

La pénéplaine de l'avant-pays alpin

Objekttyp: **Chapter**

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

Band (Jahr): **47 (1911)**

Heft 172

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

de ses niveaux avec la courbe d'érosion des vallées alpines préglaciaires, voilà la base sur laquelle repose la théorie du surcreusement, voilà l'écueil contre lequel viennent se briser toutes les objections contre la théorie du surcreusement glaciaire.

2. La pénéplaine de l'avant-pays alpin.

§ 7. *La pénéplaine de l'avant-pays alpin.*

Examinons maintenant les phénomènes sur lesquels a été basée la théorie de la pénéplaine de l'avant-pays et les phénomènes hydrographiques qui sont en relation avec cette dernière. Je me bornerai à la partie suisse de l'avant-pays et à la partie ouest des Alpes suisses, pour cette raison d'abord, que c'est dans cette région que la dite théorie a été le mieux développée, ensuite parce que là nous disposons des matériaux de Hess ; enfin j'y ai moi-même accompli des études tant cartographiques que sur le terrain.

La dénudation multiséculaire, agissant, sur les Alpes et sur l'avant-pays pendant l'époque continentale du miocène supérieur et du pliocène, a dû, avec le niveau de base de dénudation, indiqué par le développement de dépôts lacustres, amener le paysage de ces montagnes à la vieillesse, le paysage de l'avant-pays à des formes séniles. Y a-t-il eu des mouvements de l'écorce, qui aient empêché le développement de cette dénudation et quels ont été ces mouvements ? Nous n'en savons rien ; les mouvements du pliocène supérieur auxquels Brückner attribue des flexures secondaires et la position inclinée de la pénéplaine du Jura ¹ ont été limités à l'étendue de cette dernière chaîne ;

¹ Les « graviers de Sundgau » prouvent l'existence de cette pénéplaine ; l'origine centrale alpine et valaisanne de ces alluvions prouve également que le Jura, en tant que montagnes n'existait pas pendant le pliocène supérieur ; d'autre part il est certain qu'une rivière y passait, qui drainait les bassins du

et comme ils contribuaient à abaisser le niveau de dénudation pour les eaux alpines, ils devaient plutôt accélérer la formation de la pénéplaine des Alpes. Ainsi donc l'histoire de cette région ne s'oppose pas à ce principe fondamental des glacialistes. Par contre, le fait, noté par Heim¹, qu'une série de points, parmi les plus hauts du plateau suisse sont couverts d'alluvions fluvio-glaciaires, prouve qu'au moment où commença la première période glaciaire dans les Alpes, l'avant-pays n'était pas modelé par les vallées; c'était une surface de dénudation légèrement inclinée, couverte par les alluvions fluvio-glaciaires en forme de cône gigantesque et plat.

Déposées, puis de nouveau disséquées et emportées, ces alluvions et celles des phases ultérieures d'accumulation et d'érosion nous sont conservées aujourd'hui en débris relativement peu nombreux, seuls témoins de ce développement historique.

§ 8. *La position des dépôts fluvio-glaciaire comme preuve de l'existence de la pénéplaine.*

Les immenses travaux d'une série de savants ont amené à découvrir qu'il faut distinguer dans les alluvions de l'avant-pays alpin quatre surfaces, répondant aux quatre périodes glaciaires séparées par trois périodes interglaciaires. Gutzwiller², le premier, a fourni une base à cette classification; Penck et Brückner ont développé la stratigraphie des dé-

Rhin, de la Reuss, de l'Arve et du Rhône (Brückner, Penck, l. c. 479). En présence de ces faits on ne peut vraiment comprendre l'objection faite par Brückner à l'hypothèse de Lugeon sur la confluence pliocène du Rhône avec le Rhin (Penck, Brückner, l. c., p. 472).

¹ Heim : *Die Geologie der Umgebung von Zürich*. C. R. Congrès géol. intern. Lausanne, p. 190 sqq. L'âge relatif de l'Uto-Nagelfluh a été déterminé déjà par Studer. Voir : *Die Geologie der Schweiz*, 1853. T. 2, p. 366.

² Gutzwiller : *Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel*. Verh. Naturf. Ges. Basel, 1894.

pôts glaciaires pour toutes les Alpes et aujourd'hui leur point de vue est presque universellement admis. Il ne faut pas pourtant oublier les efforts et les essais tendant à prouver l'existence de cinq niveaux fluvio-glaciaires¹, ni que la théorie de Du Pasquier², au sujet de la triple glaciation compte des partisans comme Heim.

Dans la construction de cette théorie de la triple glaciation des Alpes, il y a naturellement encore certaines lacunes. Basé sur mes observations, auxquelles je suppose une importance secondaire, j'appuie en tout cas ma discussion au sujet du surcreusement sur la théorie de Penck et Brückner.

L'hypsométrie et les rapports réciproques des alluvions fluvioglaciaires doivent, d'après Penck et Brückner, prouver que la pénéplaine préglaciaire subalpine pendant l'époque glaciaire était soit complètement immobile soit animée de mouvements insensibles, en sorte que ses relations avec les Alpes à la limite des deux régions n'auraient subi aucune transformation.

§ 9. *La pente des dépôts fluvioglaciaires d'après Brückner.*

Pour arriver à une conviction indépendante en la matière, j'ai examiné toutes les observations données par Brückner et Penck³ dans leur ouvrage; je n'ai pu pour mes conclusions employer certains de ces points, parce que je n'avais pas la série complète des cartes Siegfried. Quoiqu'il en soit les résultats que j'ai obtenus concordent si bien avec les dernières conclusions de Brückner que certaines lacunes dans le contrôle sont sans importance. Sui-

¹ Mühlberg : *Der Boden von Aarau*. Festschrift. Aarau 1896. Mühlberg a accepté dans ses nouveaux travaux et cartes géologiques les principes de Penck et Brückner sur la classification du quaternaire.

² Du Pasquier : *Beiträge. z. Geol. Karte d. Schweiz* 1990. T. 31. *Über die fluvioglacialen Ablagerungen der Schweiz*.

³ Penck et Brückner, l. c. p. 401-5, 442-64.

vant l'exemple de Brückner, et pour montrer la concordance du contrôle avec ses matériaux, j'ai calculé la pente moyenne de la surface des quatre alluvions fluvioglaciaires du Plateau suisse. Voici les résultats :

	Pente en pour mille.			
	Les Terrasses		Les Couvertures ¹	
	Basses	Hautes	Basses	Hautes
Kulm-Turgi . .	2,5 ‰	5,0 ‰	4,1 ‰	4,4 ‰
Turgi-Koblenz . .	2,5	2,7	7,1	5,4
Kobl. - Rheinfelden	1,1	1,4	2,1	3,7
Rheinfelden-Bâle .	1,1	0,3	1,0 (3,5)	1,0 (3,0)

Me basant sur ces chiffres, je puis répéter les conclusions de Brückner ² : plus l'alluvion est récente, plus la pente est faible ; à chaque niveau la pente, plus grande en amont, diminue régulièrement vers l'aval. Et nous aurions des courbes presque complètement normales pour les cônes d'accumulation s'il n'y avait de trop fortes pentes dans le niveau des deux couvertures. Les alluvions qui s'étendent sur la plaine sénile doivent avoir une pente en général faible ; les différences entre l'amont et l'aval doivent être insensibles. Brückner admet théoriquement, en se basant sur l'analogie de la HC et de la BC du plateau allemand, 3 à 4 ‰ comme le maximum de pente dans la partie supérieure, 2 ‰ dans la partie inférieure, en aval de Coblenz ; par contre, pour les alluvions des terrasses qui remplissaient des vallées déjà formées, les pentes, plus grandes en amont, devraient sensiblement diminuer en aval. Partant de ce point de vue, Brückner admet pour la partie supérieure des couvertures un gauchissement résultant d'une surélévation du rebord alpin solidaire de l'ensemble des Alpes ; dans la partie inférieure un exhaussement se

¹ C'est ainsi que je rends les termes de Brückner et Penck : Niederterrassen, Hochterrassen- Schotter ; Unterer, Oberer Deckenschotter, correspondant aux quatre périodes glaciaires : Würm, Riss, Mindel et Günz. Dorénavant, j'emploierai ces termes en abréviation : BT, HT, BC, HC.

² Penck et Brückner, l. c. p. 461.

terminant en coin et disparaissant vers Coblenz. La déformation, dans la partie supérieure, serait d'environ 2 à 3 ‰ sur un profil de 40 km. de longueur, c'est-à-dire de 100 mètres en chiffres ronds ; dans la partie inférieure, elle serait d'environ 1 ‰ sur un profil de 49 km. de longueur, c'est-à-dire 50 m. en chiffres ronds. Brückner n'admet pas d'autres dislocations dans les alluvions glaciaires.

§ 10. *Les profils des alluvions fluvio-glaciaires.*

Etant donnés les rapports de pente des alluvions, les opinions tectoniques de Brückner sont complètement fondées. Il ne faut pas oublier cependant que les alluvions se sont conservées seulement dans des régions peu nombreuses, parfois très éloignées les unes des autres. Cet état de conservation des alluvions rend extrêmement difficile leur classification ; il convient donc de les examiner dans des profils détaillés concernant les principales régions ; car les pentes moyennes calculées au moyen de positions si éloignées peuvent donner un résultat accidentel. C'est ainsi que Penck a examiné la situation des alluvions sur le plateau méridional allemand, et ses nombreux profils sont une éloquente illustration de la tectonique pleistocénienne de ces régions. Brückner¹ avait de même annoncé des profils d'alluvions de l'avant-pays suisse, pour des raisons inconnues il ne les a pas exécutés.

La nécessité de s'orienter dans les détails m'a forcé à construire des profils d'alluvions glaciaires. (Voir fig. 1). Ces profils trahissent avant tout des grandes lacunes des matériaux ; ceux-ci n'autorisent pas à tirer des conclusions en ce qui concerne la forme générale des terrasses des différentes périodes glaciaires, d'autant plus que des observa-

¹ Penck et Brückner, l. c. p. 459, il est question de la planche II, qui n'existe pas dans l'ouvrage.

tions plus nombreuses en certains points des profils démontrent leur irrégularité.

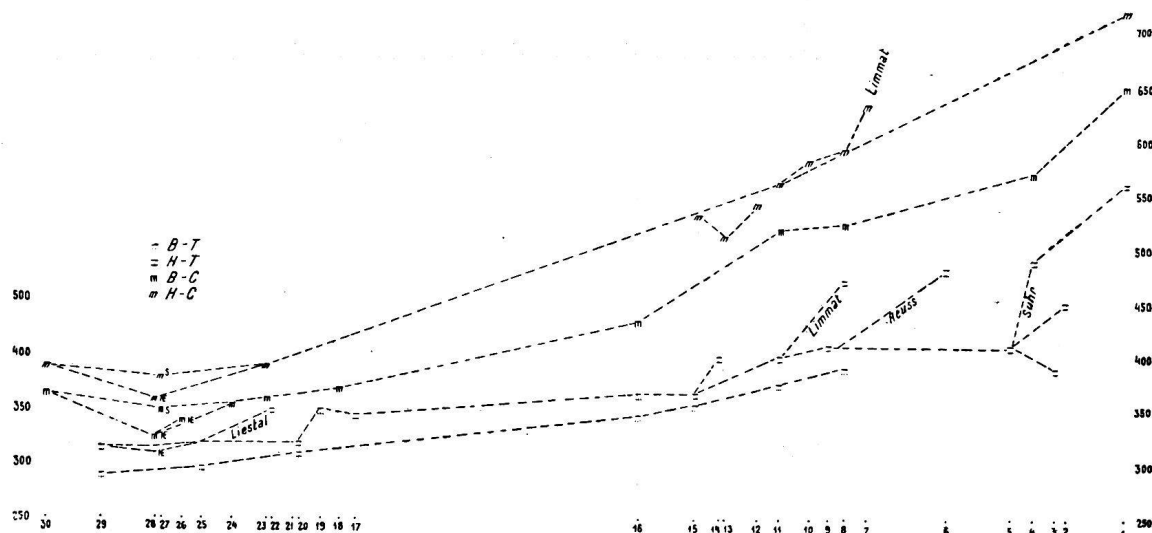


FIG. 1 — Profils des alluvions fluvioglaciales du plateau suisse occidental.
Echelle 1 : 1,000,000 pour les longueurs ; 1 : 10,000 pour les hauteurs.

- | | | | | |
|-----------------|----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 1. Oberkulm. | 7. Neuenhof. | 13. Zurzach (HC). | 19. Zeiningen. | 25. Egg. |
| 2. Hasenberg. | 8. Baden. | 14. Tegernfelden. | 20. Riedmatt. | 26. Lörrach. |
| 3. Schönenwerd. | 9. Uniken. | 15. Radelberg (HC). | 21. Mölin SW. | 27. Bruderholz. |
| 4. Suhr. | 10. Kirchdorf. | 16. Gr. Döltingen (BT, HT). | 22. Liestal. | 28. Riehen. |
| 5. Aarau. | 11. Brugg. | 17. Koblenz. | 23. Rheinfelden. | Grenzach. |
| 6. Rohrdorf. | 12. Reckingen. | 18. O. Wallbach. | 24. Giebenach. | 29. Basel. |
| | | 18. Schwörstadt. | | 30. Wenzueiler. |

Les profils de la fig. 1 montrent que seule la BT suit un cours normal ; il est donc certain que la BT, d'après ces observations, n'est pas disloquée. Cette régularité disparaît pourtant complètement dans le profil de la HT.

§ 11. *Arguments en faveur de la dislocation de la HT.*

Les dislocations des terrasses BC et HC étant universellement admises et constatées par les glacialistes, je les éliminerai de la discussion. Ayant admis cependant la déformation de la BC et de la HC, il est difficile de ne pas remarquer que la surface de ces vieilles couvertures et la forme de la HT ont de nombreux traits communs. De même que la BC, que je prends comme point de comparaison à cause de sa fréquence, la HT, dans la partie supérieure, a aussi trois courbures : escarpée dans la partie supérieure, elle est presque horizontale au milieu, après quoi, dans la partie inférieure, elle est de nouveau fort inclinée. Ces courbures de la HT sont illustrées par les pentes suivantes d'amont en aval :

Oberkurm-Aarau 14,3 0/0

Aarau-Tegerfelden 0,4 0/0

Tegerfelden-Koblenz 80 0/0

Ces courbures de la haute terrasse sont selon toute probabilité d'origine tectonique. Sans compter que, dans ces endroits où nous n'avons pas affaire à des cônes de transition, qui se déposent à l'extérieur de l'arc des moraines frontales, l'inclinaison en amont d'Aarau (Aarau-Suhr), atteint 40 0/0 ; elle dépasse donc de deux fois la limite absolue des cônes de transition, définie par Penck¹.

Brückner était complètement conscient de cette anomalie. Il l'explique par ce fait que, dans la région d'Aarau, nous avons affaire à une surface de la HT fortement

¹ Penck et Brückner, l. c. p. 404.

érodée par le glacier de l'époque du Würm¹; cette explication n'élimine aucunement les doutes. Le fait que les alluvions de la HT ne dépasse nulle part 55 m. d'épaisseur², lié à cet autre fait que dans la région d'Aarau, dans un rayon maximum de 4 km., les différences de niveau de la HT atteignent 100 m. doit être considéré comme un argument certain pour l'origine tectonique de cette anomalie dans la forme de la HT.

La direction, et même, jusqu'à un certain point, les dimensions des mouvements de la HT peuvent être calculées approximativement. Partout où existent des traces de la HT dans les affluents de l'Aar, ils ont toujours une pente rapide vers la vallée de l'Aar; ainsi que je l'ai dit plus haut, la HT de la vallée de la Suhr tombe vers la HT de l'Aar avec une pente de 14 ‰; la HT de la vallée de la Reuss a, à son embouchure, 7 ‰; la HT de la vallée de la Limmat a 12 ‰ de pente (voir figure 1). On s'assure que ces pentes ne sont nullement primitives, si l'on remarque que la vallée de l'Aar, sur une assez grande distance, au cours de laquelle la rivière reçoit ses principaux affluents, la HT a à peine de légères traces de pente, 0.4 ‰, et qu'à partir de Schönenwerd en aval, elle est même en contre-pente. Ce qui me confirme dans l'opinion qu'il s'agit d'un phénomène tectonique, c'est la concordance des lignes de flexure de la HT avec les flexures, dont certains fragments se sont conservés dans les formes des couvertures.

La BC présente une forte inclinaison dans la vallée de la Suhr, immédiatement en amont de sa confluence avec l'Aar; dans la HC il y a des flexures visibles aux environs de Surzach sur la ligne qui prolonge le talweg de l'Aar vers la vallée du Rhin. La vallée de l'Aar est donc courbée tectoniquement et s'il est vraisemblable que cette

¹ Penck, Brückner, l. c. p. 446.

² Penck, Brückner, l. c. p. 461.

dislocation ait commencée dans la plus ancienne période interglaciaire, il est encore plus certain que ces mouvements se sont répétés plus tard et au moins jusqu'à la III^e période interglaciaire (Riss-Wurm). Je ne parle pas ici que d'une courbure relative; je n'essaye pas momentanément de déterminer si la vallée de l'Aar a été abaissée absolument ou relativement par la surélévation du plateau suisse; il est évident que les deux mouvements pourraient agir concurremment.

De la configuration de la HT dans la vallée de l'Aar et de ses affluents on peut conclure que sa dénivellation accomplie dans la III^e période interglaciaire ou peut-être plus tard¹ a atteint au moins 70-80 m.

En aval de Coblenz il n'y a nulle part de restes d'alluvions fluvioglaciaires aussi abondants que dans la région du grand éventail des affluents de l'Aar. Néanmoins les rares traces entre Rheinfelden et Bâle donnent l'idée que dans cette région il y a eu des mouvements pléistocènes. A vrai dire les traces de ces mouvements apparaissent plus clairement dans le niveau des couvertures. J'expliquerais tout aussi volontiers par des dislocations les pentes rapides de la HT dans la région de Mölin et dans la vallée de l'Ergolz. Pour apprécier la vraisemblance de cette hypothèse, il convient de remarquer le contraste qui existe entre la pente très douce de 1 ‰ à peine sur une distance de 15 km. Coblenz-Ober Wallbach et l'inclinaison soudaine sur le champ de Mölin, inclinaison qui est de 15 ‰. Brückner² voit ici des traces du cône de transition du glacier

¹ Les profils de la BT ont un cours complètement normal. En amont de Brugg, Brückner ne donne plus de détails caractérisant sa position; il rappelle pourtant que, dans les environs d'Aarau (Schönenwerd), la BT se trouve exactement au niveau de la HT, à la hauteur de 390 m. Si nous prolongeons la pente de la BT Coblenz-Turgi (3 ‰) vers Aarau, nous constaterons que sa hauteur primitive était là au moins de 450 m., elle se trouve en réalité à 60 m. (!) plus bas. C'est, à la vérité, dans les documents de Brückner, la seule preuve des dislocations postérieures à la BT.

² Penck, Brückner, l. c. p. 450.

du Riss et explique ainsi la forte pente de la HT. D'autres faits, cités par Brückner lui-même, protestent contre cette explication. D'après ce savant, le glacier du Riss avait deux langues, l'une dans la vallée du Rhin, l'autre, venue des glaciers qui couvraient les hauteurs du Jura, coulait par la vallée de l'Ergolz. Il est donc compréhensible que le cône de transition d'un glacier plus grand glissant sur le fond plat de la langue du Rhin ait été beaucoup plus doucement incliné que le cône du glacier de l'Ergolz. Il en est pourtant tout autrement. Le cône du Rhin est incliné de 15 ‰, le cône de l'Ergolz à peine de 5 ‰. D'ailleurs il ne manque pas, dans la marche de la HT de cette région, de contre-pentes et autres anomalies qui ne peuvent s'expliquer que par un mouvement tectonique.

Dans les raisonnements précédents il ne me reste qu'un seul doute. Les dimensions des mouvements de la HT semblent, dans les profils, être plus grands que les mouvements des couvertures. Pour expliquer ce phénomène, il faudrait admettre que les mouvements des couvertures ont agi dans un autre sens que les mouvements des terrasses, ou bien que, soit dans les matériaux, soit dans leur classification, certaines observations ou certains points de vue ne répondent pas à l'état de choses réel.

§ 12. *Objections contre la classification des alluvions fluvioglaciales par Brückner.*

A mon avis, même cette dernière supposition n'est pas complètement invraisemblable. Les grandes divergences entre la classification des alluvions de Brückner et l'opinion des plus grands savants et des créateurs de la classification de dépôts fluvioglaciaux peut faire douter de la valeur des principes de Brückner. Je citerai quelques exemples.

Dans la région de Rheinfelden deux savants tels que

Gutzwiller et Du Pasquier¹ ont compris certaines alluvions (à Schwörstadt et Giebenach) dans le niveau de la HT. Par le seul fait que la base de l'un de ces dépôts se trouve au niveau de la HT, Brückner l'attribue à la BC et cela dans un territoire où les différences de niveau de la surface de la HT atteignent 30 m., et où les pentes de la HT atteignent 15 ‰. Par contre la pente entre les points de Gutzwiller et de Du Pasquier jusqu'au niveau le plus bas de la HT est de 10-13 ‰; elle est donc dans les limites des formes de la haute terrasse que Brückner a été obligé d'avouer.

Aux environs de Brugg se trouve tout une série de lambeaux alluviaux. Du Pasquier les considérait comme faisant partie d'un seul système. Brückner², à cause des différences de hauteur qui atteignent plus de 100 m., proteste et les rapporte aux deux niveaux des couvertures. L'argument de Brückner, basé sur la trop grande différence de hauteur, ne peut être appliqué, surtout dans le niveau des couvertures, au sujet desquelles ce savant avoue lui-même qu'elles sont disloquées; le fait d'une trop grande épaisseur des alluvions ne peut également entrer en ligne de compte puisque, pour les alluvions de la HT, on a réussi, en se basant sur les documents de Brückner, à constater dans la région d'Aarau une épaisseur de 100 m. C'est sur ce fait d'ailleurs, en relation avec d'autres, que j'ai basé ma thèse de la perturbation tectonique de la HT.

§ 13. *Dislocations quaternaires dans la région du lac de Zurich.*

Avec ces mêmes arguments Brückner a combattu les théories de Heim et d'Aeppli en ce qui concerne les fortes flexures des couvertures dans la région du lac de Zurich,

¹ Brückner, Penck, l. c., p. 451, 452.

² Penck, Brückner, l. c., p. 444.

dans les vallées de la Lorze, de la Sihl et sur l'arête de l'Uetliberg¹. Dans l'analyse que Brückner a faite des alluvions du plateau de Menzingen qui s'élève entre les lacs de Zoug et de Zurich apparaît surtout la méthode hypsométrique. Les alluvions des environs de Baarburg et d'Oberkellenholz sont de 60-80 m. plus hautes que les alluvions des vallées voisines de la Lorze et de la Sihl ; elles doivent donc être plus anciennes selon Brückner. L'état de décomposition et de cimentation des alluvions n'est pas ici, pour Brückner, du tout décisif ; cependant l'inclinaison des dépôts fluvio-glaciaires, soutenue par Aeppli et Heim contredit Brückner directement. D'autre part, la négation de Brückner ne trouve pas d'appui suffisant dans les propres documents de ce savant. Tout en comptant avec la possibilité d'une dénudation postérieure, j'ai choisi parmi les points alluviaux du bord de la Lorze, donnés par Brückner, les niveaux les plus hauts dans les parties des profils où il existe des observations pour les deux côtés de la vallée. Par ce moyen j'ai obtenu le profil suivant des alluvions de la Lorze d'amont en aval :

				2,5-		
Distance	0	1,2	2,0	2,7	3,0	3,6 km.
Hauteur de la surface	671	621	620	620	625	625 m.
Pente	42 ‰		0	-17 ‰	0	0

La contre-pente existe donc sans aucun doute et il n'est pas inadmissible qu'elle existe même à un plus haut degré que ne l'indique le profil ci-dessus, étant donné que sur la distance de 2,2 à 2,5 km. il se trouve des niveaux d'alluvions de 605-610 m. qui n'ont pas été introduits dans le profil, uniquement à cause du manque d'observations pour les deux côtés de la vallée. Un phénomène de contre-pente analogue existe dans les alluvions de la vallée de la Sihl. Brückner cite ces points et pense que cette anomalie peut

¹ Penck, Brückner, l. c., p. 506-515.

s'expliquer peut-être par une faible érosion glaciaire (6-7 mètres). Je ne puis partager cette opinion. Dans la vallée de la Lorze, sur une distance de 1,6 km. la contre-pente est au moins de 5-20 m.; dans la vallée de la Sihl, les alluvions ont, sur une distance de 1,8 km., 10 m. de contre-pente; en admettant comme pente primitive 5 ‰, nous obtenons les dimensions de l'érosion ou de la perturbation tectonique : 15-20 m. et peut-être jusqu'à 30 m.. D'autres faits encore prouvent que les alluvions de la Lorze et par conséquent celles de la Sihl ont subi des perturbations; les alluvions de la Lorze ont dans leur partie supérieure, sur une distance de 1 km. une pente plus grande que 40 ‰¹; et cette pente dépasse de beaucoup la limite de la pente des cônes de transition d'après Penck²; c'est une pente qui a obligé Brückner³ à séparer une partie du profil d'Aeppli en deux niveaux d'âge différent.

Les alluvions du plateau de Menzingen ont, sans aucun doute, subi des dislocations; je considère ce fait comme prouvé d'après les documents de Brückner et de Penck et l'application de leur criterium. Si la deuxième partie de la thèse de Brückner, d'après laquelle les alluvions de la Lorze et de la Sihl proviennent de la période du Würm, résiste aux objections de Heim et d'Aeppli, c'est que nous avons affaire à des mouvements très jeunes, à des mouvements simultanés de la BT.

§ 14. *Le principe de la continuité de la pente des dépôts fluvio-glaciaire n'est pas fondé.*

Ce seul fait, résultant des travaux de Brückner, que les dépôts fluvio-glaciaires, au moins jusqu'au niveau de la

¹ Une pente semblable (30 ‰) existe aussi dans les alluvions au-dessus de la Lorze entre Bodenrisi et Sennweid. V. Penck, Brückner, l. c., p. 510.

² Penck, Brückner, l. c., p. 404.

³ Penck, Brückner, l. c., p. 514.

HT compris, ont été mis hors de leur position primitive, n'autorisait dans aucun cas la classification des alluvions fluvio-glaciaires d'après un principe hypsométrique. L'application de cette méthode a amené, comme je suppose, certaines erreurs de classification. Au-dessus des systèmes d'alluvions, à pente concordante, on a obtenu dans la région des couvertures une série de lambeaux alluviaux, échelonnés çà et là aux niveaux les plus divers; et ce n'est qu'en admettant des mouvements très compliqués qu'on a évité la nécessité d'admettre plus de quatre périodes glaciaires constatées ailleurs. Il en a été ainsi dans la région de Bâle et d'Eglisau ¹.

Le principe a priori posé par Brückner, que les alluvions fluvio-glaciaires ne sont pas déplacées de leurs positions primitives, ce principe, dis-je, développé logiquement, conduit à deux résultats qui sont presque incontestablement faux. En classant les alluvions selon qu'elles ont ou n'ont pas une pente, les alluvions plus récentes des niveaux inférieurs étaient comprises, dans la classification de Brückner, parmi les niveaux supérieurs et les alluvions supérieures pouvaient et devaient même être estimées plus récentes. D'autre part, en posant ce principe de classification on a obtenu, dans les niveaux supérieurs, un système tectonique extrêmement compliqué. Ce système donne probablement une fausse idée de l'âge et de la direction des mouvements; il doit aussi présenter faussement les dimensions des mouvements. Non seulement les parties surélevées de la HT ont probablement pris place, dans la classification de Brückner, parmi les niveaux des couvertures, mais ce qui est pire pour l'estimation de la dimension des mouvements, les synclinaux des couvertures pouvaient prendre place dans les niveaux de la HT.

La méthode de classification des alluvions de Brückner

¹ Penck, Brückner, l. c.; p. 455 sqq., 404 sqq.

n'est pas sans reproche. L'analyse des documents de Brückner a amené à ce résultat que les mouvements pléistocènes agissaient dans le plateau suisse au moins jusqu'à la période qui précède la BT; enfin elle a permis de supposer que les dimensions des mouvements pléistocènes sont sensiblement plus grandes que ne l'a admis Brückner pour les deux couvertures.

Cela étant, l'existence d'une plaine préglaciaire si faiblement disloquée pour qu'on puisse y relier les niveaux préglaciaires des vallées alpines, comme le fait Brückner est fortement invraisemblable. Et pourtant il est nécessaire de soumettre à un rigoureux contrôle, dans toutes ses directions, la théorie du surcreusement pour acquérir une pleine certitude sur la question de savoir si l'on peut ou non chercher la vérité dans cette voie.

§ 15. *Les arguments de Brückner en faveur de la pénéplaine dans la morphologie du Vorland.*

Brückner figure la dite plaine subalpine comme une surface appuyée sur des points extérieurs, subjurassiens, les plus bas de la plaine inclinée à partir des Alpes avec une pente de 8 ‰. Au-dessus de la plaine ainsi conçue émerge, dans sa partie extérieure un seul « monadnock », la Lägern (867 m.), et près de la limite intérieure vers les Alpes une série de surélévations de la molasse comme le Hörnli (1136 m.), le Napf (1411 m.). Il convient sans doute d'y ajouter le Gibloux (1212 m.), oublié par Brückner. Toutes les autres élévations du plateau molassique touchent tout au plus la dite plaine inclinée de 8 ‰. Ailleurs Brückner remarque que cette plaine, inclinée de 10 à 12 ‰ dans la région alpine, est de plus en plus doucement penchée à l'extérieur, jusqu'à 6 ‰. La pente primitive de la plaine ne pouvait dépasser 3-4 ‰ comme nous l'apprennent les relations de la morphologie préglaciaire des Alpes

orientales et comme en témoigne la plaine de l'Amérique du Nord au pied oriental des Cordillères; par conséquent les relations conservées dans les débris de la pénéplaine suisse prouvent que dans le pléistocène supérieur, avant la deuxième période interglaciaire, cette surface a été surélevée obliquement de telle façon que la pente des Alpes vers l'extérieur a été augmentée. Il ne peut être question d'un renversement quelconque des pentes ¹.

En réunissant les points extérieurs et intérieurs de la plaine indiqués par Brückner nous obtenons en effet une parfaite confirmation de ces théories. J'ai exécuté le tableau suivant, complétant ainsi une lacune des travaux de Brückner :

Point extérieur.	Point intérieur.	Pente.	Distance entre les points.
Irchel (670) sur le Rhin	Env. de Bauma (927)	9 ‰	29 km
Brugg (560) emb. de la Limmat . .	Aegeri (1000) Zuger- berg	10	46
Kulm (720) sur la Suhr :	Zugerberg (1044) . .	8	42
Born (727) env. d'Olten	977 au pied du Napf . .	8	31
Bucher Berg (671) Berne	1098 au N. de Eggiwil . .	12	36
Frienisberg (845) au NW de Berne	Gurnigel (1159) . .	10	30
Au SW de Payerne (727)	Mont Pèlerin (1084) . .	11	33
Mont de Boisy (735) env. de Douvaine	988 env. de Thollon . .	9	27

§ 16. *Les dislocations de la pénéplaine du Vorland.*

Pourtant, d'après l'examen des points intermédiaires des profils ci-dessus et même en se servant exclusivement des matériaux présentés par Brückner, des doutes graves s'élèvent immédiatement. Une telle plaine normalement inclinée existe-t-elle? Et tout d'abord sa pente, plus rapide vers les Alpes et plus douce vers l'extérieur, répond-elle à la réalité des choses?

Brückner lui-même a élevé un doute semblable. Ainsi à partir de Heitersberg jusqu'à la crête de l'Utliberg la pé-

¹ Penck, Brückner, l. t., p. 469-74.

néplaine préglaciaire se relève avec une pente de 14 ‰ ; plus loin, vers l'amont, cette surface est certainement en contre-pente, légère il est vrai. Brückner, pour expliquer la pente de 14 ‰ admet une dislocation locale ¹. Voici comment se présente, au moyen des chiffres dont je dispose, le profil Brügg-Aegeri que Brückner prétend être dû à une dislocation.

Brugg- Kreuzliberg.	Kreuzliberg- Utliberg.	Utliberg Albishorn.	Albishorn- Aegeri.
Pente 4	14	2	7 ‰

Cependant d'autres profils, tracés par les points de culminations et les lignes de faite du plateau suisse ont une allure semblable.

Ainsi dans le profil Irchel-Bauma nous distinguons :

Irchel-Schauenberg	Schauenberg-Bauma
Pente 10 ‰	4 ‰

Dans le profil Frienisberg-Gurnigel nous distinguons :

Frienisberg- Oberbalm (984)	Oberbalm- Giebelegg	Giebelegg- Gurnigel
Pente 8 ‰	18 ‰	7 ‰

Dans le profil Bucherberg-Eggiwil nous distinguons :

Bucherberg- Bantiger Hubel	Bant. Hubel- 1033 ad Arni	Arni- Eggiwil
Pente 17 ‰	5 ‰	6 ‰

Par contre, dans la région située entre la Suhr et la Limmat, par conséquent dans les environs du profil Kulm-Zugerberg on peut constater les faits suivants : de Born (724) jusqu'à Olten et Kulm, la pénélaine n'a aucune pente, de Kulm vers Heitersberg d'une part et vers Lindenberg près Muri (au N. du lac de Zug) la pénélaine s'élève avec une forte pente de 14-15 ‰, après quoi la pente diminue brusquement vers Zugerberg 6 ‰.

Après l'examen de ces profils, le tableau de la pénélaine de Brückner acquiert des traits fondamentaux tout à fait différents. La pente augmente non du côté des Alpes

¹ Penck, Brückner, l. c., p. 471, 512.

comme le soutient Brückner, mais elle atteint ses plus grandes valeurs sur le bord extérieur de la plaine ; à l'intérieur elle s'affaiblit et cause une discordance de pente au contact avec les profils des vallées alpines. Le trait que Brückner considère comme exceptionnel dans le profil Brugg-Aegeri devient un trait presque général. La surface préglaciaire est, dans la région du plateau, bouleversée ; elle est même affaissée sur le bord des Alpes ; tout accord entre son profil et celui des vallées alpines est exclu. Ce résultat est d'autant plus certain qu'en suivant la position des différents dépôts fluvio-glaciaires du plateau, j'y constate les perturbations les plus notables justement à l'endroit où leur profil, pénétrant dans la vallée de l'Aare, coupait le rebord extérieur. Tout le plateau a été déplacé obliquement et en tout cas surélevé, non pas des Alpes vers l'extérieur mais au contraire de l'extérieur vers les Alpes.

§ 17. *Les pentes moyennes ne déterminent pas la forme de la pénéplaine.*

Bien qu'ayant une grande confiance dans ce résultat principal en ce qui concerne les dislocations du plateau suisse, j'ai conscience de ne pas pouvoir expliquer par cette méthode les détails des dimensions et du cours des perturbations tectoniques ; d'autre part je me permettrai de remarquer que les résultats, même très séduisants, acquis par cette méthode peuvent ne pas dévoiler la vérité, mais l'obscurcir au contraire et rendre plus difficiles les recherches ultérieures. Pouvait-on supposer, en examinant le tableau des profils du plateau suisse, tous harmonieusement inclinés de 9 au 10 ‰, qu'il existât différents types de développement de ces profils. Et pourtant nous avons là trois types au moins. Le premier, le plus fréquent, est le type des profils surélevés à la limite extérieure, affaissés à la limite intérieure de la plaine. Le profil du Napf pré-

sente une excellente courbe d'érosion avec des pentes croissantes vers l'amont : 1·7, 6·0, 37·4, 75·6 ; avec cette circonstance que la pente faible de 1-2 % englobe près de 2/3 du profil : enfin les profils de la région du Léman.

§ 18. *Les culminations de la molasse et des Hautes-Alpes ne forment-elles pas une pénéplaine ?*

Et pourtant la concordance de valeur des pentes moyennes du plateau est frappante ; elle amène involontairement la question suivante : les points extrêmes de chacun des profils présentent-ils une analogie morphologique ? Était-il permis de les lier entre eux ? La concordance des pentes n'est-elle pas accidentelle ? Cette hypothèse est vraisemblable. En établissant la synthèse de la plaine du pléistocène ancien, Brückner unissait les points extérieurs avec des points de la molasse choisis jusqu'à un certain point arbitrairement. Brückner, pour le choix des points, se base sur le fait que certaines parties de la molasse, grâce à une plus grande résistance de la Nagelfluh, auraient résisté à la dénudation et se dresseraient au-dessus de la plaine comme le mur de la Lägern.

Si pourtant nous écartions, dans le choix des points, cet arbitraire basé sur une hypothèse, et si formulant une autre hypothèse, nous prolongions la ligne des profils jusqu'aux points les plus hauts d'une ligne tectonique, l'axe anticlinal de la molasse, si enfin nous les prolongions jusqu'aux points les plus élevés des Hautes-Alpes calcaires helvétiques, nous obtiendrions, pour les pentes moyennes, deux séries de profils dont les points inférieurs correspondent à la surface préglaciaire à la limite extérieure du plateau suisse. Voici les résultats :

1. Points extérieurs.

Irchel	Brugg	Born	Bucherbg	Frienisbg	Payerne	Douvaine
670	560	724	671	845	727	735

II. Les culminations de la molasse.

	Speer 1956	Rigi 1800	Baucheln 1771	Honegg 1549	Gurnigel 1160	Pélerin 1084	Pélerin 1084
Pente entre II et I	23 ‰	23 ‰	21 ‰	20 ‰	10 ‰	11 ‰	9 ‰

III. Culminations des Hautes-Alpes.

	Glärnisch 2931	Tödi 3623	Titlis 3239	Schwarz- horn 2930	Wild- strubel 3251	Diable- rets 3246	Dent du Midi 3260
Pente entre III et I	34 ‰	34 ‰	35 ‰	33 ‰	34 ‰	48 ‰	56 ‰

Ces pentes sont si parfaitement normales qu'il est difficile de résister au désir d'en faire la synthèse ; et pourtant au moment où nous voudrions préciser ce que ces plaines inclinées, conservées en des points isolés des sommets alpins, nous apprennent de l'histoire des Alpes, nous nous sentons impuissants. La pénélaine du plateau suisse déduite par Brückner est-elle appuyée sur des bases plus solides ? Je crois que non, car le seul fait qui parle en sa faveur c'est qu'il est plus facile de s'imaginer une pénélaine dans un pays où les différences de hauteur sont médiocres que dans une région déchiquetée avec des différences de 2000 m, de hauteur relative. La méthode est la même ; elle nous donne un certain résultat, répondant peut-être à la réalité, mais qui élimine et cache le processus qui a conduit à l'état morphologique donné ; c'est une méthode qui, comme toute moyenne arithmétique, donne un résultat souvent fictif, ne représentant pas nécessairement un état ou une forme prépondérante. Il en est de même avec la pénélaine du plateau suisse. En moyenne arithmétique, elle présente un plan incliné vers l'extérieur des Alpes. Brückner a accentué ce fait ; et pourtant la caractéristique la plus intéressante de cette surface est justement sa rupture de pente et sa flexure.

§ 19. *Plaine haut-alpine et la structure en nappes.*

Revenons pour un moment à cette harmonie des pentes de notre plaine haut-alpine hypothétique, dont la forte

inclinaison nous suggère l'idée d'immenses dislocations. Nous ne savons rien sur l'histoire de ces mouvements, ni sur leur direction ou leur grandeur; il est certain qu'à l'ouest de l'Aare ils avaient une autre direction. Le pied des Alpes était affaissé, enfoncé. Les hautes Alpes helvétiques et les Préalpes lépontiques s'écoulèrent probablement en plus grande masse et avec plus de puissance entre les anciens massifs. C'est ainsi que j'essaierai d'expliquer l'augmentation de la pente depuis la Dent du Midi et les Diablerets jusqu'au rebord préglaciaire. D'autre part la douceur de la pente entre le bord du plateau et les points culminants de la molasse nous oblige à rechercher la cause de ce phénomène. Or il est extrêmement probable que la douceur de la pente entre les points culminants de la molasse et le bord du plateau a été produite d'une part par un affaissement relativement plus fort dans la molasse qu'au bord extérieur du plateau, et d'autre part par la surélévation subséquante du bord du plateau. Eu égard à ces idées morphogénétiques, la théorie de Schardt¹ sur la genèse des lacs subjurassiens devient beaucoup plus claire. Tout le territoire à l'ouest de l'Aare dans la direction du lac Léman s'est fortement enfoncé et a été plusieurs fois disloqué ensuite, pendant le pleistocène.

§ 20. *Le niveau interglaciaire Mindel-Riss
n'est pas suffisamment établi.*

A part la plaine préglaciaire qui, dans la construction de la théorie du surcreusement joue le rôle de fondement, Brückner a admis que dans la région des Alpes et du plateau suisse un seul et unique niveau de vallée devait s'être formé pendant la période interglaciaire Mindel-Riss. Re-

¹ Schardt: Sur l'origine des lacs du pied du Jura suisse. *Arch. des sc. ph. et nat.* Genève 1898.

Note complémentaire. *Bull. de la Soc. neuchâteloise* 1906.

connu quant à son âge, constaté à une hauteur convenable dans les vallées des Alpes suisses et surtout dans le réseau du Rhône, ce niveau, qui apparaît plus ou moins distinctement sur l'étendue du plateau, a rendu plausible la conclusion que la période Mindel-Riss aussi bien par sa durée que par le développement simultané de forces tectoniques joue un rôle primordial dans l'évolution du pléistocène alpin.

Les arguments de Brückner en ce qui concerne le niveau de vallée de la période interglaciaire Mindel-Riss ne sont pas convaincants.

Ainsi, en se basant sur les niveaux des gradins de confluence, des débris de terrasses et des monticules isolés dans la vallée du lac de Zurich, Brückner a tracé des profils longitudinaux et transversaux de l'ancienne vallée. Il y avait là un vaste champ laissé à l'hypothèse, surtout dans la détermination du niveau de l'axe de l'ancienne vallée. Le manque de connaissance du terrain nous oblige à accepter au sens littéral les résultats de Brückner. L'ancien niveau de cette vallée se trouvait dans la partie supérieure du lac, dans la région des montagnes « insulaires » du Buchberg, à la hauteur de 620-630 m.; aux environs de Zurich il s'élevait à 30-50 m. au-dessus du niveau du lac actuel, donc en chiffres ronds 450 m.

Admettant plus loin, vers Baden, une pente de 4‰ pour la vallée, Brückner en conclut que ce niveau s'accorde exactement avec la base de la haute terrasse (HT) que, par conséquent, il s'est formé avant l'invasion des glaciers de la période du Riss et après le recul des glaciers du Mindel, c'est-à-dire pendant la deuxième période interglaciaire¹.

Les observations de Brückner ne peuvent cependant se concilier en aucune façon avec cette conclusion. Brückner

¹ Penck, Brückner *loc. cit.* p. 515 sqq.

donne pour les environs de Baden¹ les niveaux suivants. La surface supérieure de la HC dans les environs de Siggenberg se trouve à hauteur de 590 m., sa base est à 565 m. la BC dans les environs de Kreuzberg et Tannwald a sa surface supérieure à 523 m. et sa base à 488 m. ; la surface supérieure de la HT à l'ouest de Baden (vers Munzlishausen et à Siggenberg) est à 470 m. et la surface de la BT à Baden est à 388 m. ; en admettant, pour l'épaisseur des alluvions de la terrasse, 40 m, d'après Brückner, nous obtenons pour leur base : HT 430 m., BT 348 m.

Comme le niveau de l'ancienne vallée de Zurich est de 625 m. au Buchberg et de 450 m. à Zurich, et que sa pente de là vers Baden est de 4⁰/₀₀, son niveau à Baden, à 21 km. de Zurich, devait être situé à une hauteur de 366 m. En admettant, non sans réserves résultant de la discussion, le principe de Brückner sur la stabilité des dépôts du pléistocène supérieur, nous constatons que la vieille vallée de Zurich, située à près de 70 m. plus bas que la base de la HT, se trouve presque au niveau de la BT ; elle est donc le produit non de la II^{me} mais de la III^{me} période interglaciaire (Riss-Würm).

Je n'attache pas trop d'importance à ce résultat², basé qu'il est sur une série d'hypothèses et de principes ; sa valeur consiste en ce qu'il illustre la méthode de Brückner. L'interprétation des faits par Brückner l'a conduit au résultat que le niveau de l'ancienne vallée de Zurich se trouve à la hauteur de la base de la HT. Comme cette ancienne vallée se trouve à 250-300 m. au-dessous de la plaine préglaciaire, partout où Brückner a trouvé, soit dans la vallée de la Reuss, soit dans la vallée du Rhône, d'anciens

¹ Penck, Brückner *loc. cit.* p. 442-448.

² Il est cependant intéressant de constater que l'analyse des anciens niveaux dans la vallée du Rhône a conduit Hess aux mêmes résultats ; cet auteur a pour le niveau inférieur de Brückner, également accepté l'âge de la III^e période interglaciaire (Riss-Würm) Hess. *Alte Talböden. Z. f. Gletscherkunde.* II, p. 330.

niveaux de vallées présentant une différence de hauteur de 250-300 m. avec la plaine préglaciaire, il les a, en dépit du manque de données, comptées parmi les produits de la II^{me} période interglaciaire.

Tels sont les fondements de la théorie au moyen de laquelle Brückner a repoussé les résultats connus de Hess. Cette théorie, jointe à l'hypothèse sur la stabilité de l'écorce pendant le pléistocène supérieur et l'unilatéralité des mouvements pendant le pléistocène ancien devait détruire les nombreuses théories qui essaient d'expliquer par des mouvements de l'écorce au moins une partie des formes du paysage glaciaire.

§ 21. *Résumé de la théorie de Brückner.*

L'analyse détaillée des méthodes et des résultats de Brückner a conduit aux conclusions suivantes :

La position des alluvions glaciaires d'un côté et l'hypsométrie de l'autre prouve que cette plaine est disloquée. On a pu suivre cette période de dislocation en toute certitude au moins jusqu'au moment précédant le dépôt de la BT, qui provenait de la dernière glaciation. Les surfaces disloquées étaient inclinées aussi bien vers le bord extérieur que vers le bord intérieur du plateau suisse. La constatation de la valeur et de la chronologie de ces dislocations a été fortement obscurcie par le principe de la continuité de pente des alluvions fluvio-glaciaires. Les résultats de Brückner ne sont propres à donner une idée de la tectonique pléistocène de l'avant-pays.

Le fondement pour la classification des formes de vallées alpines est encore plus faible. Ainsi toute la théorie sur le fond préglaciaire et interglaciaire Mindel-Riss des vallées alpines est basée sur une fausse interprétation des formes dans les environs du lac de Zurich.