

<b>Zeitschrift:</b>	Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie
<b>Herausgeber:</b>	Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	2 (1901-1902)
<b>Heft:</b>	4: Le travail des eaux courantes : la tactique des tourbillons
<b>Artikel:</b>	Le travail des eaux courantes : la tactique des tourbillons
<b>Autor:</b>	Brunhes, Jean
<b>Kapitel:</b>	III: Résultats généraux des deux séries d'observations précédentes
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-306717">https://doi.org/10.5169/seals-306717</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

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

### III. Résultats généraux des deux séries d'observations précédentes.

La disparition progressive des seuils des cataractes et le creusement des gorges, tels sont bien deux des phénomènes qui révèlent le mieux l'activité puissante des eaux courantes.

En ce qui regarde les gorges, il y a un demi-siècle seulement, on ne pouvait imaginer que les eaux courantes aient pu opérer toutes seules un pareil travail ! et l'on sait qu'on avait imaginé pour les expliquer la théorie des fentes initiales, dite *Spaltentheorie*<sup>1)</sup>. Il est utile de rappeler que même les expériences de laboratoire avaient paru confirmer complètement la théorie des fentes.

A coup sûr ce qu'on appelle la géologie expérimentale a rendu et est appelée à rendre de grands services ; mais il y a toujours tant de différence entre les dimensions des phénomènes produits dans les laboratoires et ceux qui sont produits dans la nature que nous pouvons faire des confusions en interprétant la réalité expérimentale. Un homme tel que M. Daubrée a écrit à la suite de quelques expériences faites : « Quelques-unes des expériences précitées reproduisent en outre, dans leurs détails, la configuration des vallées de *fracture* ou d'écartement. Il est des vallées qui ne sont que des fissures à peine entr'ouvertes comme celles de la Tamina, du Trient ou de la Via Mala, en Suisse ; du Fiers en Savoie ; la perte du Rhône près Bellegarde... »<sup>2)</sup>. Il faut avouer que les exemples

<sup>1)</sup> On trouve l'indication des principaux documents concernant la *Spaltentheorie* dans : A. PENCK, *Die Bildung der Durchbruchthäler*, Wien, 1888 ; et plus récemment dans : M. LUGEON, *Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales* (*Annales de Géogr.*, 15 juillet 1901, p. 296 et 299).

<sup>2)</sup> A. DAUBRÉE, *Etudes synthétiques de Géologie expérimentale* (Paris, Dunod, 1879), I, p. 370. — Il est juste d'ajouter que tout en professant des erreurs aussi nettes que celles que nous citons, DAUBRÉE lui-même avait indiqué quelle prudence on devait apporter à généra-

étaient choisis bien à faux <sup>1)</sup>). Et cela prouve que l'observation précise et minutieuse de ce qui est doit toujours précéder et accompagner l'expérimentation : la meilleure méthode consiste à observer les faits là où dans la nature ils se présentent dans des conditions de simplicité et de netteté telles qu'elles peuvent égaler les conditions qu'on voudrait réaliser dans un laboratoire.

L'idée de la fente initiale ayant donné naissance à la gorge se révèle même dans certains noms courants tels que *Pfaffensprung* (vallée de la Reuss) : *Sprung* est une expression qui s'applique à une faille <sup>2)</sup> et qui implique bien l'idée d'une fracture, d'une cassure.

---

liser les expériences de laboratoire. Voir notamment I, p. 288, 289. — Mais les idées sur les fentes initiales étaient courantes : voici, par exemple, ce que nous lisons encore dans un livre de VIOLET-LE-DUC, qui est aujourd'hui assez oublié et dont les idées excusent l'oubli, mais qui mérite toujours d'être consulté à cause des remarquables figures dessinées par l'auteur lui-même : « Les gorges profondes dans lesquelles passent parfois les torrents, telles que celles du Trient, du Triquent, de la Via Mala, de Dioza, de Notre-Dame de la Gorge, de Bérard, de val Tornanche, etc., et dont ils ont évidemment usé et poli les parois, sont des félures naturelles qui existaient au moment des soulèvements et dont ces torrents ont profité pour s'écouler, mais qu'ils n'ont pas creusées.... L'eau n'a pas fait à travers des roches dures ce trait de scie, et, si elle l'avait fait, elle n'aurait pas laissé pures les arêtes.... La félure primitive donnait toujours une série d'angles rentrants et saillants, et forçait le courant à se porter tantôt sur un bord, tantôt sur l'autre.... » (*Le Massif du Mont-Blanc, étude sur sa constitution géodésique et géologique, sur ses transformations et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers, avec cent vingt figures*, Paris, Baudry, 1876, p. 161, 162 et 163).

<sup>1)</sup> Disons ici que dès 1872, H. GERLACH, qui était un observateur de premier ordre, déclarait sans détour que la gorge du Trient était le résultat de l'action des eaux (*Das Südwestliche Wallis, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz*, 9. Lieferung, Bern, 1872, p. 11). — Le Prof. ALBERT HEIM explique de même la Via Mala (*Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz*, 25. Lieferung, Bern, 1891, p. 460 et suiv.).

<sup>2)</sup> E. DE MARGERIE et A. HEIM. *Les dislocations de l'écorce terrestre. Die Dislocationen der Erdrinde, Essai de définition et de nomenclature, Versuch einer Definition und Bezeichnung*, (Zürich J. Wurster, 1888, in 8°, VIII-154 p.). Voir notamment p. 11 et p. 22.

Or si l'on a cherché si longtemps à expliquer l'origine des gorges étroites et encaissées par des fentes primitives, c'est qu'on n'expliquait pas suffisamment la genèse de ces gorges, et c'est qu'on ne faisait pas assez grande l'intervention des tourbillons. A coup sûr, il y a des roches fissurées par excellence, comme certains calcaires, dans lesquelles tous les phénomènes d'érosion sont dirigés pour ainsi dire par des fentes d'un autre ordre, et nous en parlerons tout à l'heure ; mais ce sont là des cas plus complexes, et qui ne doivent pas être choisis comme spécimens typiques de l'action propre des eaux courantes. Au contraire, pour les gorges de la Reuss, par exemple, la démonstration a été décisive : quand on a fait les tunnels de la ligne du Gothard, on a passé trois ou quatre fois sous la vallée, et on n'a pas trouvé la moindre trace d'une fente, d'une cassure<sup>1)</sup>. — En voyant combien grande est la part des tourbillons, tout s'explique logiquement et aisément.

Il suffira donc de résumer ici quels sont à la suite de cette étude les faits acquis :

Quand l'eau doit emporter un grand seuil très large sur une surface très étendue, et tout aussi bien quand l'eau doit approfondir son cours d'une manière très considérable pour atteindre son profil d'équilibre, — dans l'un et dans l'autre cas et dans tous les cas intermédiaires, — l'eau emploie un moyen de détruire exceptionnellement puissant, à savoir le mouvement de giration, le mouvement tourbillonnaire. Le procédé est général : il est universel. — Nous avons parlé de tactique ; et c'est en effet d'une vraie tactique qu'il s'agit.

Les traces des formes directes engendrées par ces tourbillons sont assez nombreuses ; mais elles sont bien plus rares que les tourbillons eux-mêmes. Les marmites, on les reconnaît souvent ça et là ; mais rares sont les points où l'on peut observer des chapelets continus de marmites dans un même lit, ou des superpositions suivies de marmites sur une même paroi.

---

<sup>1)</sup> Voir SIR JOHN LUBBOCK, *The Scenery of Switzerland*, Londres, Macmillan, 1898, p. 160.

Les tourbillons comme moyen d'attaque de l'eau sont en somme bien plus fréquents que les formes typiques qui résultent de leur action.

D'où vient donc cette contradiction entre la généralité que nous attribuons à l'action des tourbillons et la relative rareté des formes caractéristiques de cette action ?

**A.** Il faut d'abord que la roche sur laquelle s'exerce l'action du tourbillon soit assez compacte, assez homogène et assez résistante pour qu'elle ne cède pas sous la poussée de l'eau avant que le tourbillon ait eu le temps de sculpter la roche selon sa méthode. En beaucoup de points les tourbillons détruisent sans laisser de traces de marmites pour une raison souveraine, c'est que la qualité de la matière sur laquelle ils agissaient ne leur a pas laissé la possibilité d'élaborer des marmites.

Ici devrait se placer tout un examen détaillé des phénomènes révélés par la spéléologie, par la science dont E. A. Martel est le plus actif représentant en France. Il serait inopportun d'introduire ici un aussi long chapitre ; mais nous voulons du moins en noter les idées directrices, pour indiquer exactement quels sont les rapports étroits entre ces études et les nôtres propres.

Quand j'ai visité le gouffre de Padirac, j'ai été très surpris de trouver si peu de traces de marmites. Et de fait les marmites qui se rencontrent en assez grand nombre dans les « couloirs », c'est-à-dire dans les défilés des vallées souterraines, sont en somme rares dans les puits verticaux et dans les grandes salles des cavernes<sup>1)</sup>.

La raison en est que les cavernes se rencontrent le plus souvent dans des calcaires très fissurés : les fentes et les trous sont dans ces roches si nombreux qu'ils imposent des directions à l'eau, et que les moindres actions de l'eau sont suivies d'éboulements et d'écoulements très considérables et très

---

<sup>1)</sup> Voir aussi E. A. MARTEL, *Padirac, Etude d'hydrologie souterraine* in *La Géographie*, I, 1900, p. 365-384.

rapides. Nous n'avons qu'à consulter au hasard un des rapports si intéressants des « campagnes souterraines » de E. A. Martel ; ou bien encore reportons-nous au très beau travail de Félix Mazauric sur *Le Gardon et son canyon inférieur*. Nous y voyons très clairement mis en lumière le rôle des fentes dans la formation des vallées souterraines et par suite des vallées à ciel ouvert qui en résultent <sup>1)</sup>.

Cette étude complète et conscientieuse de Mazauric montre comment les dérivations souterraines arrivent à être la cause d'un canyon à ciel ouvert. Et cette démonstration devait être faite. Elle a été bien faite. Mais il faut toujours distinguer l'action de l'eau dans ces masses où les vides abondent ; là les actions saccadées, intermittentes de l'eau sont encore compliquées par les trous naturels, par les fentes qui portent brusquement et plus loin l'action de l'eau : « La rivière a creusé partout à la fois, dit Mazauric, abandonnant et reprenant

---

<sup>1)</sup> Donnons quelques exemples. E. A. MARTEL écrit : « Il est bien clair que la première cause de la formation de la caverne est la création (comme dans tous les terrains calcaires) d'un réseau de fissures par les dislocations de l'écorce terrestre ; qu'ensuite des eaux sauvages infiltrées, en arrière, dans les fentes ou crevasses superficielles des terrains plus élevés, ont peu à peu agrandi chimiquement et mécaniquement les fissures préexistantes, et créé à la longue un réseau de drainage souterrain, convergeant vers le collecteur unique qui est la sortie de la caverne. » (*La Grotte de la Balme, Isère. Recherches en Suisse et en Savoie. X<sup>me</sup> Campagne souterraine, 1897*, in *Mémoires de la Société de Spéléologie*, N° 19, avril 1899, p. 224) ; il écrit encore un peu plus loin : « Le gouffre des Verts est un simple *aven* d'érosion pratiqué dans une diaclase, du type classique des puits naturels du calcaire » (p. 237) ; « C'est le mode usuel, bien connu maintenant, de circulation des eaux souterraines du calcaire qui descendent de strates en strates, d'un étage horizontal supérieur à un étage horizontal inférieur, par l'intermédiaire des diaclases verticales, recouvrant la stratification et élargies par érosion et corrosion » (p. 244), etc. — Voir aussi comment MAZAUROIC explique la formation de la superbe caverne appelée *Spelunque de Dions* dans son ouvrage, *Le Gardon et son Canyon inférieur* (*Mémoires de la Société de spéléologie*, N° 12, mars-avril 1898), p. 139 et 140. — Il convient de remarquer encore que MARTEL fait beaucoup moins que l'Autrichien KRAUS la part des effondrements, voir *La Spéléologie* (collection Scientia), p. 44 et suiv.

successivement ses anciens lits »<sup>1)</sup>. Et certes Mazauric, pas plus que Martel, ne négligent d'observer les marmites de géants et de leur attribuer une grande importance<sup>2)</sup>. Mais encore une fois ils se trouvent dans des conditions exceptionnelles ; ils sont en face de roches sur lesquelles les actions chimiques sont extraordinairement énergiques et les actions mécaniques accélérées par des prédispositions physiques. L'action de l'eau est là trop rapide et trop variée pour qu'on puisse avec autant d'autorité que dans les cas que nous avons étudiés, observer la part primordiale qui revient aux tourbillons. Si donc les spéléologues n'ont pas accordé une influence première aussi grande que nous aux tourbillons, c'est qu'ils ne devaient pas la leur accorder, étant donné le théâtre spécial de leurs observations : néanmoins, leurs conclusions générales s'accordent très naturellement avec les nôtres.

**B.** En second lieu les tourbillons ne sont pas toujours aussi actifs qu'ils pourraient l'être pour deux causes opposées :

*a)* tantôt ils n'ont pas assez d'instruments à leur disposition, ils n'ont pas des éléments susceptibles de travailler sous leur impulsion et l'on pourrait dire à leur guise : il leur manque en particulier les grains de sable, ces outils par excellence. Pourquoi au contraire les formes de marmites que

---

<sup>1)</sup> P. 102.

<sup>2)</sup> Voir MAZAURIC, ouvr. cité, p. 140, 141. De même E. A. Martel et G. Gaupillat disent : « Beaucoup d'avens se composent d'une superposition de puits ovales, en forme de bouteilles aplatis, réunis par des couloirs courts et horizontaux. Ces puits multiples (il y en a cinq à Tabourel) sont de vraies *marmites de géants*. Dès qu'une fissure horizontale fournissait à l'eau un échappement latéral, elle forait un couloir jusqu'à la prochaine fracture verticale ; puis celle-ci devenait à son tour le goulot d'une nouvelle bouteille inférieure et ainsi de suite (Hures, Bessoles, Baumes-chaudes, Combelongue, la Bresse, Tabourel). » (*Sur l'exploration et la formation des Avens des Causses*, in *C. R. Acad. Sc.*, 14 oct. 1889, p. 2). Voir surtout E. A. MARTEL, *Sur les récentes explorations souterraines et les progrès de la Spéléologie*, in *Congrès géologique international, Comptes rendus de la VIII<sup>me</sup> session, en France* (Paris, 1901), p. 408 ; et *La Spéléologie* (collection Scientia), p. 39 et 40.

nous avons observées dans ce terrain de la Suisse qu'on appelle « molasse » sont-elles si parfaites ? Sans aucun doute, parce que l'usure de la molasse elle-même donne du sable, c'est-à-dire l'instrument par excellence : ainsi le moindre torrent coulant sur la molasse se trouve toujours bien outillé. Il est aussi bien outillé que le Nil à la première cataracte ; et cet unique instrument des tourbillons du Nil lui suffit pareillement. Les cascades qui tombent sur des surfaces à pente très raide ne retiennent pas les grains de sable ; elles ont une force énorme, mais elles n'ont pas d'instruments, et elles produisent moins de travail à leur pied qu'un petit torrent qui est abondamment pourvu de sable.

b) Tantôt ils sont obstrués, arrêtés ou même éteints par de gros matériaux qui sont plus ou moins brusquement jetés dans les trous qu'ils commençaient à creuser ; l'outil dans ce cas est trop grossier pour l'ouvrier d'art qu'est le tourbillon ; et l'outil est aussi trop lourd : le tourbillon reste impuissant ou à peu près.

Et l'on peut ici se demander si l'action des eaux qui coulent sous les glaciers n'est pas souvent réduite et interrompue par les énormes masses que les glaciers charrient. Cela nous expliquerait du même coup pour quelles raisons sur le parcours des anciens lits glaciaires nous retrouvons tant de grandes marmites bien conservées ; elles ont été conservées parce qu'elles ont été comblées par les amas de la moraine de fond. — Par là nous touchons à l'une des questions les plus importantes qui peuvent être rattachées à notre étude. Nous réservons ce sujet pour un autre mémoire. Qu'il nous suffise de rappeler une dernière fois que même les marmites dites glaciaires, les « Gletschermühlen », ne sont pas l'œuvre de la glace, mais des eaux torrentielles qui coulent sous la glace <sup>1)</sup>.

On discute beaucoup sur les effets véritables de l'érosion fluviale et de l'érosion glaciaire. Peut-être la question serait-elle éclaircie si l'on savait exactement *comment* le glacier

---

<sup>1)</sup> Voir par exemple A. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, 4<sup>e</sup> édit., *Phénomènes actuels*, p. 290.

creuse<sup>1</sup>). C'est par des études de cet ordre qu'on pourra parvenir à résoudre définitivement le problème. Quant aux formes de marmites, sous les glaciers aussi bien que dans les lits fluviaux, elles sont toujours dues aux eaux courantes. Ne serait-il pas important de convenir que si les glaciers ont une action puissante de creusement, ils le doivent surtout aux eaux courantes que produit sans cesse sur leur fond la fonte de la glace?

**C.** En troisième lieu le tourbillon étant un ouvrier très actif tend toujours à détruire son œuvre précisément parce qu'il la continue : l'eau use sans cesse du mouvement de giration, elle élabore une marmite, puis une autre, puis elle les entrouvre, puis elle les relie, puis elle en crée d'autres, puis les tourbillons se déplacent et se remplacent, puis de nouvelles formes sont élaborées qui compromettent ou détruisent l'intégrité parfaite des premières ; bref, le lit d'un cours d'eau qui travaille est un atelier de forage incessant : ce n'est pas un musée où les choses se conservent sans changement. Ainsi les formes des marmites s'oblitèrent nécessairement parce que d'autres tourbillons entreprennent toujours d'autres marmites. Bien plus, nous l'avons dit, lorsque les eaux courantes poursuivent leur travail de creusement et d'élargissement, les parois, qui portaient primitivement les vestiges des marmites, s'écroulent et disparaissent. Toute trace de marmite doit être finalement emportée par les eaux courantes, si celles-ci continuent à creuser. Et nous arrivons à cette conclusion étrange :

---

<sup>1</sup>) Il conviendrait de développer par des observations complémentaires et nouvelles le paragraphe très remarquable mais un peu trop bref du *Handbuch der Gletscherkunde* d'A. HEIM, Abschnitt VII, E, 3, b), § 3, *Bacherosion der Gletschern*. Il conviendrait surtout d'imiter et de poursuivre des explorations, bien dangereuses mais très fécondes, telles que celle de H. VALLOT sous la Mer de glace, voir ci-dessus la note 3 des p. 165 et 166. — A noter ici le curieux et suggestif article où ROB. SIEGER a établi un parallélisme entre les phénomènes qui se produisent dans les glaciers et ceux qui appartiennent aux roches fissurées : *Die Karstformen der Gletscher* (*Geographische Zeitschrift*, 1, 1895, p. 182-204). — Il faudrait suivre, si c'était possible, les eaux des glaciers jusque dans leurs actions sur le fond du lit glaciaire.

le meilleur témoignage en faveur de l'efficacité irrésistible de l'œuvre effectuée par les tourbillons est précisément la rareté ou même l'absence complète de marmites sur les flancs de la plupart des vallées.

Ainsi les marmites sont vouées à la disparition ; elles ne peuvent se rencontrer que dans des cas exceptionnels, et même dans ces cas exceptionnels elles ne se conservent que peu de temps. — Du moins des cas exceptionnels, comme ceux que nous avons exposés, doivent être pour nous des cas révélateurs ; ils révèlent tout ce que font les tourbillons ; ils nous autorisent, ils nous obligent même à attribuer à l'eau en giration le rôle extraordinaire qui lui revient dans la genèse non seulement des *gorges*, mais d'une manière plus générale dans la genèse des *vallées*.

En somme, c'est le procédé le plus actif. C'est de cette manière que l'eau fait le gros ouvrage, emporte les principaux obstacles, attaque les roches les plus dures. Rien n'est comparable à cette action. Et l'on comprend maintenant quelle signification on est en droit de donner à des faits tels que l'Ilot des Marmites ou que les gorges de l'Aar, de la Tamina et du Trient. Ce sont des documents peu nombreux, mais qui ne peuvent être que peu nombreux. Ils sont comme des types exceptionnellement subsistants d'une espèce en général disparue. Et comme nous le disions dans une *Note* à propos de ces gorges : « Elles n'ont pas la simple valeur de faits locaux, dus à des causes particulières : activité locale des tourbillons, dureté spéciale de la roche. Elles représentent un stade général et précis de la formation des vallées encaissées. Au lieu d'être regardées comme des faits exceptionnels, elles doivent être regardées comme des faits *normaux*, *exceptionnellement conservés* »<sup>1)</sup>.

Quel que soit le nombre relativement faible et quelle que soit l'exiguité relative de ces faits, il nous est donc permis

<sup>1)</sup> *Sur un principe de classification rationnelle des gorges creusées par les cours d'eau*, in *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXXIV, 20 mai 1902, p. 1161.

d'en tirer quelques conséquences plus générales. Car les observations que nous avons faites à Assouan et dans les vallées suisses ont encore une certaine portée en ce qui concerne les conceptions d'ensemble sur la formation des vallées.

On a dit que les couches dans lesquelles se sont établies ces vallées profondes qu'on appelle des canyons ont été progressivement et régulièrement creusées par les eaux courantes, comme est traversée par la scie une masse de pierre ou de bois qu'on présente successivement aux dents de cette scie. C'est là une comparaison suggestive et élégante qui fait mieux comprendre le résultat final que les péripéties du travail successif ; si l'on disait : « tout se passe comme si..., etc » la comparaison serait plus juste. Au reste dans le cas de soulèvements très lents et progressifs la comparaison peut être regardée comme plus exacte ; mais ce n'est pas le cas ordinaire. Les forces naturelles qui agissent en un sens avec une si grande régularité, ne produisent pas des effets aussi uniformes ni aussi uniformément progressifs <sup>1)</sup>.

De même les expériences qui font très bien comprendre que l'érosion est régressive, et que tout le profil d'équilibre s'établit en rapport avec le niveau de base, et que l'approfondissement se produit avant l'élargissement de la vallée <sup>2)</sup>, ont

<sup>1)</sup> E. A. MARTEL, de son côté, et pour ses études propres, arrive à une conclusion tout à fait analogue à la mienne : « Quelque restriction en effet qu'il faille apporter à la généralisation à outrance de la théorie des effondrements intérieurs, il faut cependant encore reconnaître que diverses localités montrent l'énorme influence qu'ils ont exercée parfois sur la surface du sol. Il y a des cas où la propagation des effondrements successifs au-dessus du cours d'une rivière souterraine a pu arriver jusqu'au creusement d'une véritable vallée ; pour les étroits canyons sinuueusement creusés dans la masse des régions calcaires, il est probable que la première phase de la formation n'a pas consisté dans le simple sciage vertical par des rivières creusant leur lit de plus en plus, mais bien dans le développement, puis l'écoulement des cavernes... écroulements qui ont tracé le sillon originale, l'amorce des canyons actuels. » E. A. MARTEL, *La Spéléologie ou Science des cavernes*, dans la collection *Scientia*, Paris, Carré et Naud, 1900, p. 51.

<sup>2)</sup> Voir DE LA NOË et DE MARGERIE, *Les formes du terrain*, Texte, p. 22 et suiv.

cependant l'inconvénient de donner une idée trop simple du processus suivi ; ce profil d'équilibre est une limite vers laquelle tend le cours d'eau, et l'expérience et la réalité ne sont guère comparables que lorsque le cours d'eau, tout à fait *adulte*, approche du moment où son profil d'équilibre est régulièrement établi : mais avant d'atteindre cette limite, que d'actions diverses ! que de zigs-zags dans le détail aboutissent à cette courbe assez régulière dans son ensemble, au « profil d'équilibre » ! En réalité le lit d'un cours d'eau qui creuse sa vallée se décompose en une série de fractions ; chaque obstacle d'arrêt qui détermine en amont une zone de dépôt constitue un petit niveau de base, qui durera parfois longtemps, et tout le cours d'amont pourtant n'aura une action érosive et régressive qu'en rapport avec ce niveau de base temporaire. En second lieu comment disparaîtra cet obstacle, comment sera-t-il enlevé ? Non pas par un travail régulier, mais par un travail pour ainsi dire saccadé et qui n'a aucun rapport avec cette espèce de sciage progressif qu'imagine la comparaison plus haut signalée.

Le travail de creusement d'une vallée se produit en effet par saccades ; il y a des points où l'eau travaille, et d'autres où elle dort. C'est donc une série discontinue de laboratoires qui constitue le théâtre de l'activité réelle de l'eau, celui où elle travaille à ramener tous les points de son lit à cette courbe théorique qu'on appelle le profil d'équilibre. Le travail ne s'opère pas tout le long de la vallée ; mais le long de la vallée se trouvent disséminés de véritables chantiers où l'eau s'attaque à la roche.

On connaît les canyons classiques des gorges du Tarn ; lorsqu'on les descend sur les barques qui font le trajet de Ste-Enimie au Rozier, on est frappé de la succession des *rapides* appelés dans la langue du pays les *ratch* ou *rayols*, et des espèces de grands lacs calmes appelés *planiols* (plaines d'eau) et où l'eau semble stagnante. Au Tarn l'opposition est plus forte, plus saisissante que dans bien d'autres cours d'eau. Mais telle est bien l'allure de toutes les rivières qui ne sont pas de très vieilles rivières et particulièrement de toutes les

rivières alpines : à des rapides plus ou moins violents succèdent des parties où le cours est encore rapide, mais qui sont, par rapport aux fractions du cours correspondant aux gorges, de véritables *planiols*.

Et si au lieu de considérer uniquement le *lit* d'un cours d'eau nous considérons la *vallée*, c'est-à-dire ce sillon qui résulte de l'action passée et prolongée du cours d'eau, et qui porte plus ou moins visibles les traces de son histoire, nous lirons dans les vallées alpines d'une manière éclatante que le fleuve a procédé de la sorte, tantôt s'étalant en grandes nappes, tantôt s'encaissant et se précipitant en un lit étroit et rapide ; ici ce sont ces grands bassins ouverts des vallées alpines qui sont situés en amont des gorges et qui correspondent à ces terrasses, à ces amas de dépôts que les eaux accumulaient dans le repos, en attendant que la brèche qui s'ouvrirait en aval fût assez profonde pour qu'elles pussent s'écouler.

C'est donc une idée purement théorique que celle qui nous fait représenter d'une manière continue la courbe d'un cours d'eau ; ce n'est pas une courbe continue, c'est une ligne brisée qui doit représenter le profil des cours d'eau jeunes comme les cours d'eau alpins. De la représentation théorique et conventionnelle pourraient naître quelques conceptions erronées.

Il faut aussi considérer ce qu'est la vallée en plan avec ses élargissements et ses rétrécissements successifs. On pourrait presque dire qu'ainsi vue en plan dans sa réalité une vallée nous présente une série de noeuds et de ventres : c'est là encore une comparaison théorique et dont il ne faut pas être dupe ; mais il convient d'insister sur ce caractère discontinu des vallées.

Au point de vue de l'activité humaine, les gorges resserrées comme le Schyn (Albula), la Via Mala (Rhin), la Tine (Sarine), ont été longtemps des barrières plus infranchissables pour les hommes que des crêtes élevées et des cols difficiles. Ainsi se sont trouvés isolés du bas de la vallée les habitants des hautes vallées<sup>1)</sup>. Dans la vallée de la Viège, une route était

<sup>1)</sup> Voir les exemples cités dans PAUL GIRARDIN, *Des conditions de*

construite au-delà de St-Nicolas, et une autre, bien entendu, dans la partie basse, et ces deux tronçons de route n'étaient raccordés que par un sentier muletier. Aujourd'hui où les chemins de fer remontent les grandes vallées en se souciant peu des gorges, nous ne comprenons pas assez ce qu'ont été la gorge vraie ou le vrai canyon dans les pays de hautes montagnes. Les gens de deux hautes vallées accolées à un même massif communiquaient plus facilement par les hauts passages qu'elles ne communiquaient avec les pays d'en bas.

L'on ne saurait trop recommander pour mettre en lumière la phisionomie discontinue des vallées le procédé très simple et très expressif qu'emploie Hans Ravenstein dans ses cartes des Alpes suisses et autrichiennes à 1:250000<sup>1)</sup> : il figure en vert les parties plates à quelque niveau qu'elles se trouvent, et si l'on suit sur cette carte des vallées alpines comme celles de la Kander, de la Simme ou de la Sarine, on voit de petites taches vertes discontinues s'échelonner jusque près des sources : ce sont les plaines d'épanouissement séparées par les rétrécissements, et ce sont les principaux points d'établissement et de concentration des hommes.

Nous sommes finalement conduits à une conclusion tout à fait conforme à celle que nous avions tirée de nos premières observations sur les marmites du barrage de la Maigrauge et que nous avons rappelées dans les premières pages du présent mémoire : L'eau exécute un travail considérable sur un point déterminé durant un temps très court<sup>2)</sup> ; puis elle se

---

*la vie dans les hautes vallées alpestres à l'altitude de 800 mètres dans le Bulletin de l'Association des anciennes élèves de Fontenay-aux-Roses, 1901.*

<sup>1)</sup> *Karte der Schweizer Alpen in 2 Blatt, et Karte der Ost-Alpen in 9 Blatt*, Verlag von Ludwig Ravenstein, Francfort-sur-le-Main.

<sup>2)</sup> A l'appui des mêmes considérations, on pourrait encore signaler les faits consignés dans le mémoire de B. Doss, *Ueber einen bemerkenswerthen Fall von Erosion durch Stauhochwasser bei Schmarden in Kurland* (Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 54. Bd., 1902, p. 1-23). On en trouvera le résumé dans le Mouvement géographique de *La Géographie* (Paris), n° du 15 décembre 1902.

repose pour ainsi dire et va reprendre en un autre point son travail violent, vainqueur, irrésistible. Les actions de l'eau comme force naturelle ne sont donc régulières et semblables à elles-mêmes, ni sur un grand espace, ni durant un long intervalle de temps. — L'étude des tourbillons ne révèle pas seulement l'une des plus intéressantes péripéties du travail des eaux courantes ; mais l'examen détaillé de ce mécanisme élémentaire nous renseigne encore sur la marche générale de l'œuvre destructrice qui est opérée par les eaux courantes.