

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	54 (1921-1922)
<b>Heft:</b>	206
<b>Artikel:</b>	Sur le balancement superficiel des couches et sur les erreurs que ce phénomène peut faire commettre
<b>Autor:</b>	Lugeon, Maurice / Oulianoff, Nicolas
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-270932">https://doi.org/10.5169/seals-270932</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:** 29.01.2026

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

**Sur le balancement superficiel des couches et sur les erreurs que ce phénomène peut faire commettre.**

PAR

**Maurice LUGEON et Nicolas OULIANOFF.**

---

Sur les versants, au voisinage du sol, quand les couches ont une direction parallèle ou sensiblement parallèle à la surface topographique, elles prennent des inclinaisons anormales. Sont-elles fortement redressées qu'elles se couchent, sont-elles horizontales qu'elles plongent vers l'extérieur du versant.

C'est là un phénomène bien connu ; c'est ce que les géologues allemands désignent par l'expression de *Hakenverwerfung* ; c'est ce que Pervinquière<sup>1</sup>, le traducteur et annotateur du traité de Rinne, a désigné par les mots de *disposition en crochet*. C'est ce que, dans nos conversations, nous appelions, Marcel Bertrand et l'un d'entre nous, *balancement superficiel* ; c'est ce que l'un d'entre nous a parfois désigné dans ses leçons sous l'expression de *fauchage*.

Ce phénomène est dû aux multiples actions de la métasomatose et à la gravité. Son ampleur est fort variable, car elle dépend encore de la pente du versant, de l'âge de ce versant et de la constitution des roches, mais aucune ne fait exception, pas même le granit.

Malgré que ce fait soit bien connu, il occasionne encore très souvent des erreurs, soit de la part des techniciens, des ingénieurs civils dans le cas particulier, soit même aussi de la part des géologues.

Lorsqu'on ascensionne un versant, les affleurements rencontrés semblent présenter si bien un plongement normal que ce pendage n'est pas discuté. Toutefois, si l'observateur, au lieu de gravir la colline ou la montagne en suivant la surface du versant, suit le sillon d'un ruisseau, un couloir ou n'importe quelle entaille, il aura chance de s'apercevoir, si le sillon est assez profond, que les couches y plongent autrement que sur le versant parallèle à la vallée. Si les couches

<sup>1</sup> RINNE, *Etude pratique des roches*, 2<sup>me</sup> édition, 1912, p. 70. Paris, J. Lamane.

pendent normalement vers l'intérieur du versant, elles pourront, sur le coteau, devenir horizontales ou même plonger vers l'extérieur de la montagne. Le « crochet » sera ici une « fauille ».

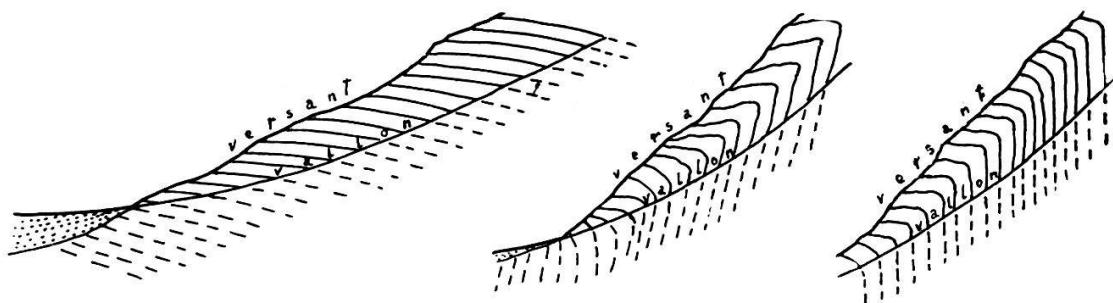


FIG. 1. — Trois exemples schématiques du balancement des couches dans un versant.

Dans certains cas, lorsque les couches balancées le sont sur une forte épaisseur, peut-être ne trouvera-t-on pas de sillons assez profonds pour pénétrer dans le versant jusqu'à la roche en position normale, et il semblerait alors que l'on ne puisse trouver un critère qui tire l'observateur de l'embarras.

Ce critère existe cependant. En effet, les couches balancées, n'étant pas soumises à une compression suffisante, sont toujours plus ou moins disloquées. Il n'existe pas un parallélisme parfait entre les bancs. On voit, par exemple, lorsque le fauchage a amené l'ensemble des couches au voisinage de l'horizontale, que des bancs sont localement inclinés dans un sens ou dans l'autre. Puis les couches sont fracturées, tronçonnées. Bref, quand le phénomène a été expliqué, compris et vu, un géologue se trompera plus difficilement.

Le phénomène, avons-nous dit, dépend d'une série de facteurs qui déterminent son ampleur. Nous connaissons des exemples dans les Alpes où l'épaisseur de la zone balancée mesure plus de 50 mètres, valeur prise normalement au versant. C'est-à-dire que si le versant n'est pas entaillé par un vallon dont la profondeur dépasse ce chiffre on ne saura voir la roche en situation normale.

\* \* \*

Ce balancement superficiel des couches peut donner lieu parfois à d'importants tassements, même avec rupture déterminant des glissements sur les versants.

En effet, le lieu de fléchissement maximum des bancs peut former un plan plus ou moins régulier et plus ou moins parallèle à la surface du versant.

Si la roche est peu élastique, c'est-à-dire peu argileuse, il y a

rupture le long du plan de fléchissement maximum. L'eau qui s'infiltre aisément dans la zone infléchie se collecte sur le plan de rupture et un beau jour la surface du versant se décolle et glisse.

Nous avons eu l'occasion de voir dans le val d'Illiez, en Suisse, un glissement d'une zone fauchée ; dans le plan de rupture le passage de l'eau criminelle était accusé par des dépôts de calcite.

Parfois, le poids seul suffit, surtout si le pied du versant est attaqué par un torrent. Tel fut le cas d'un écroulement qui se produisit il y a quelques années dans les schistes cristallins du val de Bagne.

Nous connaissons d'autres exemples. Ainsi une grosse conduite d'eau qui alimente Lausanne et qui traverse en siphon la Baie (torrent) de Clarens se rompait fréquemment. Elle était pourtant fixée sur des piliers en béton, mais ces piliers étaient fondés dans la zone balancée des schistes du Flysch. Les ruptures répétées démontrent qu'il y avait un mouvement lent et continu. Sitôt que l'on eût fondé les piliers sur la zone saine des couches, avec une épaisseur suffisante pour éviter le cisaillement, tout est rentré dans l'ordre et la conduite ne s'est plus rompue.

Combien n'existe-t-il pas de tunnels, tracés trop près de la surface du sol, qui soient victimes de ce phénomène de lent déplacement ?

Plusieurs fois, l'un d'entre nous a conseillé aux constructeurs de galeries pour dérivation d'eau de ne pas trop économiser sur la longueur des « fenêtres » (ainsi qu'on le fit trop au début de la période de construction des centrales électriques) afin d'éviter cette zone de fauchage et de placer la galerie dans la roche non ébranlée.

Des affaissements qui se produisent sur certaines routes de montagne, sur des tracés de voies ferrées, sont souvent dus à ce phénomène du crochet. L'un des plus beaux exemples que nous puissions citer a eu comme théâtre la ligne du chemin de fer de Monthey à Champéry (Valais). Pourtant, la voie, en profil mixte, touchait du côté montagne les schistes du Flysch qui paraissaient bien en place. Et un jour vint où ce Flysch fauché se mit à descendre. Il fallut riper le tracé du côté montagne afin de fixer la voie sur la roche saine et, sur une section où cet enfoncement n'était pas possible, fixer la voie sur des piliers.

Ces exemples suffisent pour montrer le rôle considérable joué par le balancement des couches lorsque ce phénomène, par sa sournoiserie, vient accabler d'ennuis les ingénieurs.

Voyons les géologues.

Ils sont, eux aussi, victimes, et chaque géologue peut l'être, tant ce fauchage met souvent de soin à cacher son existence.

L'une des erreurs que nous prendrons comme type d'examen, à cause des conséquences théoriques auxquelles elle entraîna son auteur, a été commise dernièrement par un observateur des plus distingués. Il nous excusera sans doute de prendre son travail comme exemple, puisqu'il ne s'agit ici que d'attirer l'attention sur les erreurs semblables que nous pourrions tous commettre un jour ou l'autre, en somme nous mettre en garde.

Il existe un pli célèbre dans les Alpes, c'est le fameux synclinal de Chamonix dont parle déjà si longuement Alphonse Favre et dont la description a été reprise dernièrement très en détail par Ed. Paréjas et confirmée par L.-W. Collet<sup>1</sup>.

En général, dans les plis très pincés des Alpes, les couches plongent vers l'intérieur de la chaîne, si elles ne sont pas verticales.

Lorsqu'on étudie le synclinal de Chamonix dans la vallée transversale du Rhône, à la Bâthiaz près de Martigny, les couches y présentent en effet leur plongement normal. Nous nous trouvons là dans le cas du sillon qui coupe le versant selon sa ligne de plus grande pente. Et ce sillon est particulièrement profond. On y voit les couches à peu près verticales.

De cette belle vallée transversale, si nous cheminons du côté du col de la Forclaz, nous nous engageons dans les flancs d'une vallée longitudinale, sur un versant parallèle à la direction des couches, disposé en conséquence pour le phénomène du balancement, et d'autant plus favorablement qu'il s'agit d'un versant très escarpé, humidifié par l'eau de ruissellement, un versant relativement vieux.

En cheminant quelque peu de la vallée du Rhône vers le col de la Forclaz, on voit les couches, tout d'abord en plongement normal, très redressées, incliner par place leur tête vers la vallée. C'est l'annonciation, si nous pouvons dire, du phénomène qui va prendre bientôt. une énorme importance.

En effet, dans le bas de la vallée qui mène au col de la Forclaz,

<sup>1</sup> Ed. PARÉJAS. L'influence de la forme du rebord hercynien des Aiguilles Rouges-Arpille sur la tectonique du synclinal de Chamonix (C. R. des séances, *Soc. phys. et hist. nat. de Genève*, vol. 38, № 1, janvier-mars 1921).

Ed. PARÉJAS. Sur le Trias de la bordure nord-ouest de la zone de Chamonix (*Id.*, vol. 38, № 2, avril-juillet 1921).

Ed. PARÉJAS. La vallée de Chamonix. Esquisse géologique (*Echo des Alpes, Genève*, № 7, 1921).

L.-W. COLLET. La chaîne Jungfrau-Mönch-Eiger du point de vue géologique (*Echo des Alpes, Genève*, № 10, 1921).

entre les Rappes et le hameau de la Fontaine, dans tous les affleurements sans exception, toutes les couches qui percent les éboulis présentent des inclinaisons inversées, mais irrégulières, variant entre 30 et 50° NW, au lieu de leur plongement normal de 70 à 90° SE. Et ces couches inversées sont brisées, disjointes, tronçonnées.

Nous croyons qu'il est difficile de trouver un meilleur exemple de tête d'affleurement de couches balancées. Il est à noter que ces têtes fauchées affleurent ici exclusivement sur de petites croupes entre des sillons remplis d'éboulis ; et ce voile de matériaux ébouleux empêche de voir les couches sédimentaires mésozoïques en position normale. La nature avait admirablement tendu son piège et pourtant, plus farceuse que méchante, elle avait laissé de quoi se sortir d'affaire par la visibilité éclatante du tronçonnement des bancs.

Plus en amont, vers le col de la Forclaz, tout rentre dans l'ordre. L'arête du col est en effet taillée transversalement à la direction des couches. Les différentes assises qui constituent le synclinal sédimentaire de Chamonix continuent, entre la Forclaz et le col de Balme, à se conduire normalement. Il en est de même jusqu'aux chalets de Balme, parce que nous nous trouvons ici sur un versant couché.

Mais, par malheur pour le synclinal et pour le géologue, le pli entre, à quelque distance de ce groupe de chalets, dans le versant debout, très incliné, de la haute vallée de l'Arve.

Rien ne peut être mieux disposé pour démontrer péremptoirement le phénomène du crochet.

A l'endroit même où les couches permianes et mesozoïques passent du versant couché dans le versant debout, leur inclinaison change. Elles se renversent sur elles-mêmes pour ainsi dire, et, dès lors, jusqu'au village du Tour et au delà, plus loin qu'Argentière, elles ne montrent que la région balancée et rien d'autre. Ici, l'épaisseur de la zone fauchée est considérable et, malgré la profondeur des ravins, on ne voit pas, du moins dans ceux où nous avons pénétré, les couches en position normale. Mais partout l'examen, même très rapide des bancs, accuse le balancement. Par exemple, si, près du hameau de Montroc, non loin de l'entrée du tunnel des Montets, nous pénétrons dans un ravin très incliné, le Permien que l'on y voit présente une variation constante d'inclinaison, tantôt horizontale, 15° au NW, à quelques mètres plus haut, 19° un peu plus loin, etc. En outre, partout les couches se montrent rompues, tronçonnées.

Et du reste quand, placé à la gare de Montroc-Planet, on contem-

ple la montagne qui surmonte Argentière, on voit que toute la masse des couches qui forme le flanc de la montagne s'est, sur plusieurs centaines de mètres, affaissée sur elle-même. Et voilà pourquoi on constate partout ces plongements anormaux. Veut-on en avoir le cœur net? Si de ce ravin que nous citons plus haut on se dirige vers le col des Montets, on atteint les roches cristallines, ici coupées transversalement à leur direction. Alors, plus trace de plongement anormal, selon la règle qui veut, parce que cela n'est mécaniquement pas possible, que le fauchage ne puisse exister dans les versants transversaux aux couches.

\* \* \*

Les erreurs d'observation faites par notre confrère n'auraient pas de conséquences graves s'il n'avait pas, de ces plongements mal interprétés, déduit des conclusions d'une haute portée pour la tectonique alpine, conclusions contre lesquelles nous sommes obligés de nous éléver pour qu'elles ne subsistent pas comme fait acquis, ce qui pourrait entraîner d'autres vues erronées.

Nous tenons à dire que, à part l'erreur d'interprétation immédiate, il y avait dans ces observations un fait qui paraissait appuyer la manière de voir de Ed. Paréjas. Chaque fois que les couches présentent un plongement anormal, le Trias du flanc occidental du synclinal de Chamonix disparaît. Il y a laminage d'un certain nombre de couches. Cette disparition s'explique par trois possibilités. Ou bien le Trias n'existe pas originellement dans ces régions à *Hakenverwerfung*, ou bien le glissement dû au fauchage l'a fait disparaître, ou encore la présence du Trias jouant le rôle d'un drainage, les couches s'appuyant sur lui, moins humidifiées, n'ont pas eu la même aisance à s'incurver en crochet. Peu importe du reste, le fait brutal est là ; les plongements anormaux, et toujours localisés, sont dus au balancement superficiel des couches.

Voici l'hypothèse. Ed. Paréjas admet que, lors de la poussée alpine, lors de la phase insubrienne, le massif des Aiguilles Rouges aurait, localement, faiblement résisté et se serait écrasé en profondeur, se disposant en éventail.

Un fait aurait dû attirer toutefois l'attention de Ed. Paréjas et celle de son interprète, L.-W. Collet.

Pour admettre qu'une masse aussi résistante que celle qui représente le massif ancien des Aiguilles Rouges, soit localement comprimée en profondeur jusqu'à revenir en arrière sur l'objet compresseur, il faut que ce compresseur possède une forme complémentaire.

A l'élément femelle, comme on dit en langage d'ingénieur, il faut un élément mâle opposé.

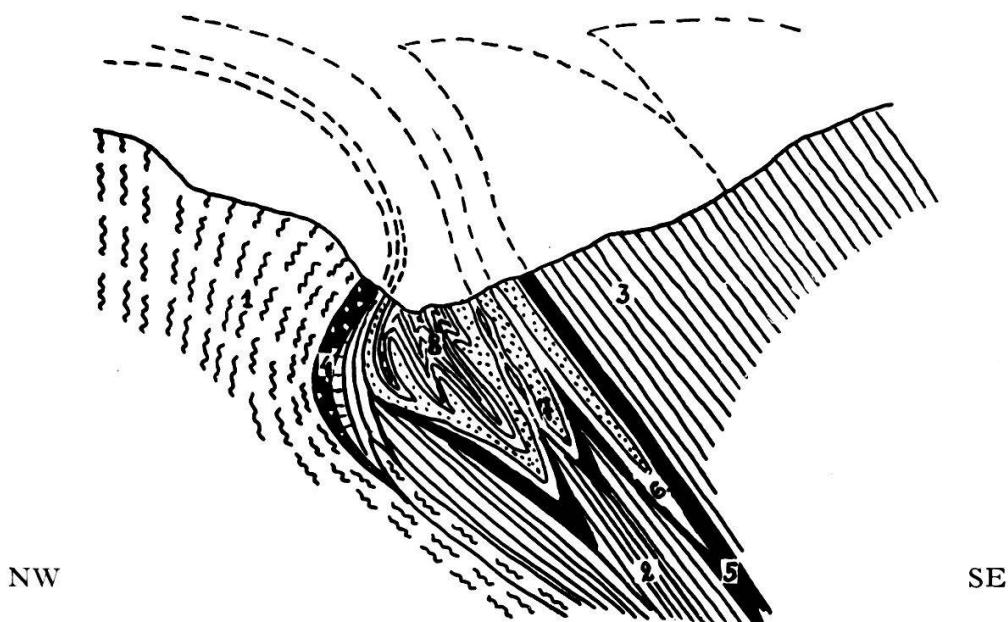


Fig. 2. — Profil géologique montrant les relations entre le massif des Aiguilles-Rouges et le massif du Mont-Blanc. Copie agrandie d'une section de la fig. 2, p. 411, de L.-W. Collet : la chaîne Jungfrau-Mönch-Eiger, etc.

1. Cristallin du massif des Aiguilles-Rouges. — 2. Schistes cristallins Chamonix.
- 3. Schistes cristallins du Mont-Blanc. — 4. Carbonifère (noir pointillé).
- 5. Trias (en noir). — 6. Lias inférieur. — 7. Lias moyen. — 8. Lias supérieur.

Or, si nous reportons ici la coupe dessinée par Collet, on voit un plan régulier pénétrant sous le Mont-Blanc, selon l'hypothèse du charriage du Mont-Blanc, que l'un de nous a donnée anciennement. En outre, entre le massif du Mont-Blanc et celui des Aiguilles Rouges existent les couches mosozoïques du synclinal de Chamonix, particulièrement plastiques, et même des couches tertiaires, ainsi que nous avons été les premiers à en signaler l'existence<sup>1</sup>. Si donc un effort si violent, capable de produire une pareille contusion dans le massif des Aiguilles Rouges, s'était réellement produit, comment expliquerait-on que cette contusion ait pu être faite par des argiles se heurtant à des gneiss granitisés? Ne faudrait-il pas que, localement tout au moins, le Mont-Blanc présente des bosses faisant face aux creux des Auguilles Rouges?

De tout cela, il n'y a rien. Une surface plane, une mâchoire d'eau,

<sup>1</sup> Maurice LUGEON et N. OULIANOFF. Sur la géologie du massif de la Croix-de-Fer. *C. R. de l'Académie de France*, t. 171, pp. 563-565 (séance du 27 sept. 1920). Même dans des travaux qui s'adressent au grand public du Club Alpin, mais où, toutefois, la technique scientifique est au-dessus d'une œuvre populaire, il nous paraît que l'on devrait rendre à chacun ce qui lui est dû (Voir Ed. Paréjas, *La vallée de Chamonix, Echo des Alpes*, № 7, 1921).

comme celle admise et dessinée, et représentant le Mont-Blanc, ne peut créer en avant d'elle, par l'intermédiaire d'une masse plastique capable de s'échapper, des creux infiniment petits par rapport à elle sur la surface de l'autre mâchoire.

\* \* \*

Nous nous arrêtons là. Nous avons cru bon d'attirer l'attention sur le crochet des couches, sur les erreurs qui peuvent être commises et dont chacun, même averti, peut toujours être victime. Nous avons choisi quelques exemples aussi typiques que possible, sans vouloir, nous tenons bien à le dire, chercher une polémique, sachant, ceci dit sans paradoxe, combien les erreurs sont nécessaires en science. Elles nous obligent à la prudence, elles ne peuvent donc être que salutaires.

Etayons de grandes synthèses sur de grands faits généraux et soyons prudents pour l'exception. Celle-ci ouvre les chemins nouveaux mais à la condition que son contrôle soit soumis à la critique la plus rigoureuse.

---