

Contribution à l'étude des cônes de déjections dans la Vallée du Rhône

Autor(en): **Horwitz, L.**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 173

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-287531>

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.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES CONES DE DÉJECTIONS

dans la Vallée du Rhône ¹

(Entre le glacier du Rhône et le lac Léman)

par L. HORWITZ

INTRODUCTION

§ 1

Objet de l'étude.

Plusieurs travaux, publiés dans ces dernières années, ont établi la grandeur approximative de l'ablation pour diverses régions des Alpes occidentales. Ainsi pour le bassin de la Reuss, l'ablation annuelle d'après Heim ² est de 0,24 mm. ; Steck ³ pour celui de la Kander a trouvé 0,43 mm. ; selon les calculs, faits par Forel, qui s'appuyait sur des données de Baëff ⁴, l'ablation annuelle dans le bassin de l'Arve est de 0,21 mm. ; enfin, d'après un travail récemment paru de Uetrecht ⁵, l'ablation dans le bassin du Rhône (en amont du lac Léman) est de 0,29 mm.

¹ Ce travail a été présenté comme thèse de doctorat es sciences (laboratoire de géologie, Université de Lausanne).

² A. Heim, *Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss*, Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs XIV 1879.

A Heim, *Der Schlammabstz am Grund des Vierwaldstättersee*, Vierteljahresschrift der Naturforsch. Gesellschaft, Zurich 45 (1900).

³ E. Steck, *Die Denudation im Kandergebiet*, XI Jahresbericht der Geogr. Gesellschaft, Bern, 1891/92.

⁴ B. Baëff, *Les eaux de l'Arve*, Dissertation, Genève 1891.

F. A. Forel, *Le Léman*, I, p. 381, Lausanne 1892.

⁵ E. Uetrecht, *Die Ablation der Rhone in ihrem Walliser Einzugsgebiete im Jahre 1904/5*. Dissertation, Bern 1906.

Malgré la diversité des méthodes employées, la période relativement très courte des observations qui ont été faites, enfin les imperfections des méthodes elles-mêmes — sujets que nous ne pouvons pas traiter ici — les chiffres obtenus montrent une concordance étonnante, et leur moyenne, de 0,29 mm., peut être envisagée comme première approximation de l'ablation annuelle dans les Alpes occidentales.

Cependant il s'en faut de beaucoup que la *grandeur* de l'ablation soit l'unique caractéristique de l'ablation dans un pays montagneux, comme les Alpes. Tout récemment Hess¹ a attiré l'attention sur l'*inégalité* de l'ablation dans les différentes zones d'altitude d'une région montagneuse. En s'appuyant sur quelques suppositions plausibles, Hess a calculé que l'ablation dans les bassins de la Kander, Reuss et Rhône augmente d'abord depuis les altitudes les plus grandes jusqu'à une altitude de 2700 à 1500 m. pour s'abaisser rapidement vers le bas.

Mais ce n'est pas tout. L'ablation moyenne totale de 0,29 mm. (de même les ablations moyennes dans chaque zone d'altitude) est seulement l'ablation résultante (A_r) de l'ablation moyenne absolue plus grande (A_a) et de la *déposition* (D .) qui a lieu en même temps sur toute la surface d'un bassin montagneux ($A_a - D = A_r = 0,29$ mm.) Les résultats, obtenus jusqu'à maintenant, seraient donc à compléter par la détermination de l'ablation moyenne absolue (A_a) et de la déposition (D), de deux grandeurs, qui ne suivent pas nécessairement les variations de l'ablation résultante (A_r).

Tous ces facteurs : l'ablation annuelle moyenne (A_r), l'ablation absolue (A_a) et la déposition (D) pour un bassin donné sont variables et changent avec les divers stades du cycle géographique de ce bassin. De même avec l'évolution

¹ H. Hess, *Der Abtrag in den Schweizer Alpen*, Peterm. Mitth. 1909, p. 360.

d'un bassin donné subissent des variations les *formes* d'ablation et déposition.

Parmi les formes de déposition dans les bassins montagneux une des plus fréquentes est celle d'un cône de déjections. *Un cône de déjections* est un dépôt d'une forme spéciale, fait par un torrent tributaire, à son embouchure dans la vallée-maîtresse. Je me suis proposé dans ce travail de contribuer à la connaissance du phénomène des cônes de déjections, et j'ai choisi dans ce but, la vallée du Rhône supérieur, entre le glacier du Rhône et le lac Léman où ce phénomène est surtout bien développé.

Je tâcherai de donner une description du phénomène des cônes de déjections dans la vallée du Rhône, surtout en vue des relations qui existent entre les caractères de ces cônes dans un tronçon déterminé de la vallée et les caractères de ce tronçon lui-même ; j'indiquerai aussi, autant qu'il est possible dans le cas d'une forme aussi fugitive (géologiquement parlant) qu'un cône de déjections, les relations qui existent entre l'évolution des cônes et l'évolution de la vallée-maîtresse. Enfin je m'efforcerai de dégager les causes des différences que présente le phénomène des cônes de déjections sur les deux versants de la vallée du Rhône.

§ 2

Nomenclature.

Avant d'aborder mon sujet proprement dit, je crois utile de rappeler quelques définitions.

Je distinguerai un *cône de déjections*, formé surtout par l'action de l'eau, d'un *cône d'éboulis*, formé surtout par l'action de la pesanteur¹. Dans la vallée du Rhône les cas

¹ J. Stiny (« Die Muren » Innsbruck, 1910, p. 65) adopte pour les cônes de déjections l'expression « Schwemmkegel », pour les cônes d'éboulis « Schuttkegel ».

sont rares où j'ai éprouvé de la difficulté à classer un cône dans l'une ou l'autre subdivision.

Un cône de déjections peut être *vivant* ou *éteint*, c'est-à-dire vivant il augmente son volume (cailloutis sur la surface, absence de végétation, végétation spéciale, surtout forêt), ou mort — son volume reste le même (culture ; souvent le vallon, d'où sort le cône, est éteint lui aussi). Quelquefois la distinction devient assez difficile, parce que presque tous les cônes s'agrandissent par saccades, à la suite des crues extraordinaires, qui arrivent de temps en temps et qui n'agissent pas sur toute la surface du cône, mais ordinairement dans une bande plus ou moins grande où le torrent se trouve momentanément.

Par analogie avec les deux rives d'un cours d'eau nous distinguerons le flanc gauche et droit d'un cône par rapport au torrent (ou son lit) qui le traverse.

Nous appellerons cônes *adventifs* ou *parasites*, les cônes, souvent petits, qui reposent sur un cône ordinairement plus grand.

Un cône *tronqué*, escarpé, coupé est un cône qui au lieu de passer avec sa base insensiblement à la plaine alluviale de la vallée-maîtresse — phénomène le plus fréquent, — présente du côté de cette plaine un escarpement plus ou moins prononcé, produit évidemment par le fleuve principal. A ce phénomène du cône tronqué est lié souvent dans la vallée du Rhône un autre : celui des *cônes emboîtés*.

En effet souvent au pied de l'escarpement du cône tronqué, à la sortie du vallon du torrent se trouve un autre cône, qui s'est donc formé à un niveau inférieur. C'est un *cône emboîté et le cône inférieur emboîtant*¹. Ce cône emboîté peut à son tour devenir emboîtant et tronqué par

¹ F. Drew, *Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the Upper Indus Bassin, Part I: Alluvial deposits*. Quarterly Journal of the Geological Society, Vol. 29 (1873).

rapport à un troisième qui se trouve encore plus bas. Ainsi nous pouvons avoir plusieurs étages de cônes emboîtants et emboîtés.

Un cône, composé de plusieurs cônes emboîtés et emboîtants, est *complexe* par opposition au cône *simple*.

§ 3

Subdivisions.

On distingue facilement trois grandes sections dans la vallée du Rhône. La supérieure s'étend depuis l'extrémité du glacier du Rhône jusqu'à l'embouchure de la Saltine (longueur : 42,7 km.) Le fleuve y possède une pente moyenne considérable (24,3 m. sur 1 km. ¹). La moyenne s'étend depuis l'embouchure de la Saltine jusqu'à celle de la Drance (longueur : 76 km.) Par sa plaine alluviale large et la pente moyenne beaucoup plus petite (2,6 m.) cette section diffère profondément de la section moyenne. La dernière section, l'inférieure, depuis l'embouchure de la Drance jusqu'au lac Léman, est la plus courte (34,4 km.) C'est surtout la direction (NW-SE), à peu près perpendiculaire à la direction prédominante de la section moyenne (NE-SW), qui caractérise la section inférieure. La pente moyenne du fleuve y est un peu inférieure à celle de la section précédente (2,2 m.)

Le phénomène des cônes de déjections formés par les affluents du Rhône dans la vallée de ce dernier présente dans les trois parties indiquées des formes différentes, et ce sont ces subdivisions que j'adopterai dans ma description.

§ 4

Cartes à consulter.

I. — De l'Atlas Siegfried :

a) en 1 : 50.000. NN 490 (Obergestelen).

¹ Plus loin, en donnant la pente moyenne des divers tronçons du Rhône, nous ne répéterons plus les mots « sur 1 km. »

- 494 (Binnenthal), 493 (Aletschgletscher).
 497 (Brig), 496 (Visp), 482 (Sierre).
 481 (Saint-Léonhard), 486 (Sion), 485 (Saxon).
 526 (Martigny), 483 (Saint-Maurice).
b) en 1 : 25.000 NN 483 bis (Vérossaz).
 484 (Lavey-Morcles), 479 (Gryon).
 476 (Bex), 475 (Aigle), 474 (Vouvry).
 467 (Villeneuve), 466 (Le Bouveret).
c) comme supplément à cette étude :
 1) la carte des cônes de déjections dans la vallée de Conches.
 2) la carte des cônes de Finges, Agarn, Briannen. (Report de feuille de l'Atlas Siegfried N 482, Sierre).
 3) la carte des cônes de Charrat, Fully, Martigny.
 4) la carte des cônes terrassés de Saint-Maurice, Bex, de la Gryonne. (Report de l'Atlas Siegfried NN 476, 479, 483 bis, 484).
 II. — De la carte géologique de la Suisse en 1 : 100.000 les feuilles XVII et XVIII.

CHAPITRE PREMIER

PARTIE SUPÉRIEURE DE LA VALLÉE DU RHONE

(Glacier du Rhône - la Saltine.)

§ 1.

Les quatre tronçons entre Längisbach et la Saltine.

Après avoir passé le « Gletschboden », la plaine d'alluvions attenante au glacier du Rhône, et le défilé de Maienbach-Längisbach, le jeune Rhône rentre dans une vallée large, à peu près parallèle au « Gletschboden » (SW) et perpendiculaire au défilé (cette direction restera désormais dominante dans toute la vallée jusqu'à la Drance). C'est

seulement ici, à l'entrée de cette large vallée de Conches, depuis le torrent Längisbach, qu'apparaissent les premiers cônes de déjections.

Or, depuis ici jusqu'à la Saltine, nous distinguerons quatre tronçons qui sont tout à fait différents, tant au point de vue morphologique en général, qu'à celui du phénomène des cônes en particulier. Ces tronçons sont les suivants :

1. La vallée de Conches supérieure, depuis Längisbach jusqu'au Münsterfeld; c'est une plaine d'alluvions typique.

2. La vallée de Conches inférieure, depuis le Münsterfeld jusqu'à Niederwald; tronçon encombré par les cônes.

3. Le tronçon Niederwald-Teisch, caractérisé par une gorge rocheuse presque continue.

4. Le tronçon Teisch-la Saltine, avec un caractère mixte et de transition.

§ 2.

Le tronçon Längisbach-Münster (A).

(Vallée de Conches supérieure.)

A. Généralités. — Un grand cône formé par le torrent Längisbach sépare ce tronçon du défilé mentionné plus haut. Ce cône dont la surface présente un « Schotterfeld » étendu se trouve dans un état de croissance rapide.

La vallée de Conches supérieure possède une longueur de 9,5 km. et une largeur moyenne de 0,7 km. C'est une plaine alluviale en grande partie marécageuse; sa pente insignifiante de 3,8 m. contraste singulièrement avec celle du défilé d'amont (148 m.)

Malgré un nombre très grand de cônes, déposés par les affluents, dans ce tronçon, nombre beaucoup plus grand que partout ailleurs en aval, la plaine d'alluvions occupe une surface beaucoup plus étendue que les cônes qui couvrent seulement une modeste partie de la vallée.

Commençons l'étude des cônes par le versant droit.

B. *Versant droit*. — Nous y voyons que la ligne de partage des eaux entre les bassins de l'Aar et du Rhône s'élève constamment vers l'aval du Rhône, en s'éloignant en même temps de la vallée de ce dernier. D'où résulte que les torrents du versant gagnent en importance vers l'aval. Tous ces torrents, plus ou moins permanents, forment à leur arrivée à la vallée des cônes de déjections d'un type commun. Ces cônes sont en général réguliers; leur pente est d'autant plus petite que les torrents sont plus importants (Rätteris = $11^{\circ}42'$, Jost = $14^{\circ}24'$; Trützi = $6^{\circ}8'$). Ils ne sont pas éteints, puisque des cailloux disséminés couvrent leur surface d'une manière plus ou moins dense (par exemple le cône Rätteris). Les lits des torrents ne sont pas, ou très peu, encaissés dans les cônes. La base des cônes se confond d'autant plus avec la plaine d'alluvions que les torrents sont importants; ainsi la limite des cônes Trützi, Wiler, Ober, Mühle, morphologiquement invisible, est seulement traçable grâce à l'apparition du sol marécageux de la plaine d'alluvions; par contre les cônes des torrents moins importants, comme Jost et Rätteris, buttent contre la plaine alluviale avec une limite beaucoup plus franche. — Enfin tous ces cônes n'atteignent pas le Rhône et, après avoir abandonné leurs cônes, les torrents sont obligés de passer par la plaine pour arriver au fleuve-maître.

Les torrents dont nous venons de décrire les cônes peuvent être nommés *de premier ordre*. Par leurs vallons profonds ils découpent le versant en un certain nombre de paquets, qui sont sillonnés à leur tour par des vallons secondaires, *de deuxième ordre*, beaucoup moins encaissés dans le versant. Quelques-uns sont représentés sur la carte Siegfried et en général ils se prolongent vers le haut beaucoup moins que les vallons de premier ordre. Mais ce qui distingue surtout ces deux espèces de vallées c'est l'extinc-

tion de celles de deuxième ordre, couvertes par la végétation ; on y trouve peu de matériel meuble et l'eau y coule rarement et en quantité insignifiante.

Presque tous ces vallons aboutissent vers la plaine d'alluvions par des cônes, en général beaucoup plus petits que ceux des vallons de premier ordre. En revanche, la pente de ces cônes est nettement plus grande que celle du groupe précédent. — En outre ces cônes de deuxième ordre sont ordinairement beaucoup moins réguliers et, ce qui est important, se distinguent par un état d'extinction, correspondant tout à fait à celui de leurs vallons : ils sont entièrement couverts par l'herbe ou par les cultures, il n'y a pas traces de lit, ni d'eau. Vu leurs petites dimensions, ils s'avancent encore moins dans la plaine, leur partie inférieure forme avec cette dernière un angle relativement peu ouvert.

C. *Versant gauche.* — Passons maintenant au versant gauche qui occupe une surface beaucoup plus grande que le versant droit, aussi son réseau hydrographique est-il plus complexe. Nous y constatons d'abord deux torrents-rivières assez considérables, ceux de Geren et d'Eginen. Ces deux affluents contrastent tellement, quant à leur débit, avec les torrents du versant droit, qu'il n'est pas étonnant que les cônes déposés par eux soient aussi sensiblement différents. Leur trait le plus caractéristique c'est leur pente tout à fait insignifiante ($1^{\circ}44'$, $0^{\circ}44'$) ; ils sont si plats dans le sens transversal qu'ils méritent à peine leur nom. Ils semblent être assez stables, puisqu'on y a construit des habitations (Unterwasser, Zum Loch), et, en contrastant avec les deux groupes des cônes que nous avons rencontrés sur le versant droit, ils atteignent le Rhône.

Grâce aux nombreux affluents, longitudinaux et à peu près parallèles au Rhône que reçoivent ces deux rivières, les paquets du versant, restés en dehors de leurs bassins et tributaires directement du Rhône, sont assez restreints.

C'est pourquoi, malgré la surface beaucoup plus grande du versant gauche en comparaison avec celle du versant droit, les torrents qui descendent du versant entre l'Eginenbach et le Gehrenbach (Kessi, Kehr) sont plus modestes que les torrents de premier ordre du versant droit. Il en est de même du côté gauche d'Eginen, où les affluents de cette rivière ont accaparé une grande partie du versant. Les torrents Lingen, Kirch, Moosmatten qui s'y trouvent sont nettement moins importants que leurs vis-à-vis de l'autre versant. C'est seulement le torrent Merezen, à la limite inférieure du tronçon considéré, qui ne cède pas, quant à son importance, aux torrents les plus grands de l'autre versant. — Néanmoins tous les torrents, énumérés plus haut, forment des cônes, quoique en moyenne un peu plus petits, mais rappelant beaucoup ceux des torrents de premier ordre du versant droit. Leur pente moyenne est un peu plus petite que celle des cônes de premier ordre ; ils ne sont pas éteints non plus : ce qui le prouve ce sont les cailloux assez nombreux disséminés sur leur surface. Deux circonstances seulement les distinguent des cônes correspondants du versant droit ; probablement à cause de l'exposition, ils sont couverts en partie par le bois et, sauf le cône Kessi, ils s'approchent beaucoup plus près du Rhône qui dans cette partie de la vallée est nettement rejeté vers le versant gauche.

Soulignons enfin que les cônes « de deuxième ordre » sont ici plus nombreux que sur le versant droit. Par exemple, le paquet montagneux entre les torrents Kirch et Moosmatten (longueur à peine 1 km.) est sillonné par 10 vallons éteints, bien développés, dont 7 aboutissent sur la plaine d'alluvions par des cônes « de deuxième ordre ». Ces cônes, avec des caractères identiques décrits plus haut (sur quelques-uns coulent, il est vrai, des minces filets d'eau), sont au nombre total de 22. — La pente moyenne de ces cônes est beaucoup plus grande que celle des cônes de premier ordre du même versant.

D. *Essai d'une explication de la fréquence extraordinaire des cônes dans le tronçon considéré.* — Après avoir décrit les traits essentiels du phénomène des cônes dans la vallée de Conches supérieure, arrêtons-nous un moment sur le problème de la fréquence si étonnante des cônes dans ce tronçon, fréquence que nous ne rencontrerons nulle part plus en aval. En effet, le nombre total des cônes y est de 51, sur un espace de 9,5 km., sans compter les cônes adventifs. — Il semble qu'il faut tenir compte de plusieurs facteurs. D'abord la constitution pétrographique y joue un rôle important, puisque nous savons¹ que le « chevelu » des vallons sur les roches imperméables, comme, par exemple, sur les schistes cristallins dont les deux versants de la vallée de Conches sont constitués, est beaucoup plus dense que sur les roches perméables. — On doit donc admettre que sitôt après que le glacier se retira définitivement de cette partie de la vallée, les versants — entre les grands affluents déjà existants — se sont couverts par un « chevelu » relativement très dense de vallons qui n'ont pas tardé à construire des cônes. Il est du reste possible que la formation de ces cônes ait été favorisée par le revêtement glaciaire des versants. — Bientôt cependant quelques-uns de ces vallons-torrents ont réussi à se développer plus vite que leurs voisins et se sont même enrichis, en capturant les parties supérieures de ces derniers (cf. surtout le paquet montagneux Jost-Rätteris, où les deux cônes entre les cônes Jost et Rätteris sont tout à fait semblables à leurs voisins, ce qui, joint à la morphologie du versant, rend possible que ces deux cônes ont été formés par des torrents d'une grandeur semblable et que, par conséquent, les captures au profit des Jost et Rätteris sont d'une époque récente). Quelques autres val-

¹ Comp. A. de Lapparent, *Leçons de géographie physique*, p. 196 et 201. 3^e édition, 1907.

lons ont été capturés par des torrents plus considérables, préexistants (cf. le versant gauche d'Ober, le versant droit de Mühle).

Ces captures, concordantes à un changement du climat qui, aussitôt après la disparition du glacier était probablement plus humide que maintenant ¹, expliquent pourquoi les vallons et les cônes de deuxième ordre se sont éteints. Or, il est évident que la future évolution de ce tronçon entraînera d'une part la disparition des vallons éteints grâce aux phénomènes éluviaux qui ont lieu sur les versants ; d'autre part — leurs cônes finiront par disparaître sous l'alluvion croissante de la plaine, ou seront détruits par les fleuves, puisqu'ils ne sont pas nourris. — Ainsi, le grand nombre de cônes dans la haute vallée de Conches s'expliquerait essentiellement par le temps relativement court qui s'est écoulé depuis que le glacier l'a abandonnée ².

Enfin mentionnons que, dans un ordre d'idées tout différent, on pourrait attribuer la fréquence excessive des cônes (et des vallons correspondants) à l'influence des avalanches, phénomène rencontré ici si souvent ³.

E. *Comparaison de deux versants.* — Pour terminer étendons-nous encore sur quelques différences frappantes qui existent entre deux versants. Ainsi sans compter les cônes adventifs, nous avons sur le versant droit 21 cônes, et 30 sur le versant gauche. Cette fréquence plus grande des cônes sur le versant gauche est — comme nous le verrons plus bas — un phénomène presque général dans toute la vallée du Rhône, et il est possible, dans le cas

¹ Voir par exemple F. Nussbaum, *Die Täler der Schweizeralpen*, Bern, 1910. p. 91.

² L'évolution du réseau hydrographique sur les versants d'une vallée récemment abandonnée par le glacier n'est pas sans analogie avec celle du réseau hydrographique sur une plaine côtière, abandonnée par la mer.

³ Cf. la Pl. IX *Les avalanches dans la vallée de Conches* dans « *La vallée de Conches en Valais* » par Ch. Biermann, Lausanne, 1907.

particulier du tronçon considéré, que ce soit l'exposition N, qui, en arrêtant l'évaporation favorise le ruissellement et fait naître un « chevelu » plus dense sur ce versant que sur le versant droit, plus ensoleillé (il faut dans cette hypothèse admettre cependant que la quantité des précipitations sur les deux versants est à peu près la même ou un peu seulement plus grande sur le versant droit que sur le versant gauche).

La pente moyenne des cônes du versant droit est de $12^{\circ}27'$ et celle des cônes du versant gauche de $14^{\circ}5'$. C'est aussi une particularité générale dans la vallée du Rhône presque entière que *la pente des cônes est plus grande sur la versant gauche que sur le versant droit*.

Cette particularité est ici peut-être une simple conséquence du nombre plus grand des cônes sur le versant gauche, puisque à peu près la même quantité d'eau, répartie sur un nombre plus grand de torrents, fournit à chacun de ces derniers un débit en moyenne plus petit, donc les cônes formés par ces torrents auront une pente plus raide.

§ 3.

Le tronçon Münster-Niederwald (B)

(Vallée de Conches inférieure)

A. *Généralités*. — Déjà la pente moyenne du Rhône dans ce tronçon, pente beaucoup plus grande (12,3 m.) que celle du tronçon supérieur (3,8 m.), nous indique qu'il y a une différence sensible entre les deux tronçons. En effet, tout d'abord le nombre des cônes y est beaucoup plus petit, quoique encore plus grand que dans les autres tronçons de la vallée : sur une distance de 8,4 km. nous constatons seulement 24 cônes (tronçon supérieur — 51 cônes sur 9,5 km.). En outre les cônes « adventifs » que nous n'englobons pas dans cette statistique, sont beaucoup plus

fréquents dans la vallée de Conches supérieure que dans l'inférieure. — D'autre part, les cônes sont tous, presque sans exception, beaucoup plus grands que ceux du tronçon supérieur, et la catégorie si importante de cônes « de deuxième ordre » de ce dernier tronçon manque ici presque complètement. — Un autre trait remarquable du tronçon considéré c'est le fait que la plaine d'alluvions proprement dite y occupe un espace très modeste et que la vallée est constituée d'une manière prépondérante par les cônes mêmes qui, quoique moins nombreux, laissent entre eux à peine de la place libre.

Enfin ces cônes diffèrent profondément de leurs voisins d'amont en ce sens qu'ils sont en général plus ou moins tronqués du côté du Rhône et qu'ils accusent plusieurs niveaux différents (terrasses, cônes emboîtés) — phénomène que dans le tronçon supérieur nous avons rencontré exceptionnellement (léger emboîtement sur les cônes Mühle, Moosmatten, Merezen).

B. *Versant droit.* — Examinons maintenant d'un peu plus près le phénomène des cônes sur les deux versants et commençons par le versant droit.

Nous y trouvons d'abord deux torrents importants, ceux de Münster et de Reckingen, alimentés chacun par un petit glacier. Vers l'aval suit le torrent de Walli, un peu moins important, bien qu'alimenté encore par des névés. Mais le torrent suivant, celui de Wiler, est déjà beaucoup plus modeste que les torrents déjà nommés. — Si nous y ajoutons le torrent Trützi du tronçon supérieur, nous obtenons un groupe de cinq torrents « de premier ordre » qui découpent le versant en cinq paquets.

Ces paquets sont à leur tour découpés. Ainsi, entre les torrents Wiler et Fiesch, nous constatons un torrent assez modeste (sans nom). Puis entre les torrents Wiler et Walli le paquet est découpé par le torrent Hilper. — Enfin les trois paquets supérieurs sont découpés d'une

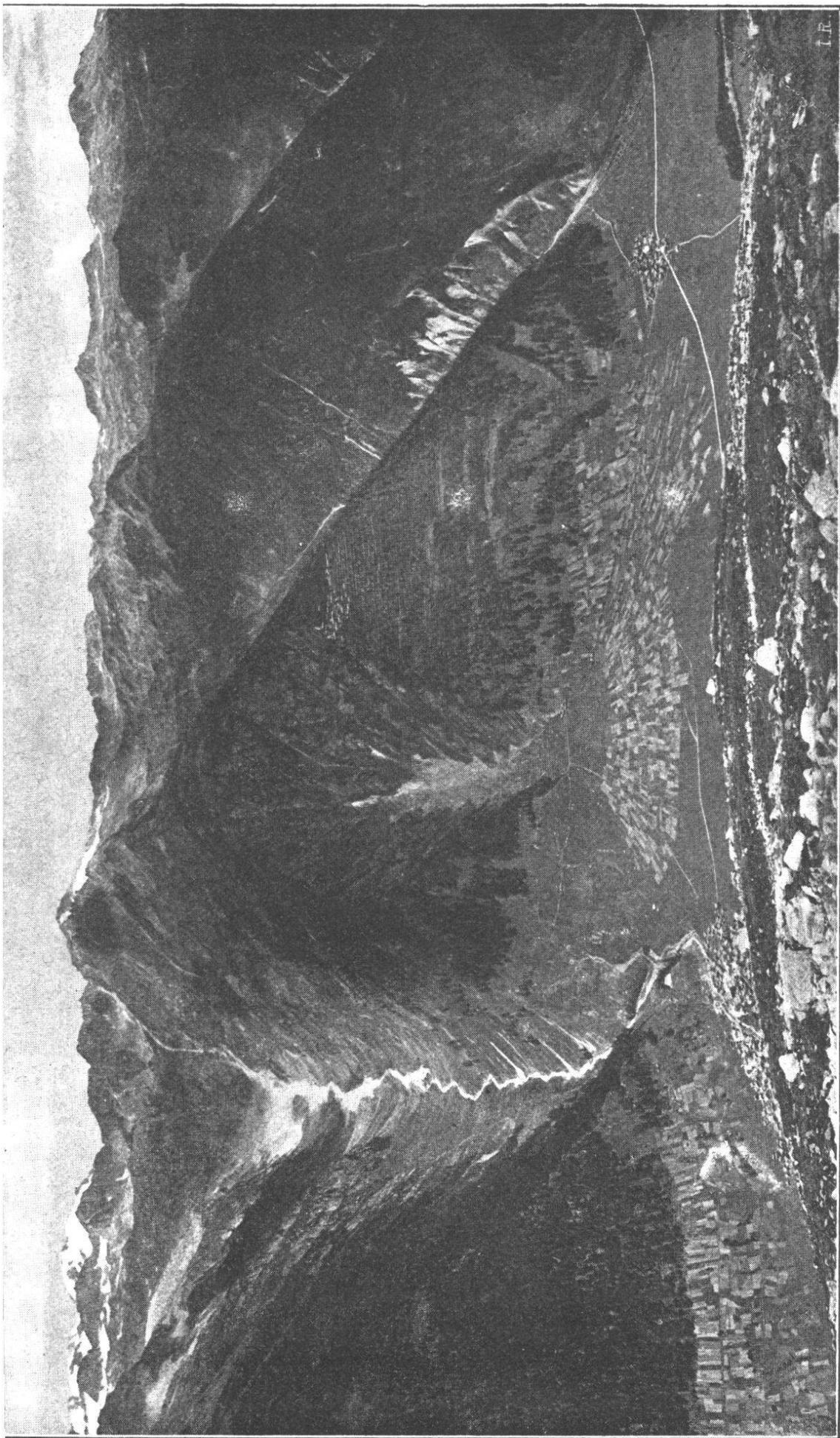


Fig. 1. — Au milieu de la photographie, le cône « Münsterfeld », si régulier, avec son cirque-entonnioir. Sur le cône, pas trace d'un lit quelconque, dans le cirque, des traces faibles. On voit nettement que le sommet du cône Münsterfeld (le point le plus bas du cirque) est situé beaucoup plus haut que ceux des cônes voisins (Trützbach, Münsterbach). — La localité Münster se trouve en partie sur le cône de Münsterbach, en partie sur le cône de Münsterfeld. — La localité Geschenen est de même située sur les cônes Trützbach et Münsterfeld. — Remarquer la belle vallée en auge du Münsterbach. — A gauche du cirque (à droite sur la phot.) sur le versant abrupt sont visibles les murs contre les avalanches.

manière tout à fait différente et particulière. Chacun d'eux est rongé par une espèce de cirque, très profond et si haut qu'il entame la banquette de 2100-2400 m., alors que le niveau de la vallée est ici à 1350 m. Ces cirques avec des parois très abruptes, creusées en roche en place et sillonnées eux aussi par des vallons secondaires, possèdent un fond en forme d'une vallée relativement large, à pente rapide qui aboutit vers le bas au sommet d'un cône. (Figure 1.)

Les cônes énormes, déposés au pied de chaque entonnoir, sont beaucoup plus grands que ceux que nous avons rencontrés jusqu'ici. Ils sont remarquables par ce fait qu'ils sont tout à fait éteints; sur leur surface il n'y a aucune trace de lit ni d'eau, ils sont couverts par des prés et champs (d'où le nom « Feld »), et les cailloux disséminés sur leur surface par-ci par-là, surtout dans les fonds des cirques, proviennent, selon toute probabilité, des avalanches. — De même les cirques avec leurs vallons secondaires sont eux aussi éteints; sauf le cirque de Ritzingerfeld, où un des vallons secondaires sert de lit à un petit torrent temporaire qui construit un cône récent sur le fond du cirque.

La pente de ces cônes « de cirque », remarquablement réguliers est assez considérable et sensiblement la même (11 à 12°); leurs sommets sont situés beaucoup plus haut que ceux des cônes des torrents environnants: les cirques avec leurs fonds larges, mais rapides, sont nettement « *suspendus* » par rapport à la vallée-maîtresse.

Le paquet Münster-Reckingerbach étant plus grand que les deux autres, est découpé, en plus du cirque, par un vallon beaucoup plus modeste, mais rappelant un peu par sa forme un cirque. Ce vallon, éteint et couvert par la forêt, forme lui aussi un cône relativement petit, éteint.

Le paquet Reckinger-Walli, deuxième, d'après la gran-

deur, possède lui aussi, sauf le cirque, un petit vallon avec un cône.

Malgré les différences profondes qui existent entre les cônes énormes « de cirques » d'une part et les cônes « de deuxième ordre » du tronçon supérieur de l'autre — il est probable que ces « Felder » et leurs cirques se sont éteints eux aussi, grâce au développement des affluents latéraux des torrents environnants qui auraient privé les cirques des apports, provenant de la haute banquette (examiner surtout l'affluent droit du torrent Münster, le Bachtelen, et les affluents droits du torrent Reckinger); l'humidité du climat, plus faible actuellement que jadis, y est probablement aussi pour quelque chose.

La forme si singulière de ces cirques, intermédiaires entre les cirques torrentiels et glaciaires, pourrait être expliquée comme représentant des cirques torrentiels, légèrement modifiés par l'action des petits glaciers (névés), qui y logeaient grâce à un avancement peu considérable de glaciation¹.

Les torrents plus ou moins importants, mentionnés plus haut, forment eux aussi des cônes en général réguliers, des cônes de déjections typiques dont les pentes sont en raison inverse de la grandeur des torrents. Sans entrer dans les détails, soulignons seulement que tous ces cônes (aussi ceux des cirques) sont plus ou moins tronqués du côté du Rhône, et qu'en allant vers l'aval nous rencontrons, en général, des escarpements de plus en plus grands. Ainsi, en comparant entre eux les trois « Felder » nous constatons que l'escarpement du plus supérieur, Münsterfeld, ne dépasse pas 12 m., tandis qu'il atteint 20 m. sur l'inférieur, le Ritzingerfeld. Nous constatons le même accroissement de la hauteur de l'escarpement vers l'aval sur les cônes des torrents. En effet, le cône plat du torrent

¹ Comp. F. Nussbaum l. c. p. 27 et suivantes, I. Stiny l. c. p. 63.

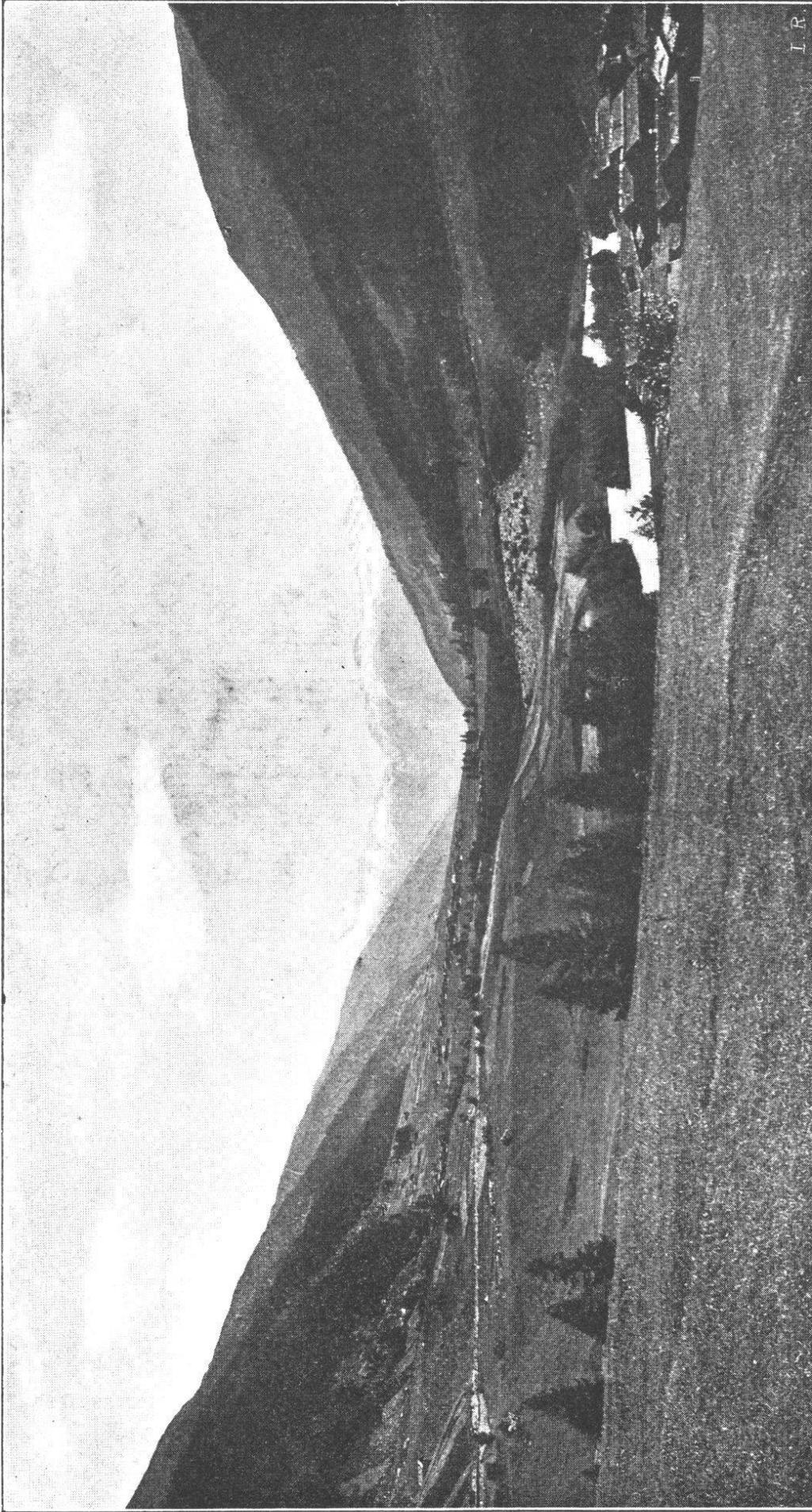
Münster se confond encore avec la plaine marécageuse ; le cône du torrent Reckinger est déjà tronqué de quelques mètres sur son flanc droit ; l'escarpement du cône Walli atteint 20 m. et ceux de deux cônes, les plus inférieurs du tronçon, même 25-30 m.

A côté de ce phénomène des cônes coupés, nous trouvons, — surtout dans la partie inférieure du tronçon — que les torrents se sont encaissés dans leurs cônes anciens tronqués et ont formé au pied des escarpements, sur la plaine alluviale, des petits cônes jeunes (les torrents Walli, Wiler). Ailleurs, sur les escarpements des torrents moins importants et éteints et dans les espaces entre les cônes sont visibles des terrasses de plusieurs niveaux, creusées dans le matériel meuble (les terrasses au pied des cônes Hilper, Wiler, Niederwald ; les terrasses entre Walli et Hilper).

C. *Versant gauche.* — Ce versant est découpé d'abord par plusieurs torrents d'une importance moyenne et à peu près égale (Ritzi, « Spiess », Krümpen, Bettel). Les paquets du versant entre ces torrents sont sillonnés à leur tour par des vallons secondaires.

Plusieurs de ces derniers sont éteints, de même leurs cônes, probablement aussi à cause de phénomènes de capture (par exemple le torrent « Spiess » qui a réussi à décapiter les deux torrents-vallons secondaires sur ses deux versants).

Mais en général les cônes du versant gauche ne sont pas éteints ; ce sont des cônes de déjections typiques et dont la grandeur semble être en dépendance directe de la grandeur des torrents eux-mêmes (comparer les 4 cônes Urschgen-Ritzi et leurs torrents). Dans le reste, les cônes du versant gauche présentent en général les mêmes phénomènes que ceux du versant droit. Ainsi, le cône Hohbach montre seulement des traces de l'escarpement ; mais déjà sur le cône Urschgen ce dernier atteint presque 8 m. ;



I.R.

Fig. 2. — La photographie rend bien les caractères essentiels du tronçon de la vallée de Conches au Rieure, encombré par les cônes ; la plaine d'alluvions y occupe une place modeste. — Sur le versant droit (gauche de la photographie) nous voyons, d'amont vers l'aval, le grand cône de Ritzingerfeld (avec la chapelle « Im Feld »), puis le cône de Wallibach un peu caché, enfin le cône de Hilpersbach avec ses trois étages-terrasses. Sur le versant gauche nous voyons, d'amont vers l'aval, le cône de Ritzibach, puis le cône de Spiessbach tronqué par le Rhône, au pied de l'escarpement de ce dernier cône se forment plusieurs cônes récents (cas spécial d'emboîtement).

Au fond se dessine le Col de la Furka.

l'escarpement du cône Mannliboden même 25-30 m. ; puis, après un abaissement momentané de l'escarpement sur le cône Ritzi jusqu'à 10 m., il remonte jusque 25 m. (cônes Bordstafel, « Spiess ») et 30 m. (« Ebneten »). Enfin sur les versants du torrent Salzgeben sont visibles des restes d'un cône ancien, à 30-35 m. au-dessus du Rhône, et près de la limite inférieure du tronçon, vis-à-vis de la localité Niederwald, existe une terrasse à la même hauteur au-dessus du Rhône.

Le phénomène des cônes emboîtés, constaté par nous sur le versant droit, se montre aussi ici, même plus fréquemment. Il y en a deux types : 1° les petits cônes « emboîtés » (comme ceux de Walli et Wiler sur le versant droit), formés au pied de l'escarpement du cône « emboîtant » ; exemple : cône Mannliboden où ces cônes emboîtés sont situés sur deux niveaux différents ; 2° des cônes emboîtés *sensu stricto*, c'est-à-dire situés à l'intérieur même du cône principal plus ancien (cône Blinden — un cône emboîté, cône Ritzi — plusieurs) (fig. 2).

Une troisième particularité de ce versant est l'existence des terrasses assez étroites, semblables à celles du versant droit, terrasses en général creusées dans le matériel meuble, et séparées l'une de l'autre par des escarpements. Ces terrasses marquent des niveaux anciens du Rhône, inférieurs à celui marqué par les cônes les plus anciens (30-35 m.). Elles sont quelquefois creusées sur les cônes (Mannliboden), mais plus souvent se trouvent dans les espaces entre les cônes (par exemple entre les cônes Mannliboden et « 130 », au-dessus des cônes Ritzi et Bordstafel, et surtout à la limite inférieure du tronçon, où existe toute une série des terrasses dont la plus supérieure est de 30-35 m. ¹.

¹ A une catégorie probablement différente appartiennent quelques terrasses plus hautes (jusqu'à 50-60 m.).

Le cône Salzgebi présente 5 niveaux certains, comme restes plus ou moins bien conservés de cônes ; le niveau le plus supérieur, en forme de terrasse, est situé à 40-45 au-dessus du Rhône.

Mentionnons enfin, comme une particularité assez souvent rencontrée, de paquets-terrasses inclinées, situées au-dessus et en dehors des cônes principaux (cônes Hohbach, « 130 », Mannliboden ; dans le tronçon supérieur — le cône Oberbach), qui sont peut-être des restes des cônes encore plus supérieurs et anciens —. Il ne faut pas cependant confondre ces paquets avec d'autres qui semblent être simplement des parties intégrantes du versant, séparées de ce dernier par une vallée, aujourd'hui éteinte, dirigée plus ou moins obliquement par rapport à la vallée du torrent (exemples : le singulier rempart au flanc gauche du Reckingerfeld ; les remparts semblables à côté des cônes Mühle et Eginen).

Quant à la plaine alluviale actuelle, elle est aussi modestement représentée sur le versant gauche que sur le versant droit.

D. *Genèse des principales particularités du tronçon.* — Il est à peu près certain que les phénomènes des cônes coupés, emboîtés, etc., sont dus à l'encaissement du Rhône qui se propage de l'aval (où le fleuve traverse un seuil rocheux, v. plus bas) vers l'amont. La preuve en est que les hauteurs des escarpements et des terrasses montent régulièrement vers l'aval sur les deux rives du Rhône. Cependant de la présence des divers niveaux (cônes emboîtés, terrasses) et de la plaine d'alluvions actuelle, il n'est pas nécessaire de conclure que l'encaissement de la rivière aurait eu lieu par saccades occasionnées, par exemple, par la différente dureté des roches dans le seuil. En effet, il suffit de s'imaginer que, pendant l'encaissement *continu* du Rhône, s'exécutait en même temps un mouvement de déviation latérale. Ce mouvement, changeant de sens de

temps en temps, pouvait être dû, ou à l'inégalité des forces répulsives des torrents des deux versants, grâce à une différence légère et momentanée du climat sur les deux versants, ou, ce qui est plus vraisemblable, à la rencontre par le Rhône de la roche en place, ce qui l'obligeait de se jeter vers le côté opposé et éroder latéralement ¹.

E. *Comparaison de deux versants.* — Le nombre des cônes du versant gauche (14) est supérieur à celui du versant droit (10). — Quoique beaucoup moins nombreux que dans le tronçon précédent, les cônes sur les deux versants forment néanmoins, grâce à leurs grandes dimensions, une série presque sans interruption.

La pente moyenne des cônes du versant gauche, de $13^{\circ}27'$, est sensiblement plus grande que celle des cônes du versant droit, de $10^{\circ}47'$. Les causes de ce phénomène, de même que le plus grand nombre des cônes sur le versant gauche, sont évidemment les mêmes que celles des phénomènes analogues dans le tronçon précédent.

§ 4

Le tronçon Niederwald-Teisch (C)

« de la gorge rocheuse »

A. *Généralités.* — Dans ce tronçon l'accroissement de la pente moyenne du Rhône s'accroît. Tandis que dans la

¹ Cette dernière explication m'a été suggérée par le mémoire de W.-M. Davis *The river terraces in New England*, Bull. Mus. of Comparative Zoölogy (1902), XXVIII, 281-346; réimpression dans les *Geographical Essays* du même auteur (1909), p. 514-587. Voir aussi E. de Martonne : *Traité de géographie physique*, Paris, p. 436.

Les paysages des cônes emboîtés et terrasses en amont d'un seuil rocheux sont fréquents dans les Alpes suisses. Je les ai observés dans la vallée du Rhin antérieur aux environs de la localité Sedrun (val Tavetsch); dans la vallée du Rhin postérieur, en amont de Via mala (Schamsertal) et en amont de la Rofna (Sufers-Hinterrhein). Voir A. Heim : *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein*, Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Lieferung XXV (1892), p. 423-424; 456-459.

vallée de Conches supérieure elle atteint à peine 3,8 m. et dans l'inférieure 12,3 m.; ici la pente moyenne est beaucoup plus grande, soit de 31,9 m. — En relation étroite avec cette pente considérable est ce trait le plus caractéristique du tronçon, que presque sur toute l'étendue, le lit du fleuve est une gorge étroite avec des parois rocheuses abruptes; il est évident que l'érosion en profondeur constatée par nous dans le tronçon précédent constitue un prolongement vers l'amont de celle, si énergique, qui a lieu dans la gorge.

Les cônes dont le nombre total, de 15, est encore plus petit que dans le tronçon précédent et dont les dimensions sont en général beaucoup plus petites, — sont situés sur des banquettes plus ou moins larges qui accompagnent une grande partie de la gorge, ou viennent buter contre le Rhône directement, en interrompant la gorge sur un espace restreint.

Plusieurs cônes montrent le phénomène d'emboîtement, quelques-uns sont complètement éteints.

B. *Versant droit.* — Il débute par un paquet peu étendu dont la ligne de partage des eaux descend rapidement depuis plus de 2000 m. jusqu'à 0 — à l'embouchure du torrent Fiesch dans le Rhône. Au pied de ce paquet du versant le phénomène de cônes manque presque complètement, parce qu'il n'y existe que quelques ruisseaux insignifiants. La banquette rocheuse, de 30 à 40 m. d'altitude au-dessus du Rhône, qui accompagne la gorge dans la partie supérieure semble correspondre au même niveau que les cônes emboîtants principaux du tronçon précédent.

En aval de l'embouchure du torrent Fiesch, où aucun cône n'est déposé, nous constatons sur le versant, dans les limites du tronçon, plusieurs torrents d'une importance médiocre : Gibelsbach, Lauweli, Kühboden, Laxgraben. — Les deux premiers (celui du Gibelsbach appartient encore au bassin du torrent Fiesch) forment des cônes com-

plexes, qui présentent plusieurs restes de cônes d'âge différent.

Le reste du cône le plus ancien de Gibelsbach tombe vers le torrent Fiesch par un escarpement de 40 m. ; le cône le plus jeune de ce torrent est escarpé lui-même jusqu'à 10 m.

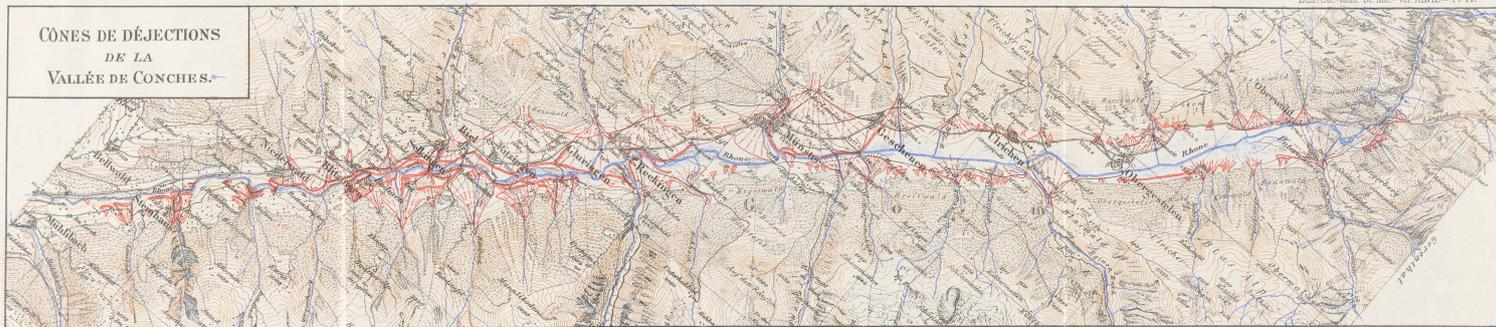
Le cône Lauweli, pas tout à fait éteint (cailloux, forêt), s'appuie par son flanc gauche sur le torrent Fiesch, par son flanc droit, sur le Rhône. Il est escarpé jusqu'à 30 m. ; de deux côtés du cône principal se trouvent des restes de cônes plus anciens.

Depuis l'embouchure du torrent Fiesch la gorge rocheuse dans la vallée du Rhône disparaît momentanément, et la paroi abrupte est ici remplacée par plusieurs terrasses superposées, séparées l'une de l'autre par des escarpements et découpées par le torrent Kühboden. Ce dernier forme, lui aussi, un cône complexe, dont le cône le plus jeune est tronqué par le Rhône.

Mais déjà vis-à-vis du village de Lax la gorge réapparaît et devenant vite de plus en plus profonde, atteint, à la limite du tronçon, près du hameau de Teisch, une hauteur de 80-90 m. — Au-dessus de la gorge nous constatons le prolongement de la terrasse la plus supérieure de celles mentionnées plus haut, interrompue sur un court espace par une pente rapide sur le flanc droit du torrent Laxgraben. — Sur cette terrasse reposent deux cônes, tout à fait éteints (sur le plus grand est situé le village de Lax), de même que les vallons correspondants, qui sont envahis par la végétation. Ici aussi, il est possible que nous ayons des cas de capture opérés par deux torrents voisins (Laxgraben et Kühboden).

C. *Versant gauche.* — Le versant gauche du tronçon se compose de plusieurs paquets différents. — D'abord, entre Niederwald et le torrent Mühli, nous sommes en présence du prolongement du paquet médiocrement large

CÔNES DE DÉJECTIONS
DE LA
VALLÉE DE CONCHES.



Relevés pour une carte géologique de France (géologie générale) - 1874-1875.

Légende :  Cône passant insensiblement à la plaine d'alluvions.  Cône délimité.  Cône tronqué.

du tronçon précédent. Aussi les torrents, qui en descendent, sont d'une importance moyenne (Bettel, Ruffi, Laui). La gorge rocheuse y est dominée (comme sur le versant droit) par une espèce de banquette rocheuse, fortement inclinée vers le Rhône et irrégulière.

Les torrents susmentionnés découpent cette banquette et avancent leurs cônes jusqu'au Rhône, en faisant ainsi disparaître la gorge localement. Jetons un coup d'œil sur ces cônes. — Celui de Bettel présente, à part le cône actuel vivant, 4 restes de cônes plus anciens, dont le plus vieux est situé à 30-35 m. au-dessus du Rhône. — Le cône principal de Ruffi est un vaste « Schotterfeld », tronqué jusqu'à 15 m. ; à son pied s'est formé un petit cône vivant, tronqué lui aussi ; enfin la localité de Steinhaus semble être située sur un reste d'un cône ancien de Ruffi, reposant sur la banquette, auquel correspond sur le flanc droit du torrent un reste analogue.

Après avoir passé le torrent Laui avec son cône, nous arrivons à l'important Mühlbach, qui gagne le Rhône par une gorge rocheuse, profonde, découpant la terrasse. Sur cette dernière, des deux côtés du torrent des traces peu nettes des restes de cônes anciens sont visibles.

Depuis Mühlbach jusqu'à un autre affluent important, Binna, sur le petit paquet du versant, laissé au Rhône par ces deux affluents longitudinaux, aucun torrent d'une puissance même médiocre ne peut se former. — Quelques cônes autour du village d'Aernen, qui s'y sont établis, sont tout à fait éteints, de même que leurs vallons. Ces cônes reposent sur une vaste banquette, située au-dessus de la gorge, banquette qui constitue un prolongement de celle d'amont.

En aval d'Aernen cette banquette tombe assez rapidement vers le Rhône par une série de terrasses secondaires ; nous avons déjà mentionné plus haut que dans cet endroit — entre Neubrugg et Lax — la gorge rocheuse disparaît ;

cependant la roche en place est encore visible dans le lit.

Depuis le torrent Binna, qui gagne son fleuve-maître dans une gorge, le versant se rélargit limité vers le haut par des affluents longitudinaux des autres tributaires du Rhône (Saflischtal et les affluents de la Saltine). — En même temps immédiatement au-dessus de la gorge apparaît une banquette qui correspond par sa hauteur à celle de Teisch de l'autre versant et forme la continuation d'une banquette qui accompagne la gorge rocheuse de la Binna.

Un torrent important, Mühle, découpe cette banquette en une gorge profonde, tandis que son affluent Lauigraben forme sur la banquette, près de son embouchure, un vaste cône irrégulier éteint.

D. *Comparaison de deux versants.* — Ici aussi le nombre des cônes du versant gauche (10) est supérieur à celui des cônes du versant droit (5). — De même la pente moyenne qui sur le versant gauche est de $12^{\circ}44'$, est sur le versant droit de $11^{\circ}28'$.

§ 5

Le tronçon Teisch-Saltine (IV)

A. *Généralités.* — Ce tronçon, dernier du cours supérieur du Rhône, se caractérise par plusieurs particularités, qui lui sont communes avec l'un ou l'autre des tronçons précédents. — La pente moyenne du Rhône, de 17,5 m., quoique sensiblement inférieure à celle du tronçon « de la gorge rocheuse » (de 31,9 m.), y est néanmoins encore un peu supérieure à celle « des cônes tronqués » (de 12,3 m.). — Quoique nulle part n'existe une gorge rocheuse, proprement dite, cependant la roche en place se montre presque partout, soit dans le lit du Rhône, soit aussi immédiatement au-dessus, sur les versants. — La vallée est en général étroite ; par places son profil transversal est un V typique ; mais il y a plusieurs

endroits où la vallée s'élargit, tandis qu'apparaissent des bandes plus ou moins larges de la plaine d'alluvions récente, surtout à la limite inférieure du tronçon.

Le nombre total des cônes redevient plus grand (23) que dans le tronçon précédent, et s'approche de celui du tronçon « des cônes escarpés » (24). — Quant au caractère des cônes, — nous y constatons la réapparition d'un certain nombre de cônes « petits », de deuxième ordre, si fréquents dans la vallée de Conches supérieure ; cependant ils ne sont pas aussi complètement éteints que ceux-ci.

En outre le phénomène des cônes emboîtés possède dans ce tronçon des représentants assez nombreux et particulièrement typiques.

Examinons maintenant le phénomène des cônes d'un peu plus près et commençons, comme d'habitude, par le versant droit.

B. *Versant droit.* — Le tronçon débute par un endroit singulier où le Rhône, en sortant de la gorge rocheuse, tourne brusquement sous un angle presque droit, en faisant disparaître vers l'aval la terrasse de Teisch ; ainsi se forme la paroi abrupte, en roche en place, traversée par la grande route en nombreux lacets « la montagne de Teisch ». Bientôt cependant le fleuve reprend approximativement sa direction antérieure, en rongant d'une façon énergique le versant droit. Nous y constatons des restes fortement réduits et tronqués en parois fraîches des cônes (« Martisberg », Bettmer, « Bader »), emboîtant des petits cônes actuels, vivants. Par places ces restes des cônes possèdent la forme nette d'une terrasse (« Bader » ; l'escarpement est au maximum de 25 m.).

En aval du torrent Bettmer, le Rhône rentre dans un défilé « Tolen » très étroit, dont le lit et les versants sont en roche en place. — Le défilé, à son tour, est remplacé par une partie élargie de la vallée avec plusieurs cônes. — Le plus important est celui de Dorfgraben, dont la partie

la plus grande est formée par un cône ancien, éteint et tronqué jusqu'à 15 m. (village de Moerel); au pied de ce cône ancien s'est formé un cône plus jeune, déjà tronqué lui aussi et emboîtant, à son tour, un cône actuel en état de formation.

Vers l'aval suit une plaine d'alluvions relativement assez large, couverte en grande partie par un éboulement important. Cette plaine disparaît sur un court espace, mais réapparaît et se prolonge jusqu'au torrent Massa, en supportant un peu plus en avant le cône de Bietsch (petit cône emboîté par un beaucoup plus grand, tronqué et éteint). — Le torrent puissant de la Massa ne forme aucun cône.

Après un nouveau rétrécissement, immédiatement en aval de la Massa, la plaine alluviale réapparaît, en s'élargissant de plus en plus jusqu'à la Saltine. — Ici, sur la limite inférieure du tronçon, se trouve le cône de Kelchbach, sur la surface duquel est situé le village de Naters. Ce cône est intéressant d'abord parce que sa base se confond insensiblement avec la plaine d'alluvions. C'est une propriété des cônes plus volumineux comme ceux que nous avons vus dans la vallée de Conches supérieure et qui est générale dans la partie moyenne de la vallée du Rhône. — Puis, nous y observons un fait que nous rencontrons de même assez souvent dans le cours moyen, à savoir, que le torrent est encaissé dans la partie haute du cône et alluvionne dans la partie basse, en d'autres termes il tend à diminuer la pente de son cône ¹.

C. *Versant gauche.* — A la limite supérieure du tronçon, vis-à-vis du versant droit rongé par le Rhône (v. plus haut), le versant gauche descend vers le fleuve par toute une série de terrasses, bien développées (avec les deux

¹ A. Heim, parlant l. c. p. 426 et p. 475 de cas semblables, en cherche la cause dans le débit du torrent agrandi grâce à l'extension de son bassin de réception.

niveaux, la localité de Grengiols, 1001 m., et une roche moutonnée de 1050-60 m. nous en comptons 71 ; la plus basse est située seulement quelques mètres au-dessus du Rhône. Ces terrasses suggèrent l'idée que le Rhône, en creusant la gorge rocheuse d'amont, aurait été obligé, par une raison qui nous échappe, à s'enfoncer et à se déplacer vers la droite (phénomène peut-être dû à un méandre primaire, développé sur la banquette — ancienne vallée — de Teisch-Grengiols) ¹, d'où la formation des terrasses et la disparition dans cet endroit du prolongement de la banquette de Teisch, — et ce déplacement vers la droite dure probablement aussi à l'heure actuelle.

La morphologie de deux cônes, formés un peu plus en aval, par les torrents « Auf der Fluh » et Bettligraben semble bien jouer avec l'hypothèse émise. En effet le premier cône se compose de 3 restes de cônes d'âge différent ; le plus ancien est situé à 30-40 m. au-dessus du Rhône ; tous ces restes sont escarpés du côté du fleuve-maître. — Le cône de Bettligraben — plat et petit — est surmonté par des restes d'un cône plus ancien de 15-20 m. et d'un autre de 30-40 m. au-dessus du Rhône, encore plus vieux. — Quelques-unes des terrasses de Grengiols passent insensiblement aux restes supérieurs de ces cônes. — Dans cette région « du déplacement du Rhône » le fleuve est accompagné par une plaine d'alluvions assez large.

Le passage entre cette partie et le défilé du « Tolen » est marqué sur les deux versants par quelques terrasses de

¹ Comp. Nussbaum, l. c. p. 8. « Beim Einschneiden wird der Fluss stets an die äusserre, die convexe Seite einer Biegung gedrängt, weil hier die grösste Geschwindigkeit u. Erosionskraft ist, so dass nach und nach der umflossene Sporn länger aber auch schmaler wird und zuletzt ein zum Teil in Terrassen sanft abfallendes Gleitbord aufweilst, während sich auf dem gegenüber liegenden Ufer ein ausgesprochenes Steilbord erhebt, das unterschritten wird (Lage der Städte Bern Fribourg.) »

Ramsay. *Physical geology and geography of Great Britain*, 1872, p. 243 (cité par Nussbaum).

5-15 m., témoins du déplacement du Rhône. — La limite inférieure du défilé est barrée par le cône de Gifrischgraben, un des plus beaux exemples de cônes emboîtés. Nous y constatons au moins 4 restes de cônes, emboîtés les uns dans les autres, dont le plus supérieur (sommet du cône tout entier) est situé à peine à 45-50 m. au-dessus du Rhône. — Le torrent, profondément encaissé dans les restes supérieurs, a atteint la roche en place.

Après un espace — en aval de Moerel — occupé par une paroi rocheuse abrupte, descendant jusqu'au Rhône, apparaît un autre cône complexe, de Tunnetschgraben, (cf. fig. 3.) tout à fait semblable à celui du Gifrisch. Lui aussi se compose de plusieurs (5 ou même 6) restes de cônes, emboîtés l'un dans l'autre dont le plus supérieur est à peu près au même niveau que dans le cas du Gifrisch.

Ces deux cônes, présentant le phénomène d'emboîtement avec une netteté remarquable, sont pour nous des témoins certains de l'encaissement graduel du Rhône dans toute cette partie, accompagné, comme dans les tronçons précédents, par des déviations latérales (voir page 235). En aval, cependant, l'absence presque totale d'une gorge rocheuse avec une pente considérable et la présence fréquente dans cette région dans le lit du Rhône de la roche en place rend vraisemblable que le seuil rocheux a été déjà vaincu par l'érosion ¹ qui a même réussi à dégarnir de ses alluvions la grande partie de la vallée d'amont. Par contre l'érosion bat encore son plein dans le seuil rocheux Teisch-Niederwald et a entamé seulement une bonne partie de la plaine d'alluvions au-dessus de Niederwald.

Immédiatement en aval de Tunnetsch nous abordons la dernière partie du tronçon. Elle présente un trait morphologique particulier, à savoir une vaste terrasse en forme d'un quadrilatère trapézoïde irrégulier; celui-ci est limité du

¹ Comp. F. Nussbaum, l. c. p. 27.



J.R.

Fig. 3. — Le cône complexe de Tunnettschgraben. — Restes de 5 ou 6 cônes de divers âges dont le plus supérieur est situé à peu près à 45-50 m. au-dessus du niveau du Rhône.

côté du Rhône par un escarpement de roche en place dont la hauteur, atteignant à peu près 150 m. près de la localité de Thermen, s'abaisse rapidement vers l'aval où, un peu en amont de Brigue, elle égale à peine quelques mètres.

La limite du tronçon est marquée par un affluent important, la Saltine, qui forme, près de son embouchure, un cône très surbaissé sur lequel est située une partie de la ville de Brigue. Du côté gauche ce cône est limité par un escarpement s'abaissant rapidement vers le bas et appartenant aux deux cônes que nous décrirons dans le chapitre suivant. — Du côté gauche, un escarpement, s'abaissant lui aussi vers le bas (depuis 30 m. jusqu'à 5 m.) délimite une terrasse bien développée, de matériel meuble, qui semble représenter un reste d'un ancien cône de la Saltine.

Le Rufigraben, affluent de cette dernière, traverse la grande terrasse de Thermen-Brigerberg (v. plus haut) et y forme d'abord, au pied du versant montagneux, un cône assez important, puis, une dépression-vallée avec des restes de terrasses. Ensuite, il interrompt la terrasse ancienne de la Saltine et son cône actuel, en y déposant ses propres alluvions.

Une autre partie de la ville de Brigue est située sur la terrasse ancienne de la Saltine, ce reste d'un cône, séparé de la grande terrasse de Thermen par un escarpement¹.

D. *Comparaison de deux versants.* — Dans ce tronçon, le nombre total des cônes est exceptionnellement plus grand sur le versant droit (13) que sur le versant gauche (10). La

¹ Il est possible que cette terrasse ancienne s'est formée quand, grâce à un éboulement près de Glis dans la vallée du Rhône, le niveau de ce dernier était plus haut, ce que prouvent les alluvions du fleuve trouvés sur les « tomas » de Glis. (Voir H. Gerlach: *Die Penninischen Alpen*, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, XXVII Lieferung, p. 38). Quant aux conséquences morphologiques dans une vallée, provoquées par les éboulements. (Voir A. Heim, l. c. pp. 439 et suivantes, et texte plus bas).

pente moyenne cependant est, comme toujours, plus grande sur le versant gauche ($13^{\circ}9'$)¹ que sur le versant droit ($11^{\circ}57'$).

§ 6.

Les traits essentiels de la partie haute de la Vallée du Rhône.

Après avoir terminé la description des cônes dans la vallée supérieure du Rhône, résumons en quelques mots les traits essentiels que présente ici ce phénomène.

Quand le glacier se retira définitivement de la vallée du Rhône, la partie haute de cette dernière, celle qui nous occupe momentanément, présentait les particularités connues, dues à l'érosion glaciaire : une certaine quantité de bassins avec contre-pente, séparés l'un de l'autre par des verrous. Ainsi, la petite cuvette du Gletsch était séparée de la grande d'Oberwald-Niederwald par le verrou Gletsch-Längisbach. La dépression Oberwald-Niederwald de celle plus petite de Fiesch-Aernen par le grand seuil rocheux de Niederwald-Fiesch. Un autre grand verrou séparait la cuvette de Fiesch de celle située en aval de Grengiols. Enfin, entre cette dernière cuvette et la Saltine, il y avait probablement plusieurs cuvettes encore plus petites, séparées par des verrous moins importants. L'érosion fluviale, qui succéda à l'érosion glaciaire, opéra d'une manière tout à fait opposée, en cherchant à égaliser les pentes de la vallée du Rhône. Les lacs temporaires qui se sont probablement formés dans les cuvettes ont disparu, remplacés bientôt par des alluvions. Nous assistons maintenant à un stade où l'érosion régressive a déjà disséqué dans la partie basse les petits verrous et a même déjà atteint, dans

¹ Je n'ai pu mesurer que 6 cônes, les autres n'étant pas mesurables à cause de leurs petites dimensions.

toute leur longueur, les petites cuvettes correspondantes. De même, l'érosion régressive a accompli un travail considérable dans le verrou Grengiols-Lax et dans la cuvette d'amont de Fiesch. Quant à la grande cuvette d'Oberwald-Niederwald, elle s'accommode à la pente rapide de deux verrous qui la limitent de telle manière que sa partie supérieure s'exhausse rapidement, tandis que sa partie inférieure est entamée par l'érosion régressive. Ainsi s'explique la division en quatre tronçons de la vallée supérieure du Rhône, division adoptée par nous. La vallée de Conches supérieure (tronçon 1) s'alluvionne énergiquement grâce aux alluvions dont se débarrasse le Rhône en quittant la gorge de Längisbach. A cause de cet exhaussement rapide les cônes sont en général refoulés vers la montagne, — et entre eux, la montagne et le long cône très aplati que présentent la plaine d'alluvions du Rhône — se forment des marécages fréquents¹. Cependant, malgré l'exhaussement qui contribue à la diminution et à l'ensevelissement des cônes, le nombre de ces derniers, surtout des cônes « petits » (de deuxième ordre), est ici extraordinairement grand, grâce probablement à la jeunesse relative de ce tronçon par rapport à la glaciation.

Par contre, dans le tronçon suivant (2) de la vallée inférieure de Conches, la partie alluvionnée de la cuvette, entamée par l'érosion régressive, le Rhône, débarrassé de ses alluvions dans la partie supérieure, dépose relativement peu. En revanche, les torrents ont construit des cônes très volumineux, pas ou peu cachés par les alluvions modestes du Rhône. Cependant ces dernières ont réussi quand même à ensevelir au moins les cônes « petits », puisque leur nom-

¹ Il est intéressant de remarquer que, de toute la vallée haute du Rhône, c'est dans la section entre Oberwald et Reckingen seulement qu'ont été nécessaires les travaux contre les inondations. (V. Bulletin technique de la Suisse romande, 40 avril 1910, article de E. Mermier : *Le groupe du Génie civil à l'Exposition cantonale valaisanne de 1909*, p. 77).

bre est ici beaucoup plus restreint que dans la partie supérieure. La présence des cônes emboîtés, terrasses, etc., semble être un phénomène ordinaire dans les cuvettes alluvionnées, situées immédiatement au-dessus d'un verrou rocheux et entamées par l'érosion régressive. Nous avons nommé ce tronçon « *tronçon des cônes coupés* ».

Dans le tronçon suivant (3), *de la gorge rocheuse*, nous sommes en présence d'une gorge plus ou moins profonde (seuil supérieur de Niederwald-Fiesch et inférieur de Lax-Grensiols), interrompue par une cuvette alluvionnée, découpée, elle aussi, par l'érosion régressive. La pente moyenne du tronçon est évidemment considérable. Des rares cônes reposent sur la banquette dominant la gorge ou interrompent localement cette dernière, en montrant, eux aussi, des terrasses et le phénomène d'emboîtement.

La présence de ce dernier phénomène est aussi un trait caractéristique du dernier tronçon de la partie haute (4), qui représente plusieurs seuils et cuvettes moins considérables, découpés par l'érosion. Ces seuils représentés ici par les sections étroites, en roche en place, rappellent le tronçon 3, tandis que les endroits avec une plaine d'alluvions (petites cuvettes) plus ou moins large constituent comme un terme de passage vers la vallée moyenne et rappellent les deux tronçons de Conches.

En somme, à l'exception du tronçon supérieur de Conches, dans la partie haute de la vallée du Rhône domine l'encaissement du fleuve, ce qui est une condition nécessaire à la formation des cônes emboîtés, si fréquents ici. Par contre, dans la vallée moyenne, nous constaterons la prédominance du phénomène de l'alluvionnement de la part du Rhône, ce qui fera apparaître les traits morphologiques correspondants, comparables à ceux de la vallée de Conches supérieure; en revanche, le phénomène des cônes emboîtés y sera une exception.

Le nombre total des cônes, dans la partie haute du

Rhône, est de 113, sur 37,1 km.; la pente moyenne de tous ces cônes est de $12^{\circ}51'$. — Le nombre total des cônes du versant gauche est de 64, un peu supérieur au nombre des cônes du versant droit, qui est de 49. De même, la pente moyenne sur le versant gauche, de $13^{\circ}37'$, est supérieure à celle du versant droit, de $14^{\circ}52'$.

CHAPITRE SECOND

PARTIE MOYENNE DE LA VALLÉE DU RHONE

(la Saltine - Drance.)

§ 1

Généralités.

Cette partie présente une plaine d'alluvions typique; nulle part nous n'y voyons la roche en place, si fréquente dans la partie supérieure. La largeur de la vallée devient vers l'aval de plus en plus grande. Malgré sa longueur considérable, deux fois plus grande que celle de la partie supérieure, la partie moyenne est beaucoup plus monotone, et le phénomène des cônes n'y présente pas des variations sensibles.

La pente moyenne du Rhône dans cette partie est de 2,6 m., donc beaucoup plus petite que celle de la partie supérieure (16,9 m).

Le nombre des cônes, quoique assez grand (140 cônes sur 76 km.) est cependant sensiblement plus petit que celui de la partie supérieure (113 cônes sur 37,1 km.) Par contre la répartition des cônes dans cette partie est beaucoup plus régulière que dans la partie supérieure.

Malgré la monotonie de la partie considérée, nous y pouvons distinguer 3 tronçons. Un, depuis la Saltine jus-

qu'à l'Illgraben (Louèche) (longueur de 27,4 km.), avec une pente moyenne du Rhône de 2,5 m., presque la même que la pente moyenne des 3 tronçons réunis (2,6 m.) Ici le phénomène présente les traits caractéristiques des cônes bordiers d'une plaine d'alluvions. Le second tronçon (longueur de 18,1 km.), depuis l'Illgraben jusqu'à la Liène, possède une pente moyenne du Rhône de 5,4 m., donc, — quoique encore beaucoup plus petite que celle des tronçons réunis de la partie supérieure, — nettement supérieure à celle du tronçon Saltine-Illgraben. Il faut en attribuer la cause au grand cône d'Illgraben et peut-être aussi à l'éboulement important, qui encombre dans ce tronçon ¹ une grande partie de la vallée. A cet éboulement il faut probablement attribuer l'apparition du phénomène des cônes emboîtés, du reste un écho bien affaibli de ce phénomène dans la partie haute de la vallée. Enfin le troisième tronçon, Liène-Drance (longueur de 30,5 km.) — une plaine alluviale typique — rappelle le tronçon supérieur. Sa pente, de 12 m., est la plus petite dans toute la vallée du Rhône jusqu'au lac Léman. Dans la section inférieure de ce tronçon le nombre des cônes augmente considérablement.

§ 2

Le tronçon Saltine Illgraben (A)

A. *Généralités.* — Ce tronçon est comme une répétition en une échelle plus grande de la vallée de Conches supérieure. Il présente aussi une plaine d'alluvions marécageuse. Dans sa section supérieure, jusqu'à la localité de Lalden, cette plaine est très étroite; à partir de Lalden, le Rhône, renforcé par la puissante Viège, a réussi à élargir sa

¹ Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lieferung 27, Jahr 1883. H. Gerlach *Die penninischen Alpen*, p. 38 — Bergsturz bei Siders.

vallée jusqu'à 1 km. Les cônes occupent ici une portion relativement modeste de la plaine d'alluvions. Leur nombre est d'ailleurs beaucoup plus restreint que dans la vallée haute de Conches : les alluvions du Rhône ont eu, après l'époque glaciaire, davantage de temps pour ensevelir un certain nombre de cônes (v. plus haut, p. 226).

Comme dans la haute vallée de Conches, il y a aussi ici des cônes de torrents permanents, plus ou moins importants, qui sont en général en état d'accroissement rapide. De même il existe, dans le tronçon considéré, des cônes plus petits du type des cônes éteints que nous avons rencontrés en si grand nombre dans la vallée de Conches supérieure. Enfin nous y rencontrons quelques cônes d'un type nouveau.

Commençons l'analyse du phénomène des cônes par le versant droit.

B. *Versant droit*. — Sept torrents, y compris la Lonza, débouchent de ce versant. Les torrents de Gredetsch et de la Dala ne forment pas des cônes appréciables : le Rhône, rejeté vers le versant droit par les cônes importants de Gamsen et de l'Illgraben, entraîne tous les apports de ces deux torrents.

Les cônes, formés par les cinq torrents restant (Balt-schieder, Bietsch, Ijolti, Lonza, Fesehel) rappellent les cônes de premier ordre de la haute vallée de Conches : ils sont tous plus ou moins vivants, couverts partiellement par des cailloux. Aussi leur tendance à l'accroissement trouve son expression dans le fait que les torrents sur les cônes, souvent endigués, ne sont nullement encaissés, surtout dans la partie basse.

Tous ces cônes se confondent en outre insensiblement avec la plaine alluviale marécageuse. Leur pente est relativement petite. De même ils sont peu bombés dans le sens transversal.

Les paquets du versant entre les torrents principaux

sont sillonnés à leur tour par des vallons secondaires dont quelques-uns possèdent des torrents insignifiants, d'autres sont plus ou moins éteints. De même, les cônes formés au pied de ces vallons¹, sont ou tout à fait éteints («Mahnkinn, «636,» Hohtenn»), couverts par la vigne, ou plus ou moins vivants (Enggerschwasser, Bratsch). La pente de ces cônes dépendant des vallons avec un bassin de réception très restreint, est en moyenne nettement plus grande, que celle des cônes de premier ordre, quoique en général pas très considérable. Leurs dimensions sont beaucoup plus petites que celles des cônes de premier ordre.

Presque tous les cônes du versant n'arrivent pas jusqu'au Rhône — phénomène que nous avons déjà rencontré dans la vallée de Conches supérieure.

Pour en finir avec la description des cônes sur le versant droit, mentionnons le fait qu'il y a aussi quelques cas d'emboîtement léger de cônes en forme de restes de terrasses des deux côtés du cône (Lauigraben, Mahnkinn, Liden) — phénomènes purement locaux.

C. *Versant gauche.* — La puissante Viège ne forme pas un cône proprement dit ; ses alluvions se confondent avec la plaine d'alluvions du Rhône. C'est le pendant de ce que montre la Massa sur le versant droit (v. plus haut).

Les cônes de six torrents plus ou moins importants (Tourtemagne, Nanzer, Laub, Mühle, Agarn, Briannen) présentent ce trait commun, que nous avons déjà constaté sur le versant droit : ils s'accroissent tous², ce qui

¹ Il est intéressant à noter que les vallons qui découpent les paquets Kelchbach-Gredetsch et Gredetsch-Baltschieder ne forment pas des cônes ; cette longueur de 10 km., dépourvue presque de cônes — si nous ne comptons le petit cône du Gredetsch — paraît la plus grande dans la vallée du Rhône.

² Culmann « *Rapport au Conseil fédéral sur les torrents des Alpes Suisses,* » Lausanne 1865, écrit p. 386 : « On nous a montré (sur le cône de Tourtemagne) un vieux bâtiment datant de 1653. Jadis on atteignait le seuil de la porte par trois marches d'escalier, tandis que maintenant il faut y descendre. Le cône se serait donc exhaussé de 80 à 90 cm. pendant cette période ».

est prouvé par la présence des nappes de gravier plus ou moins étendues (par exemple le cône Nanzer, où le village Gamsen situé sur le flanc droit est défendu du côté du torrent par un mur atteignant jusqu'à 4 m. ; « Gamsensand »). Un autre phénomène, confirmant l'accroissement de ces cônes et constaté moins nettement aussi sur le versant droit, est que le lit du torrent, ordinairement un peu encaissé dans la partie haute du cône, se trouve sur la surface, dans la partie basse où il a une tendance à divaguer. Tous ces cônes, sauf ceux de Briannen et Agarn, se confondent insensiblement avec la plaine alluviale.

Chacun de ces cônes présente en outre des particularités individuelles. Ainsi le grand cône de Nanz touche le Rhône, en le repoussant vers le versant opposé ; la gorge de la vallée de Nanz est occupée assez loin par les alluvions, ce qui — phénomène semblable à celui de la Viège — confirme que la plaine d'alluvions du Rhône s'y trouve dans un état d'exhaussement énergique.

Le cône étendu de Tourtemagne est plat, comme on devrait s'y attendre vu la grandeur de son bassin de réception. Par contre la platitude excessive dans deux sens des cônes de Laubach et Mühlebach, par rapport à la petitesse de leurs bassins de réception, est remarquable. Ces trois cônes se trouvent au pied des cascades, formées par les torrents en roche en place.

Enfin les cônes Agarn et Briannen, grands et volumineux, dont les bassins de réception restreints appartiennent à peu près à la même grandeur que ceux de Laubach et Mühlebach, possèdent, par contraste, des pentes beaucoup plus raides. L'accroissement énergique de ces cônes se trahit entre autres par leur forme peu régulière, où nous croyons pouvoir distinguer des cônes « superposés », c'est-à-dire des cônes plus jeunes d'un volume relativement restreint, situés sur la surface plus grande du

cône entier (processus très fréquent de l'accroissement des cônes).

Les cônes formés par les torrents et vallons encore moins importants que ceux que nous avons décrits plus haut, présentent des types très variables. Nous y rencontrons d'abord le type si bien connu par nous des cônes éteints avec des vallons éteints (les 3 « petits » cônes de Plegenwald ; « Lunggi, » « Schnidrigen » supérieur, Halten, Goller ; partiellement aussi les deux cônes de Mühlacker). Puis il y a quelques cônes qui, par contre, possèdent des vallons avec des torrents relativement assez considérables et sont plus ou moins vivants (Kreuzstadel, Tennen, Eiholz inférieur). Mais un troisième type, le plus remarquable, que nous rencontrons pour la première fois, est représenté surtout par les cônes Aeusserer Holzgraben et Haselgraben et en partie aussi par ceux d'Ob. Riti et Schnidrigen. En effet, jusqu'à maintenant nous avons vu que les torrents avec des bassins de réception restreints forment en général des cônes de petites dimensions. Or, les cônes Aeusserer Holzgraben et Haselgraben, quoique dépendants des dévaloirs relativement peu étendus, qui descendent du sommet de Glishorn, sont néanmoins très grands ; ils ne sont pas cependant volumineux, puisqu'ils couvrent la roche en place par une couche peu profonde. La pente des deux cônes qui semblent s'accroître assez rapidement, est assez considérable. Le flanc droit du Haselgraben est escarpé du côté de l'alluvion de la Saltine, avec laquelle se confond le flanc gauche de ce cône. L'Aeusserer Holzgraben passe insensiblement à la plaine du Rhône.

Les cônes Ob. Riti (avec une pente considérable) et Schnidrigen inférieur rappellent le type des cônes « grands » par la disproportionnalité entre leurs dimensions et leur bassin de réception restreint.

Le cône Furrentschuggen, avec une pente de $25^{\circ}10'$, est

probablement un cône d'un caractère mixte (c. de déjections et d'éboulis).

D. *Comparaison de deux versants.* — En décrivant le phénomène des cônes sur les deux versants, nous avons déjà indiqué les traits communs ici et là, lesquels sont dus à l'exhaussement de la plaine d'alluvions du Rhône et à l'apport continu des alluvions par les affluents. — Voyons maintenant quelles sont les différences qui existent entre les cônes de deux versants.

Tout d'abord nous constatons que le nombre des cônes est beaucoup plus petit sur le versant droit (19), que sur le versant gauche (30), phénomène que nous avons déjà constaté presque partout dans le cours supérieur. Le « chevelu » du réseau hydrographique sur le versant droit est donc moins dense que celui du versant gauche ¹. En premier lieu on voudrait en rendre responsable la différence pétrographique de deux versants. Cependant l'examen de la carte géologique ² nous montre que, sauf un paquet de roches perméables mésozoïques dans la partie inférieure du versant droit, les deux versants sont constitués essentiellement par des roches cristallines, imperméables. Mais cette objection peut être écartée par la considération ³, que le réseau hydrographique est l'héritier de celui qui s'est établi quand les roches cristallines du versant droit étaient encore sous leur couverture mésozoïque, en grande partie perméable. Voilà la raison probable, pour laquelle la densité du réseau hydrographique *actuel* sur le versant droit est plus petite que celle sur le versant gauche. — Un autre facteur qui entre aussi en jeu c'est le plongement des couches qui, sur la rive droite, est souvent parallèle au versant, tandis que sur la

¹ Même si nous comptons sur le versant droit les vallons ne formant pas de cônes entre Kelchbach et Baltschieder (v. page 253, alinéa 1).

² Feuille XVIII de la Carte Géologique suisse au 1 : 100 000.

³ Je la dois à M. Argand.

rive gauche il est fortement incliné par rapport à celui-ci ¹. — Enfin l'exposition y est aussi pour quelque chose, puisqu'elle favorise le ruissellement sur le versant gauche. — Tous ces facteurs réunis contrebalancent l'effet d'une plus grande quantité de précipitations sur le versant droit (v. plus bas).

Nous constatons de même, ce qui est aussi un fait général dans le cours supérieur, que la pente moyenne des cônes sur le versant droit, de $8^{\circ}8'$ est beaucoup plus petite, que celle sur le versant gauche, de $12^{\circ}30'$. Puisque le nombre des cônes sur le versant gauche est supérieur à celui du versant droit, on pourrait penser que la pente moyenne plus grande des cônes sur le versant gauche provient de ce fait que, outre les cônes, disons « normaux », il y a un certain nombre de cônes relativement très raides. Ces cônes raides en s'ajoutant aux cônes « normaux » élèveraient la pente moyenne. Or, pour ne comparer, que les cônes « normaux », nous avons retranché du chiffre total des cônes du versant gauche (30) 11 cônes ($30 - 19 = 11$) les plus abrupts, et avons calculé la pente moyenne (appelons-la « *la pente moyenne réduite* » des cônes du versant gauche) de 19 cônes restants qui peuvent être considérés comme « normaux ». Or, même cette « *pente moyenne réduite* » des cônes du versant gauche, de $8^{\circ}46'$, et encore nettement supérieure à celle du versant droit, de $8^{\circ}8'$.

Il s'ensuit, que la pente moyenne plus grande des cônes sur le versant gauche n'est pas seulement due au fait que *la même* quantité des précipitations, répartie sur un nombre plus grand des torrents, fournit à chacun de ces derniers un débit plus petit (il est admis généralement que la pente d'un cône varie en gros en raison inverse par rapport au débit du torrent). Mais il est aussi probable que

¹ Je dois également cette remarque à M. Argand.

la quantité des précipitations qui tombent sur le versant droit est *plus grande* que celle du versant gauche ¹.

La pente moyenne de 49 cônes du tronçon de Saltine-Iligraben est de $10^{\circ}48'$.

§ 3

Tronçon Iligraben-la-Liène (B)

A. *Généralités.* — Les traits principaux du tronçon sont identiques avec ceux du tronçon précédent. C'est aussi une plaine d'alluvions en partie marécageuse, bordée à droite et à gauche par des cônes dont la fréquence est à peu près la même que celle des cônes du tronçon Saltine-

¹ Voir *Das Klima der Schweiz* par Maurer, Bilwiller, Hess, 1910, pp. 226, 232. Dans une communication privée M. Maurer écrit : « Die Regenmenge nimmt oben an den Gehängen der seitlichen Gebirgszüge rasch zu, im Süden des Thales allerdings weniger, als auf der Nordseite... denn die Südseite des Berner Alpen-Massivs (gegen das Wallis) ist doch die von den südwestlichen (Regen-Winden *angewehte Luv-seite*, die daselbst emporsteigend, sich ihrer Feuchtigkeit entledigen nach allgemein bekannten physikalischen Gesetzen. Die Südflanke dagegen d. h. die Seite gegen St-Bernhard, liegt unter dem sog. « *Regenschatten* » der Penninischen Alpen, und muss weniger haben... Ob im Gomsertal die rechte oder linke Seite bedeutender überwiegt, vermag ich nicht zu sagen..., auch im Teil Martigny-St-Maurice-Genfersee ist die Sache... schwer zu entscheiden, immerhin, möchte ich aus dem rapiden Anstieg der Isohyeten gegen den Rocher de Naye schliessen, dass hier die nördliche Seite ebenfalls *mehr* Regen bzw. Niederschlag erhält als die Seite gegen das Chamonix... Der verhältnismässig geringe Anstieg von Binn gegen Simplon lässt fast mit Sicherheit schliessen, dass diese südliche Seite ebenfalls auch im oberen Wallis *weniger* Niederschlag bekommt, als die nördliche d. h. südliche entsprechende Flanke der Berner Alpen... ». — Tout récemment, M. E. Romer a montré que « grâce à de plus fortes précipitations atmosphériques, la glaciation du versant droit (ensoleillé) est incomparablement plus grande. » Voilà les chiffres qu'il a obtenus (E. Romer. *Mouvements épeirogéniques dans le haut bassin du Rhône*, Bulletin de la Soc. Vaud. des Sc. Naturelles, Vol. XLVII. p. 114) :

	Surface	Hauteur moyenne	Surface des glaces.
Versant droit.....	1178,3 km ²	2186 m.	241 ‰
Versant gauche...	2935,5 km ²	2323 m.	218 ‰

Illgraben. Nous y constatons les mêmes types de cônes avec des propriétés analogues

Cependant déjà la pente moyenne du Rhône dans ce tronçon, de 5,4 m., sensiblement plus grande, que celle du tronçon précédent, indique qu'il y a aussi autre chose. En effet, outre la présence du cône énorme de Finges (Illgraben), la vallée dans ce tronçon est encombrée par des restes volumineux et nombreux d'un éboulement important¹. Grâce à cet éboulement quaternaire le phénomène des cônes présente ici quelques particularités, qui sont en partie un écho affaibli de celles du cours supérieur. Nous pensons ici surtout au phénomène d'emboîtement, dû probablement aux changements du niveau du Rhône, provoqués par l'éboulement. Ces changements sont directement prouvés par le fait qu'on a constaté des alluvions du Rhône dans les restes de l'éboulement à un niveau supérieur à la plaine d'alluvions actuelle.

B. *Versant droit*. — De deux grandes rivières qui délimitent le tronçon la Dala ne forme aucun cône: tous ses apports sont entraînés par le Rhône, rejeté ici vers le versant droit par le puissant cône d'Illgraben². Par contre, la Liène forme un cône plat et vaste, comme on devrait s'attendre pour une rivière si importante; le cône qui, chose intéressante, se rétrécit dans sa partie basse, plus près du Rhône, se confond insensiblement avec la plaine.

Le paquet montagneux entre la Dala et la Liène est découpé par un certain nombre de torrents plus ou moins importants. — La *Raspille* a réussi à frayer son chemin

¹ H Gerlach, l. c. p. 38.

² Culmann, l. c. p. 387 est cependant d'avis que « le torrent de Louèche (Dala) est remarquable en ce qu'il est au nombre des quelques ruisseaux considérables qui n'ont pas la moindre influence sur le cours du Rhône. Il débouche dans la rive concave, lors même qu'ici le Rhône est complètement sorti du domaine de l'Illgraben qui, à l'amont de Louèche, l'a complètement refoulé sur la droite de la vallée. Cette circonstance indique déjà un ruisseau à charriages excessivement faibles... »

dans une gorge à travers d'un grand paquet de l'éboulement ; elle y a même construit un cône vivant assez important, sur lequel le torrent divague. De deux côtés de ce cône nous constatons deux terrasses, l'une de 8-10 m., l'autre de 20-25 m. ; les deux sont séparées du cône actuel par des escarpements et creusées dans les restes de l'éboulement. Ce sont sans doute des niveaux supérieurs de ce torrent qui correspondent aux niveaux analogues du Rhône.

Les contours extérieurs du cône de la *Sinièse* sont irréguliers grâce aux obstacles, présentés par les paquets de l'éboulement du voisinage. — Ce cône présente la particularité assez fréquente dans la section moyennée, que le torrent est encaissé de quelques mètres dans la partie haute du cône et déborde plus bas : c'est un cône qui croît. Au sommet du cône quelques terrasses insignifiantes témoignent de niveaux supérieurs.

Le torrent *Gulandschi* présente un remarquable exemple du phénomène des cônes emboîtés (fig. 4). Nous y avons d'abord le cône le plus ancien (A), adossé au versant montagneux et découpé par le torrent dans un lit dont la profondeur va jusqu'à 15 m. du côté du Rhône ; le cône ancien finit par un escarpement de 20-25 m., frais, sur lequel on voit très nettement la stratification du matériel assez gros. Cet escarpement, plus près du torrent, est caché sous un cône actuel, vivant (B), qui peu à peu se confond avec la plaine alluviale.

Le cône étendu et irrégulier de *Villa* fait l'impression d'un cône éteint (vigne) ; le lit insignifiant est à peine encaissé. Lui aussi est gêné dans son développement par des paquets de l'éboulement et présente plusieurs restes de cônes anciens en forme de terrasses de deux côtés de son sommet (18-20 m. ; 8 m).

Près de *Salquenen* existe un bel exemple d'un « grand cône de dévaloir », rappelant les cônes de Haselgraben et

d'Aeusserer Holzgraben. Sur le cône il n'y a pas trace de lit ; au-dessus sont visibles *plusieurs* dévaloirs tout à fait éteints. — Près de la localité susmentionnée nous constatons aussi une terrasse assez nette, située à 15-20 m. au-dessus du cours ancien probable de la Raspille.

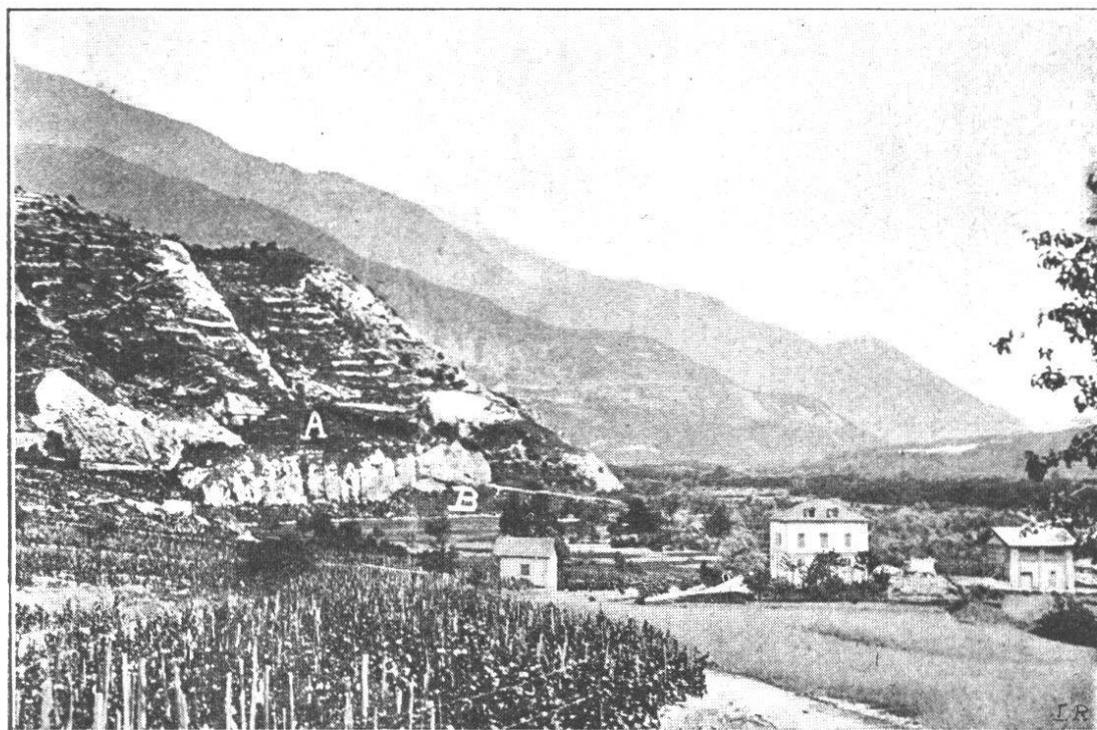


Fig. 4. — Cône de Gulandschi qui présente un remarquable exemple du phénomène des cônes emboîtés.

Une terrasse de la même altitude est visible plus en aval près de la localité de Noës. — En aval de cette dernière localité jusqu'à la Liène, toute une série de cônes appartient à la catégorie des « petits » cônes, issus de vallons insignifiants. Quelques-uns (Torrent, Corin sup.) sont éteints, de même leurs vallons ; les autres, par contre, sont plus ou moins vivants (Olon sup., Rayes).

C. *Versant gauche.* — Les cônes de deux grandes rivières (*Navigenze, Borgne*) sont très aplatis, un type que nous avons déjà rencontré régulièrement chez les affluents importants. Mais, tandis que la Borgne a formé un cône

très étendu, qui a rejeté le Rhône tout près du versant droit, le cône de la Navigenze occupe une surface relativement modeste, évidemment gêné dans son développement par les paquets de l'éboulement de Sierre.

Le remarquable cirque-entonnoir d'*Illgraben* qui reçoit un affluent assez considérable descendant du lac d'Illsee, forme le puissant cône de Finges, un des plus grands de la vallée, dont la largeur atteint 4,5 km., la longueur 2,5 km. et son sommet est à 285 m. au-dessus de la plaine du Rhône; enfin sa hauteur dans le profil transversal atteint 150 à 200 m.¹ — Le cône croît si énergiquement par l'apport du matériel qui lui est livré par le torrent pendant chaque crue, qu'il présente un barrage considérable pour le Rhône: ce dernier forme des rapides. Depuis Agarn jusqu'à Salquenen le niveau du Rhône tombe de 625 m. à 552 m. (= 73 m.). — Presque sur tout le cône le lit du torrent est encaissé de 15-20 m.; en outre, sur les deux versants du lit, on voit des terrasses continues, ordinairement peu larges, hautes de 8 m., 5 m. ou plus basses. — Le cône est aussi tronqué du côté du Rhône par un escarpement d'environ 15 à 20 m. et séparé du fleuve par une mince bande d'alluvion; cet escarpement s'abaisse vers l'aval et vers l'amont. — Il est possible que les terrasses soient le résultat du même phénomène d'abaissement du niveau de base, que celles qui existent sur le versant droit. — La pente du cône, de 6°43', est assez considérable².

Le versant montagneux, au-dessus du cône de Finges et plus en aval jusqu'à la Navigenze, est rapide et sillonné par une série de dévaloirs, qui forment des cônes d'éboulis très inclinés.

Au pied de sa belle vallée suspendue le torrent de

¹ H. Gerlach, l. c. p. 24, donne des chiffres un peu différents.

² D'après Gerlach, l. c., seulement — 5°30'.

Réchy a construit un cône de déjections typique, qui croît très rapidement en s'exhaussant et en augmentant en longueur. Le lit du torrent, encaissé dans la partie haute du cône jusqu'à 5 m., déborde dans la partie basse, de telle manière, qu'il est enfermé par les digues hautes jusqu'à 3 m. Dans la partie basse du cône, qui se confond avec la plaine d'alluvions, la présence des vastes champs des cail-loutis avec buissons est une autre preuve de l'exhaussement rapide du cône.

Passons maintenant à la description des cônes des torrents moins importants et commençons par le paquet Navigence-Réchy. La morphologie de la partie basse du versant y est compliquée ; nous distinguons deux sections : une — depuis Chippis jusqu'au village de Chalais, l'autre depuis ce village jusqu'au village de Réchy. — Dans la première section nous voyons une banquette rocheuse, descendant d'abord rapidement vers l'aval, puis remontant un peu en amont de Chalais. Du côté de la vallée elle est limitée par un escarpement, qui vers l'aval devient plus doux, en se recouvrant de glaciaire. Au pied de l'escarpement, en amont du village, existent trois petits cônes : deux sont plus ou moins éteints avec des vallons semblables, un — « frais » — avec un petit entonnoir, creusé dans le glaciaire. — Un peu en amont du village la banquette se dédouble de sorte que nous y avons trois niveaux : une banquette supérieure, une inférieure, et la plaine du Rhône. Sur chacun de ces niveaux nous constatons un cône : un, alimenté par un dévaloir, est situé sur la banquette supérieure ; le deuxième — éteint — se trouve dans une dépression, creusée dans la banquette inférieure ; enfin le troisième — éteint lui aussi — qui supporte le village lui-même est situé sur la plaine du Rhône. Les deux petits cônes inférieurs étaient probablement alimentés par le même dévaloir.

En aval de Chalais, où commence la seconde section, les

deux banquettes glaciaires sont remplacées par deux grands cônes « de dévaloir » et un petit du même caractère; tous trois forment une espèce de terrasse, inclinée assez rapidement vers la plaine du Rhône et formant avec cette dernière un angle tranchant. — Les deux grands cônes rappellent un peu les grands cônes de Brigue-Glis. — Enfin entre ces cônes et la vallée de Réchy se trouve une large terrasse, inclinée vers la plaine, mais presque horizontale dans le sens longitudinal, séparée de la plaine par un escarpement.

Le torrent Dérochiaz forme un grand cône régulier. Le lit considérable sur la partie haute du cône est à peu près à sec; sur la partie basse le lit est endigué. Le flanc gauche du cône est tronqué. Le cône entoure deux paquets de l'éboulement de Sierre assez considérables. — Un peu en amont du cône Dérochiaz il y a deux cônes de déjections typiques (« Merdassonets »), réguliers, liés ensemble. Leurs limites basses tranchent nettement sur la plaine d'alluvions, et ces cônes se trouvent dans un état d'accroissement évident.

Passons sous silence quelques autres petits cônes ne présentant rien de particulier, et pour finir arrêtons-nous un instant aux deux cônes, très grands, dans la section entre Dérochiaz et Borgne. Ces cônes, Platrière, Bourlaz, d'une pente raide, passablement réguliers, attirent l'attention parce qu'ils sont formés par des dévaloirs relativement insignifiants. C'est un type rappelant les grands cônes de Brigue-Glis, type dont les meilleurs représentants seront signalés dans le tronçon suivant, près de Charrat.

D. *Comparaison de deux versants.*— Ici encore le nombre des cônes sur le versant gauche (21) est plus grand que celui sur le versant droit (16). De même la pente moyenne des cônes du versant gauche, de $9^{\circ}37'$, est beaucoup plus grande que celle du versant droit, de $5^{\circ}27'5$,

et aussi la *pente moyenne réduite*¹ des cônes du versant gauche, de $7^{\circ}55'$ (16 cônes) est plus grande encore que celle sur le versant droit. — Ainsi nous constatons ici les mêmes particularités que dans le tronçon précédent ; il est évident que ce sont les mêmes facteurs ici et là, avec cette circonstance favorable pour le tronçon considéré, que les roches perméables sur le versant droit y deviennent dominantes.

Il faut encore souligner le phénomène suivant. La pente moyenne de 37 cônes du tronçon, de $7^{\circ}49'$, est la plus petite de tous les tronçons de la vallée du Rhône ; elle est beaucoup plus petite que celle des cônes du tronçon Sal-tine-Illgraben, de $10^{\circ}48'$. Or, il est intéressant que l'adou-cissement de la pente moyenne par rapport au tronçon précédent est à peu près le même sur les deux versants. ($8^{\circ}8' - 5^{\circ}27'5 = 2^{\circ}40'5$; $12^{\circ}30' - 9^{\circ}37' = 2^{\circ}53'$).

§ 4.

Tronçon Liène-Drance (C).

A. *Généralités.* — C'est une large plaine d'alluvions, en grande partie marécageuse et légèrement convexe dans son profil transversal. La pente moyenne du Rhône, de 1 à 2 m., est la plus petite dans toute la vallée. Il est probable que cette pente insignifiante est due, au moins en partie, à l'action barrante du grand cône de la Drance, à la limite inférieure du tronçon.

Quant au phénomène des cônes, nous y rencontrons les mêmes types des cônes, constatés déjà dans les tronçons précédents. Il y a des nombreux et beaux exemples de cônes en croisement énergique ; puis le type des cônes « grands », avec des bassins de réception restreints (déva-

¹ V. plus haut, p. 258.

loirs, etc.), est ici particulièrement bien représenté (le groupe des cônes de Charrat).

La densité des cônes (un peu moins que deux cônes sur 1 km.) est à peu près la même que celle du tronçon Saltine-Illgraben, mais un peu plus petite que dans le tronçon Illgraben-Liène (où il y a un peu plus que deux cônes sur 1 km.). Cependant les cônes ne sont pas distribués tout à fait uniformément ; nous constatons une accumulation assez nette des cônes dans la partie inférieure du tronçon (Charrat, Fully-Brançon).

B. *Versant droit.* — Le réseau hydrographique du versant est dominé par le fait que la ligne de partage des eaux non seulement s'abaisse assez sensiblement, mais se rapproche de beaucoup de la vallée du Rhône. Il en résulte que les torrents de ce versant perdent peu à peu en importance vers l'aval.

Nous avons déjà décrit dans le chapitre précédent le cône de la Liène. Au même type — des cônes très plats des rivières — appartiennent ceux de la Morge et de la Lizerne. Le vaste cône de la *Morge* est si plat, qu'il est à peine reconnaissable, comme tel ; il se confond insensiblement avec la plaine d'alluvions marécageuse (dite les « Praz Pourris »), et c'est seulement le passage entre le terrain sec et marécageux qui peut être envisagé comme la limite entre le cône et la plaine. Le cône lui-même présente une frappante asymétrie : sa plus grande partie se trouve sur son flanc droit à cause de l'élargissement subit de la plaine d'alluvions du Rhône. La Morge est à peine encaissée dans le champ de cailloutis étendu du cône ; elle s'y divise même en deux bras qui divaguent. Le cône se trouve donc dans un état d'exhaussement assez rapide. Sa pente, très insignifiante, est d'environ 1°.

Le cône de la *Lizerne* est un peu moins plat, aussi étendu, et en grande partie couvert par la forêt. Il se confond, lui aussi, insensiblement avec la plaine marécageuse.

Un peu encaissée dans la partie haute du cône, la rivière est endiguée plus bas, et les nappes de cailloutis, disséminées par-ci, par-là, sur la surface du cône, témoignent que son activité n'est pas éteinte. La pente du cône n'est pas supérieure à 1°.

Un type tout autre, rapproché de celui des cônes de déjections des torrents moyens, est présenté par la *Sionne*, rivière beaucoup moins considérable que la Morge et la Lizerne. Malgré que la ville de Sion soit située sur ce cône, nous constatons facilement que la courbure de ce dernier est beaucoup plus prononcée dans le sens transversal; de même sa pente, quoique encore assez faible, un peu plus de 2°, est néanmoins nettement plus grande que celle des cônes décrits précédemment. Le cône présente cette particularité, souvent mentionnée, que le torrent est encaissé profondément dans la partie haute du cône (de plus de 10 m.), où il a réussi à élargir son lit en un vaste V; cet encaissement diminue assez rapidement vers le bas pour disparaître presque complètement en dehors de la ville. Un examen attentif du cône nous permet d'y distinguer deux arêtes culminantes, dont l'une passe à travers la ville près de la Cathédrale, pour atteindre la grande route un peu en aval du croisement avec l'avenue de la Gare (place Planta); l'autre se dirige plus près de la Sionne en passant par la fabrique de tabac. Si nous envisageons enfin le fait que le cône aboutit vers la plaine d'alluvions par un escarpement d'environ 10 m. au maximum; que ce maximum coïncide avec la première arête culminante, et que cet escarpement s'abaisse vers la Sionne pour y disparaître presque complètement, nous sommes porté à penser que le cône de la Sionne présente deux cônes emboîtés: un plus ancien, la plus grande partie du cône, tronqué; l'autre, plus proche de la Sionne, plus jeune. Ce dernier est aussi un peu tronqué et il se forme déjà un cône actuel. Pour expliquer le cas de l'emboîtement que présente

le cône de la Sionne, *cas isolé* dans cette section de la vallée du Rhône, il suffit d'invoquer les changements dans l'emplacement du Rhône sur sa plaine d'alluvions, sans avoir besoin de recourir à l'hypothèse de l'abaissement du niveau du Rhône¹. Pour finir avec la description du cône de la Sionne, notons la présence d'un paquet de la roche en place au milieu du cône à l'emplacement de l'église près du cimetière, un fait très rare dans la plaine alluviale du Rhône.

Passons maintenant à l'énorme cône de la *Losenze*, le pendant, dans ce tronçon, du cône d'Illgraben du tronçon précédent. Il y a, cependant, quelques différences importantes entre ces deux cônes. Tandis que leur largeur est à peu près la même (4,4-4,5 km.), la longueur, de 3,7 km., du cône de la *Losenze* est beaucoup plus grande et son sommet est plus élevé (340 m.). En revanche, le cône d'Illgraben est beaucoup plus haut dans le sens transversal (212-150 m.), que celui de la *Losenze* (100 m.). Mais, il y a une autre différence essentielle. En se frayant son chemin le long du cône d'Illgraben le Rhône forme des rapides, tandis que le long du cône de la *Losenze* le fleuve ne subit presque aucune influence : sur une longueur de 11 km., son niveau ne s'abaisse que de 10 m., tandis qu'à l'Illgraben sa chute est de 77 m. pour 8.5 km. ! La présence des cônes importants de la Fara et d'Epeney, vis-à-vis du cône de la *Losenze*, et l'absence d'alluvions quelconques de la Dala, vis-à-vis du cône d'Illgraben, est une autre expression de l'activité beaucoup plus grande du cône d'Illgraben en comparaison avec celui de la *Losenze*.

Ce dernier, lui aussi, présente ce trait si typique pour un grand nombre de cônes dans la vallée du Rhône que le torrent y est encaissé jusqu'à 20 à 25 m. dans la partie haute du cône ; puis, vers l'aval, l'encaissement diminue

¹ Comparer les cas analogues décrits par F. Drew. L. c. pp. 441-471.

rapidement, et bientôt le torrent déborde, en construisant un vaste champ de cailloutis — une espèce de cône « superposé », — en partie marqué sur la feuille de l'Atlas Siegfried; la route, qui conduit du village de St-Pierre de Clages jusqu'à Leytron, disparaît dans ces alluvions. Un autre cône superposé, très considérable, est visible du côté de Saint-Pierre de Clages. C'est très probablement les restes d'un grand éboulement, datant du XIV^{me} siècle, et dont parlent les chroniques¹. Quelques grands blocs enterrés en partie sur l'emplacement de Chamoson sont des témoins de cette catastrophe, ainsi qu'un vallon sec, à gauche du village, qui semble être en relation avec le cône superposé. Signalons encore un grand nombre de petites collines arrondies, de un à un et demi mètre de hauteur au maximum, couvertes par l'herbe. Ce sont probablement des amas de pierres, jadis ramassées par l'homme après la catastrophe. La pente du cône qui, dans la partie amont, finit avec une limite bien tranchée sur la plaine d'alluvions, est un peu plus petite que celle du cône d'Illgraben (5°2').

Le caractère du cône de la *Salenze*, le dernier torrent d'importance moyenne du versant, est tout à fait autre que celui de la *Losenze*. C'est un cône plat avec une pente douce, quoique parfaitement nette; il finit vers la plaine marécageuse par une ligne bien tranchée. Son torrent, lui aussi, est encaissé profondément dans la partie haute du cône; dans cette région, on remarque une terrasse assez large au-dessus du flanc gauche du cône, reste probable d'un cône ancien. L'encaissement devient insignifiant dans la partie basse du cône. Il se peut que, dans le cas présent, l'encaissement du torrent dans son cône d'une part, et d'autre part, la formation d'un cône plus jeune avec une pente adoucie dans le bas, — soient dus,

¹ H. Schardt : *L'éboulement de Grugnay, près Chamoson (Valais)*. Bulletin de la Société Murithienne des Sc. Nat. du Valais, 34 (1907). Sion.

comme le suggère M. Heim pour expliquer une partie de ces cas si fréquents¹, à l'extension du bassin de réception du torrent due à la capture possible du torrent des Vermis, donc à l'augmentation du débit du torrent.

Nous ne nous arrêtons pas sur plusieurs cônes, formés par les torrents moins importants entre la Liène et le village de Saillon : ils ne présentent rien de particulier.

En aval de Saillon, la nature pétrographique du versant change totalement ; au lieu du calcaire, ce sont les schistes cristallins. La pente du versant devient beaucoup plus accusée ; le versant est d'abord découpé par plusieurs dévaloirs qui forment des cônes d'éboulis. Puis, un peu plus en amont que le village de Mazembroz jusqu'à Fully, nous avons une série de cônes de déjections contigus que nous allons maintenant examiner.

Le cône relativement petit de *Sauge* possède au sommet un filet d'eau assez considérable, qui forme des cascades sur les parois ; ce filet d'eau disparaît dans la partie basse du cône où le lit, en forme de rigole, est endigué.

Un peu plus en aval, le versant rocheux abrupt est découpé par un autre vallon-gorge avec peu d'eau, qui forme un cône de *Mazembroz* beaucoup plus grand, remarquable par sa partie médiane déprimée, phénomène qui provient de ce que le cône est dénaturé sur son flanc gauche par un champ de cailloutis vaste formant un cône superposé.

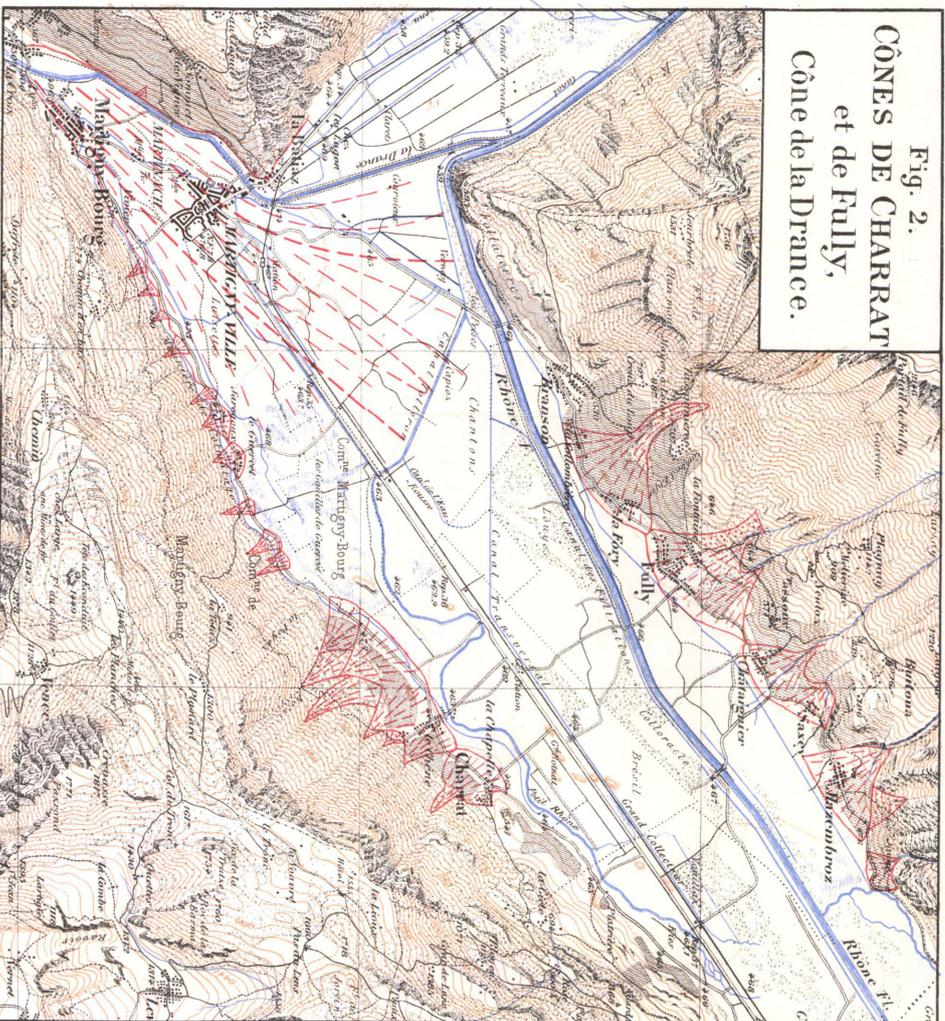
Encore plus en aval, le versant est sillonné par un dévaloir beaucoup plus modeste, descendant, lui aussi, du pied de la Dent de Fully. Le cône relativement petit de *Saxeey*, formé par ce dévaloir, fait l'impression d'un cône éteint, quoique, sur son flanc droit, existent des amas de cailloux entre les vignes. Le versant montagneux, en aval de ce cône, est couvert par une nappe peu épaisse de matériel morainique.

¹ Voir plus haut, p. 242.

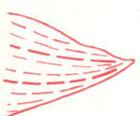
Fig. 1. CÔNES DE FINGES, BRIANNEN, AGARN.



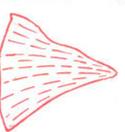
Fig. 2. CÔNES DE CHARRAT et de Pully, Cône de la Drance.



Légende:



Cône
insensible
à la plaine
d'alluvions.



Cône
délimité.



Cône
déboilé.

Nous arrivons bientôt au dévaloir du *Châtaignier*, déjà plus développé que celui de Saxey. Son cône se confond, dans la partie basse, avec celui de Saxey.

Immédiatement en aval, le versant, toujours couvert en partie par du glaciaire, nous montre une étrange dépression, sèche, large, aplatie, couverte par les vignes, laquelle, vers le haut, aboutit à plusieurs dévaloirs et, vers le bas, est remplie par le cône de Châtaignier (un peu plus en aval, au-dessus de la localité de Fory, il y a un exemple semblable dit « Combe d'Enfer »).

Les deux cônes de Fully sont formés, eux aussi, par des dévaloirs, descendant de la montagne de Fully, avec plus ou moins d'eau. La limite entre les deux cônes qui se confondent étroitement est difficile à tracer. Sur le cône de Fully supérieur, pas tout à fait éteint, l'eau disparaît totalement. Le cône de Fully inférieur, beaucoup plus grand que son voisin, est presque complètement couvert par le bois et, dans la partie basse, par le village. La partie haute du cône a été barrée par un cône d'éboulis important, dans lequel le torrent a été obligé de se frayer un lit, profond de 10 et 15 m. ; vers le bas, le lit devient de plus en plus insignifiant. Sur toute la surface du cône, mais surtout près du torrent, nous constatons des cailloux disséminés en grand nombre. Le dernier cône du groupe, le grand cône de Fory, est alimenté par un dévaloir assez large, dont les ramifications atteignent le Portail de Fully. Le cône est passablement régulier, volumineux, couvert en grande partie par les vignes.

La limite basse des cônes de tout ce groupe est bien tranchée par rapport à la plaine. La pente de ces cônes est assez élevée et oscille entre 9° et 15°. Ils présentent un type intermédiaire entre les cônes de déjection typiques, normaux, et les cônes « grands de dévaloir » (par exemple, du groupe Charrat, v. plus loin).

C. *Versant gauche*. — Ici aussi les affluents diminuent

en grandeur vers l'aval très rapidement, ce qui se répercute à son tour dans les particularités de leurs cônes de déjections.

Ainsi la vallée de la Prinze qui suit immédiatement vers l'aval la vallée de la Borgne est déjà beaucoup moins importante que cette dernière. Puis viennent, toujours moins importants, les autres torrents suivants : la Fara, Saxonnet, Vellaz, Tassieu, Icône. Enfin encore plus en aval nous avons, près du village de Charrat, toute une série de dévaloirs qui continuent jusqu'à la Drance, en devenant de plus en plus petits. Tous ces vallons et dévaloirs forment des cônes de types divers que nous examinerons rapidement.

Les deux cônes, beaux et réguliers, de la *Prinze* et de la *Fara*, possèdent une pente relativement douce. Ils se distinguent par le fait qu'ils augmentent très rapidement leur volume. Ainsi une grande partie du flanc droit du cône de la Prinze, de deux côtés du torrent, est couverte par un champ de cailloutis très frais ; le chemin, marqué encore sur la carte révisée en 1906, ainsi qu'une grange, n'y existent plus par le fait de l'exhaussement du cône. — Le cône plus volumineux de la *Fara* se trouve dans les mêmes conditions ; ici le champ de cailloutis des deux côtés du torrent forme un cône superposé distinct de telle sorte qu'un groupe de granges, tout près de ce dernier, situé sur le cône se trouve comme dans une dépression. Le torrent comme tant d'autres dans la vallée du Rhône, est encaissé dans la partie haute du cône et déborde plus bas.

Les deux cônes, *Saxonnet* et *Vellaz*, possèdent une pente beaucoup plus grande. Les deux sont passablement réguliers et finissent vers la plaine d'alluvions par une limite bien tranchée, par places même avec un escarpement.

Le cône de *Saxonnet* présente très nettement la particularité si fréquente, à savoir, que le torrent est encaissé

dans la partie haute du cône et qu'il dépose un cône frais, superposé dans la partie basse. En outre nous constatons que le flanc gauche du cône est un peu exhaussé relativement au reste du cône et cette partie exhaussée est délimitée du reste du cône par une espèce de falaise de quelques mètres; on a l'impression que cette partie exhaussée serait un reste de cône ancien, situé plus haut. Ainsi nous aurions au cône de Saxonnet un exemple d'emboîtement et de superposition en même temps. — Le même phénomène d'emboîtement, moins nettement visible, semble présenter le cône de Vellaz.

Au type des cônes de déjections normaux il faut encore attribuer le cône d'*Ecône*, beau et régulier.

Entre la Borgne et le torrent d'*Ecône* il y a toute une série de petits cônes de dévaloirs dont les uns sont éteints, les autres présentent de jolis exemples d'emboîtement, dus selon toute probabilité, à des déplacements horizontaux du Rhône.

Le cône d'*Epeney*s, grand et volumineux, présente d'abord cette particularité que son bassin d'alimentation contraste singulièrement avec le volume du cône; c'est tout simplement un dévaloir assez étroit, caché dans le bois, un peu garni par les cailloux. Sur le cône, le lit est large de quelques mètres, sec, endigué. — Le cône lui-même n'est pas régulier et diffère par quelques traits des cônes ordinaires de déjections. Il est très abrupt — dans la partie haute, et très plat — dans la partie basse. Puis il ne possède pas *une* arête culminante, mais semble en posséder deux, sur les deux flancs. Sur l'extrême droite du cône on remarque un escarpement de plus de 2 m.; en général vers la plaine le cône possède une limite tranchée. — La pente considérable du cône est de 17°45'.

Plus en amont nous avons déjà rencontré plusieurs cônes de ce type (cônes « grands de dévaloir », par exemple les cônes Platrière, Boursaz en amont de Bramois, v.

page 264). Il est possible que ces cônes présentent des paquets de matériels meubles glissés des terrains situés plus haut, et remaniés en cône déjà sur place par des cours d'eau, agissant de temps en temps. Ce qui confirmerait cette hypothèse dans le cas particulier c'est la présence d'une grande dépression (peut-être zone d'arrachement?) au-dessous du hameau de la Luys.

Le type des « grands cônes de dévaloir » est surtout bien représenté dans le groupe des *cônes de Charrat*, auxquels nous passons maintenant. — Ce groupe de cônes (7 ou 8) est massé sur une distance de 2,4 km., de telle manière que tous se gênent réciproquement dans leur développement. Ce qui les caractérise surtout c'est une particularité, rencontrée déjà au cône d'Epenneys, à savoir la disproportionnalité entre les bassins de réception (dévaloirs relativement étroits) et leurs cônes volumineux. Ces dévaloirs sont presque dépourvus d'eau, à l'exception du cône de Botzia supérieur.

Sur les cônes, occupés en grande partie par les vignes, il n'y a pas de trace de lit; l'unique exception est le cône de Botzia supérieur, où dans la partie haute nous constatons un ravin profond de 15 à 20 m. qui s'encaisse d'une manière si énergique que les bords s'écroulent. — Les cônes de Charrat sont, à l'exemple du cône d'Epenneys, tous très raides dans la partie haute et relativement plats dans la partie basse. Ils aboutissent vers la plaine alluviale par une limite bien tranchée. — La pente de ces cônes est grande, ce qui contraste aussi avec leur volume considérable. — Quant à leur genèse il faut évoquer la possibilité de « masses glissées », nous constatons ici en effet, le matériel meuble, glaciaire, comme revêtement d'une roche cristalline (imperméable); puis la raideur du versant montagneux y est aussi pour quelque chose.

La densité des cônes, beaucoup plus grande dans la section inférieure du tronçon (cônes de Charrat, cônes de

Mazembroz-Fully), que dans la section supérieure, est évidemment due à l'apparition dans la section inférieure des schistes cristallins (roche imperméable). C'est un des exemples les plus nets de la relation qui existe entre la perméabilité de la roche et la densité du « chevelu » du réseau hydrographique.

Le versant montagneux en aval de Charrat devient bientôt le versant de la vallée de la Drance, tributaire du Rhône. Il est découpé par un grand nombre de dévaloirs, (plus de 10), qui donnent naissance à des cônes plus ou moins éteints, relativement grands, avec une pente raide. Quant à leurs caractères, ces cônes peuvent être rangés entre les cônes d'éboulis et les cônes du type Charrat. A ce dernier type appartiennent les beaux cônes abrupts de *Guercet* et *Saragoux*; ce dernier est déjà adventif du grand cône de la Drance auquel nous passons maintenant, comme au dernier du tronçon considéré.

Le cône de la *Drance*, conformément à son bassin de réception si considérable, est extrêmement plat, et, vu sa grande étendue, il est très difficile de voir la forme du cône indiquée du reste par l'allure de la courbe de niveau de 465 m. sur la feuille de l'Atlas Siegfried. (cf. Pl. V) La plaine du Rhône rencontre le cône de la Drance sur une ligne marquée par les marécages « les Gouilles de Guercet », puis probablement par le Canal Tolléron. On peut distinguer sur le cône plusieurs ondulations représentées assez bien par la courbe de niveau de 465 m., soit deux arêtes culminantes, limitant une dépression qui passe tout près de la Cathédrale (Martigny-Ville) et près de la station du chemin de fer. Nous avons eu l'impression que la Drance n'a pas encore réussi à construire un cône quelconque dans sa position actuelle, ce qui est confirmé par le fait que sur la rive gauche de la Drance, au-dessous de la Batiaz, n'existe aucun relief du cône. Il est donc fort probable que la Drance est parvenue à occuper sa position

actuelle à une époque relativement peu ancienne. Les deux arêtes culminantes pourraient dans ce cas marquer les deux cônes consécutifs construits par la Drance dans son développement vers l'aval, ou peut-être encore la dépression entre ces deux arêtes représenterait l'ancien lit de la Drance¹. La pente du cône, très insignifiante, atteint à peine 0°35.

D. Comparaison de deux versants. — Ici aussi nous constatons les mêmes particularités que partout ailleurs, plus en amont. Le nombre des cônes est sensiblement plus grand sur le versant gauche (32) que sur le versant droit (21). De même la pente moyenne y est beaucoup plus grande (14°16') que sur le versant droit (7°22'), et aussi la pente réduite moyenne sur le versant gauche (21 cônes) de 10°33' est encore sensiblement plus grande que celle du versant droit. La pente moyenne de tous les cônes, si relevée dans ce tronçon en comparaison avec les tronçons précédents (de 11°33'), est due en grande partie à l'existence de schistes cristallins dans la section inférieure du tronçon, où les pentes des cônes sont excessivement fortes.

Notons enfin, comme une différence assez nette entre les deux versants que le type des cônes de Charrat est beaucoup mieux prononcé sur le versant gauche.

§ 5.

Traits généraux de la partie moyenne de la vallée du Rhône.

Comparaison entre les trois tronçons.

La section moyenne de la vallée du Rhône est une plaine d'alluvions plus ou moins large qui se trouve dans un état

¹ En effet, on admet « que la ville de Martigny occupe l'emplacement compris entre l'ancien lit de la Drance (qui avant et peut-être même après l'englouissement d'Octodure, coulait près du Mont-Chemin), et son nouveau lit, tracé plus près de Mont-Ravoire ». (*Dictionnaire géographique de la Suisse: Martigny-Ville*, p. 264.)

d'exhaussement et où on ne voit nulle part la roche en place. Aussi les cônes de déjections assez nombreux ne montrent pas, en général, des traces des niveaux plus supérieurs (cônes emboîtés) que nous avons rencontrés si fréquemment dans la vallée haute, à l'exception de la région d'éboulement de Sierre. En revanche, un grand nombre de cônes accusent un accroissement assez rapide par superposition des cônes frais sur les cônes principaux; en même temps le torrent est souvent encaissé dans la partie haute du cône¹. Outre les types des cônes que nous avons déjà constatés dans la partie haute, existe dans la partie moyenne un type nouveau que nous avons appelé le type « des cônes de dévaloir ».

La pente moyenne des 83 cônes du versant gauche de la vallée moyenne du Rhône, de $12^{\circ}18'$, est beaucoup plus forte que celle des 56 cônes du versant droit, de $7^{\circ}6'$ (différence = $5^{\circ}12'$). Aussi la pente moyenne réduite du versant gauche, de $9^{\circ}12'$, est encore supérieure à celle du versant droit. Les raisons de ces particularités sont évidemment les mêmes que nous avons signalées en discutant chaque tronçon (p. 256-258, 264-265).

La pente moyenne de 53 cônes du tronçon inférieur, de $11^{\circ}33'$, est la plus grande; celle de 49 cônes du tronçon supérieur est un peu plus petite (= $10^{\circ}48'$), tandis que celle de 37 cônes du tronçon moyen encore beaucoup plus petite (= $7^{\circ}49'$).

¹ Phénomène dû, selon Heim (voir p. 24, alinéa), fréquemment à l'agrandissement du bassin de réception du torrent; selon Russell, à l'adaptation de la pente du cône à la pente du lit du torrent, décroissante avec le temps (cit. J.-C. Russel, *River development*, p. 105-106).

Voilà une description des cônes plus importants de cette section, donnée par Culmann, l. c. p. 378. « Leurs cônes sont tout à fait caractéristiques pour la vallée du Rhône; on n'en trouve nulle part d'aussi nettement et régulièrement conformés. Leur pente varie de 5° à 40° , suivant le débit et la grosseur des matériaux transportés (la pente est d'autant plus forte que le débit est plus faible et les galets plus volumineux). Ils paraissent s'agrandir encore d'une manière très régulière. »

Signalons enfin la particularité suivante des trois tronçons. La différence entre les pentes moyennes de deux versants est la plus grande ($6^{\circ}54'$) dans le tronçon inférieur (dans les deux tronçons supérieurs elle est de $4^{\circ}22'$ et $4^{\circ}9'5$). Même la pente moyenne *réduite* du versant gauche qui est, dans tous les tronçons, plus grande que celle sur le versant droit, se caractérise de telle manière que la différence « réduite » diminue régulièrement vers l'amont ($3^{\circ}11'$; $2^{\circ}27'5$; $0^{\circ}38'$). On serait tenté d'en attribuer la cause à ce phénomène probable que la différence entre les précipitations que reçoivent les deux versants de la vallée du Rhône, diminue dans la direction de l'intérieur de la chaîne, de même que diminue jusqu'aux environs de Sierre la quantité absolue des précipitations ¹.

CHAPITRE TROISIÈME

PARTIE INFÉRIEURE DE LA VALLÉE DU RHONE

(Drance - Lac.)

§ 1

Généralités

En examinant rapidement la plaine alluviale de cette partie de la vallée du Rhône et en prenant en considération la pente moyenne du fleuve qui tombe dans cette partie à 2,2 m., — tandis qu'elle est de 2,6 m. dans la partie moyenne, — on pourrait conclure que nous avons devant nous un tronçon dont les traits essentiels sont les mêmes que ceux de la partie moyenne. Cependant, une

¹ Cf. pour cette dernière constatation, la nouvelle carte des précipitations en Suisse dans *Klima der Schweiz*. Vol. I, de MM. Maurer, Bilwiller, Hess.

analyse plus détaillée nous révélera que ce n'est pas tout à fait exact.

En effet, il y a deux régions dans cette partie inférieure : la première, depuis la Drance jusqu'au défilé de Saint-Maurice, où la vallée est relativement très restreinte, la seconde, depuis ce défilé jusqu'au lac, où la vallée ou plaine d'alluvions est très large (jusqu'à 5,5 km.) Or, la pente moyenne du Rhône entre les Bains de Lavey (localité, située un peu en amont du défilé de Saint-Maurice) et le lac est de 1,7 m., chiffre nettement supérieur à la pente du tronçon Liène-Drance, de 1,2 m. de la partie moyenne de la vallée du Rhône.

A cette anomalie s'en associe une autre, à savoir que quelques-uns des cônes accusent dans ce tronçon inférieur plusieurs niveaux. Il est probable que *ces niveaux correspondent aux abaissements successifs du niveau du lac Léman.*

Toutefois le phénomène d'emboîtement des cônes se présente ici sous un aspect différent de ceux de la partie supérieure et du tronçon de l'éboulement de Sierre de la partie moyenne de la vallée du Rhône. Puisque nous y avons surtout de grands cônes relativement plats formés par des rivières importantes, l'emboîtement se traduit fréquemment par les ondulations larges de la surface des cônes.

La densité des cônes dans la partie inférieure de la vallée du Rhône est encore plus petite que dans la partie moyenne (42 cônes sur un espace de 34,8 km., c'est-à-dire 1,2 cône sur 1 km., contre 1,7 cône dans la partie moyenne et 3,1 cônes dans la partie haute).

Le phénomène des cônes présente quelques différences dans les deux tronçons de la partie inférieure, les versants du premier tronçon ayant été taillés dans les schistes cristallins. Cependant nous les analyserons ensemble, puisque plusieurs cônes du tronçon supérieur appartiennent par leurs traits déjà au tronçon inférieur.

§ 2

Versant droit.

a) *Drance — Lavey-les-Bains.* — Grâce à la même nature pétrographique (schistes cristallins), le phénomène des cônes de ce versant jusqu'à Collonges rappelle celui du même versant immédiatement en amont (entre Saillon et Branson). Nous y constatons d'abord toute une série de beaux, hauts cônes d'éboulis vivants qui souvent se confondent dans leurs parties basses en des « Schutthal-den ». Ces cônes sont partiellement couverts par la végétation. Ils représentent, avec les cônes qui leur font vis-à-vis sur le versant gauche, un des rares exemples de plusieurs cônes d'éboulis, groupés ensemble, en contact immédiat avec la plaine du Rhône.

Le grand et régulier cône de l'*Aboyeu* est alimenté par une série de beaux cônes d'éboulis, situés au-dessus de son flanc gauche. Le cône couvert en grande partie par le bois, ne semble pas être éteint. Son flanc droit butte directement contre le Rhône, tandis que le flanc gauche est séparé de la plaine d'alluvions par un escarpement dont la hauteur atteint au maximum 5 à 7 m. Le torrent, assez considérable, s'est encaissé assez profondément dans la partie haute du cône ; puis, en se divisant en plusieurs bras, il devient toujours moins profond — phénomène habituel dans la vallée du Rhône.

Outre les nombreux cônes d'éboulis nous constatons en amont de Collonges un petit cône du type des cônes de déjections normaux (*Diabley*), puis quelques cônes plus ou moins grands, du type rappelant les cônes de dévaloir, avec des pentes très rapides (de 25° à 33° ; « *Paroisse* » *sup. et inf.*, *Melley*, *Oufettes*). Ce dernier cône possède cette particularité, qu'à son pied se trouve un cône plus jeune, vivant, nettement travaillé par l'eau.

En aval du cône de l'Aboyeu, le Rhône est rejeté si énergiquement vers le versant droit par l'énorme cône du Bois Noir qu'il ronge la roche en place. Les torrents relativement assez considérables (comparables à l'Aboyeu), le Larzey et l'Avançon, ne réussissent pas à former des cônes quelconques (ils se trouvent dans la même situation que le torrent Dala vis-à-vis du cône Illgraben).

b) *Le groupe des collines dans la vallée du Rhône.* — Avant d'aborder la description de la série si intéressante des grands cônes qui se trouvent déjà en dehors de la région des schistes cristallins, disons quelques mots sur une particularité de cette partie.

Entre Saint-Maurice (Lavey) et Aigle existent quelques collines dans la vallée qui séparent cette dernière par des dépressions plus ou moins parallèles au Rhône. Ces collines sont les suivantes : 1° la colline de Chiètre, qui se trouve entre le défilé de Saint-Maurice et la dépression Lavey-le Châtel ; 2° la colline de Montet avec le vallon de Dévens ; 3° enfin la colline de Saint-Triphon avec la dépression courte d'Ollon.

D'après M. Lugeon ¹, la dépression Lavey-le-Châtel présenterait un ancien cours du Rhône (cas d'épigénie). Cette dépression est maintenant remplie presque entièrement par des grands cônes, formés par deux torrents : le Courset et la Croisette dont le premier est tributaire du Rhône, le second est affluent de l'Avançon. Le cône du *Courset* présente un des rares cas d'un cône, qui se digite à la rencontre d'un obstacle. L'une de deux digitations se dirige vers le village de Châtel, dans la dépression menant à l'Avançon. L'autre digitation descend vers la vallée du Rhône ; dans la partie basse de cette aile du cône, près du village Lavey, se trouve un cône superposé, en voie d'ac-

¹ M. Lugeon. *Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses.* Lausanne 1904, p. 27.

croissement, sur le cône principal. Ce deuxième cône en supporte un troisième, encore embryonnaire. Il est à noter, que le cône principal ancien est tronqué de 7 à 10 m. de hauteur.

En aval du village de Châtel la dépression est remplie partiellement par le beau cône du torrent *Croisette*.

c) *Cône de l'Avançon*. — Nous passons maintenant au grand et important cône de l'Avançon. Sa longueur totale est à peu près de 4,8 km.; sa plus grande largeur, près du Rhône, est de 2,1 km. Le cône naît déjà dans la gorge-vallée près de Sublin. Il s'élargit en remplissant sa vallée et en rentrant dans les dépressions déterminées par des collines isolées dans la vallée du Rhône. Après un rétrécissement au pied de ces collines, le cône s'étend pour aboutir au Rhône.

Pour rendre plus facile la description si compliquée de ce cône, divisons-le en trois parties; 1° du point 557 m. jusqu'à Bévieux, 2° de Bévieux jusqu'à Bex, 3° le cône proprement dit, de Bex au Rhône. — Dans sa partie haute la rivière décrit un bel arc, qui tourne sa convexité vers le flanc droit de telle sorte que la presque totalité du cône est formée par son flanc gauche. Ce qui frappe en examinant cette section c'est l'encaissement de l'Avançon dans son cône. La rivière est dominée en amont par 35 m. d'alluvions; plus bas, à Bévieux, la même terrasse descend à 20 m. On remarque encore d'autres gradins, en escaliers, relativement minces, collés contre la terrasse principale, dont les hauteurs varient de $\frac{1}{2}$ m. à 15 m.

Cela nous indique un encaissement progressif de l'Avançon dans son propre cône.

Quant à la partie moyenne du cône (Bévieux-Bex), ici aussi le flanc gauche est beaucoup mieux développé que le droit. Ce dernier est représenté par toute une série de bandes, en général minces, de terrasses de hauteurs diverses, logées très souvent dans les méandres de l'Avançon. Les terrasses les mieux représentées, sont celles de 15-18 m.

(villa Sérény), 7-8, 5, 2-3 m. — Sur le flanc gauche nous rencontrons les mêmes terrasses, dont la plus importante est celle de 15-18 m. Cependant cette terrasse ne forme pas une unité continue ; elle est morcelée en plusieurs fragments (Mont Chalet ; Grand Hôtel ; Villa des Bains ; Crêtél). Le morcellement est produit par plusieurs dépressions allongées, plus ou moins perpendiculaires à l'Avançon et aboutissant vers cette rivière. Ces dépressions se composent en grande partie de dolines assez profondes ; le fond de quelques-unes de ces dernières est situé même plus bas que l'Avançon. L'existence de ces creux s'explique par la présence du gypse dans le sous-sol. Elles convergent toutes vers le cône de Croisette, où existe une dépression unique analogue. Ces lignes de dolines sont peut-être les emplacements des anciens cours de la Croisette ; les dolines se seraient creusées après la formation de ces anciens lits.

Passons maintenant à la dernière partie du cône de l'Avançon, la plus étendue. — Sur le flanc droit nous y constatons une surface relativement plate dont la pente moyenne se dirige vers l'Avançon. Cependant un examen plus attentif nous permet d'y distinguer des ondulations longitudinales, des espèces de terrasses un peu bombées, séparées les unes des autres par des dépressions. Déjà un peu plus bas que la localité de l'Echaud, nous constatons que, dans la ville de Bex, le cône se compose d'une partie plus haute (près de l'église) qui descend légèrement vers la montagne, et d'une plus basse (près de l'Avançon), séparée de l'autre par un escarpement atténué. Entre ces deux bandes s'introduit bientôt, en dehors de la ville, une troisième, « Rivarottaz », séparée des deux autres par des dépressions. Sur le terrain et d'après les allures des courbes¹ de niveau on voit très bien que la bande extérieure

¹ V. particulièrement la feuille Vérossaz (Atlas Siegfried n° 483 bis), sur la feuille de Bex (n° 476) les courbes sont dessinées trop schématiquement.

est la plus supérieure et que le cône tout entier s'abaisse nettement vers l'Avançon. Cependant au delà du chemin de fer les deux bandes-terrasses supérieures se confondent peu à peu et aboutissent vers la plaine d'alluvions marécageuse par un escarpement de 5 m. (donc au-dessus du Rhône 7 à 8 m.), tandis que la bande-terrasse attenante à l'Avançon se confond avec la plaine d'alluvions elle-même. Il est possible que la bande moyenne correspond au niveau de 5 (ou 7 à 8) m. et que la bande extérieure correspond au niveau de 15 m. de la partie Bévieux-Bex. Quoique les hauteurs et leurs différences ne soient pas les mêmes, il ne faut pas oublier que, en général, dans la vallée du Rhône les cônes tendent à adoucir leurs pentes. D'où cette conséquence que la différence des niveaux de deux unités dans la partie haute du cône peut être plus grande, que celle des niveaux des mêmes unités dans la partie basse.

Dans le flanc gauche de la partie basse du cône nous constatons les mêmes terrasses (restes de cônes) que nous avons déjà rencontrées dans les autres parties, à savoir, outre la terrasse de 2 m., tout près de l'Avançon, on voit surtout des lambeaux de terrasses de 5 m., 7-8 m., 15 m. Au-dessous du chemin de fer nous retrouvons, à part la terrasse de 2 m., seulement celle de 7-8 m., de forme légèrement « conique ». Cette dernière aboutit vers la plaine par un escarpement de 5 m. (7 à 8 m. au dessus du Rhône ; elle est ici accompagnée par une terrasse inférieure de 4 à 5 m.

Le fait le plus important qui se dégage de cette description sommaire du cône de l'Avançon est le suivant. Nous sommes en présence de plusieurs cônes emboîtés, représentés ici par des lambeaux de terrasses ; le cône possède dans le profil transversal une forme grossièrement concave. la rivière occupe l'emplacement le plus bas. Il est possible que la terrasse de « En Rond », celle qui atteint 35 m. au-

dessus de l'Avançon, forme la partie supérieure du cône ancien dont nous connaissons les restes considérables, en forme de lambeaux de 15 m., et qu'une partie de ce cône ancien se logeait dans le vallon de Dévens, séparée de celle du Rhône par la colline du Montet (phénomène analogue à celui du Courset). — Il semble, qu'on doive chercher la cause du phénomène d'emboîtement dans les changements de niveau du lac Léman¹. Nous reviendrons encore à ce problème en discutant les traits analogues de quelques autres cônes voisins.

d) *Cône de la Gryonne*. — Il est aussi considérable que celui de l'Avançon : sa longueur est de 4,4 km. et sa largeur près de l'embouchure de 3,9 km. Le bassin de réception de la Gryonne est moins étendu que celui de l'Avançon ; il n'est pas étonnant par conséquent que la pente du cône de la Gryonne, de 2°21', soit plus grande que celle du cône de l'Avançon, de 1°25'.

Il suffit de comparer les allures des courbes de niveau sur les deux cônes² pour se convaincre qu'il y a une différence profonde entre eux : tandis que le cône de l'Avançon a un profil transversal grossièrement concave, celui de la Gryonne a, par contre, un profil nettement convexe, c'est-à-dire que le torrent se trouve sur l'arête culminante du cône. — Mais cette différence n'est pas essentielle. En effet, en regardant de plus près, nous nous apercevons que le cône ne monte pas également et continuellement vers l'arête culminante, mais qu'il présente des ondulations surtout bien accentuées sur le flanc gauche. Sur ce dernier nous distinguons 7 bandes longitudinales, qui peu-

¹ E. Renevier (*Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais*, p. 486. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, xvi^e livraison, année 1890), après avoir décrit la terrasse de Bex, s'exprime ainsi : « C'est la terrasse la mieux caractérisée que j'aie vue dans ma région, et je serais bien étonné qu'elle n'appartînt pas à un ancien delta de l'Avançon ».

² V. Planche 4.

vent être suivies plus ou moins distinctement le long de tout le cône jusqu'au retrécissement du Montet. Nous leur donnons les noms suivants (d'après la feuille n° 476), en comptant de l'extérieur du cône vers la Gryonne : 1° Bellin-Bormuit, 2° Planche de Fy — Pré Martel, 3° Pré-Tappy — La Tormaz, 4° Les Beys, 5° Colonex, 6° Tutine, 7° Les Neyex. — Les bandes 1, 3, 5 sont exhausées par rapport aux bandes 2, 4, 6, en général plus étroites, formant comme des dépressions-vallons parmi les bandes plus hautes. Au delà du chemin de fer, dans la partie basse du cône, les bandes plus hautes (1, 3, 5) finissent par des escarpements de 2 à 3 m., tandis que les bandes basses (2, 4, 6), qui vers le bas sont séparées des bandes hautes par des escarpements, s'avancent plus loin vers le Rhône et en se confondant forment une large terrasse « Commun des Placettes » qui est séparée à son tour de la plaine marécageuse du Rhône par un escarpement de 2 à 3 m. Vers l'extrême gauche du cône les deux escarpements, du niveau des bandes 1, 3, 5 et de celui des bandes 2, 4, 6, se confondent près de la localité « La Tuilière », en faisant disparaître la terrasse « Commun des Placettes » : la bande 1, Bellin-Bormuit, coudoie ici la plaine d'alluvions actuelle directement par un escarpement de 5 à 6 m. qui passe à l'escarpement, de la même hauteur, du cône de l'Avançon (v. plus haut).

A l'embouchure de chaque bande déprimée (2, 4, 6), sur la terrasse « Commun des Placettes », s'est déposé un cône assez plat de telle sorte que, sur cette terrasse, nous avons trois cônes contigus (un type spécial des cônes « superposés »). Enfin, la bande 7, « les Neyex », tout près de la Gryonne, représente le cône le plus récent de cette rivière. En coupant l'escarpement de la terrasse « Commun des Placettes », elle interrompt la plaine marécageuse actuelle du Rhône et aboutit à ce dernier fleuve.

Ainsi, d'après la hauteur des escarpements au-dessus

du Rhône, nous avons, sur le flanc gauche du cône de la Gryonne, trois niveaux : 1^o celui des bandes 1, 3, 5, le supérieur, situé à 8-9 mètres au-dessus du Rhône ; 2^o celui des bandes 2, 4, 6 à 5 m. au-dessus du Rhône ; 3^o le cône récent à 2 m., qui se confond avec la plaine d'alluvions actuelle.

Sur le flanc droit, les bandes longitudinales, analogues à celles du flanc gauche, sont beaucoup moins nettes. Le cône récent est relativement le mieux visible ; il accompagne en bande mince la Gryonne et arrive au Rhône, en interrompant, ici aussi, la plaine marécageuse (« Grandes Isles »). On distingue beaucoup moins nettement les trois bandes suivantes : Les Glareys ; Champoton-Grand Pré ; Praz-Maudran, séparées l'une de l'autre par des bandes-dépressions. Cependant, dans la partie basse du cône, au-dessous du chemin de fer, ces bandes deviennent indistinguables, il n'y a plus aucun escarpement, analogue à ceux du flanc gauche, qui permettrait de paralléliser les bandes du flanc droit à celles du flanc gauche.

Le même phénomène, par lequel on pourrait expliquer les particularités du cône de l'Avançon, à savoir les abaissements successifs du niveau du lac Léman, peut aussi rendre compte des particularités si différentes en apparence du cône de la Gryonne. Il suffit pour cela de retenir d'abord que la Gryonne dépose beaucoup plus que ne le fait l'Avançon¹. En effet, les inondations de la Gryonne sont fréquentes², et sur le cône lui-même nous en trouverons des traces nettes. Par exemple, le vallon sec, mais caillouteux le long du chemin Pré Tappy-Chavalets, parallèle à la Gryonne ; un autre, le long de la route vers Devens, au pied de la colline de Montet, marqué sur la carte des travaux de défense près Devens ; enfin, la couche très-

¹ Cullmann : l. c. p. 358.

² Voir *Dictionnaire géographique de la Suisse*, Vol. II, p. 439.

mince de terre végétale au-dessus des cailloutis dans les gravières « Les Neyex », près du chemin de fer.

Il s'ensuit que le cône primitif de la Gryonne, dont les restes sont conservés dans les bandes 1, 3, 5, était beaucoup plus bombé dans le profil transversal, sa convexité était beaucoup plus accentuée que celle du cône de l'Avançon. La formation des cônes emboîtés, correspondant aux niveaux inférieurs, tend vers l'aplatissement du cône primitif: le cône de la Gryonne, très bombé, s'est aplati, mais est resté encore convexe, tandis que le cône de l'Avançon primitif, déjà très plat, est devenu concave dans le profil transversal. Remarquons, enfin, que les analogies profondes, entre les deux cônes, se révèlent en comparant les limites inférieures de chaque cône attenantes au Rhône et présentant les traits essentiels communs.

Quant au fait que le flanc droit du cône montre des ondulations beaucoup moins prononcées que celles du flanc gauche, nous ne pouvons en donner une explication suffisante. On pourrait supposer que l'action déposante du torrent plus énergique vers l'aval aurait effacé les anciens niveaux¹. Une autre hypothèse plausible consiste en ce que l'arête culminante du cône primitif (le plus supérieur) se trouvait plus vers l'amont et qu'au moins une partie du flanc droit du cône occupe maintenant un terrain qui n'était pas occupé du tout par le cône supérieur.

Pour terminer la description du cône de la Gryonne, mentionnons encore la présence au-dessus et en dehors du

¹ J. Stiny (l. c., p. 74), attire l'attention sur l'asymétrie existante, dans les nombreux cônes, par rapport aux deux flancs: « In der äusseren Erscheinungsform tritt bei vielen Schwemmkegeln eine Asymetrie in dem Sinne zutage, dass die hauptbachabwärts gelegene Hälfte grösser und regelmässiger entwickelt ist, als die talfluss aufwärts gewendete; letztere ist infolge des Staurückens am Schwemmkegel mittelbar und durch die aufschüttende Tätigkeit des Hauptbaches unmittelbar stärkerer Einhüllung des Fusses ausgesetzt und ausserdem der Annäherung des Basisrandes mehr unterworfen, als die erstere gleichsam im Auftrags- und Erosionsschatten des Flusses gelegene. »

flanc droit du cône proprement dit, entre l'Abbaye de Salaz et Ollon, de quelques terrasses en matériel meuble (de 30, 15 et 10 m. au-dessus de la partie voisine du cône), plus ou moins bien prononcées¹.

e) *Le cône d'Ollon.* — Le flanc droit du cône de la Gryonne passe peu à peu à la plaine du Rhône, qui contourne ici la colline de St-Triphon. Cette dernière isole, comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, le court défilé de Villy-Ollon, rempli en grande partie par le cône intéressant et volumineux, sur lequel est situé le village d'Ollon. Le cône sort d'une vallée-gorge relativement peu considérable qui possède peu d'eau. Cette eau ne parvient pas au cône, qui n'a pas de traces d'un lit distinct, mais s'engouffre immédiatement au sommet du cône dans un entonnoir en gypse. En outre, juste au sommet du cône, une colline en roche en place (Crêtaz) barre si bien l'entrée à la vallée qu'elle laisse à peine deux défilés très étroits à gauche et à droite. Il y a une disproportion évidente entre ces défilés et le cône volumineux, d'où résulte une certaine ressemblance avec les cônes du groupe de Charrat.

f) *Le cône de la Grande-Eau.* — Ce cône possède une pente nettement plus petite ($0^{\circ}47'$) que celles des cônes de l'Avançon ($1^{\circ}25'$) et de la Gryonne ($2^{\circ}21'$), ce qui s'explique par la plus grande surface du bassin de réception de cette rivière. Soulignons d'abord une particularité qui frappe surtout dans le cône de la Grande-Eau, à savoir la position tout à fait asymétrique de la rivière qui se trouve à l'extrême droite du cône. De telle sorte, le cône presque entier est représenté par le flanc gauche, tandis que la surface du flanc droit est très restreinte.

Si le cône de la Grande-Eau était un cône simple, normal, on devrait s'attendre à trouver l'arête culminante au milieu du cône, la rivière coulant alors dans l'arête creuse

¹ Comp. E. Renevier : l. c. p. 48.

du cône. Or, les choses s'y passent tout autrement : l'arête culminante se trouve tout près de la rivière, le flanc gauche monte légèrement vers l'arête culminante (comp. les allures des courbes de niveau sur la feuille d'Aigle, n° 475). Déjà cette anomalie fait soupçonner que nous avons affaire ici à un cône complexe. Et, en effet, on y retrouve facilement les ondulations semblables à celles que nous avons constatées sur les cônes de l'Avançon et de la Gryonne.

Déjà dans la partie haute du cône, dans la ville d'Aigle, les courbes du niveau de 420 et de 410 m. (de même l'examen du terrain) nous permettent de distinguer deux bandes plus hautes, séparées par une dépression. Les deux Monneresses (du Bourg et du Cloître) marquent assez bien la prolongation vers le bas de ces deux bandes que nous appellerons II et III¹. Au-dessous du chemin de fer apparaissent une bande (IV) tout à fait extérieure, au pied du Plantour, et le cône récent tout près de la rivière (I), très bien marqué par la courbe de niveau de 390 m. Le cône récent semble atteindre le Rhône, en imitant les mêmes formations des cônes de l'Avançon et de la Gryonne. Les autres bandes finissent de plus en plus loin du Rhône, séparées de ce dernier par la plaine d'alluvions. La limite du cône tout entier est assez bien marquée par le Grand Canal et l'isohypse de 390 m. Nous constatons sur le cône de la Grande-Eau également des escarpements, comme limites des bandes. Ainsi la bande IV est limitée, près de la localité « Pré-de-Mars » par un escarpement, atteignant jusqu'à 5 m. Cet escarpement se prolonge plus ou moins distinctement jusqu'au Marais de Carroz, où il disparaît. Vers l'aval, à « Pré de Mars », l'escarpement disparaît, parce qu'il est couvert par la bande III en une courbure, rappelant tout à fait un cône par sa forme. Près du groupe

¹ Il est assez probable que les alluvions de ces deux bras de la Grande-Eau ont contribué à la formation de ces bandes exhaussées.

des maisons « Meleys », nous constatons un escarpement de demi-mètre, limitant vers le bas la bande II, qui se prolonge vers l'amont. Il est possible que les ondulations, cependant atténuées sur le cône de la Grande-Eau, et surtout la bande IV, limitée par un escarpement relativement considérable, sont dues à la même cause que celles sur les deux cônes déjà analysés : abaissement du niveau du lac. La forme singulièrement asymétrique du cône serait due au fait que la rivière aurait construit ses cônes consécutifs en se déplaçant vers l'aval.

g) *Le cône d'Yvorne* présente une particularité intéressante. L'examen du terrain m'a permis de constater que le grand paquet « Gros Vignoble » (emplacement de la « Maison blanche »), en forme d'un quadrilatère irrégulier, repose sur le grand cône du torrent d'Yvorne, comme un reste d'un grand éboulement¹. Ce paquet est délimité vers le cône par des escarpements plus ou moins accentués, indiquant que la masse éboulée se comportait comme un semi-liquide ; le torrent qui serre le paquet du côté gauche y est encaissé jusqu'à 15 m. — Les parties ainsi séparées du grand cône d'Yvorne (la dépression plate et large entre « Gros Vignoble » et la montagne « Les Planches », l'emplacement de la localité Renauds) se réunissent au pied du paquet « Gros Vignoble » en un cône distinct qui s'avance même au delà du chemin de fer, comme on peut en juger d'après la courbe de niveau de 400 m. Il est probable que le torrent d'Yvorne, avant l'éboulement, coulait quelque part ailleurs vers l'aval, se dirigeant directement vers le Rhône et que son écoulement actuel vers la

¹ D'après J. Delaharpe, *Bulletin de la Société vaudoise des sc. naturelles*, VII, p. 3 et 147 « l'éboulement d'Yvorne » du 4 mars 1584, serait un simple glissement du terrain. D'après les nouvelles recherches inédites de M. A. Jeannet, il y aurait eu deux phénomènes simultanés : l'éboulement et le glissement.

V. aussi *Le Conservateur suisse*, t. VII, Recherches sur les chutes et éboulements de montagne en Suisse, p. 198.

Grande Eau est dû à l'éboulement. Il est donc intéressant de noter que dans la partie basse du cône principal, où le torrent devient de moins en moins encaissé, s'est formé, probablement déjà après l'éboulement, un cône assez grand, superposé, très net dans la topographie.

h) *Les autres cônes jusqu'au lac.* — Le cône de l'Eau froide, qui suit immédiatement en aval, est très plat dans le sens transversal. La position du torrent, relativement assez considérable, à l'extrême droite tout près du versant montagneux rappelle celle de la Grande Eau. Au sommet du cône le torrent est encaissé jusqu'à 4-5 m., plus bas il coule endigué tout près de la surface. Le cône passe insensiblement à la plaine environnante.

Après quelques cônes du type « de dévaloir » dont deux les plus grands, réguliers, presque éteints, raides, désignés par les noms de Grande Barmaz et Praz-Maussan, nous arrivons au cône intéressant du *Pissot*. C'est un cône éteint (vignoble), d'un type intermédiaire entre les cônes de déjections normaux et les cônes « de dévaloir ». Son lit emmuré est envahi par l'herbe, on ne voit pas trace d'eau. Le cône est assez régulier, présente cependant une remarquable asymétrie, dans ce sens que le cône se compose de deux cônes : l'un, plus grand, développé du côté du lit du torrent, l'autre sur le flanc gauche. Ainsi le cône possède deux arêtes culminantes sur les deux flancs; la partie médiane du cône est plutôt déprimée. La pente du cône est assez considérable; il butte contre la plaine avec une limite bien tranchée et sa pente ne diminue pas vers le bas ou relativement peu — une particularité assez rare.

Nous la retrouvons cependant dans le petit cône de *Crétaz*, qui suit immédiatement vers l'aval; même il semble que la pente augmente un peu vers le bas. Le cône est tout à fait éteint, pas trace de lit. Il sort d'une large vallée, éteinte elle aussi, dont la pente est relativement insignifiante.

Le cône de Crêtaz est, strictement parlant, le dernier de la vallée du Rhône. Ajoutons cependant que le grand cône (ou delta) de la Tinière, un affluent du lac, présente un bel exemple d'au moins quatre niveaux, séparés l'un de l'autre par des escarpements: 1° la terrasse haute avec la maison « Hospitalière », 2° la terrasse « Chatelard » 3° le grand cône au-dessus du cimetière, 4° le cône récent, atteignant le lac.

§ 3

Versant gauche.

a) *Drance-St-Barthélemy*. — La partie supérieure du versant, en aval de Martigny, formée par les schistes cristallins, rappelle beaucoup son vis-à-vis du versant droit. Nous y constatons les mêmes pentes abruptes en roche en place, couvertes par-ci par-là de cônes réguliers d'éboulis et de quelques petits éboulements. — Le petit cône de Bienvenu, un cône « de dévaloir », couvert par le bois, ce qui contraste avec l'entourage, possède une pente considérable (de 21°48').

Nous arrivons à l'importante rivière, le Trient, qui ne forme aucun cône appréciable; de même au pied de la cascade de la Salenche il n'existe aucun cône. — En revanche, un petit cône raide est formé par un torrent relativement insignifiant, descendant du village de *Salvan*.

Avec le hameau de *Miéville* nous atteignons deux beaux cônes du type Charrat, « de dévaloir », avec des pentes considérables; deux cônes de *Balmaz* rappellent aussi le même type. — Enfin près de la station d'*Evionnaz* existent quatre petits cônes; tous sont formés par des torrents-dévaloirs, où l'eau coule de temps à autre.

b) *Cône du Bois-Noir*. — Bientôt apparaît l'énorme cône du Bois-Noir. Il est intéressant de le comparer avec

les deux autres colosses de la vallée du Rhône, de Finges et de la Losenze. Or, quoique sa surface et ses autres dimensions soient plus petites que celles des deux autres cônes, il fait une impression plus grande, parce qu'il se trouve dans une section plus étroite de la vallée. Une propriété importante le range cependant plutôt à côté du cône de Finges qu'à celui de la Losenze, à savoir l'intensité du barrage qu'il occasionne au Rhône. Tandis que le long du cône de Finges, le Rhône sur une distance de 8,5 km., tombe de 77 m., et le long du cône de la Losenze sur une distance de 11 km., seulement de 10 m., ici le long du cône de Bois Noir, l'abaissement du Rhône sur une distance de 4,05 km., est égal à 23 m. Et comme effet de cette intensité du barrage nous constatons encore ici, d'abord des rapides bien prononcés dans le lit du Rhône, ensuite un rejet si énergique de ce dernier vers le versant opposé, que même des torrents relativement assez considérables ne peuvent construire un cône quelconque.

Presque sur toute l'étendue de la limite basse, le cône est plus ou moins escarpé (jusqu'à 25 m.) et sur le flanc extrême droit repose sur la plaine d'alluvions, tandis que le reste du cône touche le Rhône. — Le large lit est aussi plus ou moins encaissé sur toute la surface du cône, il se divise en plusieurs bras; le lit principal finit par un petit cône emboîté, couvert par le bois. Si nous nous rappelons que dans le cône de Finges la limite inférieure est aussi escarpée et qu'il y a plusieurs terrasses dans le lit du torrent, nous considérerons comme probable que ces phénomènes sont dus au mode d'activité de ces grands cônes, combinée avec celle du Rhône.

Le cône du Bois Noir est en général régulier, simple (pas complexe), puisque quelques dépressions longitudinales sur les deux flancs du cône peuvent être facilement expliquées comme les lits des anciens bras. — De deux côtés du bras principal s'étend une large bande du bois

(Bois Noir) — terrain évidemment assez fréquemment ravagé par les inondations du torrent, puisqu'il n'est pas déboisé. Le reste du cône est couvert par les prés et — surtout sur le flanc droit — par la culture (champs, vignobles); ce sont aussi des phénomènes analogues à ceux que l'on rencontre sur le cône de Finges ¹.

c) *Le cône de Mauvoisin*. — Une dépression assez nette sépare le cône du Bois Noir du cône de Mauvoisin, régulier et considérable, quoique petit en comparaison avec son puissant voisin. La particularité la plus intéressante du cône de Mauvoisin consiste en ce qu'il présente comme quelques-uns des cônes du versant droit (Avançon, Gryonne, Grande-Eau) plusieurs niveaux, notamment trois. Le phénomène rappelle ici surtout celui du cône de la Gryonne, puisque le cône Mauvoisin avec sa belle convexité fait de loin tout à fait l'impression d'un cône homogène. Comme sur les cônes de la Gryonne et de l'Avançon le niveau supérieur est le mieux développé, puis vient le niveau moyen qui l'est un peu moins; le niveau inférieur, le plus faiblement ². — Par opposition aux cônes du versant droit, le phénomène d'emboîtement des cônes *sensu stricto*, y est particulièrement net.

Le niveau supérieur — la plus grande partie du cône, sur laquelle est située la ville de St-Maurice tout entière — est lui-même un cône régulier, limité du côté du Rhône par un escarpement dont la hauteur atteint même 10 m. et diminue vers l'aval pour disparaître complètement à l'extrême gauche. — Cet escarpement est en contact sur le flanc droit avec l'extrême gauche du cône du Bois-Noir

¹ Comp. Culmann, l. c., p. 379.

² Il est intéressant que d'après F. A. Forel (*Le Léman*, I, p. 253), les terrasses lacustres de 30 m., elles aussi, ont une fort grande étendue et un volume considérable de remblai, et que la terrasse moyenne à 385 m. se montre seulement dans quelques endroits.

et avec une terrasse qui probablement appartient au Rhône et correspond au même niveau, que le cône moyen (v. plus bas). — L'escarpement est découpé dans deux endroits (flanc droit) par des vallons secs, dirigés vers le sommet du cône (ces vallons disparaissent du reste bientôt); au pied d'un de ces vallons secs il y a un petit cône éteint, assez plat, — phénomène, qui rappelle un cas identique sur le cône de la Gryonne ¹. Sur le flanc gauche il y a un troisième vallon, parcouru encore aujourd'hui par un bras du torrent, d'ailleurs peu considérable. Lui aussi disparaît un peu plus haut et forme un cône plat, au pied de l'escarpement, sur la plaine du Rhône.

Près du torrent principal l'escarpement disparaît sur les deux flancs, — et nous sommes en présence d'un cône emboîté très net, séparé du cône supérieur par une dépression assez bien visible sur chaque flanc (comp. les allures des courbes de niveau sur la planche VI). Ce cône s'avance plus loin vers le Rhône; sa courbure est bien visible près du chemin de fer et de la grande route qui le découpent. Il est limité vers le bas, lui aussi, par un escarpement dont la forme présente sur le flanc droit une courbe concave vers le Rhône (ancien méandre exagéré par rapport au méandre actuel?), et sur le flanc gauche, par contre, — une courbe convexe. Cet escarpement du cône moyen est à son tour interrompu près du torrent par un cône troisième, récent, qui occupe le terrain au-dessous du chemin de fer et de la grande route, renfermé entre les escarpements de deux flancs. Il est surtout bien développé sur le flanc gauche et atteint le Rhône.

D'après l'analogie avec le cône de l'Avançon et les hauteurs des divers cônes partiels de ce dernier, nous croyons que les trois niveaux du cône Mauvoisin sont ceux de 12-15 m., 5-8 m., 2-3 m., et il est probable qu'ils sont dus,

¹ V. plus haut, p. 287.

eux aussi, à l'abaissement des niveaux du Rhône (et du lac), comme ceux des autres cônes, analysés plus haut.

d) *Défilé de St-Maurice-Vièze*. — Dans le défilé de Saint-Maurice, qui suit immédiatement le cône de Mauvoisin, le Rhône coule entre des parois rocheuses, mais dans le lit même la roche en place n'est pas visible parmi le cailloutis¹. Bientôt cependant la paroi rocheuse s'éloigne du Rhône, et apparaît immédiatement au-dessus du Rhône une terrasse de 12 à 10 m., tombant sur le fleuve par un escarpement. Cette terrasse, qui s'élargit vers l'aval, correspond évidemment à une terrasse de la même hauteur de la rive droite (v. plus haut la description du cône de l'Avançon); elle présente cette particularité, qu'elle est inclinée nettement vers la montagne, comme le fait la terrasse correspondante du versant droit. — Nous discuterons plus loin la signification importante de ces terrasses de 12-10 m.

Bientôt cependant la terrasse s'abaisse et cède sa place à l'alluvion du torrent Rogneuse, qui à son tour est remplacée vers l'aval, près du village Massongex, par la plaine alluviale du Rhône, de 2 à 3 m.

e) *Le cône de la Vièze*. — Nous arrivons ainsi au cône de la Vièze, comparable, quant aux dimensions, aux cônes de l'Avançon, de la Gryonne et de la Grande-Eau. Par quelques particularités importantes le cône rappelle surtout ce dernier.

Ainsi sur le cône de la Vièze la rivière se trouve également tout près de la limite droite du cône (vers l'amont de la vallée du Rhône). Ensuite, j'ai constaté que l'asymétrie du cône de la Grande-Eau trouve aussi son expression dans la particularité que le cône — sans considérer les faibles ondulations — monte lentement vers la rivière, où

¹ Voyez F. A. Forel, l. c., I, p. 221 ; de même, *Dictionnaire géographique de la Suisse*, vol. IV, p. 418 (article « le Rhône » de H. Schardt).

se trouve son arête culminante. Or nous retrouvons ce phénomène sur le cône de la Vièze. Le cône monte, relativement plus rapidement, vers la rivière (arête culminante). Dans l'un et l'autre cône le flanc droit, relativement restreint, est très plat dans la partie haute du cône, et présente, seulement dans la partie basse, une forme de cône (probablement le cône récent, v. plus bas). Il est possible que la Vièze occupe son lit actuel depuis peu de temps, grâce à l'homme et qu'elle coulait jadis plus vers l'amont, par la ville de Monthey ¹.

Le cône de la Vièze présente des ondulations analogues à celles de plusieurs cônes de la rive droite. Cependant elles ne sont pas si bien marquées que celles des autres cônes et, envisagées séparément, elles pourraient être considérées comme des ondulations dues simplement aux changements de l'emplacement de la Vièze (ou de ses bras), sans la nécessité de recourir à l'hypothèse de l'abaissement du niveau du Rhône (et du lac). Quoi qu'il en soit, nous distinguons trois bandes — restes de cônes — séparées l'une de l'autre par des dépressions, plus ou moins nettes. Le cône récent ne semble s'individualiser qu'en dehors de la ville, près de la localité « La Plantaud ». La dépression qui le sépare de la bande voisine (II) est marquée par l'allure de la courbe de niveau de 410 m., mais surtout par celle de 400 m. (v. la feuille de Bex, n° 476). La dépression qui délimite la bande II de la suivante (III), est visible déjà dans les vignes, tout près de la ville, passe ensuite un peu en amont de la Verrerie, de la Station, de la localité Valletaz, mais devient de plus en plus indistincte en s'approchant du Rhône. Enfin le reste du cône entier jusqu'à sa limite gauche, semble appartenir au cône supérieur (III). Il est intéressant de constater que par analogie avec les

¹ V. Culmann, l. c. p. 396 : « On dit que jadis la Vièze traversait Monthey, et que son lit actuel n'est qu'un canal creusé pour la défense de la localité. »

autres cônes, les bandes II et III sont limitées du côté de la plaine du Rhône par un escarpement qui apparaît entre les localités « Les Preyses » et « Les Burlateys » (hauteur de 2 à 3 m.) et se prolonge en aval très loin, en conservant à peu près la même hauteur. Cet escarpement est interrompu dans trois endroits par des vallons secs, dirigés vers le haut; du reste ils disparaissent bientôt. Il est probable que le plus important de ces vallons forme une unité avec la dépression II-III du cône, et cette dernière — à son tour avec l'ancien lit sec au sommet du cône. Il faut cependant souligner que vers l'aval de ce vallon l'escarpement n'augmente pas, de même on ne trouve pas, plus loin, un escarpement qui correspondrait au cône III (phénomène constaté sur les autres cônes).

La pente très faible du côté de la Vièze ($0^{\circ}58'$) le rapproche aussi le plus du cône de la Grande-Eau (pente $0^{\circ}47'$).

f) *Vièze-Fossaux*. — En aval du cône de la Vièze, jusqu'au lac, nous sommes en présence d'un nombre relativement élevé de cônes.

Près du village de *Muraz* nous constatons deux cônes qui se touchent dans leurs parties basses. Le cône d'amont présente la particularité que le torrent se bifurque au sommet en deux bras, dont l'un (T. de la Scie) semble commencer à être abandonné au profit de l'autre (Nant Neuf). Nous aurions donc ici un exemple assez rare de changement de place du torrent, changement saisi au vif et admis théoriquement pour expliquer la formation des cônes. Le cône est assez irrégulier, puisqu'il est exhausé sur les deux flancs (comp. les allures des courbes de niveau sur la feuille de Bex, n° 476).

Les deux cônes passent peu à peu à la plaine d'alluvions du Rhône; le torrent est encaissé profondément (10 m.) dans la partie haute du cône d'amont, par contre très peu (2 m.) dans la partie basse.

Après deux petits cônes de caractère mixte (déjections-éboulis) nous arrivons à une série de cônes de déjections typiques. Le premier est le cône assez considérable et régulier de la Greffaz (village de Vionnaz), défiguré cependant par un rempart longitudinal, escarpé du côté du torrent, probablement artificiel. Puis vient un cône régulier, plus petit, de Mayen, couvert en grande partie par la vigne.

Le cône suivant, de l'Avançon, possède un torrent (et un lit) relativement assez considérable, enfoncé jusqu'à 8 m. dans la partie haute du cône. Un peu plus bas apparaît dans le lit une terrasse de 2 à 3 m. Encore plus bas le cône se rapproche de plus en plus de la terrasse de 2-3 m., pour se confondre définitivement avec elle, dans le voisinage de la grande route. Ajoutons que sur le versant droit, au-dessus de la localité de Plambois, existent des restes d'un niveau supérieur (de 10 m. ?). — Les cônes mentionnés passent insensiblement à la plaine.

g) *Cône de Fossaux*. — La particularité la plus intéressante de ce cône — emplacement du village de Vouvry — est une terrasse, située au-dessus du flanc droit du cône proprement dit. Cette terrasse est inclinée vers la plaine du Rhône et séparée de cette dernière par un escarpement plus ou moins prononcé, de 30 m. environ. Du côté du cône, cette terrasse est séparée de même par un escarpement, qui depuis 30 m., tout près de la limite entre le cône et la plaine, diminue vers le haut du cône pour se confondre avec lui tout à fait au sommet. — La forme extérieure de la terrasse présente un triangle assez irrégulier dont un côté est le versant montagneux, l'autre — l'escarpement tourné vers la plaine et vers le cône, enfin, le troisième regardant vers le cône et vers le torrent. Si donc la forme extérieure nous indique que nous avons un reste d'un ancien cône, cette hypothèse est corroborée par le relief de la terrasse qui présente une courbure très nette d'un flanc d'un cône. Le matériel meuble qui couvre super-

ficiellement la terrasse fait l'impression d'un dépôt torrentiel. Ainsi, tout porte à croire que nous sommes ici en présence d'un reste d'un ancien cône, (ou delta) correspondant au niveau du lac dit de « de 30 m. », peut-être même au niveau de 10 m. — Le cône de Fossaux, récent, ne présente rien d'extraordinaire ; régulier, il se confond peu à peu avec la plaine ; cependant sa limite inférieure est facile à tracer.

g) *Cône « Saut des Brocards »*. — Le Rhône qui, déjà près du cône Fossaux, coule tout près du versant gauche s'en approche encore davantage vers l'aval. Bientôt il frôle presque un paquet assez considérable d'un éboulement (Port de l'Abérieu)¹ et arrive au cône du Saut des Brocards (village des Evouettes). Cette localité joue un rôle considérable dans la question tant controversée du Tauredunum, un ancien château, détruit par l'éboulement de l'an 563 après Jésus-Christ². Nous ne pouvons pas nous occuper ici de la question elle-même ; nous nous bornerons seulement à constater que le cône des Evouettes porte des traces très nettes d'un éboulement qui, comme on l'admet, est venu par le couloir des Evouettes. L'impression que j'ai eue de l'examen du terrain est, que sur le cône primitif, formé par ce torrent, cône assez plat, s'étendant du Port de l'Abérieu jusqu'à Port-Valais, sont venus se loger plusieurs grands paquets éboulés (Evouettes d'amont, « grands Vignes »). Ces masses étrangères appartiennent à deux éboulements différents, comme l'admettent plusieurs auteurs pour les restes éboulés situés dans la plaine alluviale (Crébelley, etc.). Nous aurions donc sur le cône des Evouettes des fragments

¹ Voir A. Morlot *Notice sur l'éboulement du Berney*, Bull. de la soc. vauvoise des sciences naturelles, vol. iv. 1854, p. 37.

² V. la littérature sur l'éboulement de Tauredunum, dans F.-A. Forel, l. c., vol. III, p. 496 ; comp. aussi l'article de H. Schardt « *Tauredunum* » dans le *Dictionnaire géographique de la Suisse*, vol. v. p. 630.

suiuants. 1° Les emplacements : « La Bergotte », « Aux trois Cartes » et du village des Evouettes, « Proz Derrey », territoires aujourd'hui séparés, mais qui formaient jadis un cône unique assez considérable, 2° le gros paquet « Evouettes-amont—grands Vignes », formant par places une belle terrasse, ailleurs un rempart épais, tombant vers la plaine et vers le cône proprement dit par des pentes rapides ; ce paquet est évidemment un reste considérable de l'éboulement, qui a glissé comme une masse demi-fluide (il rappelle un paquet semblable, dû aussi à l'éboulement, sur le cône d'Yvorne, v. plus haut, p. 291). Enfin 3° deux paquets des deux côtés du paquet 2°, exhaussés par rapport à ce dernier. Ils semblent appartenir à un éboulement différent, probablement antérieur par rapport à l'éboulement (glissement) du paquet 2.

Notons encore la présence d'un cône récent, déposé par le torrent sur le cône primitif, après avoir traversé les paquets éboulés. Ce dernier détail — la formation d'un cône récent, postérieur à l'éboulement, — complète la ressemblance du cône des Evouettes avec celui d'Yvorne.— Plusieurs petits affleurements, examinés sur les paquets mentionnés, nous révèlent du matériel meuble avec des cailloux ou blocs peu ou pas arrondis.

§ 4

Problème de la genèse des cônes emboîtés et des terrasses dans la région St-Maurice-Le Lac.

Dans la description qui précède nous avons souligné ce phénomène et émis l'opinion que l'hypothèse qui pourrait le mieux expliquer le terrassement des cônes dans la partie inférieure de la plaine du Rhône — seraient les abaissements successifs du niveau de base, c'est-à-dire du lac

Léman. Il est utile d'envisager cette question importante un peu plus en détail. — D'après Russel ¹ on peut imaginer trois causes principales du phénomène des terrasses dans une vallée. Elles sont les suivantes : 1^o changements *normaux* dans une vallée fluviale dus aux processus successifs de la corrosion, formation d'une plaine alluviale et reexcavation ; 2^o changements climatiques, entraînant des variations de débit des rivières, ou amenant pendant un certain temps une accumulation excessive, suivie par une reexcavation ; 3^o changements du niveau de base, dus aux mouvements dans l'écorce terrestre ou aux oscillations du niveau de base (mer, lac) lui-même.

Dans notre cas, nous pouvons écarter d'emblée la seconde cause possible, les changements climatiques. En effet, sans vouloir nier la probabilité de ces changements dans les temps postglaciaires, dont il s'agit ici, il est cependant difficile d'admettre que le phénomène du terrassement, qui en résulterait, soit localisé uniquement dans la région considérée, et qu'il manquerait presque totalement dans la vallée moyenne du Rhône.

Quant à la formation des terrasses dans un cycle normal, ou des terrasses *normales* comme les appelle Russel ², elle peut être réalisée de manières différentes. L'auteur cité se représente, par exemple, que la rivière, en creusant son lit, et atteignant son cours d'équilibre près de l'embouchure, où elle forme une plaine d'alluvions, s'accommode d'abord seulement *approximativement* au niveau de base. « Cette excavation de la partie haute de la vallée combinée avec l'accumulation dans la partie inférieure s'arrête cependant quand les embranchements supérieurs de la rivière cessent de fournir au tronc principal l'excès de ce qu'elle peut charrier ou, ce qui est moins fréquent, quand

¹ J.-C. Russel. l. c., p. 154.

² L. c. p. 157.

le cours de la rivière se prolonge grâce à la formation d'un delta. Alors la rivière commence à creuser un chenal à travers la plaine d'alluvions, précédemment formée ». Le phénomène de terrassement prend naissance. — Si nous réfléchissons d'autre part, que la plaine d'alluvions d'une rivière n'est autre chose qu'un cône de déjections formé dans des conditions spéciales ¹, et si nous nous rappelons que chez un grand nombre de cônes nous avons constaté l'existence d'un lit encaissé dans la partie haute et la formation d'un cône récent superposé dans la partie inférieure ², — nous serons porté à croire que les causes analogues peuvent aussi produire l'encaissement du lit, et peut-être la formation des terrasses — dans une plaine alluviale. Dans cet ordre d'idées la région de la plaine d'alluvions entre St-Maurice et Aigle à peu près, région terrassée, correspondrait à la partie haute d'un cône de déjections avec le lit encaissé, et celle entre Aigle et le Lac, présenterait le cône récent superposé. Les cônes emboîtés de la région seraient formés grâce à l'abaissement des affluents correspondant à l'encaissement du Rhône. Seul le reste de cône terrassé de Vouvry serait dû à une cause tout à fait différente, à savoir l'abaissement du niveau du lac (v. plus bas).

Cependant l'application de la théorie des terrasses dites normales à la région considérée se heurte à une difficulté, celle que nous avons déjà indiquée en mentionnant la possibilité des changements climatiques, à savoir : pourquoi le terrassement commence justement aux environs de la cluse de St-Maurice, tandis que la plaine d'alluvions — le « cône de déjections » très aplati et étroit — monte beaucoup plus haut, jusqu'à Brigue ? Dans un cône de déjections normal l'encaissement apparaît au sommet du cône, jamais plus bas. — Mais ce n'est pas tout. Russel dans

¹ Voir par exemple Russel, l. c. page 109.

² Voir à ce sujet, aussi Russel l. c. page 105.

son ouvrage cité, de même Chamberlin et Salisbury¹, qui admettent eux aussi la possibilité de la formation des terrasses dans un cycle normal (normal flood-plain terraces), raisonnent d'une manière abstraite, ne donnant point des exemples concrets de telles terrasses. Les deux auteurs s'efforcent en outre de diminuer la portée de telles terrasses. Chamberlin et Salisbury écrivent : « Les terrasses, formées par l'activité normale d'une rivière, sont toujours basses et probablement elles ne sont jamais considérables (conspicuous)². Et Russell : «... ces processus de la formation des terrasses sont cependant lents, et les formes topographiques résultantes ont des chances d'être profondément modifiées ou même oblitérées par la dénudation subaérienne au fur et à mesure qu'elles naissent...³ » et plus loin : « la formation des terrasses pendant ce que nous avons nommé le développement normal d'un fleuve — c'est-à-dire sans que les changements du niveau soient intervenus et sans que les variations climatiques aient modifié son débit, sa vitesse et son matériel charrié — est un processus extrêmement lent, et il est probable, que les facteurs atmosphériques, dans la plupart des climats, détruiraient ces formes encore pendant leur formation. Ces raisons et encore d'autres, nous font croire que la presque totalité des terrasses sur les bords de vallées sont dus ou aux variations climatiques, qui entraînaient une déposition excessive dans les vallées, parvenues à l'état de maturité, suivie par une période d'érosion, — ou aux oscillations du sol⁴ ».

On pourrait enfin se représenter la formation des cônes emboîtés dans une plaine d'alluvions par des déplacements horizontaux du fleuve-maître sous l'influence des affluents, alternativement plus repoussants (Courset, Mauvoisin,

¹ Th. C. Chamberlin and R. D. Salisbury, *Geology*, I, p. 205.

² L. c. p. 208.

³ L. c. p. 158.

⁴ L. c. p. 166.

Avançon, Gryonne, Vièze) ¹. Cependant la présence d'une terrasse de 10-12., immédiatement en aval du défilé de St-Maurice, sur les deux rives de la vallée, si étroite ici, (« Sous-Vent », « Prairie » etc., v. plus haut pages 285 et 298 et plus bas page 309) semble être pour cette conception un obstacle insurmontable.

En résumé donc sans vouloir éliminer totalement dans notre cas la théorie des terrasses normales, nous la considérons cependant comme assez improbable.

Reste la troisième possibilité d'expliquer la genèse du terrassement en discussion, à savoir les changements du niveau de base. Ici encore nous pouvons écarter tout de suite plusieurs causes imaginables. A l'exemple du grand paysage des cônes emboîtés et des terrasses en amont du verrou de Niederwald-Fiesch, on pourrait peut-être expliquer les cônes emboîtés de St-Maurice et de Lavey par l'influence du verrou de St-Maurice; mais on comprendrait difficilement comment ce dernier aurait pu produire les cônes emboîtés et les terrasses en aval (Bex, Aigle).

D'autre part on ne saurait en faire responsable l'éboulement dit du Tauredunum dont les restes sont visibles sur la plaine d'alluvions entre Crébelley et Noville. Quand nous réfléchissons, quel terrassement relativement insignifiant, à en juger par les restes conservés, a été produit par le barrage dû à l'éboulement de Sierre (voir plus haut) incomparablement plus grand que celui de Tauredunum, on hésitera à attribuer à ce dernier le phénomène si net du terrassement dans la plaine d'alluvions St-Maurice-Aigle. Enfin l'hypothèse des mouvements tectoniques devrait être démontrée ailleurs et par d'autres effets pour pouvoir être présentée comme explication dans notre cas.

Par contre, il est prouvé, par des terrasses multiples sur les rives ² du Léman, que le niveau du lac était jadis à

¹ Comp. J. Stiny, l. c., p. 77-78.

² Voir, par exemple, F.-A. Forel, l. c., I, p. 177.

30 et à 10 m. au-dessus du niveau actuel. Il s'agit donc d'examiner si le terrassement en question ne pourrait pas être expliqué par ce phénomène indiscutable. Dans ce but, imaginons ce stade, quand le niveau du lac était de 30 m. plus haut, c'est-à-dire à 405 m. environ ; l'embouchure du Rhône se trouvait alors quelque part à l'amont. Survint l'abaissement de niveau de 20 m. ; il est naturel d'admettre que la structure du delta du niveau de 30 m. était la même que celle du delta actuel. Donc, on devra conclure, en examinant la topographie de ce dernier (v. la feuille de Bouveret, N 466), que cet abaissement sera suivi, grâce à son érosion régressive, par un encaissement du Rhône dans son delta et dans la plaine d'alluvions. En même temps, cependant, aura lieu la formation d'un nouveau delta inférieur à l'embouchure du Rhône, qui peu à peu s'avancera vers l'aval et vers l'amont. Grâce à ce dernier phénomène, l'encaissement du Rhône, en se propageant vers l'amont, en même temps ira en s'atténuant par le fait du comblement par le delta, qui s'avance vers l'amont à son tour. Si cet avancement du delta vers l'amont se fait plus vite que celui de l'érosion régressive, le delta et la plaine alluviale nouvelle pourront totalement ensevelir le delta ancien.

Donc, dans notre cas, il y a lieu de distinguer deux possibilités :

1° Le Rhône a réussi seulement à disséquer le delta du niveau de 405 m. pendant le stade du niveau de 385 m. et à construire un delta nouveau, qui n'est pas parvenu à ensevelir le delta ancien. Dans ce cas, nous devons avoir : *a)* dans la région de l'ancien delta, une terrasse inférieure à 20 m. (405-385), diminuant vers l'amont jusqu'à 0 m., avec des restes de cônes des affluents ; *b)* le reste de la pente raide de l'ancien delta ; *c)* dans la région ancienne du lac des restes des deltas des affluents avec les hauteurs augmentant vers l'embouchure jusqu'à 20 m.

2° Le Rhône a réussi à ensevelir sous la plaine d'allu-

vions récente l'ancien delta. Dans ce cas, la région de ce dernier ne nous montrerait rien. Uniquement dans la région ancienne du lac, il y aurait des chances de trouver des restes des anciens deltas des affluents.

Si nous ajoutons à l'abaissement de 20 m., celui — postérieur — de 10 m., il est facile de voir que quatre éventualités sont possibles :

- 1° les deux deltas (de 20 m. et de 10 m.) sont ensevelis ;
- 2° le delta supérieur est enseveli ; l'inférieur existe ;
- 3° le delta supérieur existe, l'inférieur est enseveli ;
- 4° les deux deltas existent.

Or, une circonstance nous permet d'exclure, dans notre cas, les deux premières possibilités. C'est l'existence d'une terrasse de 10 à 12 m. au-dessus du Rhône, située immédiatement en aval du défilé de St-Maurice (rive droite : Sous-Vent — La Prairie ; rive gauche — en amont de la localité « Les Paluds »). Cette terrasse tombe légèrement vers l'aval ; donc, indépendante d'un cône quelconque, elle ne peut être autre chose que le reste de la plaine d'alluvions ancienne du niveau dit de 405 m., puisque Sous-Vent est situé à 414 m. ; La Prairie — à 411 m.

Cette terrasse est séparée du cône de Bex par une dépression très bien marquée, une espèce de large vallée. Peut-être la rive d'amont de cette dépression est le front du delta du niveau de 405 m., partiellement enseveli. Il est concevable, du reste, que ce front se trouvait plus loin vers l'aval et qu'il a reculé vers l'amont grâce à l'érosion.

Le cône de Bex présente tout près, sur l'emplacement de la grande route et du chemin de fer (Cotterd-Les Mûriers), une particularité curieuse, à savoir : la partie haute du cône est nettement exhaussée par rapport à la partie basse. Ces parties sont même séparées, près de la localité de Cotterd, par un escarpement, qui se relie à l'escarpement longeant l'Avançon. On a l'impression que l'ancien delta de l'Avançon du niveau de 405 m. (la partie haute du cône

actuel) descendait ici dans le lac. Il se peut aussi que l'accroissement de ce delta, *encore pendant le niveau de 405 m.*, est représenté par la partie inférieure du cône actuel et a eu lieu, parce que le bras de l'Avançon a abandonné le vallon sec de Dévens¹ et a renforcé cette rivière. Comme conséquence, cette dernière s'est encaissée dans la partie haute du delta (Bévieux-Bex) et a formé, en avant du front de ce dernier, un delta « superposé » — la partie inférieure du cône actuel. Tout cela avait lieu encore pendant l'époque du niveau de 405 m., puisque cette partie inférieure correspond à ce niveau.

Sur la rive gauche, la terrasse de 10 à 12 m., occupe une surface beaucoup plus restreinte et elle n'est pas limitée par une pente raide de l'ancien delta, mais passe insensiblement à la plaine actuelle (« vers Delerse », l'emplacement du village de Massongex²).

Si donc l'existence actuelle des restes du delta du niveau de 405 m. est, comme nous venons de le voir, assez probable, la question est beaucoup plus difficile à résoudre pour le delta du niveau de 385 m. En effet, l'existence du niveau moyen, de 5 m., sur le cône de St-Maurice, de Bex et de la Gryonne, ne peut pas être envisagée comme un argument décisif pour la conservation de la plaine d'alluvions (et de delta) du niveau de 385 m. Il est possible que cette terrasse de 5 m. ne corresponde pas au niveau de 385, mais qu'elle est une terrasse secondaire, formée pendant

¹ V. plus haut p. 285.

² Beaucoup plus en aval, au pied de la colline de St-Triphon, nous constatons un escarpement dont la hauteur atteint jusqu'à 4 m. et qui limite le flanc droit du cône Ollon (emplacement : entre les localités Pottierlaz et Condemine, le long du chemin menant au village). Or, puisque cet escarpement se trouve au niveau de 405 m. environ, il est probable que c'est aussi un front d'un delta du niveau de 405 m., partiellement enseveli. Donc, pendant cette époque, la colline de St-Triphon était déjà une presqu'île, puisqu'elle était collée au versant montagneux par le cône d'Ollon.

l'encaissement probablement lent du Rhône dans le delta du niveau de 405 m. et pendant l'époque du niveau de 385 m.¹).

D'autre part l'existence réelle des restes du delta du niveau de 385 m. est assez problématique. En examinant les feuilles de Bex (n° 476) et d'Aigle (n° 475) de l'Atlas Siegfried on a l'impression que l'allure de la courbe de niveau de 390 m. (près de Muraz et Collombey-le-Grand) indique vaguement cette limite. Le front du delta aurait dû se trouver probablement plus en aval (environs d'Aigle), mais aurait reculé vers l'amont grâce à l'érosion. Les marécages « Isles des Peupliers » et « Grandes Isles » — « Bras de la Serpent » correspondraient dans ce cas à la plaine actuelle (de même que le cône récent de la Gryonne), tandis que le niveau de 385 m. serait bien représenté seulement par la terrasse « Commun des Placettes » du cône de la Gryonne.

Si donc les faits existant ne nous permettent pas de trancher la question de l'ensevelissement du delta et de la plaine d'alluvions du niveau de 385 m., — il est en tout cas probable² que l'existence de la terrasse de 5 m. est due elle aussi à l'abaissement du niveau du lac.

En amont de St-Maurice les deux niveaux, de 405 m. et de 385 m., disparaissent dans les rapides du Bois Noir, en se confondant avec l'encaissement du Rhône, produit par ce dernier cône.

Ainsi nous voyons que les niveaux de 5 m. et de 7 à

¹ Voir les détails sur la formation de telles terrasses secondaires, qui ne correspondent pas aux niveaux déterminés de la base, dans W. M. Davis : *River terraces in New England* (Geographical Essays), p. 524) : « ... White it is thus made very probable that the erosion of valley drift is determined by the unequal elevation of New England in postglacial time, it does not follow that individual terraces are in any close way related to this movement. Several cases must be here distinguished... »

² Nous disons « probable », puisque l'explication de cette terrasse par des déplacements horizontaux du Rhône (voir texte p. 305) n'est pas aussi inadmissible qu'une telle explication pour la terrasse de 10 à 12 m.

8 m. (resp. de 10 à 12 m.), constatés par nous dans la vallée inférieure du Rhône, peuvent être expliqués au mieux comme dus aux abaissements successifs du niveau du lac.

Cependant cette théorie n'explique pas un certain nombre des faits. Ainsi on ne comprend pas facilement que le cône de Monthey montre très peu le phénomène d'emboîtement, tandis que ses vis-à-vis, les cônes de Bex et de la Gryonne sont des cônes très nettement complexes-emboîtés. On serait porté à croire que les forces repoussantes de l'Avançon et de la Gryonne ont réussi à détruire les terrasses en question du cône de Monthey, — hypothèse avec laquelle se rallient les modestes dimensions de la terrasse de 10 à 12 m. sur la rive gauche en comparaison avec celle sur la rive droite. — Les ondulations du cône de Monthey (de même que partiellement celles du cône d'Aigle) seraient dues simplement aux alluvions superposées des bras des torrents de ces cônes ou aux légers déplacements horizontaux du Rhône.

Une autre particularité intéressante, qui mériterait une étude spéciale, c'est l'absence presque totale des anciens deltas des affluents de l'ancien lac en aval du cône de la Gryonne. Les deux exceptions existantes sont : 1° le cône d'Aigle, où l'escarpement assez bien conservé de Pré-de-Mars peut être considéré comme limitant le reste du delta du niveau de 385 m., mais où n'existent pas de traces du delta du niveau de 405 m. 2° le cône de Vouvry avec un beau reste du delta, probablement du niveau de 405 m. — Par contre les cônes d'Yvorne, de Roche sur la rive droite; ceux de Muraz, Vionnaz et quelques autres sur la rive gauche — ne présentent presque pas le phénomène des terrasses. Il faut admettre par conséquent que les deltas des affluents ont été détruits avec une facilité extraordinaire.

Ainsi donc la longue analyse que nous venons de faire

nous permet de conclure que, bien que les abaissements successifs du niveau du lac expliquent d'une manière relativement la plus satisfaisante le phénomène des terrasses et des cônes emboîtés dans la vallée inférieure du Rhône, — il reste néanmoins quelques points obscurs.

§ 5.

Comparaison des deux versants.

Quant au nombre des cônes, nous constatons dans la partie inférieure de la vallée du Rhône le même phénomène que partout ailleurs, à savoir : le nombre des cônes est plus grand sur le versant gauche (24) que sur le versant droit (19).

Par contre, la pente moyenne des cônes qui, surtout dans la section Saltine-Drance, est régulièrement beaucoup plus grande sur le versant gauche, y est dans la partie inférieure nettement plus petite, de $12^{\circ}49'$, que celle des cônes du versant droit, de $13^{\circ}38'$.

Et cela est compréhensible, puisque presque tous les facteurs que nous avons rendus responsables de la différence positive, si constante, entre la pente moyenne des cônes du versant gauche et celle des cônes du versant droit dans la vallée moyenne du Rhône (v. plus haut), deviennent totalement différents dans la vallée inférieure : différences pétrographiques, inclinaison des couches. Seule la quantité des précipitations y est aussi probablement plus grande sur le versant droit que sur le versant gauche.

Résumé.

Après avoir terminé la description du phénomène des cônes de déjections dans la vallée du Rhône, arrêtons-nous encore un peu sur les traits généraux que présente ici ce phénomène.

Grâce probablement aux conditions climatiques, les torrents affluents dans la vallée du Rhône, n'alimentent pas, il est vrai, leurs cônes avec une telle énergie révolutionnaire que c'est le cas dans les autres régions des Alpes (Alpes du Sud, Alpes françaises). Néanmoins, à part un certain nombre de cônes éteints (ainsi que leurs vallons), *la plus grande partie des cônes se trouvent dans un état d'accroissement*, comme nous l'avons indiqué dans la description. Du reste c'est un phénomène qu'on devrait prévoir d'avance, puisque le bassin du Rhône se trouve évidemment dans un état d'ablation, et les produits de cette ablation viennent provisoirement s'emmagasiner — entre autres — dans les cônes de déjections. Cependant il serait erroné de conclure de ces apports continuels aux cônes, que *le volume total des cônes de déjections* dans la vallée du Rhône augmente. En effet, nous ne savons pas, ni si ces apports sont supérieurs ou inférieurs aux masses entraînées continuellement par le fleuve-maître, ni si la plaine d'alluvions de ce dernier s'exhausse plus ou moins rapidement que les cônes. Nous ne pouvons donc pas répondre à la question si le volume total des cônes de déjections dans la vallée du Rhône tend actuellement à augmenter ou à diminuer ¹.

Quoi qu'il en soit, les apports, en s'additionnant aux cônes de déjections, donnent à ces derniers des formes différentes en relation avec l'état de la vallée principale elle-même dans un tronçon donné. Ainsi, si la *vallée s'exhausse* par le dépôt de ses alluvions propres, si donc le niveau de base du torrent affluent monte, les apports aux

¹ Voilà ce qu'écrit Heim (*Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss, Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs XIV, 1879,* » p. 374), en parlant de la même question dans le bassin de la Reuss : « ... Die Schutthalden u. Schuttkegel im Sammelgebiet (... der Reuss) vergrössern sich im Allgemeinen nicht anhaltend, sondern ihre Vergrösserung ist durch die Bäche u. Flüsse, die an ihrem Fusse vorbeireissen, beschränkt und wechselt mit Verkleinerung ab ».

cônes auront une forme plus ou moins nette de *cônes superposés* sur les cônes principaux. En même temps, il arrive très souvent que le torrent s'encaisse assez profondément dans la partie haute du cône (nous en avons donné plus haut les causes possibles). Si, par contre, *le Rhône n'alluvionne pas, mais s'encaisse dans son lit* — donc le niveau de base s'abaisse, — les produits de l'ablation, apportés par les torrents affluents, deviennent des *cônes emboîtés* dans les cônes anciens, qui sont ordinairement *tronqués* par le fleuve-maître. La physionomie de ce phénomène d'emboîtement dépendra à son tour du caractère des cônes (et des torrents eux-mêmes), de la vitesse de l'abaissement du niveau de base et des autres facteurs.

Presque toutes les parties de la vallée du Rhône appartiennent à une plaine d'alluvions qui s'exhausse énergiquement¹; ces parties sont : la vallée de Conches supérieure dans la section haute, toute la section moyenne (à l'exclusion du tronçon Dala-Liène), enfin le tronçon supérieur de la section inférieure. Ce sont les emplacements du phénomène des « cônes superposés ». Par contre, les tronçons suivants présentent le phénomène des « cônes emboîtés », dans ses variations différentes : toute la section haute (à exclusion de la vallée de Conches supérieure), le tronçon Dala-Liène de la section moyenne, enfin le tronçon inférieur de la section inférieure. Ce dernier présente encore la particularité que les cônes emboîtés s'y sont formés grâce à l'abaissement du niveau du lac, perturbé par un alluvionnement incessant de la plaine. En outre, le phénomène des cônes emboîtés y est différent de celui de la vallée de Conches, parce que les cônes eux-mêmes sont beaucoup plus grands et aplatis à cause des dimensions

¹ Culmann, l. c. p. 398 dit : « Nous avons rarement vu de cours d'eau ayant une aussi grande puissance d'atterrissement que le Rhône à l'amont du lac Léman. »

beaucoup plus considérables de leurs bassins d'alimentation.

Le nombre total des cônes de déjections dans la vallée du Rhône (sans compter les cônes « adventifs ») est de **295**. La densité moyenne des cônes est *presque de deux cônes sur 1 km. (exactement 1,99 cônes)*. Ces 295 cônes sont répartis d'une manière fort inégale sur les deux versants. Le versant droit possède 124 cônes, tandis que le versant gauche en a 171. C'est surtout la prédominance des roches imperméables sur le versant gauche, comme nous l'avons indiqué plus haut, qui en est très probablement responsable ¹. La densité des cônes diminue nettement vers l'aval. Elle est de 3,1 dans la section haute, de 1,7 dans la moyenne, de 1,2 dans la section inférieure. Nous croyons que la raison principale de ce phénomène consiste en ce que le réseau hydrographique du bassin du Rhône par rapport à l'époque glaciaire est évidemment d'autant plus jeune qu'il se rapproche vers l'amont. Or l'évolution du réseau hydrographique entraîne une diminution des cours d'eau, par conséquent aussi des cônes. En outre les cônes éteints, non alimentés par les cours d'eau éteints, ont une chance plus grande d'être ensevelis sous la plaine d'alluvions ².

¹ Cependant cette cause n'est pas unique, puisque nous avons constaté un nombre plus grand de cônes sur le versant gauche dans la partie haute (64 et 49), et dans la partie basse de la vallée (24 et 19). En outre il se peut que la superficie du bassin du Rhône, beaucoup plus grande sur le versant gauche, favorise, elle aussi, la densité du réseau hydrographique sur ce versant et, par conséquent, la fréquence plus grande des cônes.

A. Heim. *Das Säntisgebirge* (Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, XVI Lieferung), Berne 1905, en parlant des cônes de déjections et des alluvions de la région de Säntis, s'exprime ainsi (p. 294) : « Diese Armut an Wildbachschuttkegeln und Bachanschwemmungen überhaupt entspricht eben dem Wesen eines Gebirges aus vorherrschend leicht durchlässigen Gestein. »

² Voir aussi le texte p. 225-226. — T.-C. Chamberlin et R.-D. Salisbury, l. c., vol. I, p. 101, écrivent : « At an early stage of its erosion history the number of small valleys in a given area is often great, while at a later stage the number is less and the size of the survivors greater. »

Nous avons parlé plus haut des cônes « emboîtés » et « superposés » et avons essayé d'expliquer leur genèse. Une autre classification, basée surtout sur *la pente*, est facile à établir. Viennent d'abord les cônes très plats, non seulement en profil longitudinal, jusqu'à 2° environ, mais aussi dans le sens transversal. Ce sont les cônes de déjections des grandes rivières affluentes. Exemple : Gerenwasser, Eginenbach (vallée de Conches); Borgne, Gampel, Tourtemagne, St-Léonard, Saltine, Baltschieder, Morge, Lizerne, Drance (section moyenne); Vièze, Grande-Eau (section inférieure). Ce sont les *alluvial fans* des auteurs anglais et américains ¹. Leurs dimensions sont en général considérables.

Le second groupe forme les cônes avec une pente déjà plus élevée (2°-10°), les cônes de déjections typiques, alimentés par les torrents-rivières moyennes, mais *en général permanentes*. Leur nombre est le plus grand dans la vallée du Rhône. Les dimensions de ces cônes varient beaucoup; leur forme caractéristique est cependant toujours bien accentuée. Ce sont les *alluvial cones* ². Exemples : Oberbach, Mühlebach, Reckingerbach (vallée de Conches); Gamsen, Illgraben, Sionne, Réchy, Riddes, Losenze, Merdassonnets, Grône, Ecône (section moyenne); Mauvoisin, Courset, Bois-Noir, Gryonne, Croisette, Muraz, Vionnaz (section inférieure).

Au troisième groupe appartiennent les cônes en général petits, avec une pente assez élevée, davantage que 10°. Ce sont des cônes ou tout à fait éteints, ou alimentés par les torrents temporaires. Ils ne sont pas si réguliers que les cônes de deux premiers groupes. Nous en trouvons des exemples nombreux, surtout dans la vallée de Conches. Comme sous-groupe on y pourrait ranger les grands cônes

¹ Voir, par exemple, T.-C. Chamberlin et R.-D. Salisbury, l. c., vol. I, p. 484

² Voir Chamberlin et Salisbury, l. c., I, p. 484.

éteints, pourtant si réguliers, des « Felder » (vallée de Conches); de même les cônes autour d'Aernen et ceux de Lax.

Enfin le quatrième groupe est formé par les cônes assez nombreux que nous avons nommés « les grands cônes de dévaloir ». Grands en général, de pente élevée, ils contrastent singulièrement avec leurs bassins d'alimentation relativement restreints. Ils sont passablement réguliers, leurs torrents-dévaloirs sont ordinairement temporaires. Le mode de formation de ces cônes est probablement complexe. Voici quelques exemples : Haselgraben, Aeusserer Holzgraben, Ob. Riti, Briannen, Agarn, Salquenen, Chalais, Epeney, Charrat, Boursaz, Platrières, Ollon (partiellement).

La pente moyenne des tous les cônes (295) est de $11^{\circ}31'$. Le plus grand nombre (24 ; 8,3%) des cônes possède une pente de 9° à 10° . Quant au nombre des cônes avec des pentes diverses, notons que 24,5 % des cônes possèdent une pente de 0° à 6° , 41 % (*maximum*) celle de 7° à 13° , 25,2% celle de 14° à 20° , enfin 9,8 % des cônes possèdent une pente entre 21° et 33° ¹.

D'après les données dans les chapitres descriptifs il n'est pas étonnant que la pente moyenne des cônes sur le versant droit, de $9^{\circ}58'$, soit nettement plus petite que celle sur

¹ Voir en outre la fig. 5 et les chiffres détaillés de la page 328.

— J. Stiny, l. c., p. 66 donne les détails suivants, concernant les pentes des cônes de déjections : « Der Neigungswinkel der Schwemmkegel bewegt sich nach Heim zwischen 3° und 30° (gewöhnlich 5° - 10°). Richthofen gibt 30° als oberen Grenzwert an, ebenso Hochstetter, der aber die untere Grenze mit 10° viel zu hoch angibt. Bargmann hat für das Gletschergebiet einen Mittelwert von 12° - 15° gefunden. Umlauf bemerkt sehr richtig, dass die Böschungen zwischen $0,2^{\circ}$ und 10° - 20° schwanken, aber auch 33° erreichen können; vertrauenswürdig sind auch die Angaben von Elie de Beaumont der 5° (wohl nicht das Minimum!) bis 10° als häufige Werke, 35° als Höchwert erklärt.

E. de Martonne. *Traité de Géographie physique*, p. 428, écrit : « Quand la rivière affluente est un véritable torrent, le cône de déjections peut avoir une pente variante de 5° à 15° . »

le versant gauche, de $12^{\circ}37'$. C'est principalement une raison d'ordre purement arithmétique qui en est responsable.

Vu la surface beaucoup plus grande du versant gauche ($2935,6 \text{ km}^2$ contre $1178,3 \text{ km}^2$), on doit, il est vrai, conclure que la quantité *totale* des précipitations qui tombe sur ce versant est sensiblement plus grande que celle du versant droit. Cependant la comparaison de la superficie occupée par les principaux affluents de deux versants montre que de ce surplus si considérable du versant gauche profitent essentiellement les grandes rivières affluentes.

En effet, cette particularité trouve son expression dans les pentes de cônes : sur le versant gauche il y a sept cônes avec une pente entre 0° et 1° , tandis que sur le versant droit il n'y en a que 3 (cf. l'Annexe et la Fig. 5).

D'autre part, la tendance à l'évaporation plus considérable sur le versant droit, ensoleillé, est neutralisée par une tendance contraire, à savoir que le facteur d'écoulement est plus grand sur les roches perméables que sur les roches imperméables ¹.

Nous pouvons donc conclure que la même quantité de précipitations, ou même une plus petite, répartie sur un nombre de torrents beaucoup plus grands (171 au lieu de 124) fournit à chacun un débit relativement plus modeste,

¹ Penck et Ruvarac. *Die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen*, Geographische Abhandlungen, V, 1896, p. 478 : Für die Wasserführung eines Stromes spielt die Bodenbeschaffenheit seines Gebiets insofern eine Rolle, als sie eine Sonderung der rasch verdunstenden Oberflächenwässer von den langsam verdunstenden Grundwassern bewirkt. Je mehr ein Fluss durch Grundwasser gespeist wird, je ausgedehnter *durchlässige* Gesteine in seinem Gebiete herrschen, desto weniger kommt die kräftige Oberflächen-, desto mehr die schwache Tiefenverdunstung zur Geltung, desto grösser seine Wasserführung in Bezug auf den Niederschlag. Man hat daher anzunehmen, dass für *vorwiegend impermeable Flussgebiete der Abflussfactor kleiner ist als für vorzugsweise permeable...*

et les torrents moins volumineux forment des cônes avec une pente plus raide ¹.

Cette différence entre les cônes des deux versants ressortira encore mieux, si nous groupons les cônes avec des pentes diverses sur les deux versants séparément. Les résultats sont les suivants :

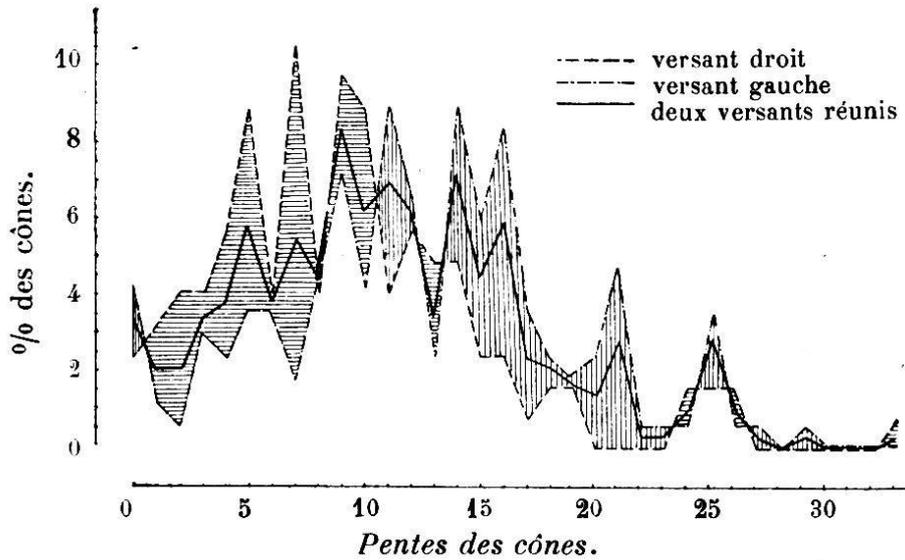


Fig. V. — Les traits horizontaux montrent sur le versant droit la prédominance des cônes avec une pente douce, les traits verticaux — sur le versant gauche — la prédominance des cônes avec une pente raide.

	Pentes de 1° à 6°	7° à 13°	14° à 20°	21° à 33°
Versant gauche..	18,6%	36,0	33,6	12,0
Versant droit....	32,6%	48,1	13,7	5,6

Les différences profondes sautent aux yeux.

Sur le versant droit prépondérance des cônes avec des pentes douces, sur le versant gauche — une forte proportion de cônes avec des pentes élevées.

Puis, tandis que les cônes les plus fréquents (13 et 12) sur le versant droit sont ceux avec une pente de 7° et 9°,

¹ Notre résultat semble être en contradiction avec l'avis de E. de Martonne, que « dans les régions schisteuses les cônes sont en général surbaissés...; dans les régions calcaires ils sont généralement en pente plus forte et formés de matériaux plus grossiers » (*Traité de géographie physique*, p. 429). Mais la contradiction n'est qu'apparente, puisque l'auteur compare évidemment les cônes dont les torrents ont un débit à peu près le même, tandis que chez nous les torrents du versant droit (région surtout calcaire) ont, selon toute probabilité, un débit moyen supérieur à ceux du versant gauche (région surtout schisteuse).

sur le versant gauche les plus fréquents sont ceux avec une pente de 11° et de 14° (15 et 15 cônes).

Soulignons enfin, que même la *pente moyenne réduite*¹ des cônes du versant gauche est encore supérieure ($10^\circ 12'$) à celle des cônes du versant droit ($9^\circ 37'$).

Je ne puis terminer ce travail sans exprimer toute ma reconnaissance à mon maître estimé, M. Maurice Lugeon, qui a bien voulu me proposer le sujet de cette étude et guider son exécution avec sa patience accoutumée.

Je tiens aussi à remercier chaleureusement M. le Dr E. Argand de l'Institut géologique de Lausanne, pour ses nombreux et précieux conseils, ainsi que mes collègues du même laboratoire.

ANNEXE

Résumé de la pente des cônes.

I. PARTIE SUPÉRIEURE

(Längisbach-Saltine)

TRONÇON A. LÆNGISBACH-MÜNSTER

Nombre des cônes total = **51** (sans les cônes « adventifs »).

Densité des cônes = 5,4 cônes sur 1 km. (longueur du tronçon = 9,5 km.).

Pente moyenne des cônes = **$13^\circ 26'$** .

Nombre des cônes : sur le versant droit = **21**, sur le versant gauche = **30**.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = **$12^\circ 27'$** ; sur le versant gauche = **$14^\circ 5'$** , (réduite) = **$11^\circ 37'$** .

¹ Voir plus haut, p. 258.

PENTES DES CÔNES ¹

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Rätterisbach	14°34'	1. Längisbach	14°34'
2. <i>l</i> du mot « Oberwald »	19°17'	2. Gerenwasser	1°44' (c)
3. <i>B</i> du mot « Bannwald »	18°	3. Kessigraben	12°24'
4. Jostbach	17°45'	4. Kehrwald sup.	19°17'
5. Altstaffel	14°02'	5. Kehrwald inf.	19°17'
6. Siten supérieur	14°02'	6. <i>w</i> du mot « Kehrwald »	15°39'
7. Siten inférieur	14°02'	7. <i>hr</i> » »	15°07'
8. Mühlebach	10°29'	8. <i>r</i> » « Kehr »	15°07'
9. Mangel moyen	11°19'	9. Kherbach	11°52'
10. Mangel inférieur	?	10. <i>W</i> du mot « Wald »	15°39'
11. « Bei den Kreuzen »	5°43'	11. Pont Obergestelen sup.	14°02'
12. Wiler supérieur	11°52'	12. Pont Obergestelen inf.	8°32'
13. Wiler inférieur	11°19'	13. <i>O</i> du m. « Obergesteten »	17°13'
14. Oberbach	8°49'	14. <i>l</i> du mot Fraumahl »	17°13'
15. Ebneten	10°45'	15. Eginenbach	0°44' (c)
16. Ulrichen sup.	10°12'	16. <i>i</i> du mot Wichelwald	16°10'
17. Ulrichen inf.	15°07'	17. <i>W</i> » »	20°48'
18. Wadbühl	13°30'	18. Lingenbach	9°56'
19. Niedertal	9°05'	19. Kirchbach	9°56'
20. Trütztal	7°58'	20. <i>w</i> du mot « Breitwald »	14°02'
21. Münsterfeld	11°19'	21. <i>t</i> » »	12°57'
		22. <i>i</i> » »	16°42'
		23. <i>di</i> » « Magadin »	20°48'
		24. <i>ga</i> » »	13°30'
		25. <i>a</i> » »	14°02'
		26. Moosmattenbächi	10°29'
		27. Mererenbach	8°32'
		28. <i>f</i> du mot « Anf »	25°10'
		29. <i>A</i> » »	17°45'
		30. Im Schlapf	13°30'

TRONÇON B. MÜNSTER-NIEDERWALD

Nombre des cônes total = 24.

Densité des cônes = 2,9 cônes sur 1 km. (longueur du tronçon = 8,4 km.).

¹ Les pentes de la plus grande partie des cônes ont été mesurées avec un clinomètre à double prisme, en général de bas en haut, et les données en centièmes de l'instrument ont été recalculées en degrés. — Les pentes des cônes relativement peu nombreux (cônes très étendus, couverts par la végétation, habitations) ont été mesurées directement sur les feuilles de l'Atlas Siegfried ; nous les indiquerons par la lettre *c*.

— Les noms des cônes dont les noms des torrents ne sont pas connus ont été choisis d'après les mots ou les lettres des mots qui se trouvent tout près de leur emplacement dans les feuilles de l'Atlas Siegfried.

Pente moyenne des cônes = $12^{\circ}21'$.

Nombre des cônes sur le versant droit = 10 ; sur le versant gauche = 14.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = $10^{\circ}47'$; sur le versant gauche = $13^{\circ}27'$, (réduite) = $11^{\circ}55'$.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Münsterbach	3°31'	1. Ebneten supérieur	17°45'
2. « Auf der Gifi »	14°34'	2. Ebneten moyen	14°34'
3. Gluringerfeld	12°08'	3. Ebneten inférieur	12°24'
4. Reckingerbach	6°51'	4. Hohbach	8°3'
5. Ritzingerfeld	12°08'	5. Blindenbach	3°43'
6. Biel	12°24'	6. Urschgen	12°54'
7. Wallibach	11°19'	7. « 130 » (ancien)	13°30'
8. Hilpersbach	8°32'	« 130 » (récent)	10°45'
9. Wilerbach	11°19'	8. Mannliboden	18°
10. Niederwald	15°07'	9. Ritzibach	9°22'
		10. Bordstafel	16°42'
		11. Spiessbach	12°24'
		12. Ebneten	16°10'
		13. Salzgebi	16°10'
		14. Halten	16°42'

TRONÇON C. NIEDERWALD-TEISCH

Nombre des cônes total = 15.

Densité des cônes = 1,7 cônes sur 1 km. (longueur du tronçon = 9 km.).

Pente moyenne des cônes = $12^{\circ}19'$.

Nombre des cônes sur le versant droit = 5 ; sur le versant gauche = 10.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = $11^{\circ}28'$; sur le versant gauche = $12^{\circ}44'$, (réduite) = $10^{\circ}20'$.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Lauweli	10°26' (c)	1. Bettelbach	3° (c)
2. Oberbord	12°57'	2. Boden	9°5'
3. Kühboden	12°24'	3. Rufibach	11°2'
4. Lax supérieur	9°39'	4. <i>in</i> (mot « Steinhaus »)	14°2'
5. Lax inférieur	11°52'	5. Lauibach supérieur	11°52'
		6. Lauibach inférieur	16°10'
		7. <i>nen</i> (mot « Aernen »)	15°7'
		8. Aernen supérieur	19°17'
		9. Aernen inférieur	15°7'
		10. Lauwigraben	12°41'

TRONÇON D. TEISCH-SALTINE

Nombre total des cônes = 23.

Densité des cônes = 2,3 cônes sur 1 km. (longueur du tronçon = 10,2 km.).

Pente moyenne des cônes = 12°19'.

Nombre des cônes sur le versant droit = 13; sur le versant gauche = 10.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = 11°57', (réduite) = 7°21'; sur le versant gauche = 13°9'.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Martisberg	18°16'	1. Mühlebach	?
2. Filet supérieur	12°24'	2. Bettligraben	?
3. Filet inférieur	9°39'	3. Gifrischgraben	?
4. Tiefenbach	9°39'	4. Pfewi	18°16'
5. Mühle sup.	14°02'	5. Tunnetschgraben	?
6. Mühle inf.	9°5'	6. Thermen I	22°18'
7. Dorfgraben (récent)	7°08'5	7. » II	15°07'
» (ancien)	5°43' (c)	8. » III	11°52'
8. Bildernen sup.	24°14'	9. » IV	9°5'
9. Bildernen inf.	16°42'	10. Saltine	2°16' (c)
10. Ebnet	14°34'		
11. Bietsch (récent)	10°12'		
» (ancien)	7°12'		
12. Weingarten	3°43'		
13. Kelchbach	4°17'		

Nombre total des cônes dans la partie haute = 113.

Densité des cônes dans la partie haute = 3.0 cônes sur 1 km. (longueur de la partie haute 37.1 km.).

Pente moyenne des cônes = 12°51'.

Nombre des cônes sur le versant droit = 49; sur le versant gauche = 64.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit 11°52'; sur le versant gauche = 13°37'.

Pente moyenne réduite sur le versant droit (41 cônes) = 11°12'; sur le versant gauche réduite (41 cônes) = 11°45'.

II. PARTIE MOYENNE

(Saltine-Drance)

TRONÇON A. SALTINE-DALA

Nombre des cônes total = 49.

Densité des cônes = 1,8 cônes sur 1 km. (longueur du tronçon = 27,4 km.).

Pente moyenne des cônes = 10°48'.

Nombre des cônes sur le versant droit = 19; sur le versant gauche = 30.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = 8°8'; sur le versant gauche = 12°30' (réduite) = 8°46'.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Gredetsch	7°58'	1. Haselgraben	11°52'
2. Baltschieder	4°13' (c)	2. Aeuss. Holzgraben	9°5'
3. Lauigraben	8°32'	3. Plegenwald I	16°42'
4. Mahnkinn	7°24'	4. » II	12°24'
5. Bietschbach	2°52'	5. » III	10°45'
6. Ijollibach	4°	6. Nanzertal	10°40' (c)
7. Liden	10°45'	7. Ob. Riti	21°48' (c)
8. Lugjen sup.	9°5'	8. Eiholz supérieur	16°10'
9. Lugjen inf.	10°12'	9. Eiholz inférieur	11°19'
10. Hohtenn	7°58'	10. Furrentschuggen	25°10'
11. Lötschental	3°43'	11. Viège	0°26' (c)
12. Jeizeberg	11°19'	12. t du m. « Rittergut »	19°17'
13. Enggerschwasser	4°34'	13. R » »	11°19'
14. Cône-miniature	14°2'	14. Goller	14°51'
15. Bratsch	8°32'	15 p. 644	11°52'
16. 6 de « 636 »	7°24'	16. Laubbach	4°34'
17. 6 de « 636 »	25°10'	17. Mühlebach	3°9'
18. Fesehelbach	4°34'	18. Kreuzstadel	3°26'
19. Wiler	5°9'	19. Lunggi	16°42'
		20. Schnidrigen sup.	25°10'
		21. » inf.	14°34'
		22. Lunggi inf.	24°14'
		23. Tennen	6°51'
		24. Tourtemagne	0°43' (c)
		25. Cône frais	14°2'
		26. t du mot « Halten »	10°12'
		27. Mühlacker sup.	11°52'
		28. » inf.	14°2'
		29. Agarn	9°39'
		30. Briannen	12°24'

TRONÇON B. DALA-LIÈNE

Nombre des cônes total = 37.

Densité des cônes = 2,0 cônes sur 1 km. (longueur du tronçon = 18,1 km.).

Pente moyenne des cônes = 7°49'.

Nombre des cônes sur le versant droit = 16; sur le versant gauche = 21.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = 5°27.5'; sur le versant gauche = 9°37', (réduite) = 7°55'.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Gulantschi	7°58'	1. Finges	6°43' (c)
2. Salquenen	8°49'	2. Navigenze	1°31' (c)
3. Planigy	7°58'	3. « 643 » sup.	9°5'
4. Raspille	2°17'	4. « 643 » inf.	8°32'
5. Sinièse	1°53' (c)	5. <i>is</i> (mot « Chalais »)	10°45'
6. Darnona	3°26' (c)	6. Chalais	6°17'
7. Villa	3°26'	7. » I	11°35'
8. Loc	4°52'	8. » III	12°24'
9. Torrent	5°9'	9. Réchy	4°34'
10. Corin sup.	7°58'	10. y Travers I	9°56'
11. » inf.	6°17'	11. » II	10°45'
12. Olon sup.	6°17'	12. » III	13°13'
13. » inf.	7°58'	13. Merdassonnet sup.	8°49'
14. Rayes	5°43'	14. » inf.	8°15'
15. Lens	6°17'	15. <i>r</i> (mot « la Crête »)	12°41'
16. Liène	1°2' (c)	16. Merdasson sup.	12°57'
		17. » inf.	9°56'
		18. Dérochiaz	6°51'
		19. Platrière	20°48'
		20. Bourlaz	15°39'
		21. Borgne	0°48' (c)

TRONÇON C. LIÈNE-DRANCE

Nombre des cônes total = 53.

Densité des cônes = 1,7 sur 1 km. (longueur du tronçon = 30,5 km.).

Pente moyenne des cônes = 11°33'.

Nombre des cônes sur le versant droit = 21, sur le versant gauche = 32.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = $7^{\circ}22'$;
sur le versant gauche = $14^{\circ}16'$, (réduite) = $10^{\circ}33'$.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit (dans le
domaine du calcaire) = $4^{\circ}47'$.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit (dans le
domaine des schistes cristallins) = $12^{\circ}40'$.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Sionne	$2^{\circ}18'$ (c)	1. Mine d'anthracite	$11^{\circ}19'$
2. Morge	$0^{\circ}55'$ (c)	2. Cleivaz	$9^{\circ}5'$
3. Conthey	$5^{\circ}43'$	3. Tyollaz sup.	$11^{\circ}19'$
4. Vétroz I	$5^{\circ}9'$	4. » inf.	$11^{\circ}19'$
5. » II	$5^{\circ}9'$	5. Baar I	$26^{\circ}34'$
6. » III	$5^{\circ}9'$	6. » II	$21^{\circ}48'$
7. Séri	$7^{\circ}58'$	7. » III	$21^{\circ}18'$
8. Magnot sup.	4°	8. » IV	$16^{\circ}42'$
9. » inf.	$8^{\circ}32'$	9. » V	$9^{\circ}39'$
10. Lizerne	$0^{\circ}46'$ (c)	10. Printze	$3^{\circ}26'$
11. Losenze	$5^{\circ}2'$ (c)	11. Jares	$14^{\circ}34'$
12. Leytron	$7^{\circ}58'$	12. Bieudron	$14^{\circ}2'$
13. Produit	$5^{\circ}26'$	13. Tommoz	$5^{\circ}9'$
14. Salenze	$2^{\circ}52'$ (clis., c)	14. Epeneys	$17^{\circ}45'$
15. Sauge	$13^{\circ}30'$	15. Faraz	$4^{\circ}17'$
16. Mazembroz	$9^{\circ}5'$	16. Becca I	$19^{\circ}17'$
17. Saxey	$14^{\circ}2'$	17. » II	$16^{\circ}10'$
18. Chataignier	$13^{\circ}46'$	18. » III	$15^{\circ}23'$
19. Fully sup.	$10^{\circ}12'$	19. Ecône	$6^{\circ}51'$
20. » inf.	$12^{\circ}24'$	20. Saxonnet	$8^{\circ}32'$
21. Branson	$15^{\circ}39'$	21. Vellaz	$7^{\circ}8'5$
		22. la Chapelle	$20^{\circ}18'$
		23. Chêne sup.	$16^{\circ}10'$
		24. » inf.	$17^{\circ}13'$
		25. Botzia sup.	$11^{\circ}52'$
		26. » inf.	$11^{\circ}19'$
		27. Tétaz II	$25^{\circ}10'$
		28. » III	$16^{\circ}42'$
		29. » IV	$21^{\circ}48'$
		30. »	$21^{\circ}48'$
		31. Guercet	$21^{\circ}48'$
		32. Drance	$0^{\circ}35'$ (c)

Nombre total des cônes dans la partie moyenne = **139**.

Densité des cônes = **1,8** cônes sur 1 km. (longueur de
la section = 76 km.).

Pente moyenne des cônes = $10^{\circ}18'$.

Nombre des cônes sur le versant droit = **56** ; sur le versant gauche = **83**.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = **7°6** ; sur le versant gauche = **12°18'** (réduite) **9°12'**.

III. PARTIE INFÉRIEURE

(Drance-Léman)

Nombre des cônes total = **43**.

Densité des cônes = **1,2** cône sur 1 km. (longueur de la partie = **34,8** km.).

Pente moyenne des cônes = **13°11'**.

Nombre des cônes sur le versant droit = **19** ; sur le versant gauche = **24**.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = **13°38'** ; sur le versant gauche = **12°49'** (réduite) = **9°49'**.

PENTES DES CÔNES

<i>Versant droit.</i>		<i>Versant gauche.</i>	
1. Diabley	9°5'	1. Bienvenu	21°48'
2. Paroisse	24°14'	2. Trient	0°34' (c)
3. Outre-Rhône	33°1'	3. Salvan	27°
4. Melley	26°34'	4. Miéville sup.	21°18'
5. Ouffettes	25°24'	5. » inf.	25°10'
superposé	14°34'	6. Balmaz sup	23°45'
6. Aboyeu	9°5'	7. » inf.	25°38'
7. Courset	9°56'	8. Evionnaz I	29°41'
8. Croisette	10°12'	9. » II	10°12'
9. Avançon	1°25' (c)	10. » III	14°2'
10. Gryonne	2°21' (c)	11. » IV	14°2'
11. Ollon	5°43'	12. Bois Noir	5°12' (c)
12. Grande-Eau	0°47' (c)	13. Mauvoison	5°9'
13. Yvorne	6°17'	14. Vièze	0°58' (c)
cône récent	5°9'	15. Pessot	7°24'
14. Raveire	9°39'	16. Muraz inf.	8°49'
15. Eau-Froide	4°34'	17. Greffaz	5°43'
16. Grand Barmaz	26°34'	18. Mayen	7°24'
17. Praz-Mousson	17°45'	19. Avançon I	14°34'
18. Pissot	16°42'	20. » II	16°42'
19. Crêtaz	19°48'	21. » III	5°43'
		22. Chamossin	5°43'
		23. Fossaux	4°34'
		24. Saut des Brocards	6°32' (c)

Nombre (et le %) des cônes avec une pente déterminée.

Pentes	Partie haute			Partie moyenne			Partie infér.			Toute la vallée					
	Vers. droit	Vers. gauche	Total	Vers. droit	Vers. gauche	Total	Vers. droit	Vers. gauche	Total	Vers. droit	%	Vers. gauche	%	Total	%
0°	0	1	1	2	4	6	1	2	3	3	2.4	7	4.2	10	3.4
1	0	1	1	3	1	4	1	0	1	4	3.3	2	1.2	6	2.1
2	0	1	1	4	0	4	1	0	1	5	4.1	1	0.6	6	2.1
3	2	2	4	3	3	6	0	0	0	5	4.1	5	3.0	10	3.4
4	1	0	1	5	3	8	1	1	2	7	5.7	4	2.4	11	3.8
5	1	0	1	9	1	10	1	5	6	11	8.9	6	3.6	17	5.9
6	1	0	1	3	5	8	1	1	2	5	4.1	6	3.6	11	3.8
7	3	0	3	10	1	11	0	2	2	13	10.6	3	1.8	16	5.5
8	1	3	4	4	4	8	0	1	1	5	4.1	8	4.8	13	4.5
9	6	5	11	2	7	9	4	0	4	12	9.8	12	7.2	24	8.3
10	7	1	8	3	5	8	1	1	2	11	8.9	7	4.2	18	6.2
11	4	4	8	1	11	12	0	0	0	5	4.1	15	9.0	20	6.9
12	6	6	12	1	5	6	0	0	0	7	5.7	11	6.6	18	6.2
13	4	3	7	2	1	3	0	0	0	6	4.9	4	2.4	10	3.4
14	4	6	10	2	6	8	0	3	3	6	4.9	15	9.0	21	7.2
15	2	7	9	1	3	4	0	0	0	3	2.4	10	6.0	13	4.5
16	2	7	9	0	6	6	1	1	2	3	2.4	14	8.4	17	5.9
17	0	4	4	0	2	2	1	0	1	1	0.8	6	3.6	7	2.4
18	2	4	6	0	0	0	0	0	0	2	1.6	4	2.4	6	2.1
19	1	1	2	0	2	2	1	0	1	2	1.6	3	1.8	5	1.7
20	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	4	2.4	4	1.4
21	0	0	0	0	6	6	0	2	2	0	0	8	4.8	8	2.8
22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.6	1	0.3
23	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.6	1	0.3
24	1	0	1	0	1	1	1	0	1	2	1.6	1	0.6	3	1.0
25	0	1	1	1	3	4	1	2	3	2	1.6	6	3.6	8	2.8
26	0	0	0	0	1	1	2	0	2	2	1.6	1	0.6	3	1.0
27	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.6	1	0.3
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.6	1	0.3
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.8	0	0	0.3	1

Nombre total des cônes dans la vallée du Rhône = 295.

Densité des cônes dans la vallée du Rhône = 1,99 cône sur 1 km.

Pente moyenne des cônes dans la vallée du Rhône = $11^{\circ}31'$.

Nombre total des cônes sur le versant droit = 124, sur le versant gauche = 171.

Pente moyenne des cônes sur le versant droit = $9^{\circ}58'$, sur le versant gauche = $12^{\circ}37'$.

Pente moyenne réduite sur le versant droit = $9^{\circ}37'$ (116 cônes), sur le versant gauche = $10^{\circ}12'$ (116 cônes).

BIBLIOGRAPHIE

- B. BÆFF. — *Les eaux de l'Arve*. Dissertation, Genève 1891.
- CH. BIERMANN. — *La vallée de Conches en Valais*. Lausanne 1907.
- T. C. CHAMBERLIN AND R. D. SALISBURY. — *Geology I*. New-York 1909.
- CULMANN. — *Rapport au Conseil fédéral sur les torrents des Alpes suisses*. Lausanne 1865.
- J. DELAHARPE. — *Eboulement d'Yvorne*. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, VII, p. 31 et 147.
- W. M. DAVIS. — *Geographical Essays*. 1909.
- Dictionnaire géographique de la Suisse*.
- F. DREW. — *Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the Upper-Indus Basin, Part I: Alluvial deposits*. Quaterly Journal of the Geological Society, Vol. 29 (1873).
- F.-A. FOREL. — *Le Léman*. Lausanne 1892-95.
- H. GERLACH. — *Die Penninischen Alpen*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lieferung 27 (1883).
- P. GIRARDIN. — *Etudes de cônes de déjections*. Annales de géographie, XIX^e année (1910), p. 193.
- A. HEIM. — *Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss*. Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs, XIV, 1879.
- A. HEIM. — *Der Schlammabsatz am Grund des Vierwaldstättersee*. Vierteljahresschrift der Naturf. Gesellschaft, Zurich 45 (1900).
- A. HEIM. — *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lieferung 25 (1892).
- A. HEIM. — *Das Säntisgebirge*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, Lieferung 16 (1905).
- A. HEIM. — *Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung*. Basel 1878.
- H. HESS. — *Der Abtrag in den Schweizer Alpen*. Peterm. Mitth. 1909, p. 360.

- A. DE LAPPARENT. — *Leçons de géographie physique*. III^e éd., 1907.
- M. LUGEON. — *Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses* Lausanne 1901.
- E. DE MARTONNE. — *Traité de géographie physique*. Paris 1909.
- E. MERMIER. — *Le groupe du Génie civil à l'Exposition cantonale vaudoise de 1909*. Bull. technique de la Suisse romande, 10 avril 1910.
- MAURER, BILWILLER, HESS. — *Das Klima der Schweiz*. 1910.
- A. MORLOT. — *Notice sur l'éboulement de Berney*. Bull. de la Soc. Vaudoise des sc. naturelles, Vol IV (1854).
- J. NUSSBAUM. — *Die Täler der Schweizer Alpen*. Bern. 1910.
- PENCK ET RUVARAC. — *Die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen*. Geogr. Abhandl. V, 1896.
- A. PIWOWAR. — *Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden*. Zürich 1903.
- Recherches sur les chutes et éboulements de montagne en Suisse*. Le Conservateur Suisse, t. VII, p. 198.
- E. RENEVIER. — *Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais*. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, livraison XVI (1890).
- E. ROMER. — *Mouvements épirogéniques dans le haut bassin du Rhône*. Bull. de la Soc. Vaud. des Sc. Natur. XLVII, 1911, p. 65.
- J. C. RUSSELL. — *River development*. London 1909.
- H. SCHARDT. — *L'éboulement de Grugnay, près Chamoson (Valais)*. Bulletin de la Soc. Murithienne des Sc. Naturelles du Valais, 34 (1907). Sion.
- J. STINY. — *Die Muren*. Innsbruck 1910.
- E. STECK. — *Die Denudation im Kandergebiet*. XI Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft, Bern, 1891-92.
- A. SURELL ET A. CEZANNE. — *Etude sur les torrents des Hautes-Alpes*. II^e édition, 1870-72.
- UETRECHT. — *Die Ablation der Rhone in ihrem Walliser Einzugsgebiete im Jahre 1904-05*. Dissertation. Bern 1906.

