

Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles.
Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden
Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie

Band: 2 (1901-1902)

Heft: 4: Le travail des eaux courantes : la tactique des tourbillons

Artikel: Le travail des eaux courantes : la tactique des tourbillons

Kapitel: Les marmites des gorges du versant Nord des Alpes suisses

Autor: Brunhes, Jean

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-306717>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

II. Les marmites des gorges du versant Nord des Alpes suisses.

Si nous désirons connaître quel est le rôle des tourbillons dans l'approfondissement et le creusement des lits des cours d'eau, nous devons choisir comme domaine d'observation un pays encore jeune, dont le modelé sera encore accidenté, où les eaux courantes auront encore beaucoup à travailler, où les lits des cours d'eau n'auront pas encore atteint complètement cette pente régulière qui correspond au profil d'équilibre. Nulle région ne pourra être meilleure pour la fin que nous nous proposons que la région des Alpes. Nous avons concentré nos observations sur une partie des Alpes, -- sur le versant Nord des Alpes suisses. C'est là que nous avons cherché à discerner quelle est la part qui revient aux tourbillons dans l'élaboration des gorges; nous avons successivement visité et examiné toutes les principales gorges des cours d'eau de ce versant.

On sait qu'un cours d'eau cherche à approfondir son lit et à atteindre sa pente d'équilibre, avant de travailler à l'élargir ¹⁾; l'approfondissement précède l'élargissement; c'est dire que la gorge est le commencement de la vallée. Nous voudrions précisément développer cette idée pour montrer avec plus de précision quelle est la marche logique du travail du cours d'eau.

Où trouvons-nous de préférence des gorges dans la région considérée ?

Parmi les grandes vallées principales du versant Nord des Alpes suisses, il faut d'abord mettre à part la haute vallée de l'Inn. Comme l'a très bien indiqué depuis longtemps le prof. Heim, le cours supérieur de l'Inn a été capté par la

¹⁾ VOIR DE LA NOË et EMM. DE MARGERIE, *Les formes du terrain* (Paris, 1888), *Texte*, p. 51 et suiv.

Maira ¹⁾. Rien n'est plus visible que cette capture au col de Maloja ; la vallée de l'Inn remonte doucement jusqu'au seuil de Maloja, à 1800 mètres au-dessus du niveau de la mer ; puis brusquement on aperçoit une sorte de gouffre profond de 200 ou 300 m., et c'est là que les eaux de la Maira coulent, allant vers le Sud. Des deux côtés de ce gouffre, deux cours d'eau qui allaient jadis à l'Inn, la Maira supérieure et l'Orlegna, dont la partie première coule encore dans la direction générale Sud-Nord, s'infléchissent ; ils tombent par des rapides et des cascades dans le fond du trou où se forme la Maira. Quant à la vallée supérieure de l'Inn, pour ces raisons ou pour d'autres, elle se remplit au lieu de se creuser ; le cours d'eau principal n'a plus la force d'emporter les matériaux que ses affluents lui apportent ; ceux-ci produisent sur les deux rives de grands cônes de déjection qui parfois se rejoignent presque comme à Silvaplana. Ces barrages torrentiels déterminent ces beaux lacs célèbres de la Haute-Engadine. Bref, la vallée supérieure s'encombre au lieu de se déblayer, et pour le sujet qui nous occupe, elle est d'un moindre intérêt que les autres grandes vallées.

Par ailleurs, au point de vue de la jeunesse des formes topographiques, il convient de distinguer les grandes vallées longitudinales telles que celles du Rhône du glacier jusqu'à Martigny, ou celles du Rhin antérieur de la source jusqu'à son confluent avec le Rhin postérieur, et les vallées transversales ²⁾. Il va sans dire que les vallées longitudinales se présentent avec beaucoup plus d'ampleur que les vallées transversales. La topographie primitive avait dans celles-là préparé la vallée, et dans le même espace de temps le cours d'eau a pu beaucoup plus avancer son œuvre que dans celles-ci. De là une grande différence de physionomie entre des vallées supérieures telles que celles que nous citons (Rhin et Rhône) et d'autres telles que celles de la Reuss et de l'Aar.

¹⁾ Voir *Jahrbuch Schweiz. Alpenclubs*, XV, 1879-80, p. 429-436 ; et *Ann. de Géographie, Bibl. de 1896*, N° 237.

²⁾ Voir LUGEON, *Recherches sur l'origine des Vallées des Alpes occidentales*, in *Ann. de Géog.*, 15 juillet 1901, p. 295 et suiv.

La vallée du Rhône et la vallée du Rhin dans leur ensemble, sont, en effet, plus ouvertes et comportent moins de gorges que les vallées de la Reuss et de l'Aar. C'est dans ces dernières, au contraire, que nous avons le plus de chance de rencontrer ces formes primitives des vallées qui sont les gorges ; et, en effet, la grande gorge de l'Aar près de Meiringen nous paraît être le type le plus parfait et le plus caractéristique des gorges du versant Nord des Alpes suisses.

Ajoutons que si les vallées longitudinales des grands cours d'eau présentent les caractères d'une plus grande maturité et offrent en principe moins de parties encore étroitement encaissées, moins de gorges, les cours d'eau affluents de ces vallées ont dû, après le retrait des glaciers, se mettre en rapport avec la vallée principale, et souvent leur travail est encore inachevé ; il est même parfois à peine commencé ; et les ruptures de pente entre les lits de ces affluents et les lits principaux se traduisent soit par des cascades soit par des gorges.

De plus, le Rhin et le Rhône, après avoir coulé dans de larges vallées longitudinales, se précipitent dans des sillons transversaux, et leurs vallées se rétrécissent : on connaît la porte de St-Maurice où le Rhône coule entre deux hautes murailles calcaires ¹⁾. Dans ces tronçons transversaux du cours les ruptures de pente des cours d'eau affluents sont encore plus considérables : cascades et gorges seront encore les unes plus hautes et les autres plus profondes, témoignant d'une jeunesse plus grande du modelé opéré par les eaux courantes. C'est dans une partie transversale du cours du Rhin que se jette la Tamina, et la Tamina traverse une gorge tout à fait belle et qui nous instruira. C'est dans une partie transversale du cours du Rhône que se jette le Trient, et le Trient a creusé

¹⁾ Voir MAURICE LUGEON, *Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses* in *Bulletin des laboratoires de géologie, géographie physique, minéralogie et paléontologie de l'Université de Lausanne (Suisse)*, N^o 2, p. 12 et suiv.

également une gorge qui nous fournira de précieuses observations.

Je dois faire ici une déclaration importante au sujet de la méthode suivie dans cette partie de mon mémoire : Je n'ai voulu faire ni une énumération ni une description complètes de toutes les gorges que j'ai visitées ; parmi celles-ci j'ai choisi des types significatifs représentant les divers stades de la formation des vallées encaissées afin de reconstituer l'histoire entière d'un même type. Je prends le phénomène à différents âges, à l'état de toute fraîche enfance, à l'état de jeunesse, de maturité et de vieillesse, et j'espère pouvoir ainsi caractériser l'évolution du même phénomène.

Je commencerai par étudier la gorge de l'Aar, puis celle de la Tamina, puis celle du Trient ; et nous verrons ensuite : 1^o comment des gorges moins avancées et plus fragmentaires nous révèlent le processus de la formation progressive des grandes gorges ; 2^o comment des gorges plus avancées, c'est-à-dire plus détériorées, peuvent se ramener aux premières, choisies comme types.

La gorge de l'Aar ¹⁾.

Rien n'est plus intéressant que de descendre complètement la vallée de l'Aar depuis les glaciers qui lui donnent naissance jusqu'à son confluent avec le Rhin : c'est une des vallées qui offre la collection la plus riche de phénomènes variés de géographie physique.

On sait que peu de temps après avoir quitté les glaciers, les eaux de l'Aar entrent dans une vallée transversale que l'on appelle le Hasli. Si l'on constate combien, dans la partie supérieure de cette vallée transversale, les hautes parois portent encore intactes les grandes surfaces lisses que leur ont imprimées les anciens glaciers, on en conclut facilement que

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille N^o 393, à 1:50000.

le travail de l'érosion fluviale n'est pas encore très avancé : malgré l'approfondissement réel du lit actuel, et malgré la nouvelle section en V que le cours d'eau a déterminée à la partie inférieure de l'ancienne section en U, on est frappé en effet de l'état de conservation générale en plus d'un point de cette ancienne vallée glaciaire en U. On peut distinguer du reste de la vallée un premier bief qui irait des sources jusqu'à la Handeck ; la cascade de la Handeck qui a 75 m. de hauteur marque une importante rupture de pente ¹⁾ ; et un second bief qui est dans l'ensemble plus encaissé, s'étend de là jusqu'au large bassin d'Innertkirchen. En plus d'un point sur cette seconde partie, l'Aar coule au fond d'un lit que bordent des parois très raides ; mais toujours ces parois s'écartent plus ou moins l'une de l'autre et s'évasent en formant le V classique.

Au-delà du bassin d'Innertkirchen, quel n'est pas notre étonnement de trouver la vallée barrée par une immense masse compacte de calcaire qu'on appelle le Kirchet ; on se demande vraiment comment le fleuve a fait pour passer outre, et lorsqu'on pénètre dans cette masse calcaire en suivant le cours même de l'eau, on entre ainsi dans ce qu'on appelle proprement la « Gorge de l'Aar », « Aareschlucht », ou d'un nom plus spécial « Lamm ».

Il serait impossible de pénétrer dans la gorge si on ne l'avait pas aménagée à l'usage des visiteurs en accrochant aux flancs des parois des passerelles et des galeries ²⁾.

¹⁾ Sur les parois de la chute et dans la gorge qui la suit apparaissent nombreuses, mais clairsemées, des formes de marmites. BALTZER a très bien exposé les causes et les conditions de la chute de la Handeck : Voir *Livret Guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse, dédié au Congrès géologique international et publié par le Comité d'organisation en vue de la VI^e session, à Zurich* (Lausanne, Payot, juillet 1894), p. 164.

²⁾ En 1901, on a exécuté de grands travaux d'amélioration, et en particulier là où la gorge était très étroite, on a supprimé les galeries extérieurement accrochées aux parois et on a entaillé ces parois sur plus de deux mètres de hauteur pour construire ainsi un passage plus commode. Mais il faut regretter la moindre commodité d'autrefois, car on a ainsi abattu sur plus de deux mètres de haut des parois exceptionnel-

Au-delà du Kirchet et au sortir de la gorge commence immédiatement, sans transition, la dépression à fond plat de Meiringen qui est tout simplement le début de la longue dépression du lac de Brienz et du lac de Thoune.

La dépression de Meiringen en amont du lac de Brienz est entourée de parois raides ; en ce cas, comme nous l'indiquions tout à l'heure, tous les cours d'eau arrivent à la dépression par des gorges ou par des cascades, et quelquefois par les deux. L'Aar a supprimé toute grande rupture de pente par cette gorge célèbre que nous allons étudier, tandis que le Wandelbach, par exemple sur la rive gauche, débouche du haut de la corniche calcaire et saute presque d'un seul bond jusque dans le fond. Le Reichenbach sur la rive gauche et l'Alpbach sur la rive droite produisent de fortes cascades, mais ces cascades sont mêlées de petites gorges. Ainsi les environs de Meiringen fournissent des types très variés des phénomènes que les ruptures de pente forcent les eaux courantes à produire. Le plus important de tous ces faits est sans contredit la gorge du cours d'eau principal.

A partir du Kirchet et jusqu'à son confluent avec le Rhin, l'Aar ne traverse plus une seule gorge analogue à celle du Kirchet. Il y a donc là un fait unique, exceptionnel, dont nous ne retrouvons l'équivalent ni en amont ni en aval.

La gorge que l'Aar s'est creusée dans le calcaire compact du Malm au Kirchet a environ 1400 m. de longueur ; mais sur la plus grande partie de cette longueur elle n'a rien de très

lement intéressantes, comme on le verra par la suite, des parois qu'il ne sera jamais possible à l'homme de reconstituer, Il faut déplorer qu'on ne conserve pas les monuments géographiques de cette valeur contre les fantaisies de la barbarie civilisée avec autant de soin jaloux et de respect qu'on le fait souvent aujourd'hui pour les monuments historiques. — Dans le même ordre d'idées — et à propos de la chute du Rhin à Schaffhouse, — le prof. HEIM, dont tous connaissent et respectent l'autorité, a fait entendre une protestation indignée contre un projet de dérivation des eaux du Rhin en amont de la grande chute du fleuve. — Voir le texte de son rapport dans *Verhandlungen der Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft*, 83. *Jahresversammlung 2-4 Sept. 1900 in Thuisis*, Chur, 1901, p. 185-187.

remarquable au point de vue qui nous intéresse ; un cours d'eau violent et puissant comme l'Aar a presque partout élargi sa gorge, et ce n'est pas tant une gorge qu'un vrai petit canyon : le fleuve coule entre deux falaises verticales de plus de 100 m. de haut par endroits, mais toujours distantes d'au moins 15 mètres et souvent davantage. Toutefois vers l'aval de la gorge subsistent deux défilés qui surprennent par leur étroitesse avant même qu'on ait pu examiner les caractères des parois ; car ces deux parois sont si rapprochées qu'en plus d'un point on peut toucher l'une d'une main et l'autre de l'autre ; en certains endroits même il y a moins d'un mètre entre les deux, tandis que le cours d'eau puissant coule au-dessous dans un boyau profond et le plus souvent plus large que l'espace laissé vide entre les parois. Ici la gorge n'a plus la forme en V, elle n'a même plus la forme d'un U effilé aux branches très allongées ; mais la coupe de la gorge ressemblerait plutôt à la coupe d'un de ces ballons que l'on emploie dans les laboratoires et qui à la suite d'un long col s'épanouissent en récipients globulaires. De ces deux défilés le plus long est appelé « die grosse Enge » « le grand défilé », et il est aussi le plus saisissant. Il n'est saisissant ni par sa beauté qui n'a rien d'extraordinaire, ni par son aspect pittoresque et sauvage qui ne vaut pas l'aspect de beaucoup d'autres gorges des Alpes ou d'ailleurs, mais il est saisissant comme témoin vivant de la genèse de cette gorge. Du haut en bas, sur plus de 25 m. de hauteur, les deux parois qui se font face s'emboîtent pour ainsi dire l'une dans l'autre et se correspondent avec une étrange netteté. Ces deux parois sont constituées par un assemblage étonnamment continu de surfaces intactes quoique incomplètes d'anciennes marmites (voir fig. 9) : toute la superficie de ces deux parois a été conservée telle qu'elle devait être au moment même de l'approfondissement premier de la gorge, et dès lors elle porte un témoignage irréfutable en faveur du mode d'opérer qui a été suivi pour cet approfondissement.

Au petit défilé, appelé « Nasenenge », le spectacle est le même, quoique moins continu et moins éloquent. Enfin le

même phénomène s'aperçoit sur deux anciens cours de l'Aar qui viennent rejoindre la gorge actuelle en amont du grand défilé, l'un sur la rive droite, et que l'on appelle *die Finstere Schlucht*, la gorge obscure, et l'autre sur la rive gauche que l'on appelle *die Trockene Schlucht*, la gorge sèche ¹⁾. Ces gorges sont partiellement remplies de dépôts glaciaires (voir fig. 10); elles sont dans l'ensemble plus larges que les deux défilés de la gorge principale; il semble qu'elles aient perdu une tranche centrale plus épaisse; les marmites sur les parois y sont peut-être moins continues; mais elles sont souvent plus énormes et plus renflées; quelques-unes ne devaient pas mesurer moins de 10 ou 12 m. de diamètre. En tout cas de telles gorges secondaires sont très intéressantes pour l'observateur, car on y peut circuler plus aisément que dans les défilés; on peut plus à loisir et à des niveaux plus variés étudier ces si curieuses empreintes des tourbillons qui ressemblent à d'énormes moules de coquilles.

Dans les deux défilés comme dans les anciennes gorges, de part et d'autre, par places, on reconnaît avec une évidence surprenante les formes évasées d'une même marmite qui a laissé ainsi sur les parois opposées des formes qui se complètent: ce sont comme des amphores éventrées, dont la plus grande partie aurait été brisée, mais dont il resterait face à face deux morceaux dont la rotundité et dont les moulures attesteraient la communauté d'origine (voir fig. 11 et 12 ²⁾).

Dans les deux défilés comme dans les anciennes gorges, on peut suivre pas à pas et reconstituer l'histoire et le jeu

¹⁾ BALTZER, dans *Licret guide géologique dans le Jura et les Alpes*, etc., (v. supra) indique que le nom de ces anciens cours est *Schlauche*, « *finstere Schlauche*, » « *trockene Schlauche*, » et non pas *Schlucht* (p. 160). C'est là sans doute une altération locale du mot *Schlucht*.

²⁾ Nous avons précédemment attiré l'attention sur les avantages de la reproduction stéréoscopique: voir *Un nouveau procédé de reproduction appliqué à l'étude et à la représentation des faits géographiques: Phototypie stéréoscopique* (avec 10 planches stéréoscopiques) dans *Mém. de la Soc. frib. des Sc. Nat. Série: Géologie et Géographie*, vol. I, fasc. 1.

des tourbillons ; on voit comment plusieurs tourbillons de petit rayon ont été tout à coup remplacés par un tourbillon plus puissant qui a unifié les petites marmites d'abord formées, et celles-ci, à peine discernables aujourd'hui, aboutissent à une de ces marmites énormes dont nous parlions tout à l'heure ; puis le grand tourbillon lui-même s'est décomposé en tourbillons moindres, et la marmite énorme, à la paroi très renflée, se décompose en plusieurs marmites qui font succéder des cavités multiples à la grande cavité. Enfin, toute la tranche centrale des marmites petites ou grandes ayant disparu, il est naturel que nous ayons peu de renseignements sur le fond et sur ses caractères ; toutefois on devine souvent par des inflexions qui s'amorcent au bas des parois quelle devait être la forme du fond ; parfois même il en est resté une petite partie comme témoin. Et nul ne sera surpris que tous ces fonds correspondent à la forme de marmites à fond concave, c'est-à-dire à la forme achevée ; rien n'est plus logique puisque la superposition de ces 8 ou 10 séries de marmites sur les parois de la gorge démontrent le succès des tourbillons ; et ils étaient certes assez puissants pour achever l'œuvre qu'ils commençaient, puisque à ceux qui venaient d'achever quelque marmite en succédaient toujours de nouveaux, et toujours entreprenants. Que ce soit un seul tourbillon qui, sans changer, ait eu le temps d'approfondir une marmite, cela est bien peu probable ; et d'ailleurs cela importe peu. Les eaux avaient une puissance et une abondance qui garantissaient la persistance ou la renaissance ininterrompue des tourbillons ; ils se succédaient, continuant et reprenant sans cesse les mêmes marmites, et tout à la fois détruisant de plus en plus les saillies ou les sillons spiraliformes des parois, menant rapidement en fin de compte les marmites à leur achèvement. Voilà pourquoi nous n'apercevons là que des restes informes de ces détails des parois qui ont dû exister au début, et nous ne devinons partout que des fonds à forme concave. C'est l'inverse de ce que nous avons observé à Assouan, où les marmites étaient principalement à fond conique et avec des parois aux formes fraîches. De fait un flot aussi continu et resserré qui, accumulant son

action en un même point de haut en bas, creuse une gorge sur une profondeur de plusieurs dizaines de mètres, est l'inverse d'un flot discontinu, périodique, très largement étalé, qui disperse son action sur une grande étendue, et qui éparpille ainsi un plus grand nombre d'effets moindres.

Cependant le travail, ici et là, obéit aux mêmes lois; il se rattache à la même tactique; et si l'îlot des Marmites et la gorge de l'Aar marquent deux termes extrêmes particulièrement typiques, il va sans dire que souvent les deux modes sont combinés et mêlés.

Avant de comparer à la gorge de l'Aar d'autres gorges du versant Nord des Alpes suisses, il nous reste à dire pourquoi il est très logique que nous ayons rencontré dans le Kirchet deux défilés et plusieurs parties de gorges conservées d'une manière exceptionnelle.

Lorsque le cours d'eau, après avoir approfondi son cours, continue son œuvre, il élargit son lit et sa vallée, et c'est ainsi que les parois des défilés primitifs s'abattent, s'écroulent nécessairement un jour pour faire place à des parois plus ou moins verticales selon la roche, mais toujours assez banales: voilà ce qui s'est produit dans la plus grande partie de la gorge actuelle de l'Aar. S'il reste encore deux défilés intacts, c'est sans doute que cette gorge du Kirchet est la partie la plus récemment formée, la plus jeune de toute la vallée de l'Aar. Maurice Lugeon a étudié de près l'ensemble du Kirchet; dans deux notes préliminaires et dans un mémoire étendu ¹⁾, il a

¹⁾ M. LUGEON, *Les anciens cours de l'Aar près de Meiringen (Suisse)* dans *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (Paris), CXXXI, 1900, p. 810-812; et *Anciens thalwegs de l'Aar dans le Kirchet près Meiringen, Notice préliminaire*, dans *Eclogæ geologicae Helvetiæ*, VI, N° 6 (nov. 1900), p. 496. Le mémoire plus étendu nous l'avons déjà signalé: il a paru sous le titre: *Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses* dans le *Bul. de la Soc. vaudoise des Sciences naturelles*, 4^e série, t. XXXVII, N° 141, sept. 1901, p. 423-454, et planches V-XIII; et dans le *Bul. des Laboratoires de Géologie, Géographie physique, Minéralogie et Paléontologie de l'Université de Lausanne (Suisse)*, n° 2, Lausanne, 1901, 34 p. et IX planches.

très bien indiqué comment « la célèbre colline du Kirchet, si énigmatique au premier abord, se montre formée par une série de gros blocs séparés par des gorges profondes comblées » ¹⁾. Lugeon a compté au moins cinq de ces anciennes gorges creusées par l'Aar, puis successivement comblées par les apports énormes des glaciers. « Il s'agit là d'un très remarquable phénomène d'*épigénie* et de *surimposition glaciaire* » ²⁾. Et l'Aar était obligée après chaque comblement de reprendre son travail, et d'user des tourbillons pour entreprendre une nouvelle gorge. Tandis qu'ailleurs dans sa vallée elle continuait toujours sur le même emplacement ou à peu près son travail de creusement, elle a dû dans le Kirchet recommencer tout à nouveau plusieurs fois de suite ³⁾. Que de temps perdu en un sens ! Et l'on devine que la gorge où elle coule actuellement est incomparablement plus jeune que tout le reste de la vallée. Quoi de plus naturel que de trouver là dès lors des vestiges de la formation première, qui ont ailleurs disparu ! Et il est aussi naturel de trouver ces vestiges dans les anciennes gorges

¹⁾ *Anciens thalwègs de l'Aar*, p. 496.

²⁾ *Les anciens cours de l'Aar près de Meiringen*, p. 812.

³⁾ Ou pour le moins deux fois de suite : Comme nous l'avons fait remarquer dans *La Géographie*, 15 juillet 1902, p. 42, il n'est peut-être pas nécessaire de supposer rigoureusement avec M. Lugeon que « ce mécanisme a dû se renouveler autant de fois qu'il y a de gorges comblées » : ce serait, disions-nous, simplifier et rendre plus vraisemblable cette explication que d'admettre que deux ou plusieurs de ces gorges ou portions de gorges ont pu être creusées par les eaux *en même temps*, correspondant ainsi à un même stade de recul du glacier de l'Aar : de la grande masse glaciaire accumulée en amont dans le Hasli, plusieurs torrents glaciaires, divisés à la rencontre de l'énorme barre calcaire du Kirchet, auraient travaillé *en même temps* chacun de leur côté, élaborant des gorges encaissées ; et ces gorges ou portions de gorges se seraient trouvées à différents degrés d'avancement et d'approfondissement lorsqu'une nouvelle phase de progression du glacier aurait abouti à l'engorgement morainique de tous les sillons déjà élaborés et aurait contraint plus tard les nouveaux torrents glaciaires à s'ouvrir un ou plusieurs défilés nouveaux à travers la masse compacte : en fin de compte, l'Aar actuelle, réduite à un cours unique et partant plus vigoureusement constituée, aurait fait élection d'un seul de ces sillons, la gorge actuelle.

du Kirchet, telles que la *Finstere Schlucht* et la *Trockene Schlucht*, qui après avoir été formées ont été pour ainsi dire arrachées à l'action ultérieure des eaux courantes et conservées à peu près dans leur état originel par le remplissage morainique.

Ajoutons enfin que le calcaire du Kirchet était assez résistant et assez compact pour subir les actions des tourbillons sans se démolir, et pour les conserver ensuite sans les laisser trop vite é mousser ou oblitérer par les agents atmosphériques.

Bref la gorge de l'Aar est un des tronçons les plus récemment formés de toutes les vallées alpines, et il nous fournit à ce titre des documents exceptionnels sur le mode de première formation des gorges et des vallées.

Une remarque s'impose dès l'examen de cette première gorge ; à propos des gorges nous aurons à diverses reprises à parler de phénomènes d'*épigénie* ou de *surimposition glaciaire* ; nous en signalerons même plusieurs exemples qui n'ont pas encore été signalés (voir en particulier le carton face à la p. 192). Et on ne saurait en être surpris. « Dans les vallées comblées par les moraines ou par les alluvions fluvio-glaciaires, les cours d'eau postérieurs à la dernière glaciation n'ont pas en tous points retrouvé exactement leur ancien lit ; et, divaguant à droite ou à gauche, ils ont dû s'enfoncer progressivement dans la roche qui formait un des flancs des anciennes vallées ; se creusant ainsi des portions de lit en pleine roche, ils n'ont pas pu travailler aussi vite que s'ils avaient déblayé la moraine ; et ces parties *les plus nouvelles* de ces vallées se présentent à nous avec les caractères de vallées *plus neuves*, c'est-à-dire sous la forme de gorges aux parois plus ou moins verticales, fréquemment sous la forme de gorges à marmites » ¹⁾. Ces deux séries de faits, d'ordre différent, se trouvent donc tout naturellement associés.

¹⁾ JEAN BRUNHES, in *La Géographie*, 15 juillet 1902, p. 41.

Gorge de la Tamina ¹⁾.

La Tamina recueille les eaux du versant occidental du Calanda et va se jeter dans le Rhin près de Ragatz. La gorge de la Tamina est située à 5 kilom. en amont de Ragatz ; c'est dans la gorge même que jaillit la fameuse source de Pfäfers dont les eaux ont une température de 30° à 31° et qui a été la cause d'une station balnéaire déjà ancienne.

Quand on remonte la vallée de la Tamina en venant de Ragatz, on entre dans une vallée encaissée, mais dans toute la partie d'aval on n'aperçoit du haut en bas presque aucune trace de marmites : sur cette magnifique paroi de flysch de la rive droite qui domine verticalement le cours d'eau et qui, même par places, surplombe, on ne distingue aucune surface lisse. Ce sont des couches gréseuses qui paraissent se démolir assez facilement. Tout près du niveau de l'eau on aperçoit exceptionnellement quelques parois lisses et, de loin en loin, quelques marmites.

Puis, en remontant encore, la vallée se resserre un peu davantage ; on a profité d'un rapide pour établir un petit barrage ; et là les formes de marmites sont beaucoup plus nombreuses. En amont du barrage, les versants deviennent bien plus adoucis que dans la partie inférieure ; la végétation a eu le temps de s'y implanter ; et ces versants sont boisés presque jusqu'au niveau de la rivière ²⁾.

Plus haut enfin, les versants redeviennent plus raides et moins boisés, et l'on parvient au vieil établissement de bains de Pfäfers que l'on doit traverser pour arriver à la gorge proprement dite appelée la *Gorge de la source, Quellenschlucht*. Cette gorge a environ 300 m. de long jusqu'à la source thermique ; dès le premier coup d'œil, on reconnaît qu'elle est du même type que celle de l'Aar, et elle est encore due à un phé-

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 402, à 1:50000, et Feuille n° 270, à 1:25000.

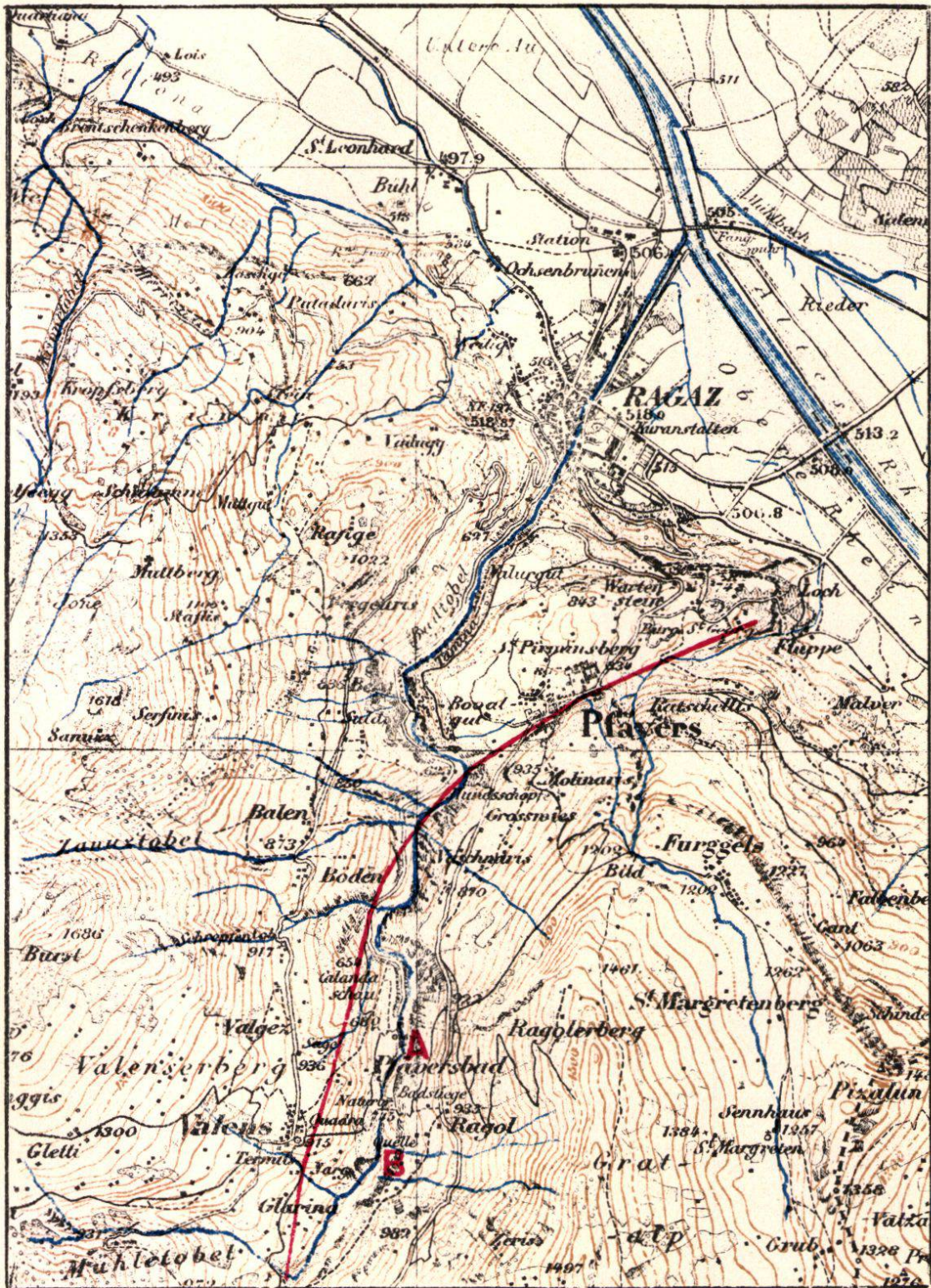
²⁾ Cette partie plus adoucie correspond à la région où l'axe du « trog » glaciaire rencontre et coupe le « thalweg » actuel : voir le carton.

nomène d'épigénie glaciaire. Ce phénomène est tout à fait visible pour qui suit la vallée de la Tamina non plus au niveau de l'eau courante ou à peu près, c'est-à-dire dans la gorge, mais à 300 mètres au dessus, le long des routes qui relient les petits villages des deux rives. Immédiatement au-dessus de la source, à la cote 850, des éboulements montrent même à nu la boue glaciaire ; c'est la moraine qui remplit encore en ce point le fond de l'auge sur la rive gauche, et c'est sur ce seuil adouci et étalé de la moraine conservée qu'est bâti Valens (voir le carton face à cette page) ¹⁾.


Revenons à la gorge de la source. En général les parois ont moins intégralement subsisté des deux côtés à la fois qu'elles ne l'ont fait dans la gorge de l'Aar ; elles se font moins vis-à-vis ; en général l'une s'est beaucoup plus éboulée que l'autre. Par exemple l'on trouvera sur l'une des faces, sur la rive gauche, à peu près à 200 m. en aval de la source, une paroi qui porte les traces de marmites de grand rayon et qui est comparable aux plus beaux morceaux de la gorge de l'Aar, mais la paroi qui fait face ne répond plus pour ainsi dire à celle-ci, elle est plus démolie. Et cela vient sans doute de ce que le sillon creusé par la Tamina est dans son ensemble assez éloigné de la verticale : il est très fortement incliné de la droite vers la gauche. Cela vient aussi de la qualité de la roche : en plus d'un point de la gorge de la Tamina l'effritement de la surface s'est déjà produit. Dans toute la gorge on a dû faire beaucoup plus de travaux de maçonnerie pour éviter les éboulements que dans la gorge de l'Aar. Ainsi, 100 m. en aval de la source on aperçoit la partie supérieure d'une marmite gigantesque, vraie calotte hémisphérique qui a plus de 10 m. de diamètre : on a été obligé de construire un mur et de la remblayer pour l'empêcher de disparaître.

L'ensemble pourtant se présente comme à la gorge de l'Aar, et nous ne voulons pas répéter ce que nous avons déjà

¹⁾ Il est curieux de constater que les deux villages de Valens et de Pfäfers sont tous les deux situés sur les méplats conservés de l'ancien » trog » glaciaire.



Gorge de la Tamina, à 1 : 50000.

 Axe approximatif de l'ancien « trog » glaciaire.

AB Gorge de la Source.

Reproduction de l'Atlas Siegfried faite avec l'autorisation
du Service topographique fédéral.

dit, Ici aussi le travail de l'eau est multiple, varié, successif ; ici aussi les marmites s'agrandissent, puis s'effilent ; ici aussi plusieurs aboutissent à la même, laissant à la paroi dans la partie supérieure une trace de leur ancienne cloison, tandis qu'au contraire une grande marmite se subdivise en plusieurs plus petites.

En suivant ces formes de haut en bas, et en voyant se développer, se dilater, s'épanouir ces magnifiques formes courbes, on peut imaginer ici comme là quel a été le travail de l'eau en de pareils ateliers de forage. Mais la gorge de la Tamina — et c'est un trait qui la distingue de la gorge de l'Aar — paraît au premier abord voûtée, c'est-à-dire fermée complètement dans la partie supérieure à 90 ou 100 m. du niveau actuel de l'eau. En un point même, à 70 m. à peu près en aval de la source, les deux parois sont si bien rejointes qu'un petit sentier qui conduit du village de Valens sur la rive gauche au village de Pfäfers sur la rive droite, profite de ce pont naturel, « Naturbrücke », appelé aussi « Beschluss », « fermeture ». Mais en observant de près ce plafond on y distingue très nettement le sillon étroit aux bords faits de tronçons circulaires, aux lèvres festonnées, qui a marqué le premier travail de l'eau. Les deux bords supérieurs sont tout simplement reliés par des blocs éboulés qui forment ainsi par endroits une voûte continue ¹).

Le premier sillon est donc resté très étroit dans la partie supérieure, tandis que des élargissements considérables se produisaient au-dessous, constituant des espèces de salles qui rappellent tout à fait les salles de certaines cavernes : un peu en aval de la grande marmite dont il est question plus haut, toute la rive droite s'élargit en amphithéâtre et forme une très vaste chambre. Parce que dans l'ensemble le flysch gréseux

¹) Il est impossible de ne pas rapprocher de la gorge de l'Aar et de la gorge de la Tamina une gorge située dans les Alpes de Savoie, la gorge de la Dranse du Biot ; cette gorge est creusée dans le même calcaire du Malm dans lequel l'Aar a creusé sa gorge ; et de gros blocs éboulés constituent comme à la Tamina une véritable voûte, un vrai pont, qui porte le nom de Pont du Diable.

de la Tamina est beaucoup moins résistant que le calcaire dur du Kirchet, parce qu'il est beaucoup plus enclin à se démolir, la gorge de la Tamina reproduit moins purement que la gorge de l'Aar le simple sillon d'érosion dû aux seuls tourbillons. Elle nous donne déjà quelques exemples *très réduits* mais *significatifs* de certains phénomènes qui se produisent par excellence et en grand dans les terrains fissurés et caverneux, et qu'on désigne sous le nom générique de *cavernes*.

Gorge du Trient ¹⁾.

Le Trient va se jeter dans le Rhône entre Martigny et Vernayaz, un peu en amont de Vernayaz ; sa vallée débouche par une gorge encaissée dans la vallée à fond plat où coule le Rhône ; cette gorge est creusée dans des roches cristallines (gneiss avec granulite, eurite et chlorite).

La gorge du Trient est sensiblement plus ouverte et plus large que la gorge de la Tamina et surtout que les défilés de la gorge de l'Aar.

Quand on entre dans la gorge du Trient on est étonné de la différence entre l'état d'altération des parties hautes des parois et l'état de conservation des parties tout à fait basses ; à coup sûr cela se reproduit dans une certaine mesure en toutes les gorges, mais rarement avec des traits différentiels aussi saisissants qu'au Trient : les parties hautes des deux parois sont même tout à fait démolies ; les parties moyennes portent des vestiges de marmites mais sensiblement altérés et beaucoup moins expressifs qu'à la Tamina ou à l'Aar. Bien plus, jusqu'aux parties basses, parfois jusqu'à 5 ou 6 mètres du niveau actuel de l'eau, les mousses, les fougères et même de petits arbustes se sont emparés de la surface des parois.

Il s'agit ici d'une gorge qui a été occupée par le glacier postérieurement à sa formation partielle ; on voit très bien le poli et les stries glaciaires sur quelques points des parois,

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuilles n° 526, à 1:50000.

notamment sur quelques protubérances ; il n'y a que la partie inférieure de la gorge qui ait été façonnée par les eaux courantes sans subir d'autre action. Et c'est à juste titre qu'on peut discerner de bas en haut trois zones successives :

1° La partie basse jusqu'à 5, 6 ou 7 m. du niveau de l'eau : dans cette partie les parois sont ce qu'elles sont à l'Aar ou à la Tamina, portant de multiples débris de marmites : c'est la partie récemment formée par le cours d'eau.

2° La partie moyenne représentant d'anciennes marmites mais rabotées par le glacier ; et cette partie moyenne n'existe que par places ; en plusieurs points elle a été démolie, et se confond alors avec la partie supérieure.

3° La partie supérieure où les parois sont beaucoup plus éloignées l'une de l'autre et n'ont que le caractère banal et indistinct des parois écroulées.

Somme toute la gorge du Trient, qui a été au moins en partie creusée par les eaux courantes avant la dernière et définitive disparition des glaces, marque un stade beaucoup plus avancé de l'élargissement et de la démolition progressive du sillon primitif d'érosion ; et comme les parties basses elles-mêmes sont plus élargies, on y peut faire quelques observations de détail que le flot encaissé de la Tamina et de l'Aar ne permet jamais de faire :

Ainsi l'on aperçoit au niveau de l'eau, du côté des parois, de petits seuils qui sont émergés aux basses eaux et qui montrent le travail actuel des tourbillons. Le travail du Trient porte, semble-t-il, sur une étendue un peu moins resserrée : il est moins concentré sur un seul chenal. Et l'on constate que cela s'est reproduit à différents niveaux. En suivant la partie de la galerie qui court le long de la paroi de la rive droite et vers le milieu de la gorge on trouve une marmite de plus de 4 m. de diamètre et qui est tout à fait un type de marmite interrompue ; une saillie conique fait réapparaître la roche au milieu de la marmite, tandis que des débris divers entourent cette saillie, débris terreux recouverts de quelques mousses et de quelques herbes. Bien rares cas d'interruption mais qui prouvent que les tourbillons du torrent se sont légèrement

déplacés en s'approfondissant ; bien faibles et minuscules divagations du principal effort destructeur du cours d'eau, mais qui suffisent cependant à faire ressortir par opposition combien est extraordinaire l'allure presque rectiligne et continuellement resserrée du *grand défilé* de l'Aar : celui-ci, après examen, reste bien le type par excellence.

**Gorges en formation, et spécialement gorges du Trümmelbach ¹⁾
et du Dündenbach ²⁾.**

Il est donc manifeste que ces gorges étroites, où le lit actuel est souvent plus large que le sillon profond déterminé par les deux parois aux grandes empreintes en forme de coquilles, sont dues à l'action des tourbillons.

Il ne suffit pas de constater le fait ; il est curieux de se rendre compte de la marche du phénomène. Or comment l'eau s'y prend-elle pour creuser ainsi sur des longueurs de 30, 50 et 100 mètres et sur des hauteurs de 25 à 30 mètres et plus de longs couloirs faits de marmites superposées et qui se rejoignent pour constituer une seule gorge taillée de la même manière sur toute son étendue ? On devine aisément en effet que si les tourbillons travaillaient davantage en amont qu'en aval ils arriveraient à former un cours souterrain ; et soit que dans la partie d'aval la couverture du cours souterrain subsistât, soit qu'elle s'écroulât, le phénomène serait différent de celui que nous constatons : c'est-à-dire des parois présentant *d'une manière continue* sur plus de 50 m. de longueur et plus de 25 m. de hauteur les vestiges de l'action tourbillonnaire.

Il faut distinguer en effet deux questions : la formation d'un lit de cours d'eau par des marmites successives qui se rejoignent en se trouvant à peu près toutes au même niveau : c'est le cas que représente si bien le lit autrefois souterrain de

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 488 à 1:50000.

²⁾ Atlas Siegfried, même feuille.

la perte du Rhône, un peu en amont de Bellegarde (France) ¹⁾. Le lit avait été formé par la jonction de marmites tourbillonnaires dans une couche de calcaire assez tendre au-dessous d'une couche de calcaire plus dur laquelle était seulement percée de trous circulaires distincts, orifices supérieurs de ces mêmes marmites ; aujourd'hui du reste on a fait sauter sur toute la longueur de l'ancienne perte du Rhône cette couverture de calcaire plus dur ²⁾.

Beaucoup de cours d'eau montrent ainsi un chenal résultant de la jonction de marmites : A. Penck dans sa *Morphologie der Erdoberfläche* ¹⁾ cite des exemples de lits de cours d'eau partiellement formés de la sorte, il renvoie lui-même à un mémoire de Reusch ³⁾ et il donne un croquis typique d'une rivière de Norvège : *Flussbett unweit der Borgundskirche in Lårdalen, Norwegen*.

Enfin si l'on veut bien se reporter à la figure 13 qui représente une petite partie du lit d'un affluent de la rive gauche de la Sarine tout près de Fribourg, on trouvera un type bien caractérisé d'un couloir d'écoulement constitué par des marmites rejointes ⁴⁾.

Encore sur cette figure est-il à remarquer que les marches successives de l'escalier sont très visibles, et ce cas-miniature nous permet de passer tout de suite à des cas qui vont nous conduire à l'explication très claire des grandes gorges proprement dites.

¹⁾ Voir DE LA NOÉ et E. DE MARGERIE, *Les formes du terrain* (Service géographique de l'Armée), Paris Imp. Nat., 1888, 1 vol., *Texte*, in-8 ; et 1 vol., *Planches*, in-8 : voir *Texte*, p. 49-50, et *Planches*, Pl. XVII.

²⁾ La gorge du Chauderon, qui a été creusée par la Baye de Montreux, et qui est toute proche du lac Léman, offre de nombreux exemples de chenaux constitués par la réunion de marmites successives ; on y peut voir aussi comment les marmites contribuent au recul des cascades : une petite cascade, dans la partie inférieure de la gorge, laisse très bien apercevoir les deux systèmes de marmites qui lui ont donné naissance et qui sont encore séparés par une petite protubérance, seul reste d'une ancienne cloison.

³⁾ Voir p. 313 et 314.

⁴⁾ *Jettegryder dannede af Elce in Nyt. Mag. f. naturc.*, 1877.

Parmi toutes les gorges que nous connaissons il en est deux qui nous paraissent représenter d'une manière exceptionnellement saisissante la marche du phénomène que nous cherchons à analyser : la gorge du Trümmelbach et la gorge du Dündenbach.

Ces deux gorges sont assez voisines l'une de l'autre. L'un des deux torrents, le Trümmelbach, descend des glaciers du massif de l'Eiger et de la Jungfrau, et va se jeter dans la Lutschine Blanche, 3 kilomètres en amont de Lauterbrunnen. On sait comment se présente la vallée de Lauterbrunnen ; elle est encaissée entre deux énormes parois calcaires, et c'est bien là que toutes les eaux sont soumises à de brutales ruptures de pente ; sur la rive gauche le Staubbach tombe de si haut qu'il se réduit en poussière avant d'arriver en bas, ainsi que l'indique son nom (Staub, poussière). Et sur la rive droite le Trümmelbach en est à une période plus avancée ; il ne tombe plus du haut de la corniche ; il s'est déjà partiellement encaissé, et la gorge est commencée. Mais c'est encore une gorge à son début, c'est-à-dire une gorge à escaliers ; chaque palier représente une petite gorge en formation, que sont en train d'élaborer les eaux qui tombent en cascade du palier précédent et supérieur. On peut distinguer, dans la partie qui est aménagée pour les visiteurs, 4 grands paliers, que des passerelles ou des ponts permettent d'examiner à loisir ; dans cette gorge qui se fabrique sous nos yeux, pour ainsi dire, on voit très bien comment les paliers reculent peu à peu, laissant béants devant eux des sillons profonds que bordent des parois faites de vestiges de marmites. La fig. 14 est prise du pont n° 3 (le pont inférieur étant le n° 1) et elle est prise vers l'aval ; l'on peut y discerner aisément les éléments d'une gorge qui sera plus tard identique à celle de l'Aar. Et pareillement le long de la chute inférieure près du pont n° 1 s'étagent de grandes marmites très bien formées, aussi énormes que la plupart de celles de l'Aar ou de la Tamina.

Des gorges en formation, analogues à la gorge du Trümmelbach, on en trouve d'autres spécimens dans la vallée même de Lauterbrunnen, par exemple ces deux gorges dont les eaux

rejoignent la Lutschine sur la rive droite et devant lesquelles passe le chemin de fer de montagne qui gravit péniblement la terrasse de Wengen, pour aller ensuite à la Wengernalp et de là à la Petite Scheidegg.

Il est surtout une grande paroi où s'aperçoivent de multiples gorges à marmites à divers degrés de maturité : c'est cette énorme paroi calcaire (Hochgebirgskalk) qui borde au sud le Trümleten Thal et au-dessus de laquelle s'élèvent les trois massifs de la Jungfrau, du Mönch et de l'Eiger : là trois glaciers se développent grandioses, et se terminent tous les trois par plusieurs filets torrentiels qui sculptent la roche ; les eaux torrentielles qui s'échappent surtout de deux d'entre eux, le Giessengletscher et l'Eigergletscher, ont déjà élaboré des portions de gorges du type Trümmelbach, des sillons qui sont en miniature des gorges de l'Aar.

Dans les petites gorges — dites Giesseri sur la carte Siegfried à 1:50000 — et qui sont formées par les eaux échappées du Giessengletscher sur le flanc nord de la Jungfrau, dans ces gorges en formation dont nous avons parlé tout à l'heure à propos du Trümmelbach, on peut noter un cas d'élaboration de deux gorges voisines, à peu près parallèles et destinées à être rejointes, qui doit être rapproché du cas que nous allons examiner, du cas de l'Hexenkessel.

Le Dündenbach est un affluent de la Kien qui est elle-même un affluent de la Kander. Il descend de cet ensemble de massifs qui se rattachent à la Blümlisalp, et pour aller rejoindre la Kien il doit franchir et sauter cette haute falaise calcaire qui entoure de trois côtés la dépression de Tschingel. Il est intéressant de voir comment le Dündenbach est en train de réduire peu à peu cette rupture de pente qui force aussi tant de ruisseaux ses voisins à se précipiter uniquement en cascades. Encore ici on trouve une série de paliers, et à chacun de ces paliers l'eau élabore des marmites dont les traces restent ensuite aux parois. Mais si les parois du Trümmelbach sont mieux conservées, plus typiques et plus parlantes que celles du Dündenbach, on assiste d'une manière beaucoup plus visible dans la gorge en formation du Dündenbach au travail

des tourbillons. La gorge est plus ouverte et mieux éclairée ; on peut gravir les pentes qui avoisinent le torrent, et voir de très près les différents étages. Un des sauts inférieurs du torrent forme une fort belle et grande cascade qui a des traits de ressemblance avec celle de la Handeck sur l'Aar (voir plus haut), et le point le plus important à examiner est précisément le palier d'où part cette cascade. Ce palier est bien entendu loin d'être simple : il a ce caractère de présenter en même temps que des goulets perforés par lesquels l'eau se précipite et tombe, — et à côté de ces goulets, — une immense cuve et deux très belles coupes dans lesquelles s'engouffre une partie des eaux qui viennent du palier supérieur : ces eaux ainsi détournées du goulet qui conduit à la grande cascade se jettent dans ces vraies marmites en cours d'exécution ; l'on voit là comment se transforme leur mouvement de chute verticale en un mouvement de giration ; l'on assiste au tournoiement de l'eau soit dans la grande cuve qui a 8 m. de diamètre, soit dans l'une des deux coupes qui a presque 2 m. de diamètre (l'autre coupe plus petite qui a des formes tout à fait régulières est aujourd'hui ouverte par les eaux et le tourbillon n'y pénètre plus). On contemple en grand et tel qu'il se produit réellement le phénomène qu'imité l'expérience du Gletschergarten de Lucerne dont nous avons parlé plus haut. Nulle part aussi vivement qu'en face de la plus grande de ces cuves je n'ai senti la puissance inexorable de l'eau tournoyant et entraînant avec elle les matériaux qui usent ; le flot du tourbillon est relativement lent, mais majestueux et puissant. Quant à la plus grande des deux coupes dans laquelle pénètrent et agissent sans cesse les eaux furieuses d'un tourbillon, elle a frappé depuis longtemps l'imagination des paysans qui lui ont donné le nom d' « Hexenkessel », « Chaudière de la sorcière » ¹⁾).

Le fait essentiel qu'il importe de retenir après l'examen de cette partie de la gorge du Dündenbach c'est que tandis

¹⁾ Sur la feuille 488 de l'Atlas Siegfried on trouve seulement inscrit le nom (beaucoup plus fréquent dans les gorges alpines) de « Pochtenkessel ».

qu'un cours d'eau torrentiel est dans sa plus grande masse précipité dans un trou profond et forme cascade, il trouve le moyen non seulement de travailler en amont du seuil de chute à creuser son lit et à préparer le recul de la cascade, mais encore de détacher pour ainsi dire une partie de ses eaux sur les flancs de son lit principal, et de les consacrer à l'élaboration de nouvelles marmites : ces marmites en s'écroulant partiellement un jour produiront un élargissement brusque de l'étroit goulet primitif, tout en laissant aux parois nouvelles des traces aussi visibles et aussi parfaites du creusement tourbillonnaire que pouvaient en porter les parois de l'étroit goulet lui-même. Si l'élargissement de la gorge se produisait par le simple effet de la démolition mécanique, par l'écroulement des parois, les traces des marmites disparaîtraient ; il est curieux de constater comment un élargissement partiel peut être produit par l'effet direct des tourbillons : lorsque les cloisons extérieures des marmites auront été emportées et qu'il ne restera plus en présence que les deux parois de la gorge aux formes plus ou moins concaves, qui pourrait dire si ces concavités appartiennent à un seul système de marmites ou à plusieurs ? En plus d'un cas où la gorge, tout en étant très large, porte de part et d'autre ces vestiges des tourbillons, comme il arrive par exemple dans la *Finstere Schlucht* ou dans la *Trockene Schlucht* de la gorge de l'Aar, je crois très satisfaisant pour l'esprit de pouvoir admettre un processus multiple analogue à celui qu'on a la rare occasion d'observer à l'Hexenkessel du Dündenbach.

En tout cas ces deux exemples du Trümmelbach et du Dündenbach nous ont bien fourni tous les éclaircissements que nous souhaitions. Ils sont des types de gorges en voie d'élaboration ; et voilà pourquoi ils nous renseignent si clairement sur les épisodes successifs du creusement, épisodes qui doivent aboutir à la gorge parfaite, telle que celles de l'Aar, de la Tamina ou du Trient.

Autres gorges du versant Nord des Alpes suisses.

Les trois gorges de l'Aar, de la Tamina et du Trient sont donc les trois types les plus parfaits de gorges que nous offrent les vallées du versant Nord des Alpes suisses. A coup sûr il y a bien d'autres gorges analogues, notamment les gorges du Gorner ¹⁾ : dans les gorges creusées par la Viège et qui sont situées un peu amont de Zermatt, les parois schisteuses montrent visiblement du haut en bas les restes des marmites par lesquelles les tourbillons ont témoigné là encore de leur action semblable à celle d'une vrille. Mais, nous croyons pouvoir l'affirmer, aucune autre partie encaissée de vallée n'est plus caractéristique, pour la forme et pour les dimensions, que les gorges de l'Aar, de la Tamina et du Trient.

Après avoir étudié ces trois types, jetons un coup d'œil sur quelques autres cas plus restreints ou plus détériorés, mais dont l'examen critique complètera les données que nous avons recueillies jusqu'ici.

La Reuss dans la première partie de son cours coule comme l'Aar dans une vallée transversale. La vallée actuelle de la Reuss n'a guère dans l'ensemble un profil différent de la vallée de l'ancien glacier. C'est à peine si dans le fond elle a écorné le lit de la vallée glaciaire. Et elle n'a creusé des portions de gorge vraiment profondes que dans les passages où, s'étant éloignée de l'ancien lit du glacier, elle s'est taillé un lit beaucoup plus nouveau ; alors immédiatement les rives de la gorge se redressent, deviennent souvent verticales et dans le fond apparaissent même çà et là quelques marmites.

En dehors de là, on remarque relativement très peu de traces de l'érosion tourbillonnaire. Il faut dire que le granite du Saint-Gothard (protogine) se débite aisément en gros morceaux, en parallélipipèdes, et telle est la seule raison qui puisse expliquer et qui explique en effet que par exemple dans la partie supérieure de la vallée, en amont de Göschenen,

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 535, à 1:50000.

dans la gorge encaissée du Pont du Diable, il y ait sur les parois si peu de marmites tourbillonnaires : c'est à peine si l'on en aperçoit une bien formée dans un bloc homogène en face de la chute du Pont du Diable ¹⁾.

Ce granite est en effet divisé en blocs divers par de grandes fentes verticales qu'on appelle *diaclasses*; A. Daubrée a très longuement disserté de l'influence des joints horizontaux et des diaclases verticales sur les formes de certaines roches superficielles ²⁾; et l'on pourrait répéter tout ce qu'il a dit sur ce sujet à propos des parois des lits de rivières encaissés.

Lorsque la roche se débite en gros blocs selon des fissures naturelles, les marmites sont rares. Ce n'est pas à dire que les tourbillons n'existent pas et ne travaillent pas; mais la roche n'est pas assez longtemps fixe pour que la marmite ait le temps de s'élaborer. Le tourbillon entre en jeu et commence son œuvre; tout à coup une ligne de moindre résistance est atteinte, et un grand pan s'écroule, et toute l'économie du courant tourbillonnaire se déplace, et tout est à recommencer. Ainsi le tourbillon d'eau travaillant en des masses peu cohérentes ou insuffisamment cohérentes pour subir longtemps un pareil rabotage, détermine des écroulements; ces écroulements sont encore l'œuvre du tourbillon en un certain sens; mais il n'y a pas de forme représentant son œuvre propre; il n'a pas produit l'effet normal d'un rabot ou d'une lime qui polit, mais l'effet plus général d'un coup de butoir ou d'un coin.

Les parties encaissées de la vallée de la Reuss sont tout à fait caractéristiques au point de vue de l'effet des diaclases; souvent le lit de la rivière principale ou de ses affluents est bordé de deux parois verticales où se dessinent très nettement les parallépipèdes déterminés par les fentes verticales: tel est l'aspect de la gorge terminale de la Gœschenen-Reuss qui

¹⁾ Il paraît qu'au pied même de la chute, dans le lit de la Reuss, se trouve une énorme marmite; mais lorsque je suis passé au Pont du Diable, les eaux étaient toujours trop fortes pour que je pusse l'observer.

²⁾ A. DAUBRÉE, *Etudes synthétiques de géologie expérimentale*, I, p. 300-373; et ADDITION, II, p. 705-717.

après avoir arrosé le Göschenen-Thal vient rejoindre la Reuss principale à Göschenen même ; tel est encore l'aspect de la gorge grandiose de la Meien-Reuss que traverse plusieurs fois le chemin de fer du Gothard près de Wassen. Et dans les petites gorges de la vallée principale, il en est de même. Je n'ai constaté qu'une exception, une seule bien caractérisée, au défilé connu sous le nom de *Pfaffensprung*, entre Wassen et Gurtellen ¹⁾ ; sur une longueur de quelques dizaines de mètres les tourbillons ont pu former un sillon profond qui ressemble en petit aux défilés de l'Aar ; les formes des parois sont analogues à celles que nous avons décrites, et les parois surplombent le lit actuel de la Reuss. Mais cela est tout à fait localisé ; quelque dix mètres plus loin, en aval du pont de la route, les parois redeviennent banales et verticales, sans aucune trace de marmites. Au Pfaffensprung la masse rocheuse était plus compacte et plus résistante, et elle a pu être marquée pour longtemps de la première empreinte des tourbillons. D'ailleurs d'autres parties des gorges de la vallée ont pu commencer par être semblables au Pfaffensprung ; mais si les diaclases n'ont pas interrompu dès le début la formation des marmites, on comprend qu'elles ont considérablement hâté leur disparition, en facilitant l'écroulement des parois, en accélérant l'élargissement du sillon primitif. Et le rôle des diaclases dans un cas comme dans l'autre explique également ce résultat : le petit nombre de niches et de restes de marmites aux flancs des parois actuelles.

Ce qui s'est passé dans la vallée de la Reuss s'est passé dans le plus grand nombre des gorges, et notamment dans cette gorge célèbre de l'Hinter-Rhein (Rhin postérieur), laquelle est en amont de Thusis et porte le nom bien connu de Via Mala ²⁾. Sur la plus grande partie de la Via Mala, et en particulier dans cette portion inférieure qui va de Rongellen jusqu'à Thusis, il n'y a pour ainsi dire pas de marmites aux

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 394, à 1:50000.

²⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 410, à 1:50000.

parois ; la gorge est un canyon aux parois verticales, creusé dans les schistes des Grisons. Ceux-ci sont aussi traversés par d'immenses diaclases, et à la Via Mala même on voit en plus d'un point d'une manière très manifeste comment ces grandes fentes verticales préparent de formidables et brusques écroulements. — Au-dessus de Rongellen, la gorge est resserrée de nouveau et là où a été jeté le *deuxième pont*, elle devient tout à fait étroite. C'est le point intéressant à examiner. On aperçoit en amont du pont le Rhin couler à 80 m. de profondeur dans un sillon très étroit qui est exactement du type des défilés de la gorge de l'Aar, mais qui n'a guère plus de 40 m. de longueur ; et en aval du pont on voit le Rhin s'engouffrer de nouveau dans un sillon de même nature.

En amont du deuxième pont, on doit remarquer le gros bloc de schiste, recouvert d'herbes et d'arbres, qui s'est exceptionnellement conservé sur la rive droite. Et en face, sur la rive gauche, à la hauteur de la route et près de la route même, on reconnaît les vestiges de deux ou trois grandes marmites sur un éperon qui avance aussi en face du précédent. C'est à ce double éperon conservé que correspond dans le bas le chenal étroit : la démolition générale des parois a épargné ces deux passages, et nous devons à cette circonstance la conservation d'une sorte de document primitif ¹⁾.

Nous pourrions multiplier les exemples ; nous pourrions citer une gorge toute voisine de la Via Mala, ce Schyn, qui porte un nom identique à celui de la Via Mala, « Pass Mal », et au fond duquel coule un affluent du Rhin postérieur, l'Albula ²⁾. La gorge du Schyn est si bien démolie que de grands sapins ont déjà poussé en paquets sur les bords mêmes de l'eau, sur les éboulis accumulés au pied des versants écroulés.

¹⁾ Dans son travail *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein* (Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 25. Lieferung, Bern, 1891), le prof. HEIM étudie la Via Mala (p. 460 et suiv.), et il montre comment le glacier a envahi la gorge au moins jusqu'au niveau de la route, voir même plus bas par endroits.

²⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 410, à 1:50000.

Nous pourrions encore indiquer d'autres cas répondant à des stades plus compliqués. La gorge du Durnant par exemple (le Durnant est le cours d'eau qui sert de chenal d'écoulement au lac de Champey et qui va rejoindre la Dranse de Martigny, affluent du Rhône) est une gorge à étages ¹⁾ ; c'est une gorge du Trümmelbach plus ouverte, plus avancée et à échelons plus distants ; elle se compose d'une série de 15 paliers et de 14 cascades. Elle est creusée dans des schistes qui se désagrègent facilement, et elle est un bon type d'une gorge où les marmites n'ont même pas le temps d'être achevées pour ainsi dire avant d'être détériorées ; il y a en effet peu de marmites bien visibles. Cependant la disposition en escaliers devrait hâter, semble-t-il, la disparition de quelques-uns des nombreux paliers. Mais les eaux roulent de gros blocs de granite qui sont précipités dans les trous commencés à chaque étage, et ces gros blocs au lieu d'aider à la destruction paraissent bien la retarder en remplissant ces trous jusqu'à leur partie supérieure ; ils gorgent pour ainsi dire ces marmites, et les tourbillons ne pouvant plus entraîner cet énorme poids sont réduits sinon à l'inaction du moins à une paralysie partielle.

La gorge de la Lutschine, au pied du glacier inférieur de Grindelwald ²⁾, mérite aussi une visite et un examen : entre le pont à l'amont et la cabane à l'aval, sur un espace de 40 à 45 m., le glacier a moins démoli que dans tout le reste de la gorge ; là les deux parois sont plus rapprochées, elles portent plus de traces de marmites ; par places elles sont du type Aar et Tamina, ou mieux du type Trient, c'est-à-dire avec une démo-

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 526, à 1:50000. — Brève et bonne description du Durnant dans le *Dictionnaire géographique de la Suisse* qui est en cours de publication (sous la direction de CHARLES KNAPP, MAURICE BOREL et V. ATTINGER), voir I, p. 648. Par ailleurs, faut-il écrire Dranse avec un s ou un c ? Nous espérons que ce dictionnaire — vraiment excellent — nous renseignerait d'une manière certaine sur ce point : mais tandis que, dans le texte, on écrit *Dranse*, la carte à 1:250000 de la p. 636 porte partout *Drance*, et le titre de l'article admet les deux orthographes : *Dranse* et *Drance*.

²⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 396, à 1:50000.

lition partielle, une altération des arêtes qu'explique le passage de la glace. Beaucoup de blocs éboulés relient par endroits ces deux parois. En dehors de ce court espace, les parois sont indistinctes et perpendiculaires, présentant seulement de loin en loin une ou deux niches. Au bas de ces parois, il s'est produit moins de démolitions : de là une plus grande fréquence de marmites.

Il faut surtout que ces exemples divers nous permettent de bien comprendre la signification des gorges caractéristiques que nous avons d'abord étudiées.

En somme la marmite est un fait qui ne dépend pas uniquement de l'eau, de la force qui travaille, mais aussi de la roche sur laquelle le travail doit s'opérer. Il est des roches qui ne peuvent pas supporter jusqu'au bout l'action du tourbillon, et tels sont notamment tous les terrains non compacts, terrains d'apport ou d'éboulis.

Un excellent exemple nous est fourni par la Julia, ce petit cours d'eau qui vient du col du Julier et qui va se jeter dans l'Albula. En aval de Molins, la Julia traverse une gorge pittoresque appelée la Rofna ¹⁾ ; toute cette gorge est creusée dans des terrains instables, dans des terrains déposés par les glaciers ou constitués par des roches facilement délitables ; le cours d'eau descend entre des pentes d'éboulis, et il n'y a pas trace de marmites ; ce ne sont pas les tourbillons qui manquent, mais les roches assez compactes et résistantes pour adopter et garder les empreintes des tourbillons.

De même un cours d'eau tel que l'Engstligen, d'Adelboden jusqu'à Frutigen c'est-à-dire jusqu'à son confluent avec la Kander, coule presque constamment dans d'énormes masses de glaciaire ; et ces masses s'éboulent si aisément que les talus raides, rongés encore par les eaux, et souvent marqués des longues balafres claires de glissements et éboulements récents, ne sont point partout recouverts d'herbes ou d'arbres et laissent par place apercevoir la boue et les blocs de la moraine ; il n'y a bien entendu sur ces talus rien qui puisse

¹⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 426, à 1:50000.

porter l'empreinte des tourbillons : mais si par suite d'un phénomène d'épigénie glaciaire il est arrivé comme par exemple un peu en amont de Steg et du pont de fer de la route ¹⁾ que le cours d'eau atteignant la roche sous-jacente, ait dû s'y creuser un lit entièrement nouveau, et que cette roche ait formé une masse assez compacte et cohérente, tout aussitôt les marmites apparaissent : il nous reste même une courte portion de gorge (environ 30 m.) qui est du même type que la gorge de l'Aar : c'est ce que les habitants du pays appellent le *Pochtenkessel* ²⁾ : le *Pochtenkessel* de l'Engstligenthal est exactement par rapport à l'ensemble de la vallée ce qu'est le *Pfaffensprung* par rapport à l'ensemble de la haute vallée de la Reuss. Et ce que nous disons de l'Engstligen, nous pourrions le dire de quelques-uns de ses affluents, et tout spécialement du Tschenten, dont les eaux se précipitent du Gsür, un des sommets de la chaîne du Niesen, et vont rejoindre l'Engstligen sur la rive gauche. Dans son travail d'approfondissement postglaciaire le torrent s'est écarté en un point de son lit antérieur ; et on peut encore observer là un phénomène d'épigénie glaciaire que nous signalons comme l'un des plus manifestes et des plus caractéristiques. Ayant à travailler en pleine roche résistante et compacte, les tourbillons ont laissé la marque encore toute fraîche de leur activité récente : c'est la gorge qu'on appelle *Cholerenschlucht*. Cette petite gorge a ceci d'intéressant qu'on peut aisément en voir l'intérieur et en observer aussi la partie supérieure ; on y constate avec beaucoup plus de facilité ce qui est également visible à la

¹⁾ La route de Frutigen à Adelboden traverse deux fois l'Engstligen, une fois sur un pont de fer et une fois sur un pont de bois ; les deux ponts ont été naturellement placés à des points resserrés de la vallée ; il est à remarquer que ces deux ponts correspondent l'un et l'autre à des phénomènes d'épigénie glaciaire. Au reste ce sont là des coïncidences naturelles, très logiques, et qu'on peut souvent constater : les gorges résultant de l'épigénie sont par définition assez jeunes et le plus souvent étroites ; aussi les a-t-on utilisées pour franchir les cours d'eau. — Le vieux pont de St-Maurice jeté sur le Rhône correspond précisément à la gorge épigénétique.

²⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 463, à 1:50000.

gorge de la Tamina : le sillon supérieur qui représente le premier travail des tourbillons est très étroit ; à la Choleren-schlucht, une partie de l'un des sillons supérieurs ne laisse pas entre les deux lèvres un intervalle de plus de 30 centimètres ; première ouverture qui indique une action très modeste des tourbillons ; puis en approfondissant le sillon, en augmentant la hauteur de chute des eaux, les tourbillons sont devenus de plus en plus puissants ; leur rayon et leurs ambitions se sont accrus à la fois pour ainsi dire ; et les eaux qui pénétraient par la minuscule fente ont été entraînées en d'énormes mouvements de giration qui ont créé en profondeur une gorge grandiose ; cette gorge est par endroits à la Choleren-schlucht trente fois plus large que le sillon conservé à la partie supérieure ¹⁾.

D'autres roches, sans être aussi délitables que la moraine, sont par nature hétérogènes et se prêtent peu à l'élaboration prolongée des marmites ; de cette catégorie est le fameux poudingue (*Nagelfluh*) de la molasse suisse ; on sait que ce poudingue est étonnamment résistant et qu'il constitue des reliefs prononcés tels que le Rigi ; mais il est composé de très nombreux éléments disparates ; aussi dans les gorges creusées dans cette roche voit-on quelques marmites s'amorcer, mais atteindre rarement des formes parfaites et finies, et s'oblitérer souvent en petits chenaux aux parois assez indistinctes jusqu'au moment où les écroulements partiels emportent tous les premiers vestiges des efforts tourbillonnaires ; un des meilleurs types de ces gorges, d'ailleurs moins intéressantes, est la petite gorge de l'Hünibach près de Thoune, gorge dite *Kohleren Schlucht* ²⁾.

¹⁾ Dans un travail tout récent, EMILE CHAIX a justement insisté sur cet évasement des parois vers le bas dans certaines portions de gorges ; voir *Erosion torrentielle post-glaciaire dans quelques vallées* Le Globe (Genève), t. LXI, 1902, *Mémoires*, p. 3 et planche I.

²⁾ Atlas Siegfried, Feuille n° 353, à 1:25000.

En somme le travail du tourbillon est à la genèse de toute gorge profonde entaillée dans une roche résistante ; mais s'il n'apparaît dans les gorges actuelles que d'une manière assez rare et sous des formes fragmentaires, c'est qu'au travail d'approfondissement succède le travail d'élargissement ; de même les eaux pluviales, les eaux ruisselantes et les agents atmosphériques agissent d'une manière continue sur ces parois et en oblitérent de plus en plus les caractères primitifs. Il est donc plus vraisemblable qu'il n'apparaîtrait dès l'abord que toutes les gorges creusées en roche dure ont commencé par être constituées par des chapelets de marmites, et il est très naturel qu'en beaucoup de ces gorges — nécessairement élargies — il ne soit resté que çà et là, aux flancs des parois, quelques lambeaux incomplets de ces excavations éventrées, mais des lambeaux dont les formes en creux et le modelé lisse sont encore si reconnaissables. Il est encore très naturel que tant de gorges creusées dans des roches hétérogènes ou peu résistantes ne présentent pas de formes manifestes de l'action des tourbillons. Et cela ne contredit en rien la part première et essentielle que nous croyons devoir attribuer aux tourbillons dans l'élaboration des gorges par les eaux courantes.