Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 48 (1912)
Heft: 176

Artikel: Sur la segmentation tectonique des Alpes Occidentales
Autor: Argand, Emile
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-269353

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: 12.07.2025

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

Sur la segmentation tectonique des Alpes Occidentales[1]

PAR

M. Emile ARGAND.

(Communication présentée à la séance du 1er mai 1912.)

On a coutume d'embrasser, sous le nom de segmentation transversale, deux phénomènes fort dissemblables. Il y a d'abord celui qu'on peut appeler *segmentation active*, pour marquer sa liaison, par identité de cause, de temps et de lieu, avec l'effort tangentiel et orogénique, producteur des nappes et des plis. La segmentation active domine dans les chaînes de type alpin. C'est la succession rythmée des ondulations transverses (bombements, ensellements, ombilics) qui affectent les plis et les nappes, et que les coupes en long, ainsi que la planimétrie, rendent sensibles. Il en faut distinguer la *segmentation passive*, dont la chaîne hercynienne et sa couverture sédimentaire fournissent des exemples classiques. Elle est due, comme on l'a dit, à l'inégal soulèvement épirogénique de la pénéplaine qui a nivelé l'Europe hercynienne vers la fin des temps primaires. Elle est clairement manifestée, de l'Armorique à la Russie méridionale, par la succession alternante des aires surélé-

---

[1] Consulter : Emile Argand. *Les nappes de recouvrement des Alpes Occidentales*. Matér. Carte géol. Suisse, nouv. sér., liv. XXVII, carte spéciale n° 64; pl. I, 1911.

Neuf coupes à travers les Alpes Occidentales. Ibid., pl. II, 1911.

Coupes géologiques dans les Alpes Occidentales. Ibid., pl. III, 1911.

Les grands plis couchés des Alpes Pennines. Dix-sept profils et trois stéréogrammes. Ibid., pl. IV, 1911.

vées et des aires d'ennoyage, avec leurs détroits et leurs mers d'ingression. Comme toute chaîne plissée, la chaîne hercynienne possède sa segmentation active, orogénique, et la segmentation passive, épirogénique, s'y est superposée beaucoup plus tard; aussi est-elle, le plus souvent, distribuée tout autrement dans l'espace.

La segmentation active des chaînes alpines a été regardée, elle aussi, comme due à des mouvements épirogéniques. On admet, ce qui est évident, que les nappes se sont formées en profondeur, par l'effet des mouvements orogéniques. On ajoute qu'un soulèvement épirogénique, nettement postérieur à la formation des nappes et procédant par segments transversaux inégalement exhaussés, a fait naître les bombements et les ensellements. Cette manière d'expliquer la segmentation est à la fois trop simple et trop exclusive ; elle revient à accepter un dualisme absolu des phénomènes, qui seraient entièrement distincts par leur date et par leur origine.

Le massif de l'Aar a été pénéplainé, comme l'a dit Königsberger, et les autres massifs hercyniens actuellement englobés dans les Alpes Occidentales l'ont été aussi. Tous ces fragments de pénéplaine, aujourd'hui recouverts de sédiments mésozoïques et nummulitiques, et tous ceux que montrent les massifs hercyniens de l'Europe moyenne, s'enchaînent, dans la profondeur, en un même complexe de surface : la pénéplaine hercynienne.

La segmentation manifestée par les divers noyaux hercyniens des Alpes Occidentales, du massif de l'Aar à celui du Mercantour, est une segmentation passive ; elle existait déjà au Mésozoïque et au Nummulitique, comme le montre la stratigraphie. Mes coupes en long (planche III) la rapprochent (fig. 13) de la segmentation active des nappes penniques (fig. 10 à 12) ; elles font voir, et ma carte structurale montre également, que des relations géométriques nombreuses unissent les deux phénomènes.

Pour en rendre compte, faisons appel à une image dont l'imperfection n'exclut pas l'opportunité. Un pont est en construction ; des piles résistantes s'alignent au travers du courant, mais le tablier manque. Au lieu d'eau, concevons l'écoulement d'un flux visqueux à marche très lente, dont la surface soit capable de se froncer et de se plisser, de manière à manifester extérieurement les ondes de déformation internes et profondes.

Premier cas : La matière n'atteint pas le niveau supérieur des piles. En amont de celles-ci, l'écoulement est gêné ; le flux subit une rétention partielle, qui le fait s'accumuler et se tuméfier vers le haut. Il y a bombement. En amont des chéneaux libres, il s'écoule mieux et son niveau se déprime. Il y a abaissement. Une coupe transverse menée un peu en amont du pont montre une succession rythmée de bombements et d'abaissements normaux à la direction de l'écoulement. La même déformation interne se traduit, vue en plan, par des rebroussements en amont des piles, et par des protrusions arquées dans les chéneaux, ainsi qu'en amont et en aval de ces derniers.

Deuxième cas : Le débit du flux a beaucoup augmenté ; il recouvre maintenant les piles, et subit, de la part de leur face supérieure, le frottement d'un fond rapproché. Il y a donc sur les piles, ainsi qu'en aval et en amont de ces dernières, retard et rebroussement. Au-dessus des chéneaux, par contre, la section d'écoulement est profonde et débite beaucoup plus ; le flux, copieusement alimenté, décrit des protrusions et se renfle au milieu ainsi qu'un glacier de vallée : il y a bombement transversal. Protrusions et bombements se font sentir, de plus, en aval et en amont du chenal.

Attribuons maintenant, aux saillies et aux dépressions hercyniennes comprises à l'intérieur des Alpes Occidentales, en d'autres termes, aux segments passifs, le rôle des piles

et des chéneaux : substituons, à notre flux minuscule, le flux[1] profond et colossal des plis couchés penniques ; mettons enfin, au lieu de notre surface segmentée et plissotée, la surface structurale des Alpes Occidentales : nous aurons ainsi pensé, en espace et en mouvement, le lien par lequel tous ces phénomènes s'enchaînent et se déterminent.

La section d'écoulement du flux pennique peut donc être divisée en segments subtransversaux : des segments A, situés en arrière, au dessus et en avant des saillies hercyniennes, et des segments B, pareillement distribués à l'égard des chéneaux de l'infrastructure. Tous ces segments se divisent à leur tour en deux étages : l'un inférieur, A1 et B1, l'autre supérieur, A2 et B2.

---

1 Les structures penniques sont presque exclusivement « incompétentes». L'architecture « compétente », au sens de Bailey Willis, n'existe guère que dans les régions où des niveaux à la fois résistants et flexibles, comme le Trias calcaire, se sont déformés à des profondeurs relativement faibles, comme dans la partie extérieure de la zone pennique (tunnel triasique de Vercorin, profil 1) et dans la zone mésozoïque médiane des Alpes Cottiennes. Dans l'intérieur des Alpes Pennines et Graies, où l'épaisseur des nappes était bien plus grande, la déformation « incompétente » prévaut. Les structures dites compétentes sont plus répandues dans les nappes helvétiques, qui sont, comparées aux nappes penniques, un phénomène de semi-profondeur, et dans les nappes préalpines, qui peuvent être appelées, toujours dans le langage relatif, un phénomène de la sub-surface.

La déformation pennique est pseudo-visqueuse; je veux dire visqueuse et continue *en grand*, quand on ferme les yeux sur les petits mouvements discontinus qui la composent, et qui sont partout. Ce sont, au dernier ordre de grandeur, la micro-cataclase, la rotation des particules allongées, les glissements des lamelles clivables, la déformation cristalloblastque d'innombrables individus minéralogiques, avec changements de volume ; à un degré plus élevé, l'étalement des purées lithologiques, à la manière d'une pâte granuleuse et feuilletée, les déplacements différentiels le long des fractures, des lits et des structures parallèles de toute espèce ; au sommet de l'échelle, les décollements locaux qui interrompent, comme des déchirures peu étendues, la continuité prédominante des flancs renversés et amincis. Concevoir la déformation pennique, c'est voir le discontinu universel dans le continu simulé et global. La déformation pseudo-visqueuse de ces nappes, si bien exprimée par leurs grandes formes, épuise presque toutes les possibilités d'adaptation réciproque, de moulage et d'emboutissement, mais au bout de compte, ce flux tellurique (*rock-flowage*) est la résultante compensée, la somme algébrique d'un nombre presque illimité de petits mouvements élémentaires affectant des individus mécaniques distincts.

Dans les sections A1, l'écoulement est très gêné : il y a bombement axial par rétention et nous disons, pour abréger, que c'est l'effet A1. Dans les sections A2, l'écoulement est moins difficile; toutes choses égales d'ailleurs, il y a production de bombements moins accentués : c'est l'effet A2. Les effets A sont souvent accompagnés de rebroussement. Dans les sections B1, l'écoulement, bien que profond, est favorisé par l'existence du chenal contre lequel les nappes viennent se mouler; il y a ensellement, c'est l'effet B1. Dans les sections B2 l'écoulement est plus facile que partout ailleurs : il y a nutrition abondante et bombement : effet B2. Les effets B s'accompagnent de protrusion quand l'énergie de proplissement est grande; autrement les protrusions ne se forment pas. En se superposant sur la même verticale, les effets B1 et B2 engendrent la *segmentation croisée :* nappes basses ensellées et nappes hautes bombées.

Les effets A1 et B1 rentrent dans le premier cas examiné plus haut; les effets A2 et B2, dans le deuxième cas.

Passons à l'application concrète. Le bombement axial tessinois (fig. 12) est situé derrière le couple Aar-Gothard (fig. 13); ses deux retombées, valaisanne et grisonne, se placent à l'amont des retombées du massif de l'Aar. La coïncidence est excellente : l'effet A1 a prévalu. L'ensellement valdôtain, qui affecte les nappes IV, V et VI, et celui qui déprime le bord externe de la nappe IV, avec point bas près de Nax, dépendent du chenal Aar-Mont-Blanc; l'effet B1 prédomine et il s'y joint, pour les trois nappes, d'énergiques protrusions. Au-dessus du versant valaisan des Alpes Pennines, il y avait protrusion et bombement axial dans le segment B; c'est l'effet B2, avec segmentation croisée. Par suite la surface structurale avait, entre les vallées d'Isérables et de Ginanz, la disposition en demi-dôme que j'ai indiquée[1], avec pentes divergentes

[1] Procès-verbaux Soc. Vaud. Sc. Natur., séance du 3 avril 1912.

au Nord; elle a laissé, comme souvenir de ses traits conséquents primordiaux, le drainage rayonnant dont j'ai parlé. Par le travers du promontoire de Viège, un rebroussement affectait les nappes détruites, comme il affecte les nappes conservées (IV et V); à la surface structurale, qui descendait au Nord, le drainage primordial convergeait dans la même direction et les deux Vièges en gardent la trace.

Le bord interne du massif du Mont-Blanc présente un promontoire rentrant au voisinage de la frontière italo-suisse (Dolent)[1]. Au nord de ce promontoire, la partie suisse de ce bord, dirigée au NNE, n'opposait qu'une résistance oblique au flux pennique qui marchait au NW. Plus au Sud, la partie franco-italienne du bord interne, dirigée au NE, résistait perpendiculairement; le bombement des Alpes Graies (Valsavaranche-Grand-Paradis), c'est-à-dire l'effet A1, est donc limité, en long, à ce segment de résistance maximum. Il n'a pu s'allonger beaucoup au NE, derrière la résistance oblique. Celle-ci a résolu l'effort pennique en deux composantes; l'une, dirigée à l'WNW, était normale à la résistance et a été consommée par elle, ainsi que par l'écrasement des bandes penniques extérieures et de la bande helvétique Ferret-Saxon ; l'autre, dirigée au NNE, parallèlement au « rivage » hercynien, s'est traînée en long à la manière d'un courant littoral avec *dérive* de la matière dans le même sens. Cette dérive a étiré en long toutes les bandes précitées, jusqu'à la bande houillère inclusivement, en les amincissant; elle a, de plus, favorisé l'écoulement du flux vers le segment Mont Blanc-Aar et empêché ainsi la rétention nécessaire à la production de l'effet A1. Le bombement du Tessin-Mont-

[1] Le rebroussement décrit par la nappe IV un peu au Nord de la Doire Baltée et celui que montre le bord interne de la zone Sesia au N de Biella sont dus à la résistance lointaine de ce promontoire.

Rose, beaucoup plus grand et plus vigoureux, en a profité pour s'allonger jusque dans le Nord des Alpes Graies, où le plongement périclinal du bord W et SW des gneiss du Rafrè sous le Mésozoïque marque son extrémité. C'est pour cela que l'ensellement est si rapproché du massif du Grand-Paradis.

Les nappes de l'Embrunais occupent le chenal Pelvoux-Mercantour ; cet ensellement se continue jusqu'à la plaine piémontaise. Il affecte le noyau de la nappe IV, qui disparaît totalement sous le Mésozoïque au delà du massif de Pierre-Eyrautz, pour reparaître un peu plus au Sud ; plus en amont, il existe sous le Queyras et se manifeste encore par la cuvette transverse comprise entre les bombements IV du Monte Freidour et du Monte Bracco. Derrière le Pelvoux et le Mercantour, la nappe IV montre donc l'effet A1 ; derrière le chenal intermédiaire, l'effet B1. Le front IV passe en droite ligne derrière le chenal, et il n'y a pas de protrusion : dans les Alpes Cottiennes, l'énergie de proplissement était moindre que dans les Alpes Graies et Pennines ; l'effort tangentiel diminuait peu à peu vers le Sud. La réduction graduelle éprouvée par le volume des nappes entre mes coupes 4 et 9 confirme ce résultat.

Dans le massif Dora-Maira, la nappe V est en segmentation croisée sur la nappe IV. V, étant plus jeune, a coulé sur IV déjà ensellée au km. 40, coupe 12. L'alimentation de V, plus abondante au-dessus de cette dépression (effet B2) qu'au-dessus des dômes du Freidour et du Bracco (effet A2) a déterminé le bombement de cette nappe entre les km. 35 et 60 environ.

Des causes plus locales ont influé sur la segmentation : il faut mentionner, en particulier, le rôle des roches vertes mésozoïques. Le laminage n'a pu venir à bout des plus grandes et des plus résistantes de ces masses, qui ont pris des formes en chapelets et en fuseaux, avec tronçonnement lenticulaire en grand. Ces objets, en se traînant sur les

carapaces sous-jacentes, y ont souvent imprimé leur forme. C'est ainsi que la masse de roches vertes du Viso a déprimé et aminci la nappe V, en produisant ou en accentuant le sillon transversal dont le point bas se trouve au km. 30, et que celle de Rocciavrè a travaillé de la même façon près du km. 70. La résistance des bombements de IV en profondeur et la moindre nourriture de V dans ces parages doivent aussi entrer en ligne de compte. Les parties les plus résistantes des Pietre Verdi sont également responsables de l'allure lenticulaire grandiose qui prévaut dans l'ensellement de Lanzo et dans celui dans la vallée d'Aoste.

On voit, par ce qui précède, que la segmentation active des nappes penniques a pour condition la segmentation passive du bord hercynien (Aar-Gothard, Aig. Rouges-Mont Blanc, Pelvoux, Mercantour) et pour cause agissante, pour force motrice, le proplissement pennique lui-même, accru sur le tard de tout l'effort insubrien. Elle est contemporaine de la formation des nappes. C'est un phénomène orogénique, réductible à l'effort tangentiel. C'est le résultat d'un compromis incessamment modifié entre les formes d'équilibre transitoires que le flux pennique, dans toute sa masse, a successivement revêtues pendant son écoulement contrarié vers l'extérieur des Alpes.

La segmentation du bord hercynien a reçu, par l'effet des compressions penniques et insubrienne, un accroissement orogénique. Cet accroissement, c'est la somme des composantes verticales afférentes aux renflements préliminaires de l'infrastructure [1], puis au charriage, le long des *thrust-planes*, des coins hercyniens générateurs des nappes à racines externes, et enfin, au gonflement hémicylindrique imprimé au groupe Aar-Gothard par les plis penniques profonds qui s'y sont encapuchonnés. Ce dernier gonfle-

[1] Procès-verbaux Soc. Vaud. Sc. Nat., séance du 20 mars 1912.

ment s'est transmis aux nappes helvétiques, penniques et préalpines sus-jacentes, et l'allure générale en dôme, convexe en long et en travers, qu'elles prennent et prenaient au-dessus de ce groupe hercynien vient principalement de là.

Par suite des déformations ainsi infligées à l'infrastructure, la forme des butoirs et des chéneaux hercyniens se modifiait un peu pendant l'avancée des nappes. Les sections d'écoulement de ces dernières conservaient leurs rapports généraux dans le sens horizontal et dans le sens vertical, mais leurs dimensions, leur altitude et leurs formes de détail variaient un peu. De plus, la vitesse d'écoulement, le *débit* des nappes, lié à l'intensité de l'effort tangentiel et aux réserves de matière disponible dans l'arrière-pays, n'était pas constant, mais soumis à des maxima, à des crues périodiques, mises en évidence par la succession des phases bernardienne, Dent-Blanche, Mont-Rose et insubrienne[1].

Les formes d'équilibre du flux, produit de l'interaction de tous ces facteurs, étaient donc nécessairement instables et variaient lentement. A un instant donné, elles résultaient non seulement des conditions momentanées, mais de tout ce qui s'était passé antérieurement. Les nouvelles figures d'écoulement tendaient à effacer une partie des anciennes, à s'y substituer par degrés, tout en préservant d'autres traits antérieurs, dont beaucoup allaient en s'accentuant. De là le compromis dont j'ai parlé plus haut. La figure actuelle des nappes, que mes constructions s'attachent à faire connaître, est comparable à un *palimpseste* où la dernière écriture est en général plus distincte que les autres, bien que le contraire puisse aussi arriver.

Par ses proportions énormes, la segmentation active

[1] Procès-verbaux Soc. Vaud. Sc. Nat., séances des 21 février, 6 et 20 mars 1912.

des nappes penniques, entre les Grisons et la Méditerranée, est l'un des plus grands exemples de cette catégorie de phénomènes, l'un des plus généralisés et l'un des moins imparfaitement connus. Elle ne fournit pas, nous l'avons marqué, d'évidence en faveur du dualisme absolu mentionné plus haut. Les relations multiples qui la rattachent à la conformation de l'infrastructure ne peuvent être l'effet du hasard. En se donnant cette conformation, ainsi que l'hypothèse du déversement unilatéral des nappes penniques vers l'extérieur des Alpes, on peut déduire, comme je viens de le montrer, toutes les particularités essentielles de la segmentation, et vérifier qu'elles existent dans la nature. La grande sortie axiale[1] des Alpes Pennines orientales est une preuve directe de ce déversement ; la segmentation des grandes nappes cristallines en est une autre. La segmentation existante n'est explicable que dans l'hypothèse du déversement prépondérant vers l'extérieur de la chaîne, et les plissements de la zone pennique présenteraient en surface une distribution tout autre, s'ils étaient autochtones ou si, comme on l'a avancé, le déversement vers l'intérieur de l'arc prédominait dans les Alpes Graies et Cottiennes.

L'hypothèse dualiste qui rend compte des inflexions *axiales* en invoquant une phase tangentielle *nécessairement suivie* de surrection épirogénique, uniquement verticale, seule capable d'expliquer l'exondation des carapaces et d'amener en surface les nappes formées en profondeur, s'est introduite dans la science après le déclin des théories autochtones. Elle bénéficie du prestige encore jeune des nappes. Bien que récente, elle s'affirme volontiers et n'est guère discutée ; elle est presque classique. A ce signe

[1] Emile Argand. *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux.* Matér. Carte géol. Suisse, nouv. sér., livraison XXXI, 1911.

on la croirait inattaquable ; il est aisé, pourtant, de marquer son point faible, qui est de prêter à la nature les procédés de notre esprit.

La géométrie des nappes, pour être éclaircie, veut être embrassée. Il est et il restera toujours difficile, sans une application prolongée, de concevoir dans l'espace, tout d'une venue, la forme d'objets aussi compliqués. Il est plus facile, plus habituel et moins fructueux de se représenter les choses d'abord en plan, puis en coupes. La segmentation, qui apparaît mieux sur ces dernières, est ainsi conçue après coup, comme un phénomène distinct et postérieur. Inconsciemment la succession des images tend à s'imposer comme la succession des faits. Que malgré son caractère disjonctif et analytique, cette double opération mentale soit devenue, pour quelques bons esprits, une double opération de la nature, c'est ce qu'il est permis de croire.

Le point est de concevoir les objets dans l'espace, en une seule image, et non par touches successives. Il y faut quelque attention, mais ce pas franchi, on s'aperçoit très vite que la segmentation vue en plan, avec ses protrusions et ses rebroussements, c'est tout à fait la même chose que la segmentation vue en coupe, avec ses abaissements et ses relèvements d'axe. Ce sont deux aspects d'un même corps, déformé aux mêmes moments par les mêmes agents.

Les nappes se sont bien formées en profondeur, comme on l'admet généralement, mais la surrection et l'émersion des carapaces se manifestaient dans le même temps, grâce aux composantes verticales dérivées de l'effort tangentiel par l'intervention de l'infrastructure. Dans la zone pennique, cette dérivation a pris des chemins nombreux, dont les principaux aboutissent à :

1° La composante ascendante de segmentation, plus

grande au-dessus des bombements et des dômes qu'au dessus des ensellements et des ombilics ;

2° La composante verticale provenant de grandes déformations profondes, telles que les encapuchonnements ;

3° La composante d'ascension du faîte structural, déterminée par le sous-charriage insubrien. Cette composante avait son maximum au faîte lui-même, et allait en décroissant vers les deux bords de la zone pennique, qui se conformait en voûte surbaissée ;

4° La composante verticale afférente aux formes de détail des carapaces : replis, fractures de la surface et de la sub-surface.

Les trois premiers de ces facteurs ont joué un rôle essentiel dans la surrection des carapaces.

ERRATA du numéro 176

Page 346, ligne 26 : lire *surfaces* et non *surface.*

» 347, ligne 16 : lire *parallèles* et non *normaux.*

» 347, lignes 13, 19 et 26 ; page 348, lignes 1 et 11 ; page 353, ligne 6 : lire *chenaux* et non *chéneaux.*

A lire sur p. 386 sous fig. 1, *au lieu de :* (Ad nat. del G. J. de Fejérvàry) simplement : *Dessin schématique.*

A lire sur p. 389, ligne 15 d'en haut, au lieu de : « Ceci se passa le 10 juin 1910 » la phrase suivante : « Ceci se passa le 10 *juillet* 1910. »