qu'un temps assez long s'écoulât pour que le glacier de la Reuss atteignît Birmensdorf. Voilà donc une poussée du glacier qui se serait effectuée sans qu'il y eût dépôt d'alluvions et ce n'est qu'après le retrait du glacier qu'aurait eu lieu le dépôt des alluvions de l'oscillation de Laufen. Il me paraît beaucoup plus plausible d'admettre que la moraine de l'avant-dernière glaciation qui coupe obliquement la haute terrasse d'Aarau³⁾ et qui recouvre la haute terrasse des environs de Brugg passe à la base de la basse terrasse. D'ailleurs, de deux choses l'une: ou le glacier érode, ou il n'érode pas. S'il érode, ainsi que l'admet « Le système glaciaire des Alpes », comme il a suivi le dépôt de la haute terrasse d'Aarau et de Brugg, sa moraine de fond dans la vallée doit se trouver à un niveau inférieur à la haute terrasse; or on n'a jamais observé de moraine de fond à un niveau inférieur à la haute terrasse dans cette région, si ce n'est à la base de la basse terrasse. Et puis, peut-on concevoir que l'avant-dernier glacier ait déposé sa moraine de fond à la Beznau de

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 465.

²⁾ *Id.*, p. 495 et 496.

³⁾ *Id.*, p. 446.

telle façon que la basse terrasse pût la recouvrir, comme l'admet *Brückner*, alors que plus à l'aval, vers Mölin ou plus à l'amont vers Aarau ou Birmensdorf ce ne serait plus le cas? Pour avoir admis le synchronisme de la moraine et des alluvions, *Brückner* ne peut concevoir que les blocs de la base de la basse terrasse d'Aarau appartiennent à l'avant-dernière glaciation; pour lui, ils appartiennent à la glaciation de Würm. Mais nous voilà dès lors obligés d'admettre que l'avant-dernier glacier qui a affouillé la haute terrasse d'Aarau jusqu'à sa base, n'a pu le faire plus profondément et que de plus la moraine de fond de l'avant-dernière glaciation dans la bande de terrain recouverte par la basse terrasse a disparu totalement, à l'exception du lambeau de la Beznau.

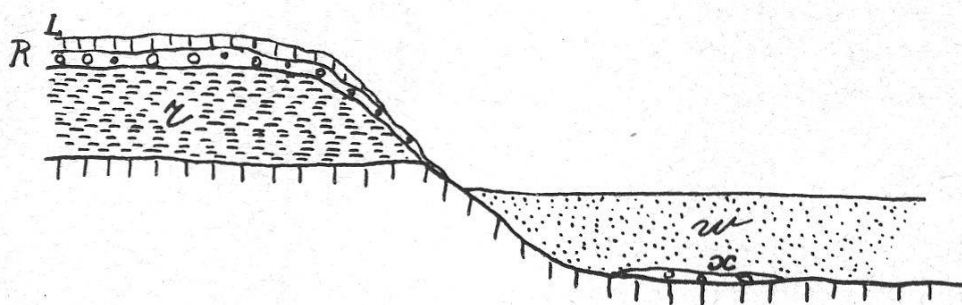


Fig. 2. 1) Profil schématique, voisinage d'Aarau.

J'avoue ne pouvoir partager cette manière de voir et au contraire considérer tout lambeau de moraine de fond existant à la base de la basse terrasse comme appartenant à la glaciation de Riss; pour moi x est la continuation de R sous la basse terrasse. (Fig. 2.) L'absence de couche d'oxidation un peu épaisse à la surface de tous les affleurements de moraine de fond surmontée par la basse terrasse s'explique très facilement quand on songe que ces dépôts, de par leur situation au fond du talweg de la vallée, ont été énergiquement affouillés par la rivière de la basse terrasse; de plus, les lambeaux qui ont subsisté ont dû, peu après le retrait du glacier, être recouverts par les alluvions de la basse terrasse et être ainsi soustraits à l'action des agents atmosphériques. La moraine qui, au contraire, avait été déposée plus haut dans la vallée, sur la haute terrasse ou plus haut encore n'avait rien à craindre de la rivière et a pu, dans la suite

1) La roche en place est indiquée, dans chaque profil, par des stries perpendiculaires à la surface d'érosion.

des siècles, être oxidée et décalcifiée sur une grande épaisseur et se couvrir d'une couche de löss. (L) Celle de la Beznau située beaucoup plus loin des Alpes que les autres sera restée plus longtemps à découvert et aura pu être oxidée sur une certaine épaisseur. Ainsi, malgré les quelques vingt mille ans écoulés depuis le retrait du dernier glacier, la Sarine et l'Aar n'ont pu pousser leurs alluvions que jusqu'au voisinage de Büren, dans la vallée Broye-Aar, soit sur une distance de 25 km. en aval d'Aarberg; or la Beznau est à environ 80 km. plus vers l'aval.

On observe bien, dans les vallées de la Salzach et de l'Inn une moraine de fond à la base de la basse terrasse¹⁾, mais comme on la rencontre toujours dans la zone intramorainique de la dernière glaciation, *A. Penck* et *Ed. Brückner* ont cru pouvoir expliquer alluvions intramorainiques et moraine sousjacente par l'oscillation interstadiare de Laufen. Cela leur était d'autant plus facile que dans ces deux bassins les moraines de l'avant-dernière glaciation ne s'étendent que peu en avant de celles du dernier glacier et que pour cette raison le problème ne se posait pas de même façon. De la moraine intramorainique sousjacente de Laufen jusqu'à la moraine terminale de Würm située vers l'aval il y a 15 km. et 19 km. jusqu'à la moraine terminale de Riss située de même vers l'aval; tandis que de la moraine de la Beznau jusqu'aux moraines de Wangen vers l'amont il y a 50 km. et 20 km. jusqu'à celles de Villmergen situées de même vers l'amont.

Basse terrasse. Un deuxième grand phénomène en désaccord avec la théorie de Penck et Brückner dans le bassin glaciaire du Rhône est la présence dans la zone intramorainique de Würm de grandes nappes d'alluvions, continuation de la basse terrasse et semblables à celles que ces auteurs citent dans les vallées de la Salzach et de l'Inn. Or, tandis que dans les bassins glaciaires des Alpes orientales il n'est possible de suivre ces alluvions que sur une dizaine de kilomètres au plus dans la région en amont des moraines terminales de l'Iller et du Lech et sur 30 à 35 kilomètres en amont des moraines terminales de l'Inn et de la Salzach, on peut les suivre sur près de 100 kilomètres en amont des moraines terminales de Wangen par les vallées de l'Aar et de la Sarine jusque dans la Gruyère. On peut les suivre sur une longueur plus grande encore par les vallées de l'Isère

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, profils 25 et 29.

et du Rhône jusque dans la région du Léman. Dans la région du bras rhéan du glacier du Rhône, j'ai pu suivre ces alluvions par Wangen, Soleure, la région de Lyss et d'Aarberg, Fräschels, Kerzers, Biberen, Düdingen, Fribourg et la Gruyère jusqu'au voisinage de Montbovon¹⁾. Or, j'avoue que pour moi des alluvions que l'on peut suivre sur une aussi grande distance en amont des moraines terminales de la dernière glaciation jusqu'à l'intérieur des Alpes et cela toujours avec la même pente et les mêmes caractères, que des alluvions semblables, dis-je, ne peuvent être d'origine glaciaire à moins que l'on ne considère comme époque glaciaire l'époque actuelle, parce qu'au haut des vallées actuelles existent de petits glaciers.

Je dois cependant ajouter que dans un récent travail, un élève de Brückner, *F. Nussbaum* cherche à expliquer différemment ces dépôts d'alluvions, et plus spécialement ceux de Kerzers²⁾ à Wangen. Je cite textuellement d'après la publication de *Nussbaum, Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes*, p. 36. . . . « Nach orographischen und petrographischen Verhältnissen zu schliessen, hatten sich die Gletscher nach dem Maximum der Würm-Eiszeit weit zurückgezogen, der Rhonegletscher etwa bis Moudon und in das Neuenburgerseebecken, aber doch nicht bis ins Becken des Genfersees, wie Aeberhardt, meint³⁾, der Aregletscher etwa bis Bern. Von beiden Gletschern brachten die Schmelzwässer Schottermaterial und schütteten ausgedehnte Sandr auf. Die Bäche des Rhonegletschers flossen in der Seetalfurche nach Nordosten . . . Darauf folgte ein erneuerter Vorstoss, in welchem diese Schotter mit Moränen bedeckt wurden. . . »

Ainsi pour *Nussbaum*, à la suite du dépôt des grandes moraines de Wangen, le glacier du Rhône, pour ne nous occuper que de celui-là, se serait retiré jusque dans la région de

¹⁾ *B. Aeberhardt*. Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions intramorainiques de la Suisse occidentale. *Eclog. geol. Helv.* 1908. Voir aussi de *F. Nussbaum*. *Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes*.

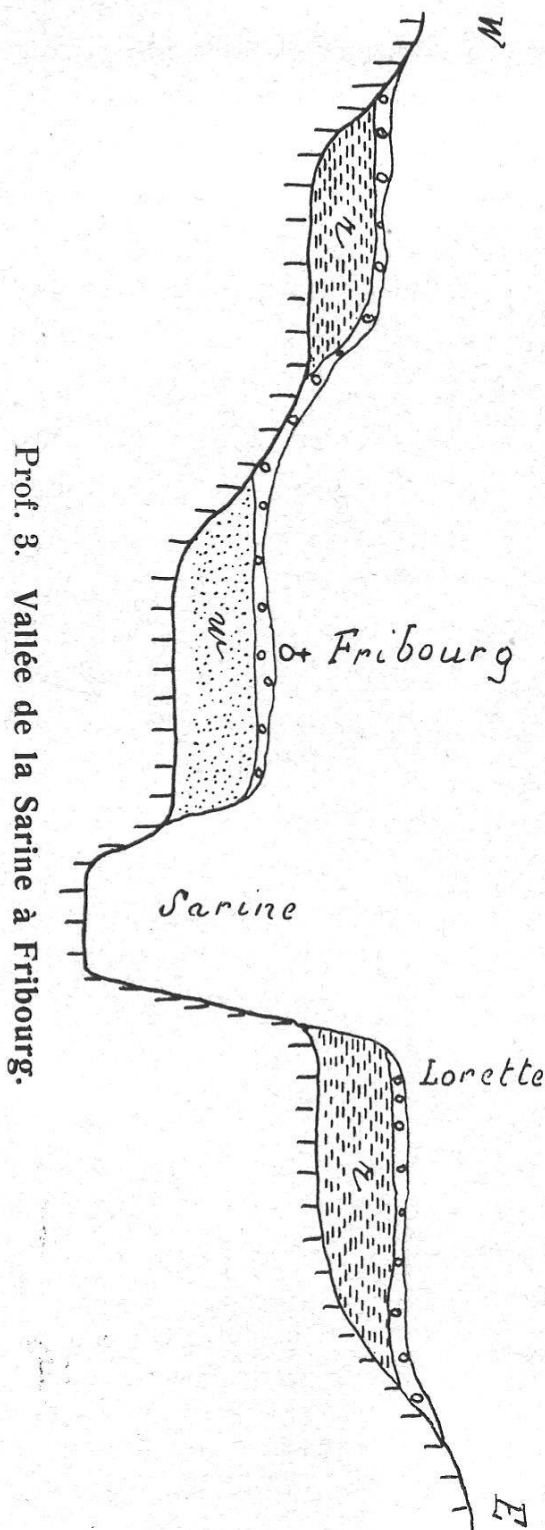
²⁾ Les dépôts des environs de Faoug et d'Avenche que je cite dans ma „Note sur le quaternaire du Seeland“ sont bien des formations morainiques, comme le fait remarquer *F. Nussbaum* et comme je l'ai constaté depuis; ils gisent d'ailleurs en dehors de la vallée de la basse terrasse de la Sarine, la seule rivière assez importante qui dans la région, avec l'Aar, ait pu déposer de grandes nappes d'alluvions.

³⁾ Voir *B. Aeberhardt*, Note sur le quaternaire du Seeland, p. 13, et Les gorges de la Suze, remarque, p. 5.

Moudon et de Neuchâtel, aurait déposé les alluvions de Kerzers vers l'aval puis serait venu réoccuper la région avant de se retirer définitivement. A cela je répondrai que l'on a oublié la présence

des lacs de Morat et de Neuchâtel qui devaient sûrement exister à la suite de la grande extension du dernier glacier; or Moudon se trouve en amont du lac de Morat et les alluvions en question en aval.

Dans une conférence ultérieure ayant pour objet la discussion des opinions émises par moi sur les formations quaternaires, du Seeland, *Nussbaum* cite comme étant en opposition avec ma manière de voir quantité de sablières où il a découvert quelques cailloux striés et l'un ou l'autre bloc anguleux de quelques décimètres cubes, dans la masse des alluvions, semblables à ceux de la basse terrasse de Bâle. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, à la suite de *Penck* et *Brückner* on considère les terrasses d'alluvions comme des dépôts fluvio-glaciaires. Cependant, la présence de ces matériaux appartenant à la moraine de fond ou à la moraine superficielle ne devrait pas étonner dans des alluvions recouvrant une moraine de fond ou surplombées par des ravins molassiques recouverts de moraine de fond. Ces matériaux



Prof. 3. Vallée de la Sarine à Fribourg.

morainiques ont été incorporés à la terrasse soit par la grande rivière elle-même, soit par de petits affluents amenant à la grande

vallée les matériaux de la région avoisinante recouverte de moraine de fond. Il aura suffi que ces matériaux n'aient pas été roulés sur un grand parcours avant de s'arrêter, ce que l'on peut parfaitement admettre, puisque *Kissling* a découvert dans les alluvions des environs de Berne des galets marneux, preuve que tous les matériaux ne parcourent pas nécessairement de grandes distances avant de s'arrêter. D'ailleurs, il me semble que la continuité d'une terrasse d'alluvions valléculaires jusqu'à l'intérieur des Alpes parle plus en faveur de l'origine fluviale de ces formations que la présence de quelques rares galets striés ne parle en faveur de leur origine fluvioglaciaire.

Dans la région de Fribourg, (Fig. 3) les alluvions de la basse terrasse sont très bien développées, et cependant on est ici à près de 70 km. de la moraine terminale de Wangen. Elles ont une épaisseur de plus de 25 m. et sont recouvertes par une épaisse couche de moraine de fond. Elles correspondraient donc aux dépôts de l'oscillation interstadiare de Laufen, de la vallée de la Salzach et de la région de l'Inn. On peut la poursuivre sur 10 kilomètres en amont de Fribourg. Elle cesse dans la région de Pont la ville où la Sarine coupe les couches de poudingue par une gorge assez étroite pour qu'aucun dépôt ait pu y subsister s'il en a jamais existé. Mais dès que la vallée s'élargit à nouveau, on voit reparaître exactement au même niveau des alluvions puissantes de plus de 20 m. où elles n'ont pas été enlevées en partie. Sur plus de 20 kilomètres, de la région de Hauteville, dans la basse Gruyère, jusqu'à Montbovon on peut suivre ces formations. Il n'y a certainement aucune raison qui puisse faire supposer que les alluvions de Düdingen, de Fribourg et de Corpateaux ne soient pas la continuation de celles d'Hauteville, Broc, Neirivue et Montbovon. Elles sont interrompues sur une distance de moins de 10 km. de Corpateaux à Hauteville; mais leur situation par rapport au talweg de la Sarine actuelle laisse parfaitement supposer que les unes et les autres ne forment qu'un même dépôt valléculaire. Leur surface se trouve à 711 m. à Hauteville, soit à 68 m. au-dessus de la Sarine, alors qu'à Corpateaux leur surface supérieure se trouve par 655—660 m., soit à 65 m. au-dessus du lit actuel de la Sarine. De Düdingen à Corpateaux elles sont constamment surmontées par la moraine

de fond de la dernière glaciation. Dans la basse Gruyère elle sont recouvertes par de la moraine vers Villardvolard tandis que plus en amont, comme je l'ai déjà fait remarquer ailleurs,¹⁾ elles en sont dépourvues, la Sarine ayant créé 3 ou 4 terrasses d'érosion dans la masse des alluvions et ayant fait disparaître les couches supérieures. En certains endroits les alluvions sont très régulièrement litées; en d'autres, par contre, elles le sont bien moins par suite probablement de l'apport de matériaux par les cônes d'éboulis.

Ce qu'il est intéressant de noter ici, c'est la présence d'alluvions bien développées en pleine vallée alpine, c'est-à-dire dans la région qui au dire des auteurs du «Système glaciaire des Alpes» a dû être énergiquement affouillée, par le glacier. La seule vallée des Alpes orientales qui présente le même phénomène est celle de l'Inn avec sa grande terrasse. Penck et Brückner ne pouvant admettre que ces alluvions sont la continuation vers l'amont de celles de Rosenheim, suite de la basse terrasse (oscillation interstadaire de Laufen), ils expliquent la genèse de la terrasse de l'Inn, en supposant l'existence d'un double barrage de la vallée par les glaciers du Zillertal et de l'Oetztal, à l'époque de l'oscillation d'Aachen, laquelle précède immédiatement la poussée de Bühl. Entre ce double barrage se déposaient les alluvions de l'Oetztal et celles du Stubaital. Je me garderai bien de discuter de choses que je ne connais pas; par contre je ferai remarquer que l'on a dans la Gruyère, sur plus de 10 kilomètres à l'intérieur des Alpes des alluvions qui certainement avaient une grande épaisseur, à en juger par ce qu'il en reste. Or, on ne peut ici comme on l'a fait pour la terrasse de l'Inn invoquer un barrage quelconque de la vallée de la Sarine par des glaciers latéraux, d'autant plus qu'on observe les alluvions non seulement dans la vallée longitudinale très large de Montbovon à Grandvillard, mais même dans la partie transversale plus étroite de la vallée, de Grandvillard à Broc. Elles se poursuivent, comme nous l'avons dit, par la région de Fribourg, le Seeland, la région de Soleure et la basse terrasse de Wangen sur 100 kilomètres avec une

¹⁾ B. Aeberhardt, Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions intramorainiques de la Suisse occidentale, dans *Eclogae geol. Helv.* 1908.

interruption de 15 km entre Wangen et Lüsslingen, de 5 km entre Kerzers et Biberen, de 11 km entre Biberen et Düdingen et de 10 km entre Corpateaux et Hauteville; soit 40 kilomètres. Des recherches ultérieures amèneront encore certainement une réduction de ces chiffres. Une autre vallée alpine du versant nord présentant encore une terrasse d'alluvions est celle de l'Isère.¹⁾ Pour *Penck*, cette terrasse est semblable à celle de l'Inn.

Trois vallées du nord des Alpes présentent ainsi une terrasse d'alluvions dans le corps même de la montagne: celles de l'Inn, de la Sarine et de l'Isère. La terrasse de l'Inn n'a été observée qu'en amont des moraines terminales de la phase de Bühl²⁾ vers Kufstein; elle est distante de plus de 30 kilomètres de la terrasse de Rosenheim. La terrasse de la Sarine commence en aval des moraines de la phase de Bühl près des Moulins et se continue, sans grandes interruptions, sur près de 100 kilomètres par la basse terrasse de Wangen. La terrasse de l'Isère se trouve, elle aussi, en aval des moraines de la phase de Bühl. Des trois vallées, celle qui permettrait, à mon avis, d'arriver à l'explication la plus plausible de ces formations est celle de la Sarine, parce que le glacier qui l'a parcourue autrefois ne pouvait avoir l'importance de ceux de l'Inn ou de l'Isère et que le travail de déblaiement de la vallée s'est fait sur une moindre échelle.

Pour *Nussbaum*,³⁾ les alluvions de la Gruyère ont été déposées par le glacier de la Sarine lors de la phase de Bühl dont les moraines terminales se trouvent en amont, entre Les Moulins et Gessenay. Elles correspondraient donc aux alluvions de Murnau⁴⁾ en amont du lac d'Ammer. Or je ne crois pas pouvoir accepter l'opinion de *Nussbaum* pour les raisons suivantes:

1^o elles sont recouvertes par les moraines de Villardvolard⁵⁾ qui, suivant *Nussbaum* lui-même, sont plus vieilles que celles de la phase de Bühl;

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 688 et suivantes.

²⁾ Id. voir fig. 60, p. 340.

³⁾ *F. Nussbaum*, *Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes*, voir la carte et pag. 62.

⁴⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 337.

⁵⁾ *Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes*, p. 44.

2° on peut les suivre sans interruption de Montbovon à Hauteville dans toute la Gruyère sur plus de 20 km et après une interruption de moins de 10 km, on les retrouve dans la région de Corpateaux à la même altitude au-dessus du lit actuel de la rivière et recouverte par une épaisse couche morainique.

3° En quantité d'endroits de la Gruyère, on observe des fractions épigénétiques de la vallée de la Sarine que l'on ne pourrait expliquer si l'on admettait, avec *Nussbaum*, que les alluvions de la région ont été déposées pendant une des dernières phases de retrait du dernier glacier car, alors, à quel moment, et pour quelle raison la Sarine (voir fig. 8) après avoir ainsi coulé en *w* et déposé les alluvions aurait-elle abandonné son lit primitif pour couler en *x*. Ces fractions épigénétiques de la vallée laissent supposer que les alluvions étaient plus puissantes autrefois, donc que les terrasses actuelles ne sont que des terrasses d'érosion creusées dans la masse des alluvions, raison pour laquelle la couverture morainique a presque complètement disparu de leur surface, alors que plus en aval, de Corpateaux à Wangen, on la trouve constamment recouvrant les alluvions.

4° Si la conception de *Nussbaum* était juste, on ne pourrait paralléliser les alluvions de la Gruyère avec celles de Corpateaux plus à l'aval; comment expliquerait-on alors que la Sarine ait pu alluvionner jusqu'à 65 m au-dessus de son lit actuel dans toute la Gruyère sans qu'on trouvât plus à l'aval d'équivalent à ces dépôts.

5° Il y a, d'ailleurs, pour admettre que ces alluvions sont bien la continuation vers l'amont de la basse terrasse, le fait qu'il est possible de suivre un deuxième niveau d'alluvions correspondant à la haute terrasse, et cela de Brugg dans le canton d'Argovie jusqu'en Gruyère, sur une distance plus grande encore.

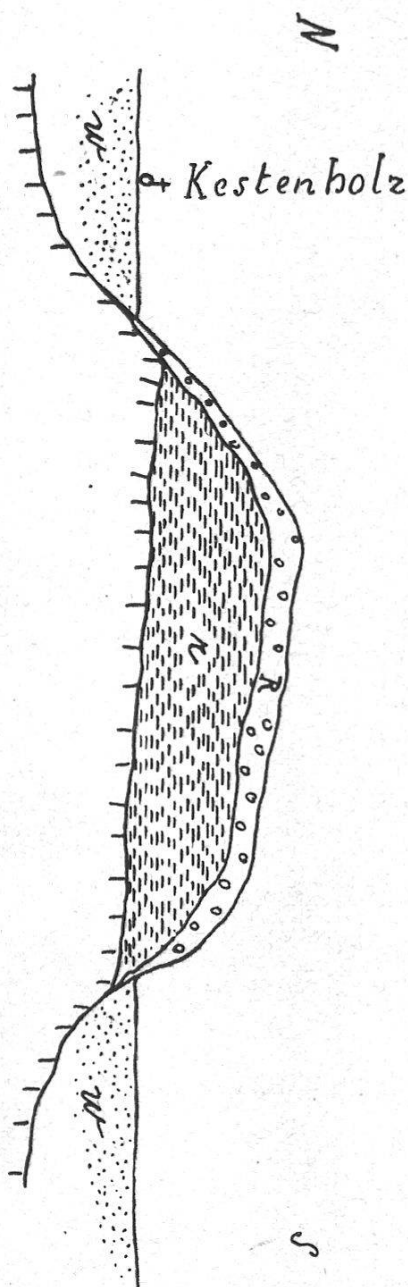
Haute terrasse. Comme nous l'avons déjà vu précédemment, la haute terrasse, dans le domaine glaciaire des Alpes orientales n'a été observée nulle part à une grande distance à l'intérieur des moraines terminales. Elle s'avance à 4 ou 5 km sous les anciennes moraines de Legau dans la vallée de l'Iller et la haute terrasse d'Augsbourg, à quelques kilomètres sous les anciennes moraines de la région du Lech. Pour ce qui

concerne les bassins glaciaires de l'Inn et de la Salzach, il est curieux de constater que les alluvions de la haute terrasse n'existent pas dans la zone d'érosion intramorainique, alors qu'elles s'avancent très au sud, du côté des Alpes dans les vallées voisines de l'Alz et de la Mattig, qui n'ont pas eu à subir d'érosion de la part du glacier. Faut-il admettre qu'elles ont été déposées dans toutes les vallées et que les glaciers qui les ont affouillées les ont fait disparaître jusqu'aux derniers vestiges,

ne permettant d'exister qu'à celles situées en dehors de leur atteinte, ou faut-il admettre que la haute terrasse s'est formée sur tout le pourtour en fer à cheval des moraines de Riss, comblant donc les vallées de l'Alz et de la Mattig? Ce que j'ai vu dans le bassin glaciaire du Rhône fait que je trancherais la question en faveur de la première alternative.

Quoiqu'il en soit, un fait est certain, c'est que l'on ne rencontre rien dans les Alpes orientales qui puisse être comparé à la haute terrasse telle que je l'ai décrite à diverses reprises dans la zone intramorainique des vallées de l'Aar, de la Sarine et du Rhône.

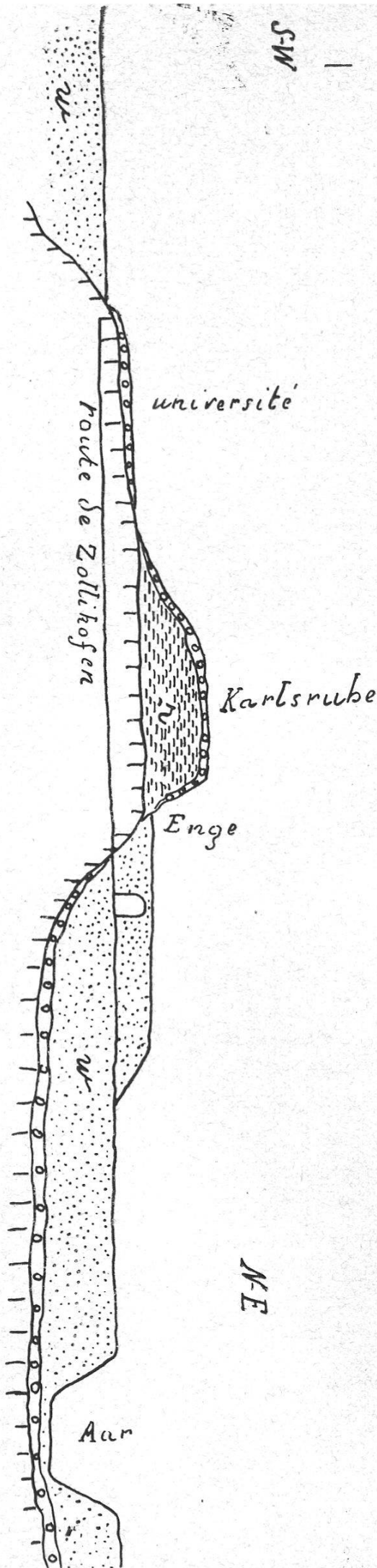
Comme à diverses reprises j'ai déjà cité la colline de Bannwil¹⁾ dans le Gäu soleurois comme étant la continuation vers l'amont de la haute terrasse d'Aarau, je me contente d'en donner ici une coupe. (Prof. 4.)



Prof. 4. Colline de Bannwil.

¹⁾ B. Aeberhardt, Sur les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale, communication à la société helv. des sc. nat. Fribourg, 1907 et *Eclogae geologicae Helvetiae*. 1908.

Prof. 5. Vallée de l'Aar au voisinage de Berne.



Je n'ajouterai rien non plus à ce que j'ai déjà dit sur la haute terrasse dans le Seeland, si ce n'est qu'en cherchant à nouveau dans la masse des alluvions on y a découvert quelques rares galets provenant du Valais; mon collègue *Nussbaum* dit en avoir trouvé deux dans une gravière au sommet du *Buttenberg* et je crois en avoir reconnus aussi deux ou trois dans la gravière du *Berghof* non loin d'*Arch*. Ils proviennent probablement d'une moraine de fond d'une glaciation antérieure; dans tous les cas je ne croirai jamais qu'ils puissent servir de preuve à l'appui d'une théorie qui ferait découler ces alluvions du glacier du Rhône.

Je m'étendrai par contre un peu plus sur les environs de Berne où l'on observe de même deux niveaux d'alluvions.

Quand du quartier de la gare à Berne on se rend à Zollikofen par la Route de l'Enge, on observe d'abord sur sa gauche la colline molassique recouverte d'une mince couche morainique et sur laquelle sont construits l'université, l'observatoire et une partie du quartier de la *Länggasse*. La molasse pointe au bord de la route, tout à côté de l'université et un peu partout au voisinage à l'altitude de 550—560 m. Dans la

région du parc au cerfs, la route est surplombée à gauche par une paroi molassique. A sa surface, soit à une altitude de 560 m on observe une couche d'alluvions d'un mètre, recouverte par la moraine. Or, de l'autre côté de la colline, au lieu dit Karlsruhe (582 m) on aperçoit, sous la moraine, 20 mètres d'alluvions qui sont certainement la continuation vers le N. de celles que l'on observe au bord de la route car, si l'on n'y peut constater le contact direct entre les alluvions et la molasse, on peut cependant suivre la molasse assez haut au-dessus du lit de la rivière pour qu'on puisse admettre que les alluvions reposent aussi ici par 560 m. sur la roche en place. C'est aussi à ce niveau qu'appartiendraient les alluvions des gravières de Neubrücke. On retrouve ces alluvions plus en amont dans l'ancienne vallée de la Sarine qu'est la région de «Im Forst» et plus en aval, de l'autre côté de l'Aar dans une région allant de la rivière par Ortschwaben, Graben, à Münchenbuchsee. Un peu plus loin que l'affleurement du bord de la route de l'Enge, on arrive au tunnel qui conduit à l'usine de Felsenau ; or, ce tunnel a été creusé dans des alluvions dont la surface supérieure se trouve par environ 560 m. et la base par 525 m., respectivement 515 m. à Reichenbach et ces alluvions on les retrouve un peu partout au voisinage de Berne : aux environs de Bumplitz comme dans la partie ouest de la forêt de Bremgarten, dans la région du Beudenberg comme au passage à niveau de la route de Worblaufen, à Reichenbach, Bremgarten, Herrenschwanden etc. On peut observer un peu partout, à la base de ces dernières des restes de moraine de fond, soit à Reichenbach où existe un gros bloc erratique de Granit de Gasteren, soit sur la terrasse d'érosion vis-à-vis de la fabrique de Felsenau où, sur un socle molassique de quelques mètres, repose de la moraine de fond, soit dans la région de la fabrique de Felsenau.

On a donc aux environs de Berne 2 niveaux d'alluvions : un niveau supérieur correspondant à la haute terrasse dont la base se trouve par 560 m. et la surface par 585 m., et un niveau inférieur dont la base se trouve par 515—525 m. et la surface par 560 m. soit à peu près au niveau de la base de la haute terrasse, raison pour laquelle il est assez difficile de distinguer les deux niveaux. La rivière a donc, avant de déposer les allu-

vions de la basse terrasse, creusé dans la haute terrasse, une vallée profonde de 60 à 70 mètres (585 m., surface de la haute terrasse, moins 515–525 m., base de la basse terrasse) ne laissant subsister de la haute terrasse que l'îlot de Karlsruhe. La région molassique des grands remparts sur laquelle est construite l'université ne serait pas autre chose que l'ancien thalweg de ce lambeau de haute terrasse débarrassé de sa couverture d'alluvions.

Les affleurements des environs de Fribourg sont encore plus intéressants que ceux de Berne et comme ils seront la base sur laquelle je ferai reposer une bonne partie de mon argumentation je me permets de m'y arrêter plus longtemps. (Voir fig. 3).

Tout le quartier de la cathédrale à Fribourg est construit sur un socle molassique à une altitude d'environ 585 m.; c'est ce socle molassique qui sert d'assise aux piliers du grand pont suspendu; dans cette molasse, la Sarine s'est creusé un lit de 250 m. de large et de 40 m. de haut. La rue de Lausanne, au contraire, est construite sur le ravin en pente des alluvions inférieures puissantes de 20–25 m. La nouvelle rue de la vue des Alpes est construite directement sur ces alluvions qui sont d'ailleurs aussi prises en écharpe par la route allant du quartier de la Neuveville à la gare. On constate le contact de la molasse avec les alluvions dans la gravière à la porte de Morat, à l'extrémité orientale du grand pont, dans la gravière sur la route de la Neuveville à la gare, etc. La rue qui va de la gare aux Charmettes se trouve à la surface même des alluvions inférieures; il est vrai qu'elles sont recouvertes d'une puissante couche morainique. Les alluvions sont exploitées dans la gravière de la porte de Morat, puis dans deux gravières non loin de la tête orientale du grand pont; dans celles qui se trouvent au bord de la route qui va de la Neuveville à la gare et non loin des Charmettes. Le ravin molassique de l'ancienne vallée contre lequel s'appuient les alluvions est visible à côté de la vieille tour, non loin du grand pont. La tranchée de la voie ferrée derrière le nouveau cimetière traverse aussi les alluvions.

Les alluvions du niveau supérieur gisent par 645 m. On peut les étudier dans la grande sablière de Lorette et dans le

ravin de la Sarine, non loin de l'ancien mur d'enceinte, vers la chapelle. Les alluvions reposent directement sur la molasse. Elles ne doivent pas occuper ici un grand espace, car le ravin molassique qui les surplombe apparaît sur la route de Bourguillon à Römerwil, ainsi qu'un peu plus au sud, à la Schürra. Le gisement de la rive gauche de la Sarine est plus important ; il a pour limite, du côté de la Sarine, la ligne du chemin de fer Fribourg-Romont, et du côté du N-W, une ligne allant à peu près de Courmanon par la Vignetta à l'ancien cimetière. Les alluvions sont à jour dans la grande sablière au bord de la voie ferrée et non loin de la ciblerie des Grangettes où elles apparaissent recouvertes par la moraine. La molasse surplombant les alluvions est exploitée dans le quartier de Beauregard.

Nulle part les conditions ne sont aussi favorables pour l'étude de ces deux niveaux d'alluvions intramorainiques et pour cette raison les faits observés aux environs de Fribourg en particulier et dans la vallée de la Sarine en général seront appelés à jouer un rôle important dans l'élaboration de toute théorie cherchant à élucider l'histoire quaternaire des vallées alpines. On ne pourra pas dire des alluvions du niveau supérieur de Fribourg ce qu'on a dit de celles de la colline de Bannwil¹⁾ dans le Gäu soleurois, savoir : qu'elles étaient de la moraine remaniée de Würm, puisqu'elles se trouvent à 60 km. en arrière des moraines terminales de Wangen. On ne dira pas non plus de la haute terrasse de Fribourg ce qu'on pouvait à la rigueur admettre pour la haute terrasse de La Côte²⁾ dans le canton de Vaud, c'est-à-dire qu'elle aurait été déposée sur les côtés du glacier par les eaux s'écoulant de ce dernier ; le bassin du Léman a plusieurs kilomètres de largeur et on pourrait, à la rigueur, se figurer le glacier remplissant la cuvette lacustre et alluvionnant sur ses bords, à 175 m. au-dessus du niveau actuel du lac. A Fribourg, la chose ne serait possible qu'à la condition de concevoir un glacier de la Sarine s'étendant jusqu'à Fillistorf, sur plus de 40 km. en avant des Alpes et n'ayant comme largeur que la distance d'un ravin à l'autre de la Sarine, soit moins d'un kilomètre. On ne pourra dire non plus des alluvions du

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, carte, p. 496 et p. 553 et 554.

²⁾ Id. p. 565.

niveau supérieur de Fribourg ce que l'on a encore ajouté de celles de La Côte¹⁾, savoir qu'elles se prolongeaient par celles du niveau inférieur des environs de Genève, donc qu'il n'existait qu'un niveau; ici, à Fribourg, elles sont bel et bien superposées. On ne pourra pas non plus admettre pour celles de Fribourg ce que l'on a dit de celles de Felsenau à Berne²⁾ où l'on a cru n'observer qu'un seul niveau; comme aussi on ne pourra pas admettre qu'elles ne sont qu'un dépôt accidentel dont on ne doit pas tenir compte dans l'histoire de la vallée, puisqu'on peut les suivre sur des kilomètres. Enfin on ne pourra pas non plus arguer du fait qu'elles n'existent que dans la vallée de la Sarine, car, parce qu'elles sont bien développées aux environs de Fribourg, on doit admettre qu'on les retrouvera plus vers l'aval et dès lors, ce m'est une preuve que mes observations au voisinage de Berne, dans le Seeland et la Haute Argovie comme aussi dans le bassin du Léman où partout j'ai retrouvé les deux niveaux d'alluvions, que mes observations antérieures dis-je, sont justes.

Seuils rocheux (Riegel, Riegelberge). Une partie et non des moins importantes de la théorie du «Système glaciaire des Alpes» est celle qui cherche à expliquer l'existence des seuils rocheux barrant en différents endroits les vallées alpines ou l'origine de ces collines allongées se dressant au milieu de la vallée. Pour *A. Penck* et *Ed. Brückner*, les uns et les autres sont le résultat de l'action érosive des glaciers³⁾. Les seuils rocheux, par exemple, auraient été formés dans la vallée de l'Inn⁴⁾ aux endroits où l'action érosive du glacier était diminuée par le fait qu'une partie de la masse du glacier s'écoulait par le col d'une vallée latérale et diminuait d'autant la force érosive du glacier principal. Ailleurs, ce n'est pas une diminution de la force érosive du glacier, mais bien une augmentation de cette dernière qui serait la cause primordiale de la création d'un seuil rocheux; c'est en partie de cette façon, par exemple, que *Brückner*⁵⁾ explique celui du Kirchet. Quant aux col-

¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 564, remarque 5.

²⁾ *A. Baltzer*, Beiträge z. geol. K. d. Schweiz, XXX. p. 85.

³⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 303, 304, 621, 622, 623.

⁴⁾ Id. p. 303.

⁵⁾ Id., p. 621.

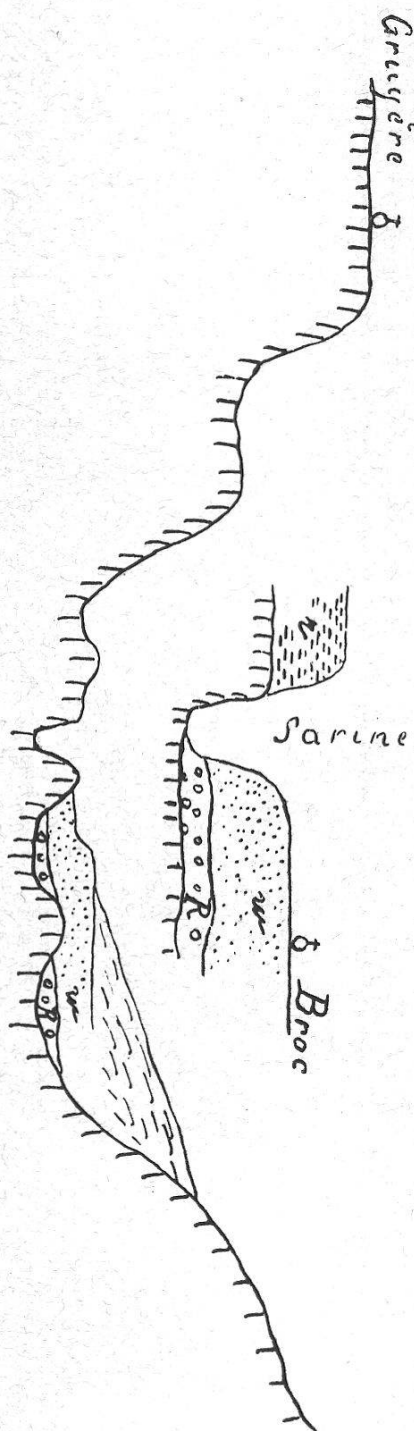
lines isolées (Riegelberge), les unes seraient dues à l'érosion sélective sous-glaciaire¹⁾, les autres, à l'érosion de torrents glaciaires sourdant à l'extrémité d'un glacier d'une phase de retrait et cela au voisinage d'un seuil rocheux.²⁾

Je m'abstiendrai de discuter ces théories; par contre je me permettrai de décrire ce que j'ai vu dans la Gruyère et d'en tirer les conclusions que cela comporte.

Je commencerai par le seuil rocheux sur lequel est bâtie la petite ville de Gruyère, seuil qui sépare le bassin de Bulle du bassin de Grandvillard; or en voici la coupe: (Fig 6).

Comme on le voit, le seuil rocheux n'est pas complet; ce n'est pas autre chose qu'un éperon rocheux s'avancant dans la vallée et présentant, outre plusieurs gradins dont deux au moins semblent correspondre à d'anciens thalwegs, la gorge épigénétique actuelle. Par contre, l'ancienne vallée ayant à sa base la moraine de fond de l'avant-dernière glaciation surmontée par les alluvions de la basse terrasse a été quelque peu rejetée sur la droite, probablement par suite du mouvement pendulaire de la rivière antérieure à la basse terrasse.

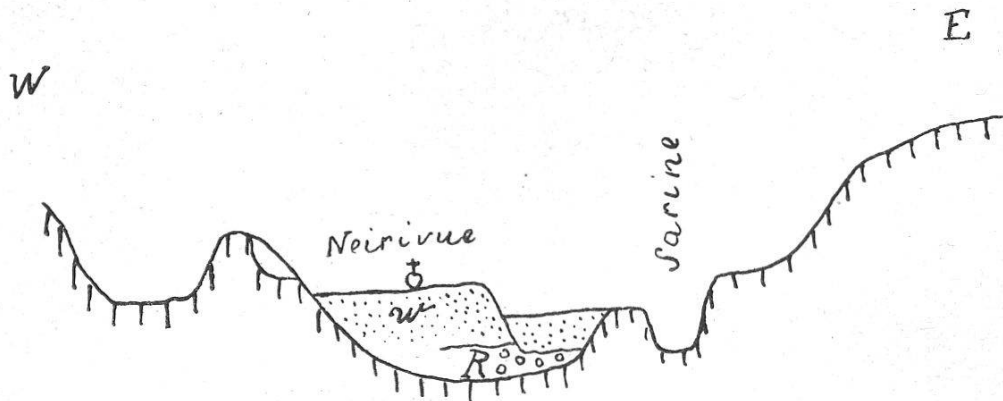
Les environs de Grandvillard



¹⁾ *Die Alpen im Eiszeitalter.* p. 304.

²⁾ *Id.* p. 304.

avec leurs collines allongées à l'altitude différente ainsi que les environs de Neirivue sont tout aussi curieux.



Prof. 7. Vallée de la Sarine près de Neirivue.

Ce qui dans le profil de Neirivue est intéressant, c'est d'abord la partie épigénétique actuelle du cours de la rivière, mais surtout et avant tout la colline à l'ouest (W) du village. Pour moi elle n'est pas autre chose qu'une portion de l'ancien socle rocheux ayant porté les alluvions de la haute terrasse et créée, par épigénie, dans la haute terrasse interglaciaire; si les alluvions de la haute terrasse n'existent plus dans le voisinage, on les retrouve 7 à 8 km, plus à l'aval, non loin du pont de Broc. La hauteur de la colline au-dessus de la basse terrasse de Neirivue, sa forme allongée, sa position le long de la rive gauche de la vallée font que c'est ainsi que je me représente la genèse de cette colline longue de plus de 100 m. haute de 15-20 m. et large d'autant. On en trouve une toute semblable accompagnant la grande colline au sud de Grandvillard. La grande colline elle-même appartiendrait probablement au thalweg de l'ancienne vallée sur lequel reposaient les jeunes alluvions des plateaux de la colline de Morlon, il est vrai que les glaciers l'ont décoiffée de ses alluvions et affouillée.

D'autres portions épigénétiques de la vallée existent encore au voisinage de Lessoc (fig. 8). Celle qui se trouve tout à côté de la gare de Lessoc est curieuse; cette barre rocheuse qui sépare la Sarine de la vallée comblée par les alluvions de la basse terrasse a plus de 300 m. de long et surplombe la surface des alluvions de 7 à 8 m. Il suffirait qu'un agent, le glacier probablement fit disparaître les alluvions de Lessoc pour que l'on

obtient une colline en tout semblable à celle qui existe à l'ouest de Neirivue.

Conclusions.

En résumé les faits anciennement ou nouvellement constatés dans le bassin glaciaire du Rhône et qui seraient en désaccord avec la théorie du «Système glaciaire des Alpes» seraient les suivants :

1° Existence d'une moraine de fond sous la basse terrasse, en dehors des moraines terminales de la glaciation de Würm.

2° Existence de la basse terrasse dans la zone intramorainique jusqu'à l'intérieur des Alpes, dans la vallée de la Sarine.

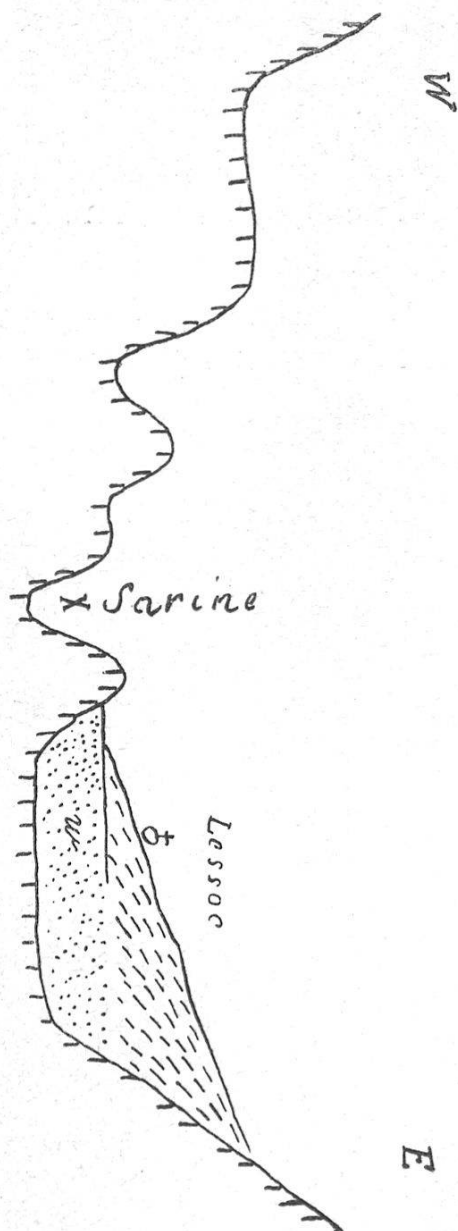
3° Existence de la haute terrasse dans la zone intramorainique de l'avant-dernière glaciation jusqu'à l'entrée des Alpes, dans la même vallée.

4° Présence dans la Gruyère de collines ayant appartenu

probablement aux anciens thalwegs de la vallée et dont l'altitude correspondrait assez bien à celle des socles rocheux supportant les 3 terrasses d'alluvions de la basse Gruyère.

Ces faits exigent nécessairement une nouvelle conception de la genèse des terrasses d'alluvions quaternaires et comme ils laissent supposer que non seulement les périodes d'érosion de la vallée, mais même les périodes d'alluvionnement sont interglaciaires, ils allongent d'autant les périodes de l'époque quaternaire pendant lesquelles les glaciers ne sortaient pas des Alpes. Peut-être la présence du glacier n'a-t-elle été qu'un épisode gigantesque et répété il est vrai, mais de durée relative-

Prof. S. Vallée de la Sarine près de Lessoc.



ment courte dans l'histoire quaternaire de la vallée. Dans tous les cas, je crois de plus en plus que le rôle principal dans la création de la vallée est dévolu à la rivière et non au glacier. Si le glacier a eu l'énormité de sa masse pour affouiller la vallée aux endroits favorables, la rivière elle, semble bien avoir eu le temps ¹⁾ et le *trog* m'apparaît beaucoup plus comme l'effort de la rivière que comme celui du glacier, depuis les observations que j'ai pu faire dans le bassin glaciaire du Rhône. Ce sera le but de recherches ultérieures, de les compléter.

Bienne, janvier 1908.

¹⁾ Voir sur l'âge approximatif de la basse terrasse ou de l'époque quaternaire: *F. Mühlberg*, Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit, p. 18 et *B. Aeberhardt*, Les gorges de la Suze, p. 28 à 30.
