

Les anciens réseaux fluviaux du Rhône : les phénomènes de capture

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.

point de comparaison non les gradins sans confluence (souvent hauts de 4 à 500 m.) mais les verrous et les bosses en général moins élevés (Kirchet, Saint-Maurice).

Pourtant ces gradins hors de confluence que l'on peut classer presque tous dans la cinquième catégorie des gradins de Brückner ne sont pas un phénomène exceptionnel, mais au contraire dominant. Dans le haut bassin du Rhône sur 51 gradins de confluence qui ont été l'objet de la discussion précédente plus de 60 sont des gradins hors de confluence.

La solution du problème du paysage glaciaire n'est pas dans le phénomène des gradins de confluence. Tous les gradins des vallées glaciaires présentent un groupe un et indivisible de phénomènes plus ou moins indépendants du développement et des dimensions de la glaciation.

IV. Les anciens réseaux fluviaux du Rhône.

Les phénomènes de capture.

§ 36. Notions générales sur l'auge double et quadruple.

Les travaux de Hess ont jeté beaucoup de lumière sur l'essence même de la genèse des gradins. J'ai déjà eu l'occasion (§ 4-6) d'indiquer dans le premier chapitre de cette étude les résultats des recherches de ce savant ainsi que les objections qui lui ont été faites par les glacialistes. Ces objections, comme nous avons eu l'occasion de le prouver n'ont pas de base assez solide. La différence chronologique des niveaux de Hess et de Brückner n'a aucune importance essentielle étant donné que cette chronologie de Brückner est contestable. Et ceci aussi bien pour les débris des vallées de la période interglaciaire prétendue Mindel-Riss, que pour les fonds des vallées préglaciaires dont l'âge préglaciaire n'a pas été prouvé d'une façon absolue.

Quant à la continuité de la pente de ce niveau vers la surface préglaciaire du Vorland alpin, elle est plutôt mise en doute.

Ceci dit, nous voyons nettement que la notion de l'auge simple ou double, la chronologie de l'évolution des vallées de Penck et de Brückner, théorie à laquelle on peut faire le plus d'objections justement en se basant sur les faits qui lui ont servi de fondement, nous voyons, dis-je, que cette théorie devient parallèle à l'hypothèse de l'évolution des vallées glaciaires de Hess et à la notion de son auge quadruple.

Le fait même que les nombreuses observations de Brückner, qui ont servi de base à ce savant pour émettre sa théorie de l'évolution des vallées glaciaires, rentrent in extenso dans l'interprétation des faits par Hess est un argument sérieux en faveur de cette interprétation et de la théorie qui en résulte. Brückner distingue comme on le sait dans la vallée du lac de Zürich deux anciens niveaux dont l'un se serait formé avant l'époque glaciaire, et le deuxième pendant la seconde période interglaciaire. La différence de hauteur de ces deux niveaux serait de 200 à 250 m. pour le lac de Zurich. Les terrasses qui correspondent aux débris de ces mêmes niveaux ont été découvertes par Brückner dans la vallée du Rhône. Les observations faites par Brückner¹ sur les terrasses et sur les lisières représentent une vingtaine de données. Toutes ces données rentrent dans le travail de Hess et, fait important et incontestable, les observations en faveur de sa théorie sont non seulement beaucoup plus nombreuses mais aussi beaucoup plus uniformément disposées tout le long de la vallée du Rhône. La concordance des résultats des recherches de Brückner et de Hess est d'une importance de premier ordre, parce que la mise en doute de la

¹ Penck, Brückner, *lc.*, p. 566 sqq., 608 sqq.

valeur de la méthode de Hesse par Brückner et Penck n'est pas soutenable. La différence de ces méthodes comme j'ai déjà eu l'occasion de le mentionner consiste dans le fait que Brückner s'occupe surtout des terrasses longitudinales, Hess des ruptures des pentes dans les profils des crêtes transversales, qui font saillie vers le talweg du Rhône. Il existe aussi une différence dans la méthode d'observation : Brückner obtient son matériel d'observation sur le terrain, au moins partiellement, et Hess le sien, beaucoup plus vaste d'ailleurs, par des études cartographiques. Or il est indiscutable que la concordance absolue des résultats obtenus par deux méthodes différentes prouve que leurs différences n'ont aucune importance essentielle¹.

§ 37. *Objections contre la reconstruction
de l'auge double par Brückner.*

Malgré cette concordance des faits les deux observateurs diffèrent dans l'interprétation de ceux-ci. Hess considère que le niveau est un facteur décisif dans la question, bien que la reconstruction de l'axe de la vallée du Rhône pendant les différentes périodes glaciaires le tente. Pour Brückner le niveau ne sert que d'indication pour conclure à la hauteur de l'axe de la vallée du Rhône dans les périodes antérieures. De ses calculs résulte l'hypothèse de deux anciens niveaux. Comme la différence de hauteur des niveaux était de 250-300 m., égale à celle qui a été constatée pour le lac de Zurich, Brückner n'hésite pas à rapporter ces niveaux à la deuxième période interglaciaire et à la période préglaciaire. Ce résultat et cette façon de reconstruire les anciens talwegs ne peuvent pas me convaincre et voici les objections qui s'imposent, selon moi, contre les résultats obtenus par Brückner et contre sa méthode.

¹ Voir aussi la réponse de Hess à propos des objections faites contre sa méthode. *Z. f. Gletscherkunde*. II. p. 321 sqq. 336 sqq.

1. Si la différence de hauteur des talwegs est à peu près de 300 m., la différence de hauteur des terrasses doit être la même ou à peu près. Chez Brückner cette différence part de 200 m. et atteint 550 m.

2. Il en résulte que Brückner obtient des différences de hauteur entre l'axe de la vallée et ses bords; ces différences sont parfois insignifiantes, voire même négatives, mais elle sont parfois énormes. J'avoue que je ne puis accepter sans restrictions des différences de hauteur du fond d'une vallée, variant de 100 à 400 m.; je ne me représente pas non plus le fond d'une vaste vallée appartenant au profil longitudinal d'équilibre avec une pente transversale de 100 à 200 ‰.

3. L'inclinaison entre le bord et l'axe de la vallée atteint chez Brückner dans le niveau préglaciaire des valeurs beaucoup plus grandes que dans les niveaux interglaciaires, ce qui prouve, encore une fois, combien la reconstruction du fond de vallée préglaciaire est arbitraire. Cet état des choses me paraît très peu probable.

§ 38. *Méthode de reconstruction de l'auge quadruple par Hess.*

Bien que Brückner et Hess procèdent dans leurs études d'une façon différente et malgré leur différence d'interprétation, il n'y a pas moyen de détruire l'identité évidente des talwegs dans les théories de ces deux savants. Le niveau interglaciaire Mindel-Riss et le niveau préglaciaire de Brückner correspondent parfaitement aux deux niveaux inférieurs de Hess, lesquels niveaux selon Hess se sont formés tout de même l'un pendant la période glaciaire du Riss, l'autre pendant le Mindel. Il existe donc une différence dans l'interprétation chronologique entre Hess et Brückner. Les arguments de Hess ont un caractère morphologique. Tous les profils transversaux tracés par lui (et il y en a 108 dans le bassin du Rhône) montrent 4 couples de rup-

ture de pente qui correspondent à 4 fonds de vallée, c'est-à-dire à 4 vallées emboîtées les unes dans les autres, et enfin une 5^{me} contemporaine emboîtée dans le fond plus récent. Après avoir constaté cet état de choses, et en se plaçant au point de vue de la théorie du creusement glaciaire, Hess a dû forcément considérer chaque fond de vallée comme le fond de l'auge d'une des quatre périodes glaciaires constatées par Penck et Brückner et ceci de la façon suivante; le fond Würmien se trouverait sous le fond contemporain, enseveli par l'accumulation; les fonds du Riss, du Mindel et du Günz correspondraient aux rebords I à III en comptant du bas vers le haut, par contre le dernier rebord emboîté dans les niveaux les plus hauts des roches polies par les glaciers correspondrait à la vallée préglaciaire du Rhône.

Ainsi selon Hess le niveau préglaciaire de la vallée du Rhône s'élève de 1000 m. au-dessus du niveau préglaciaire de Brückner, et c'est seulement dans la haute vallée du Rhône que ces deux niveaux se rapprochent l'un de l'autre de 500-600 m. La concordance morphogénétique des formes avec la théorie des 4 périodes glaciaires dans les Alpes parle encore en faveur du problème chronologique de Hess, il est donc certain que les nouvelles vallées dans les vallées anciennes ont été sillonnées quatre fois par le glacier lui-même ou par les eaux glaciaires ou interglaciaires. Les changements de climat survenus quatre fois de suite ont dû causer autant d'interruptions du cycle et donner naissance à autant de nouveaux cycles d'érosion, même sans interventions de mouvements.

Un de mes résultats, obtenus par la critique de la stratigraphie de Brückner pour le glaciaire du plateau suisse vient encore à l'appui de l'interprétation chronologique de Hess. J'ai indiqué déjà ailleurs que le niveau du lac de Zurich, auquel Brückner a donné l'âge Mindel-Riss, entre dans les environs de Baden un peu au-dessus du niveau

de la base de la BT, c'est-à-dire que son origine date de la dernière période interglaciaire, Au moment de cette constatation je n'attachais aucune importance théorique à ce fait, mais à présent je suis forcé de mettre en évidence la concordance de ce fait avec la synthèse de Hess selon laquelle les terrasses Mindel-Riss de Brückner correspondent à celles qu'il a indiqué du nom de Riss, parcequ'elles se sont formées après la période glaciaire de Riss.

§ 39. *Forme de l'auge des vallées secondaires.*

Mais ce qui parle le plus en faveur de la synthèse chronologique de Hess c'est la conformité d'une telle conception des formes de la vallée principale et des vallées secondaires. Hess constate une auge quadruple non seulement dans la vallée principale, mais aussi dans la vallée secondaire. En même temps Brückner ne voit que deux paires de terrasses dans les vallées secondaires, dans d'autres plus petites il ne constate que la terrasse supérieure préglaciaire ; quant à la terrasse inférieure il la fait correspondre au fond de vallée actuel, se joignant avec rupture de pente à la vallée du Rhône. Par contre d'autres vallées, les plus petites, représentent selon Brückner des fonds de vallées non transformés depuis la période préglaciaire, lesquelles par de puissantes ruptures de pentes sont suspendues au-dessus du Rhône d'aujourd'hui et correspondent exactement au niveau supérieur, c'est-à-dire au niveau préglaciaire du Rhône. Ce sont justement ces vallées suspendues, qui ont servi de base à Brückner pour la reconstruction des anciens talwegs du Rhône.

Mais le fond élevé des vallées suspendues provenant, d'après Brückner, des temps préglaciaires ne correspond plus avec le second niveau (Mindel) de Hess ; il s'accorde plutôt avec le niveau I (Riss) de ce dernier savant. Comme, outre cette discordance, le niveau préglaciaire de Brückner,

dans les plus hauts étages des vallées secondaires, correspond au niveau Riss dans un cas, au Mindel dans un autre, on peut se convaincre qu'une de ces reconstructions, celle de Brückner ou celle de Hess doit être basée sur une fausse interprétation des faits, ou résulte d'une observation incomplète. Nous tournons nos soupçons, involontairement, vers la conception de Brückner, au moins pour la raison qu'en reconstruisant deux niveaux dans un terrain où il y en avait réellement quatre, Brückner s'exposait plus facilement au danger de relier en un seul niveau des terrasses qui ne sont pas synchroniques¹.

§ 40. *Anciens réseaux des vallées du Rhône.*

Bien que je sois obligé de polémiser contre Brückner et ses résultats je reconnais la grande valeur de l'application de sa méthode pour la reconstruction des anciens niveaux de vallées. Les gradins de confluence sont sans aucun doute des débris d'anciens niveaux de vallées, mais ils n'indiquent ordinairement que le niveau ancien le plus bas.

Il est vrai que sauf les gradins de confluence on trouve généralement dans les vallées secondaires de nombreux gradins que différents glacialistes mentionnent comme exceptionnels et qui constituent cependant la grande majorité, au moins pour le bassin du Rhône; je l'ai déjà mentionné. Les gradins sans confluence qui jouent un si grand rôle dans la configuration du paysage glaciaire et qui n'ont pas de place dans la théorie de l'auge montrent pourtant dans leur distribution et dans leurs niveaux une régularité frappante.

Le tableau III intitulé « Niveaux des réseaux pléistocènes des vallées du Rhône » exprime la loi de la distribution

¹ Voir le tableau de Brückner *loc. cit.* p. 612 et comparer avec le tableau de Hess. Z. f. Gletscherkunde II, p. 356 sqq.

TABLEAU III. Niveau des réseaux pléistocènes des vallées du Rhône.

	A		B				C				D			
	Actuels.		Terrasses transversales dans les vallées secondaires. (Distance au talweg du Rhône.)				Terrasses longitudinales dans la vallée du Rhône.				Pente des terrasses transv. vers les terrasses longitudin.			
	Niveau de confl. m.	Pente 0/00	I m.	II m.	III m.	IV m.	I m.	II m.	III m.	IV m.	I 0/00	II 0/00	III 0/00	IV 0/00
1. Gerenbach	1380	137	1710 (3.3)	—	—	—	1750	2040	2450	2700	-12	—	—	—
2. Egine	1360	140	1730 (3.5)	1945 (3.0)	2440 (7.0)	—	1650	2100	2400	2630	23	-31	6	—
3. Münsterbach	1340	272	1680 (18.20)	—	—	—	1650	2050	2370	2720	45	—	—	—
4. Merzenbach	1340	196	1860 (2.6)	2280 (4.4)	—	—	1620	2030	2350	2750	92	57	—	—
5. Blindental	1340	110	1825 (4.0)	—	—	—	1620	2030	2350	2750	51	—	—	—
6. Rappental	1110	157	2050 (6.3)	—	—	—	1450	1950	2320	2640	(95)	16	—	—
7. Fieschbach	1020	90	—	—	—	—	1350	1920	2320	2640	—	—	—	—
8. Binnental	900	93	1890 (12.7)	2150 (15.0)	2410 (16.2)	—	1300	1800	2300	2640	46	23	7	—
9. Melti-Langtal	1320	119	—	2090 (10.8)	—	—	1300	1800	2300	2640	—	27	—	—
10. Meissenbach	1650	106	—	2085 (11.6)	2430 (14.1)	—	1300	1800	2300	2640	—	24	12	—
11. Massa	695	126	1360 (4.8)	—	—	—	1000	1450	2300	2700	75	—	—	—
12. Saltine	680	167	1200* (3.4)	1616 (8.4)	2008 (8.4)	—	900	1600	2320	2550	88	45	—	—
13. Naters	680	227	1120 (2.6)	2250 (7.0)	—	—	900	1600	2320	2550	85	93	—	—
14. Mundbach	670	167	1700 (5.2)	—	2356 (10.0)	—	1050	1450	2000	2400	125	—	35	—
15. Gamseki	660	174	1360* (2)	1900 (7.8)	—	—	1050	1450	2000	2400	141	59	—	—
16. Viège	660	33	1200 (20.4)	1425 (30.4)	—	—	1100	1500	1850	2400	8	0.8	—	—
17. Saas	780	55	1730 (25.6)	2130 (29.6)	—	—	1100	1500	1850	2400	24	21	—	—
18. Baltschieder	650	191	1320 (3.5)	2040 (3.5)	—	—	1100	1500	1850	2400	63	67	—	—
19. Lonza	640	65	1320 (9.0)	—	—	—	978	1440	1900	2230	39	—	—	—
20. Turmann	630	101	1845 (2.4)	1810 (11.0)	—	—	930	1400	1900	2350	—	37	—	—
21. Louèche (Dala)	620	132	1360 (7.8)	1920 (12.6)	—	—	970	1400	1800	2320	50	44	—	—
22. Navigenze	530	60	1210 (10.4)	1680 (18.4)	—	—	900	1430	1730	2330	30	13	—	—
23. Val de Moiry	1290	84	—	—	2025 (18.0)	—	900	1430	1730	2330	—	—	16	—
24. Combe de Réchy	525	206	1540 (5.6)	2195 (7.6)	2420 (9.0)	2580 (10.4)	800	1320	1750	2220	132	128	74	36
25. La Liène	510	119	900* (5.6)	1740 (13.8)	2120 (15.2)	2340 (17.8)	750	1200	1800	2120	27	39	21	14 17
26. Val d'Hérens	510	56	1250 (14.0)	1400 (18.2)	1730 (18.2)	—	800	1220	1800	2100	32	10	-3 8	—
27. Hérémence	740	78	—	1490 (13.8)	2200 (21.0)	—	800	1220	1800	2100	—	19	14	—
28. Morge	500	138	1100 (4.8)	—	2100 (12.6)	2335 (12.6)	770	1270	1700	2100	69	—	34 42	—
29. La Prinze	490	162	950 (2.6)	1825 (9.0)	2175 (11.6)	2340 (13.0)	770	1270	1700	2100	69	62	41	19
30. Lizerne	480	128	1020 (6.6)	1420 (11.2)	2050 (13.4)	2330 (15.4)	800	1300	1650	2100	33	11	30	15
31. Drance	460	49	820 (15.2)	1380 (27.4)	1920 (32.5)	—	750	1250	1500	2100	5	11	15	—
32. Val d'Entremont	720	53	916 (18.6)	1750 (31.8)	2230 (37.4)	2472 (39.4)	750	1250	1500	2100	9	16	19	9
33. Val de Ferret	920	54	—	1500 (28.0)	1990 (35.0)	—	750	1250	1500	2100	—	9	14	—
34. Val d'Arpetta	604	103	1300 (9.6)	1470 (11.1)	—	—	750	1250	1500	2100	58	20	—	—
35. Trient	460	76	870 (6.6)	1170 (17.6)	1950 (19.6)	—	780	1050	1500	2100	14	10 22	23	—
36. Val glac. de Trient	925	90	—	1230 (9.6)	—	—	780	1050	1500	2100	—	19	—	—
37. Eau-Noire	1150	97	—	—	1830 (16.4)	—	780	1050	1500	2100	—	—	20	—
38. Triège	780	183	—	1350 (6.0)	1900 (9.0)	2480 (11.0)	780	1050	1500	2100	—	50	44	34
40. Avançon	405	118	1095 (9.6)	1770 (18.6)	—	—	650	1100	1500	1870	47	49	—	—
41. R. de Cheville	740	95	1230 (11.6)	—	12050 (17.4)	—	650	1100	1500	1870	55	—	31	—
42. Viège	405	103	930 (13.6)	1380 (15.6)	1930 (17.8)	—	620	1000	1450	1820	33	24	27	—
43. Val de Morgins	640	99	—	1395 (11.6)	1966 (15.6)	—	620	1000	1450	1820	—	34	33	—
44. Val de Barmaz	1060	79	—	1290 (15.6)	1924 (19.0)	—	620	1000	1450	1820	—	19	25	—
45. Gryonne	395	105	—	1390 (11.4)	1735 (14.2)	—	620	1000	1450	1820	—	34	20	—
46. Grande-Eau	385	57	—	1130 (6.4)	1465 (10.5)	—	600	930	1400	1800	(29)	12	5 14	—
47. Eau-Froide	376	87	—	—	1226 (17.8)	—	600	1070	1440	1750	(83)	9	2	—
48. Veveyse	376	48	810 (9.2)	1020 (13.6)	—	—	550	1070	1400	—	28	—	10	—
49. Val de Châtel	640	64	730 (8.2)	1170 (13.4)	—	—	550	1070	—	—	22	7	—	—

Terrasses locales ou valeurs incertaines entre parenthèses.

Le petit texte entre crochets indique la distance des terrasses transversales au talweg du Rhône.

Les astérisques (*) indiquent les terrasses reconstruites.

En italique les cols dans le territoire du bassin du Rhône.

En gras les cols sur la grande ligne de faite.

géographique et des niveaux de tous les gradins de confluence et hors de confluence. Les chiffres de ce tableau demandent quelques explications. Sauf les chiffres qui indiquent les niveaux de terrasses longitudinales dans la vallée du Rhône et qui ont été empruntés au travail de Hess, les autres données ont été interpolées des profils longitudinaux que j'ai tracé d'après l'Atlas de Siegfried; dans cette table il y a 33 profils des vallées affluentes primaires et 15 profils d'affluents secondaires.

La définition de la hauteur d'une terrasse sans la connaissance du terrain présentait quelques difficultés. Il s'agissait d'appliquer une méthode uniforme. En partant du principe que le rebord inférieur de la terrasse s'élevant au-dessus du gradin inférieur pourrait s'abaisser par érosion régressive et que le rebord supérieur pourrait être surélevé par un cône de déjection qui se formerait à la base du gradin supérieur, j'ai choisi pour chaque terrasse un niveau moyen, dont j'ai calculé la distance au talweg du Rhône et la pente vers les terrasses. Il en est résulté des différences dans la hauteur des terrasses et la hauteur des gradins de confluence représentées dans le tableau II; ces différences sont dans la plupart des cas peu sensibles, à l'exception de quelques vallées, plus petites et sauvages, dont la hauteur de niveau des terrasses ainsi que la hauteur des gradins ne serait définissable avec certitude que sur place. Il y a aussi des différences dans les niveaux des terrasses de la vallée du Rhône, entre les chiffres indiqués dans mes tables et les chiffres de Hess. Je me suis servi, pour déterminer les niveaux des terrasses d'un graphique (Planche I) et non directement de la table de Hess et voici les raisons de ces différences.

Diverses terrasses qui s'étendent directement au-dessus des puissants gradins de confluence, ou bien qui sont très éloignées du point de confluence sont au point de vue morphogénétique un phénomène identique. Cette opinion,

qui jusqu'à présent n'a même pas été prévue, correspond cependant sans le moindre doute à la réalité. Les terrasses de 1890 m. (Binn), de 1260 m. (Viège), loin de la confluence, et celles qui dominent le gradin de confluence de Naters (1120 m.) et de C. de Rechy (1540 m.) correspondent toutes en réalité à un seul et même niveau de dénudation et appartiennent au réseau de vallées d'un même cycle de développement du bassin du Rhône. Les niveaux de vallées d'un grand ou d'un petit affluent, ou de la rivière principale et ceux qui se sont conservés en terrasses transversales ou longitudinales sont un indice hypsométrique intact d'un cycle de développement intact au moins au point de vue de l'érosion glaciaire ou fluviale.

§ 41. *Influence de la structure géologique et de l'érosion sur le niveau des gradins.*

Les effets même de l'érosion ne peuvent être observés que dans les cas exceptionnels et ils sont relativement peu sensibles. Quelques exemples sur lesquels j'attire l'attention nous démontreront l'influence de la résistance des roches ainsi que de l'érosion dans le sens le plus général du mot. Dans la vallée du Münsterbach la terrasse de 1820 m. apparaît dans les micaschistes, couche tendre intercalée dans le gneiss dur du massif du Gothard : ces micaschistes n'ont en général aucune influence sur la forme des profils transversaux des nombreuses vallées voisines ; on pourrait encore citer la terrasse du Rhône à Gletsch, qui s'étend dans les micaschistes presque au contact avec des schistes amphiboliques plus durs qui forment la partie supérieure du gradin ; cependant le niveau de la terrasse de Gletsch appartient indubitablement au système d'anciens niveaux de dénudation.

L'influence la plus évidente de l'érosion peut s'observer dans le système de la Navigenze. Au-dessous des puissants

gradins de confluence de la vallée de Zinal (Navigenze supérieure) avec la vallée de Moiry s'étend une large terrasse; les deux formes, gradins et terrasses sont constituées par des micaschistes de dureté moyenne. Tandis que les gradins sont restés intacts, la terrasse a été sensiblement érodée jusqu'à un niveau de 980-1000 m. et dans ce niveau apparaissent des quartzites triasiques très durs. Audessous des quartzites la forme en gradins est restée intacte, malgré la structure hétérogène de la vallée; ce n'est que dans les profondeurs des entailles érosives aiguës, p. ex. dans les terrains calcaires de Pontis qu'on voit l'action sélective de l'érosion régressive. Cependant on ne peut attribuer un rôle important à cette érosion sélective au point de vue de la morphologie des vallées. Dans la vallée voisine de Turtmann, qui est représentative de la majorité des cas, sinon du cas général, les gradins et les terrasses ne sont pas liés à une structure déterminée. Dans la masse principale des micaschistes se sont développés deux gradins et une terrasse étendue à la hauteur de 1810 m.; par contre la terrasse inférieure, locale, mais très bien marquée s'est développée au contact des quartzites avec des schistes lustrés à la surface même des schistes lustrés. Cet exemple éclatant n'est pas isolé. Exemple : Combe de Rechy; contact des quartzites avec les micaschistes au niveau de 1500 m., avec les calcaires de Pontis au niveau de 1100 m.; dans la vallée de la Prinze même contact des quartzites avec des micaschistes au niveau de 1100 m., avec des schistes carbonifères à 970 m.; voir aussi le rôle des quartzites dans la vallée d'Hérens, etc., etc.

Dans le système de la Viège j'ai constaté des cas plus nombreux d'abaissement des terrasses sous l'influence de l'érosion. La vallée de la Viège possède cinq terrasses distinctes avec des gradins correspondants; cependant il n'y en a que deux, à 1260 et 1525 m., qui correspondent aux anciens niveaux de dénudation; la terrasse de 1440 m.

est la conséquence d'une dénudation générale des mica-schistes sur des gneiss durs de Casanna; la terrasse de 1120 m. est entaillée ainsi que la terrasse de 1260 m. dans les gneiss de Casanna, mais comme elle se trouve au-dessous du niveau de dénudation de la terrasse de 1260 m., il faut attribuer cet abaissement à l'érosion, dans laquelle peut-être l'érosion glaciaire a aussi été pour quelque chose. L'effet de l'érosion ne peut cependant dépasser un maximum de 80 m. La terrasse de 1565 m. dans la vallée de Saas correspond génétiquement à la terrasse de 1440 m. dans la vallée de la Viège. Dans la basse vallée d'Hérens et, en partie, dans la vallée de Trient, les conditions morphologiques paraissent très compliquées et inexplicables si l'on ne prend pas en considération des mouvements tectoniques tout à fait récents. Des relations différentes et cependant analogues se retrouvent dans le bassin de la Drance. Au-dessus de la terrasse inférieure locale (660 m.), qu'on peut attribuer aux proéminences de protogine du massif du Mont Blanc, s'élève la première terrasse de la vallée de Bagnes à une hauteur de 820 m. Une terrasse analogue devrait s'étendre dans la vallée d'Entremont au-dessous de 915 m., parce qu'au-dessus de ce niveau s'élèvent des gradins du val d'Entremont et du val Ferret. En aval de ces terrasses, et même en aval de la confluence du val d'Entremont vers la vallée de Bagnes, s'élève une bosse près de Sembrancher (919 m.), sûrement un vestige de terrasse conservé dans le calcaire liasique dur à faciès helvétique. La pente de ces trois débris de terrasses vers le rebord de celle du Rhône qui est de 14‰ (Sembrancher), 5‰ (val de Bagnes) ou 9‰ (val d'Entremont) ne s'explique que par l'inflexion tectonique du bassin de la Dranse en amont de Sembrancher. La contre-pente depuis la terrasse de la vallée de Bagnes jusqu'à la terrasse du monticule de Sembrancher est de 100 m., avec une inclinaison de 22‰.

§ 42. *Généralité du phénomène des terrasses longitudinales.*

En observant l'importance de l'érosion et son influence sur la formation des terrasses nous nous sommes heurtés à des problèmes et à des questions de nature tectonique. Mais avant de résoudre ce problème, lequel, comme on le verra, est décisif dans le développement du paysage glaciaire, il me faut mettre en lumière et appuyer sur des bases solides la thèse émise précédemment sur la corrélation réciproque de toutes les terrasses transversales dans les vallées secondaires avec les terrasses longitudinales de la vallée du Rhône et démontrer ensuite que tous ces débris de vallée correspondent effectivement aux quatre phases d'érosion pendant l'époque glaciaire.

L'existence des quatre étages de terrasses dans la vallée du Rhône et ses confluent s'a été constatée par Hess, le même savant qui a constaté la généralité de ce phénomène. Les débris les moins bien conservés des terrasses inférieures apparaissent tout de même dans 72 % des profils cités, les autres terrasses comprennent 79-85 % d'observations, la généralité du phénomène des terrasses ne peut donc plus être mise en doute.

La bonne conservation des terrasses, malgré leur âge, s'explique suffisamment par le fait que les terrasses longitudinales sont presque toujours situées à l'écart de toutes les lignes centrales de dénudation; je ne doute pas que les profils transversaux des pentes des vallées auraient abouti aux mêmes résultats que les profils des crêtes saillantes, mais ces dernières se distinguent par un dessin plus aigu de sculpture — et par ce fait même elles sont plus propres à faire saisir l'hypsométrie de ces formes.

§ 43. *Lois de la distribution des terrasses transversales.*

Les terrasses transversales sont un phénomène beaucoup moins fréquent. 77⁰/₀, voire 76⁰/₀ des vallées possèdent deux systèmes inférieurs de terrasses. Les terrasses supérieures sont un phénomène beaucoup plus rare; le troisième système apparaît dans 52⁰/₀ des vallées, le quatrième dans 13⁰/₀ seulement. Cette disparition rapide des étages supérieurs des terrasses paraît tout à fait naturelle, étant donné qu'ils représentent un vestige presque intact de l'axe dans lequel l'érosion des quatre cycles a atteint le maximum de force.

Mais si, dans des conditions aussi exceptionnelles, les vestiges d'anciens niveaux de vallées se sont conservés intacts, la question se pose de savoir quels sont les facteurs qui ont contribué à la conservation de ces vestiges justement dans ce nombre restreint de vallées. Une conjecture qui s'impose c'est que le quatrième étage des terrasses transversales (gradins), contrairement au quatrième niveau de terrasses longitudinales (lisières) est peut-être seulement un phénomène local, conjecture d'autant plus fondée, que la quatrième terrasse n'apparaît que dans une partie du bassin du Rhône, entre la confluence de la Navigenze et du Trient. D'un autre côté il est frappant que la quatrième terrasse soit conservée seulement dans les plus petits bassins, et il n'y a que le grand val d'Entremont (val du Saint-Bernard) qui fait exception à la règle. Cet argument est convaincant en apparence, parce qu'il prend en considération la force moindre de l'érosion régressive dans les bassins plus petits, c'est-à-dire le facteur auquel il faudrait attribuer la destruction des terrasses de l'aval en amont. Mais d'un autre côté il ne peut expliquer directement la distribution géographique de la terrasse IV et cela pour la bonne raison que cette terrasse manque

totale dans le groupe de petits torrents qui se joignent au Rhône en amont de Fiesch. De plus ces petits confluent de la partie supérieure du bassin du Rhône sont non seulement dépourvus de la terrasse IV, mais il leur manque presque complètement la III et la II; la vallée du Fieschbach, à petit bassin, et où il n'y a point de terrasse, est la seule exception:

§ 44. *Niveaux supérieures des terrasses transversales, cachés sous les glaciers.*

Cette exception jette cependant une lumière sur les causes de la distribution des bassins à quatre terrasses. La vallée du Fieschbach est actuellement la partie la plus riche en glaciers dans le bassin du Rhône; plus de 70 % de sa surface est occupée par des glaciers qui couvrent toutes les formes, même les terrasses!

Il est difficile, évidemment, de reconnaître les terrasses comme niveaux de vallées, sous une puissante couche de glace; d'autre part il est difficile de ne pas souligner le fait que les formes de la surface glaciaire qui reflètent celles du fond ne sont pas contradictoires avec la théorie de la structure des vallées à quatre étages.

Sur le glacier et les névés du Fieschergletscher quatre gradins et quatre terrasses sont très nettement marqués; les terrasses débutent aux niveaux de 1900, 2400, 2800, 3000 m.; elles correspondent donc exactement aux terrasses longitudinales (lisières du Rhône : 1350, 1920, 2320, 2640. Dans la vallée du glacier d'Aletsch se trouvent deux terrasses dans le lit ancien, drainé par le Natersbach; les terrasses supérieures se trouvent sous le glacier, la troisième terrasse est représentée par les névés plats du Beichfirn et de l'Ober-Aletsch qui s'élèvent au-dessus de 2700, voire 2800 m., par la terrasse sur le Mittelaletschgletscher, à plus de 2600 m. et enfin le vaste champ de la « Place de

la Concorde » (2780 m.). La terrasse IV est représentée par l'Ewig-Schneefeld, s'étendant à la hauteur de 3100 m. De même les terrasses III et IV de la vallée de la Viège apparaissent dans la partie inférieure et supérieure du Gornergletscher et du Zmuttgletscher, et les deux terrasses du glacier de Turtmann dans leurs formes nettement délimitées par les gradins, déchiquetés par les séracs sont un exemple classique de la conservation des types du relief et des formes éventuellement tectoniques sous la puissante couche des glaces éternelles.

Tandis que ces grands glaciers possédaient une plus grande quantité de terrasses, les glaciers principaux du bassin d'Hérens et d'Héremence, les glaciers de Ferpècle, d'Arolla, de Durand et de Seillon n'ont qu'une seule terrasse inférieure bien développée, s'étendant au-dessus des cascades de glace à des niveaux au-dessus de 3100 m., voire 2850 et 2700 m.; de même le glacier d'Otemma, qui ferme à la partie supérieure la vallée de Bagnes (à trois terrasses) n'a qu'une seule terrasse s'étendant au-dessus de 2800 m.

Je n'ai pas étudié d'une façon détaillée les terrasses des surfaces des glaciers, mais les quelques renseignements que je viens de citer ont pu me convaincre, que toutes les vallées du bassin du Rhône possèdent quatre terrasses transversales, comme autant de vestiges de quatre niveaux de vallées, traces de quatre cycles de développement morphologique du bassin. Les niveaux de terrasses qui ne ressortent pas encore dans une vallée donnée, sont encore couvertes de glace, — c'est le cas des quatre terrasses sous le glacier de Fiesch; le groupe complet des niveaux de terrasses apparaît probablement dans les vallées dont les glaciers ont déjà reculé au-dessus du niveau de la terrasse la plus élevée. En effet, six vallées, à quatre terrasses chacune, se distinguent par leur grande pauvreté en glaciers, et même la grande vallée du Saint-Bernard, dont le bas-

sin, haut de plus de 2300 m., possède moins de 9% de glaciers : presque la moitié de ce qu'on trouve en moyenne sur le côté gauche du Rhône à la même hauteur (fig. 3). En dehors de traces insignifiantes il n'y a point de glaciers dans les vallées, aussi il n'y a rien d'étonnant que dans cette vallée du Saint-Bernard toutes les terrasses transversales aient été mises à nu.

A part ces vallées à quatre terrasses, il existe cependant encore près de vingt vallées, dans lesquelles les glaciers n'occupent que 10% de la surface, et qui ne possèdent pas un nombre suffisant de terrasses. Ces phénomènes ne s'expliquent pas très aisément. J'ai démontré, il est vrai, pour les vallées de Gamseki et de Naters la probabilité que leurs terrasses supérieures sont couvertes d'un manteau épais de glace; de même on peut admettre que la terrasse IV de la vallée du Mundbach est recouverte par le champ de névés du glacier de Gredetsch; par contre il existe une multitude de vallées, dont on peut affirmer avec certitude qu'elles ne possèdent pas de quatrième étage de terrasses.

§ 45. *Les phénomènes de capture dans les bassins de l'Avançon et de la Lizerne.*

Les vallées de l'Avançon et de la Lizerne jettent une certaine lumière sur ces faits. Au pied sud des précipices du haut plateau calcaire des Diablerets s'étend une longue rigole, qui commence dans le désert de lapiez à l'est du glacier de Zanfleuron près du col du Sanetsch; elle se dirige vers l'ouest et se joint près de Bex avec la vallée du Rhône, à laquelle elle est parallèle pendant tout son trajet. Ce fossé s'est développé dans la zone des cols, généralement tendre au point de vue pétrographique et chaotique au point de vue stratigraphique; donc c'est un fossé subséquent, vestige d'un cycle d'érosion passé et parvenu

à un stade de maturité déjà avancée. Dans ce fossé subséquent, ainsi que dans la vallée longitudinale coule l'Avançon et son affluent l'Avançon d'Anzeindaz (R. de Cheville). La vallée de l'Avançon et son bassin dans la direction de l'est se terminent au point culminant du col de Pas de Cheville (2049 m). Le fossé subséquent s'étend plus loin vers l'est. Au pied du Pas de Cheville se développe cependant un réseau fluvial concentrique, réseau qui ne peut être primitif ni stable. Dans le lac éphémère de Derborence (1432 m.), barré par les cônes d'écroulement des Diablerets s'écoulent les eaux subséquentes depuis le Pas de Cheville de l'ouest, l'obséquente Derborence du sud, les eaux du lac se bifurquant sur le delta du cône d'avalanches coulent, vers la Lizerne, dont la partie supérieure vient de l'est, placé dans le grand fossé subséquent depuis le col de Sanetsch, tandis que l'inférieure se jette conséquente vers le sud dans le Rhône.

Quand j'ai construit ces profils à Lausanne, je voyais nettement qu'il s'agissait ici des changements notables du réseau hydrographique connus sous le terme de capture. A ce moment, cela m'était clair et j'ai indiqué, en dessinant le profil, que la vallée de l'Avançon s'étendait jusqu'au col du Sanetsch ; mais la Lizerne qui développait une force d'érosion plus grande a décapité cette vallée dans les environs du lac de Derborence d'aujourd'hui, et ensuite par une lente lutte pour la ligne de faite a déplacé celle-ci jusqu'au Pas de Cheville. Et pourtant ces transformations deviennent beaucoup plus vraisemblables, une fois éclairées par la reconstruction des niveaux pleistocènes. Dans le système des vallées de l'Avançon et dans la vallée de la Lizerne, le Pas de Cheville apparaît comme terrasse, comme niveau III.

Le niveau IV manque dans le système de l'Avançon. La Lizerne le possède à une hauteur de 2330 m., mais on voit bien que les niveaux supérieurs III et IV ne rentrent

pas dans le même système de développement que les niveaux inférieurs de la Lizerne. Le trait caractéristique d'un tel système, se développant sous l'influence d'un affaissement, renouvelé 4 fois de suite, du niveau de dénudation du Rhône, devrait être un accroissement permanent des pentes des vallées du cycle d'érosion le plus récent. Cependant les terrasses de la Lizerne ne présentent aucune continuité; les pentes des niveaux de la Lizerne sont de 33 ‰ pour la terrasse I, 11 ‰ pour la terrasse II, 30 ‰ pour la terrasse III, 15 ‰ pour la plus ancienne. Par contre, si nous calculons la pente de la terrasse 2330 m. jusqu'au rebord du Rhône près de Bex, vallée de l'Avançon, nous aurons des chiffres qui diminuent au fur et à mesure que nous passons des terrasses les plus récentes aux plus anciennes : 55, 49, 31, 17 ‰.

L'acquisition faite par la Lizerne dans le bassin de l'Avançon est donc très probable. Je suppose, en me basant sur les niveaux de dénudation, que cette acquisition a eu lieu pendant le dernier cycle d'érosion, c'est-à-dire au plus tôt pendant la période glaciaire du Würm.

§ 46. *L'absence des terrasses transversales supérieures s'explique par des phénomènes de capture.*

Le résultat le plus important de cette discussion est l'hypothèse très vraisemblable, que dans la vallée de l'Avançon la terrasse IV manque par suite de la capture, et si j'ai été amené à ce sujet, qui s'écarte un peu de mon travail, c'est parce que ce processus est très commun. Presque toutes les vallées auxquelles manque la terrasse IV ont une terrasse III s'appuyant sur un col et celui-ci est le point au-delà duquel la partie supérieure du bassin a été retranchée, avec la terrasse IV, par un autre fleuve et acquise pour un autre bassin.

Dans le tableau III (v. p. 134) toutes les terrasses, appuyées

sur des cols ont été marquées en soulignant une ou deux fois la cote ; il y en a une quantité et si mon raisonnement est juste, il s'étend devant mes yeux un tableau d'immenses changements hydrographiques et orographiques dans le bassin du Rhône, qu'on ne peut expliquer sans admettre des mouvements importants de l'écorce terrestre pendant l'époque glaciaire.

Le nombre des cols qui ont appartenu aux anciens systèmes de vallées du Rhône est probablement supérieur à celui que représente mon schéma ; en dessinant les profils qui ont servi de base au tableau III, l'idée de ce problème ne se présentait pas à moi, aussi je faisais passer les profils par des petites vallées, qui conduisaient quelquefois à des cols importants ; cependant le trait le plus caractéristique de la lutte pour la ligne de faite paraît, comme je suppose, aussi clair dans les chiffres de ma table. Ce matériel est évidemment loin d'être suffisant pour fournir une base propre à résoudre toute la question embrouillée et complexe du bassin du Rhône, car ce bassin a été fortement modifié et diminué par l'action érosive des bassins voisins.

§ 47. *Bilan des pertes hydrographiques du Rhône pendant le pleistocène.*

Aussi cette solution définitive de la question ne rentre point dans le programme de mes études actuelles et la question ne sera résolue que par des études qui suivront. Je ne puis pourtant pas passer sous silence le bilan des pertes hydrographiques du Rhône.

Le bassin du Rhône a été fortement tronqué, principalement dans sa partie supérieure (Sud-Est) en faveur du Tessin et surtout de la Toce, où le col du Simplon correspond au II^e niveau des terrasses du Rhône ; de même dans la partie inférieure (Nord-Ouest), en faveur de la Sarine, où toute une série de cols correspond au III^e ni-

veau. Ces pertes ont été peu sensibles du côté de la Dranse, du Chablais, et de la Doire Baltée d'une part, et du Simmental de l'autre. Comme les cols correspondants (Grand Saint-Bernard et Rawil) correspondent à la terrasse pré-glaciaire IV, cette capture peut dater de l'époque pré-glaciaire. Les traces de ces grandes captures n'ont pas disparu jusqu'à nos jours. On les voit dans les réseaux fluviaux, et ces phénomènes morphologiques ont même exercé une influence sur l'homme et ses institutions politiques.

Comme l'Avançon dans le fossé tendre de la zone des cols, le Tessin et la Toce, à la partie supérieure de leurs bassins, ont développé un système de vallées longitudinales dans les anciens cycles d'érosion pleistocènes et travaillé dans une zone de schistes lustrés; ces vallées se dirigent vers les cols de Nufenen, du Geisspfad et de l'Albrun, qui appartiennent aux terrasses du réseau du Rhône, niveau III; cependant le bassin supérieur de la Diveria au-dessus du coude de Gondo possède un réseau fluvial presque parallèle à la vallée de Gamseki (voir la direction du Val Varia et surtout de celui de Laquin) et dirigé vers le Rhône par la large porte du Simplon. La frontière politique s'écarte de la ligne de faite et embrasse presque tout le bassin de la Diveria jusqu'à Gondo, par où s'est enfoncé le torrent vainqueur pour la conquête du bassin du Rhône.

Les traces de transformations sont encore plus évidentes au contact avec le bassin de la Sarine. La Tourneresse et l'Hongrin coulent sur un arc courbé deux fois; l'arc supérieur ouvert vers le Sud-Ouest est dirigé vers les cols de la ligne de faite entre la Sarine d'un côté, le Rhône et le lac Léman de l'autre; les arcs inférieurs s'ouvrant vers le côté Nord-Est débutent par une brèche d'érosion à travers des bancs puissants du Malm. Le parcours de la Sarine a le même caractère.

§ 48. *Problème de l'appartenance du Rhône au bassin du Rhin pendant le pléistocène est mise en doute.*

Les études de terrasses anciennes du bassin du Rhône ont conduit à un nouveau problème; le phénomène de capture auquel a été soumis le bassin du Rhône, après le troisième cycle d'érosion pléistocène, au contact de la Toce et de la Sarine. Ici s'ouvre un nouveau point de vue dans le problème du développement hydrographique du Rhin et du Rhône. Dans les éléments de ce problème, posé il y a 40 ans par Rütimayer¹ et dernièrement développé par Lugeon² et Sawicki³ figurent l'hypothèse de la confluence du Rhône avec le Rhin pendant le pliocène (Lugeon), voire même pendant le pleistocène (Sawicki). L'état des choses tel que je l'ai présenté comporte encore une vraisemblance qu'il ne faut pas laisser échapper. Le Rhône, pendant une certaine partie de l'époque glaciaire, n'a rien acquis, mais a beaucoup perdu au profit du Rhin. Je mentionne maintenant la conquête exécutée par la Sarine supérieure et remarque que pendant mes études sur le terrain du plateau suisse j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'observer que vers l'ouest également, dans le bassin de la Broye, le Rhône a été plusieurs fois décapité⁴.

Je me suis beaucoup écarté du problème que je me suis posé au début, mais je crois que la thèse qui a formé le sujet de cette discussion peut être considérée comme étant suffisamment expliquée et le problème correspondant résolu.

Dans tout le bassin du Rhône, les quatre niveaux de li-

¹ Rütimayer. *Tal- und Seebildung*. 1869. p. 74 sqq.

² Lugeon. *Le Rhône suisse tributaire du Rhin*. C. R. Ac. Sc. Paris. 1897. T. 124, p. 106.

³ Sawicki. *Zur Entwicklungsgeschichte der Rhein-Rhone-Wasserscheide*. Z. d. Ges. f. Erdkunde. 1909, p. 7 sqq.

⁴ Romer : *Sur les zones morphologiques de la Suisse occidentale*. C. R. Ac. Sc. Paris. 1909. 5 juillet.

sières longitudinales et les terrasses transversales, en nombre égal qui leur correspondent se sont conservés intacts au point de vue hypsométrique. Le Rhône a été soumis pendant l'époque glaciaire aux quatre cycles d'érosion.

§ 49. *Conservation des formes du terrain sous la couverture des glaciers ; la conservation du paysage, dit glaciaire, en fournit la preuve.*

En se basant sur cette thèse, on peut formuler certaines conclusions fondamentales sur la question de la morphogénèse des vallées du bassin du Rhône. Tous les gradins, ceux qui se dressent au-dessus des confluent, ou à l'intérieur de la vallée ont un caractère commun : une terrasse hypsométriquement intacte qu'ils coupent ; les niveaux des terrasses correspondent hypsométriquement aux conditions primitives. L'absence de changements hypsométriques montre le manque d'influence des facteurs d'érosion, qui transforment non seulement les dimensions absolues mais aussi relatives. Les mouvements tectoniques dont la vraisemblance s'impose à chaque pas pendant le pleistocène embrassent des blocs entiers du terrain et changent avant tout les relations de hauteur absolue, touchant à un degré moindre aux hauteurs relatives ; mais ces dernières conséquences ne sont pas exclues et nous les étudierons dans le chapitre suivant.

En comprenant de la sorte la stabilité des formes des terrasses, la seule différence entre les gradins de confluence et les gradins hors de confluence, c'est que ces derniers ont reculé en amont par érosion régressive. Ainsi s'explique le fait que la majorité des petits affluents ont des confluences suspendues, parce que leurs faibles eaux n'étaient pas en état de produire une forte érosion régressive. Les torrents plus puissants ont combattu avec succès,

pendant un certain temps, contre les effets du soulèvement, lequel a marqué le début d'un nouveau cycle d'érosion; ils ont adapté leur pente, dans le cours inférieur, jusqu'au niveau du fleuve principal. Ils ont déplacé le gradin vers l'amont assez loin pour que celui-ci, à l'arrivée de la nouvelle période glaciaire, fût recouvert par la glace sous laquelle il est conservé. Que la glace conserve les gradins et les terrasses, qui donnent une empreinte si caractéristique aux formes de la surface des glaciers contemporains, celles-ci le prouvent suffisamment. Mais, avant toute chose, les nombreuses terrasses découvertes qui rentrent exactement dans le niveau d'anciennes terrasses du Rhône, sont une preuve incontestable de leur absolue immobilité, et cela bien que les puissantes masses glaciaires des nombreuses phases des quatre périodes aient frotté contre leur surface.

La théorie de la conservation sous la couverture des glaciers n'est pas nouvelle. Mais généralement cette théorie a été la conséquence de considérations physiques spéculatives, basées sur quelques points de départ expérimentaux. Ainsi par exemple la théorie d'Oldham¹ aux côtés de laquelle on pourrait citer plusieurs théories, qui ont abouti à des conclusions contraires; il suffira de citer les travaux de Blümcke et de Finsterwalder²; d'autres théories ont été basées quelquefois sur des observations détaillées plus ou moins nombreuses qui témoignaient contre l'érosion glaciaire; par ex. les fameux travaux de Heim³ et de Rütimayer⁴, et ceux de Garwood dans les derniers temps. Il y a eu aussi des théories qui n'étaient que

¹ Oldham : *On the modulus of cohesion of ice. Philos. Magaz.* 1879. II. p. 240 sqq.

² Blümcke u. Finsterwalder. *Zur Frage der Gletschererosion.* Sitzber. Akad. München. Mat. phys. Kl. 1890. XV. p. 435 sqq.

³ Heim. *Mechanismus der Gebirgsbildung.* 1878. I Bd. p. 248 sqq.

⁴ Rütimayer. *Tal- und Seebildung.* 1869. p. 39.

des essais spéculatifs basés sur certaines conjectures tectoniques, par exemple les idées de Studer et Desor, et dans les derniers temps celles de Schardt et de Kilian. J'ai cité tous ces travaux dans l'introduction de mes études.

Le problème de la conservation des formes par les glaciers m'est apparu au cours de mon travail en partant du fait constaté que dans tout le bassin du Rhône, des débris de vallées, provenant de tous les cycles d'érosion pléistocènes et datant même de l'époque préglaciaire, se sont conservés jusqu'à nos jours. Si l'état des choses tel que je l'ai présenté se maintient en dépit de la critique scientifique, le rôle de l'érosion glaciaire dans l'axe de la vallée cesse d'entrer en ligne de compte pour les théories morphogénétiques.

§ 50. *Le rôle morphogénétique des glaciers, quoique important, est seulement indirect*

Par contre l'influence médiate de la glaciation sur la morphologie des vallées alpines n'est plus sujette au doute. Depuis les études de Brunhes¹ ses idées sur le rôle des eaux sous-glaciaires dans la formation des vallées et des formes dites glaciaires gagnent de plus en plus de terrain. L'opinion de Brunhes a été adoptée par de Lapparent² dans son fameux manuel et le remarquable représentant de l'école autrichienne parmi les géographes français, de Martonne³, prend aussi en considération la théorie de l'érosion sous-glaciaire par les eaux.

J'ai déjà mentionné au commencement de ce travail

¹ Les travaux de Brunhes sont cités plus haut, voir p. 69 ; je cite encore sa dernière publication : Le processus du creusement glaciaire. *C. R. des travaux du IX^e Congr. intern.* Genève. T. I. p. 338 sqq.

² de Lapparent : *Leçons de géographie phys.* III^e éd. 1907. p. 216.

³ Martonne : *Traité de géographie phys.* 1909. p. 629.

quelle a été l'influence des idées et des études de Brunhes sur mon point de vue personnel. Je suis arrivé, grâce à ce savant, à la conviction que le paysage glaciaire est avant tout la conséquence de la transformation du travail des eaux courantes sous l'influence de la glaciation. Mais en même temps je me suis rendu exactement compte que la clef de ce problème morphologique se trouve, depuis les études de Brunhes, non pas dans la forme de la vallée glaciaire, ni dans la sculpture de son fond ou de ses versants, c'est-à-dire non pas le long du profil transversal, mais le long du profil longitudinal. Les gradins qui interrompent le profil longitudinal ne peuvent s'expliquer par aucune action érosive.

Cette étude a confirmé les hypothèses que j'ai émises sous forme de programme¹ des travaux, auxquels j'ai consacré six mois d'études dans les Alpes, et dont la première conséquence est le résultat que je répète ici encore une fois, parce que je lui attribue une importance de premier ordre. Dans chaque vallée du bassin du Rhône se trouvent 4 terrasses et autant de gradins; ce sont les vestiges de 4 niveaux de dénudation, qui s'abaissent sous l'influence de 4 cycles d'érosion de l'époque glaciaire. Et de même que le profil transversal des vallées glaciaires, dû cependant en majeure partie aux eaux courantes, dont le travail a cependant été modifié par la glaciation, le profil longitudinal dû à une cause tectonique aurait été détruit sous l'influence de l'érosion fluviale, si l'action conservatrice de l'époque glaciaire n'était pas entrée en jeu. Même dans le cas actuel l'influence indirecte des glaciers dans la formation du paysage alpin joue un rôle très important.

¹ Romer. Kilka uwag o genezie krajobrazu lodowcowego. (Einiges über die glaziale Landschaft und deren Entstehung.) *Kosmos*, 1909. p. 239 sqq. résumé allemand, p. 259 sqq.