Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 30 (1977)
Heft: 2

Artikel: Près de Chiavenna peuvent se résoudre des questions fondamentales pour la géologie alpine

Autor: Amstutz, André

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739815

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: 02.07.2025

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

PRÈS DE CHIAVENNA PEUVENT SE RÉSOUDRE DES QUESTIONS FONDAMENTALES POUR LA GÉOLOGIE ALPINE

PAR

André AMSTUTZ

La nécessité de « faire un choix » parmi les faits, de distinguer les « faits à grand rendement» pour l'homme de science, et d'aboutir ainsi à une « hiérarchie des faits», on la trouve très bien exposée dans *Science et méthode* de H.Poincaré. Cette façon d'aborder la méthodologie, exprimée par un savant de vaste culture, il convient d'y penser à propos de la géologie alpine dans son état actuel.

Il faut, en effet, dans la multitude des faits qu'on peut observer dans la chaîne alpine, distinguer des faits majeurs qui sont particulièrement significatifs et probants, des faits qui sont beaucoup plus importants et déterminants que les autres, mais à condition, bien entendu, que ces faits puissent être envisagés, puissent être expliqués d'une manière absolument concordante et rigoureuse par les lois de *toutes* les sciences dont est composée la géologie, et particulièrement par les lois de la mécanique. Une telle concordance est naturellement une condition indispensable à toute utilisation des « faits à grand rendement » de Henri Poincaré, et sans elle il ne pourrait pas y avoir de compréhension juste et complète de l'orogénèse alpine.

Tout cela pourrait, semble-t-il, être envisagé comme l'évidence même, mais hélas voici ce qui heurte cette évidence: les explications classiques qui règnent sur la géologie alpine aujourd'hui encore, reposent sur ces trois principes directeurs:

1) le déversement généralisé des nappes penniques vers l'avant-pays,
2) l'enracinement collectif de ces nappes dans une zone dite des racines,
3) une culmination de toutes ces nappes dans le segment Ossola-Tessin.

Or, pour les raisons qui sont définies dans ces *Archives* aux pages 15 et 16 du vol. 28, ces principes directeurs ne répondent pas du tout à la condition de validité envisagée ci-dessus à propos de faits. Ils sont en nette contradiction avec les lois de la mécanique, c'est indubitable, et ils conduisent aux structures irréelles qui caractérisent les coupes générales, transversales et longitudinales, dérivant de ces explications classiques. C'est malheureusement ainsi. On devrait donc s'en rendre compte sans plus attendre; cesser d'imaginer un enracinement collectif des nappes

penniques et un déversement général vers l'avant-pays; ne plus dénaturer les structures entre Mont-Rose et Toce; et on devrait enfin comprendre que les déversements de masses Saint-Bernard dans la fosse géosynclinale Mont-Rose correspondent aux premiers grands mouvements de l'orogénèse alpine, et non aux derniers comme l'enseignent ces trois principes directeurs. *Tant qu'on n'aura pas compris ce phénomène primordial, la géologie alpine continuera à faire fausse route.*

Mais soyons maintenant constructifs et revenons à la possibilité d'utiliser dans l'arc alpin des faits déterminants, des « faits à grand rendement », et remarquons qu'il existe dans cet arc quatre zones où la concentration de tels faits est beaucoup plus grande qu'ailleurs. Ce sont d'une part les alentours de Zermatt et les alentours de Cogne, à peu près symétriques, et d'autre part, aux bords de l'Ossola-Tessin: l'espace compris entre Mont-Rose et Toce, et les alentours de Chiavenna.

Dans le Val d'Aoste j'ai accumulé pendant longtemps les données dont il fallait disposer pour aboutir aux conclusions précédentes. De même, dans l'Ossola, entre le Mont-Rose et le Toce. Tandis qu'autour de Chiavenna je n'ai pas cartographié et n'ai observé les structures que du bas des vallées, non des cimes, si ce n'est du Col Forcola. Je suis donc retourné récemment en ces lieux pour ajouter quelques observations, pour améliorer un peu deux coupes parues antérieurement, et pour grouper d'autant mieux ici les particularités de l'orogénèse alpine en cette zone, que j'avais énoncées auparavant en pages séparées.

Pour ce faire, j'aurais pu procéder par un rappel systématique des faits observés par les auteurs de la carte italienne 100.000 (Novarese, Catalisano, Merla, Minucci, Mattirolo et Stella) en ajoutant les faits qu'impliquent une très bonne coupe de A.Gansser et les coupes très utiles de son élève Schmutz, et les faits essentiels que j'ai moi-même observés; *puis* par une interprétation strictement déductive. Mais, puisque la compréhension de cette zone-ci doit naturellement bénéficier de ce que mettent en évidence d'autres zones alpines, et puisque *intuition et méthode sont constamment mêlées pour l'avancement de la géologie comme pour la découverte ou l'invention en général*, il m'a paru préférable de résumer l'évolution tectonique de cette zone-ci et de relater ensuite, dans l'ordre chronologique de cette évolution, les faits qui l'expliquent. Autrement dit, quelques conclusions préliminaires pour pouvoir ensuite énumérer les faits chronologiquement. D'où, ce qui suit.

Phase géosynclinale et phases tectogènes

Argand pensait très justement que la zone Mont-Rose a été la première zone à s'enfoncer profondément dans la mer alpine, et les auteurs qui ont voulu voir là des inversions de relief, des érosions précoces de Mésozoique, etc. l'ont donc contredit dans une partie juste et importante de son œuvre.

Tout prouve, en effet, que cette zone est rapidement devenue la grande fosse géosynclinale de l'orogène alpin; notamment:

a. non seulement la proportion restreinte de calcaires ± dolomitiques, mais aussi le manque absolu de ces sédiments lagunaires ou néritiques dans les parties médianes de la zone qui affleurent au NE et SW des massifs Mont-Rose et Grand-Paradis (voir carte 25.000 Cogne-Valsavaranche et cartes italiennes 100.000);
b. l'épanchement de basaltes directement sur le Paléozoique en ces lieux;
c. l'absence de tout conglomérat mésozoique en cette zone, alors qu'il en existe dans les parties Saint-Bernard contigües (voir carte et photo Cogne);
d. la proportion extrêmement grande d'ophiolites (70-80%) dans cette zone.

Si **a, b, c** mettent en évidence l'affaissement relativement rapide de la zone Mont-Rose, dès le début du Trias; **b** et **d** montrent qu'en même temps cette zone se distendait et se fissurait pour livrer passage au magma basaltique subcrustal.

Cette prépondérance d'ophiolites et cette sporadicité de sédiments néritiques, cet affaissement et cet étirement simultanés de la zone Mont-Rose, alors qu'apparaît l'inverse dans la zone Saint-Bernard, et un étirement moindre dans la zone Sesia, comment pourrait-on raisonnablement, logiquement l'attribuer à une autre cause qu'à un courant subcrustal dirigé vers l'avant-pays ?

Sans épiloguer sur le bien-fondé de cette conclusion et sans imaginer déraisonnablement que ce début d'orogénèse n'ait pas eu lieu tout au long de la chaîne alpine, constatons que la géologie de surface, la cartographie, amène à la même conclusion que les raisonnements thermodynamiques de Rittmann. Cette parfaite convergence de deux voies tellement différentes laisse-t-elle beaucoup de risque d'erreur ? Cette convergence, n'est-elle qu'un hasard ?

Dès lors, le besoin de comprendre amène à considérer ce que doit être normalement la conséquence, l'action subséquente d'un courant subcrustal créateur de géosynclinal. Or, il appert que celle-ci s'est faite *comme si*, à la base de l'écorce terrestre, viscosité et friction avaient transmis aux masses rocheuses sus-jacentes une partie du mouvement de la zone magmatique, et comme si une augmentation de puissance (c.à.d. de vitesse) du courant avait déclenché une subduction analogue à celles que les hypocentres des séismes montrent aujourd'hui autour du Pacifique.

Il devait y avoir, en effet, entre l'arrière- et l'avant-pays, une différence d'épaisseur de la lithosphère analogue à celle qui existe entre zones océaniques et continentales; différence d'épaisseur créant là un courant subcrustal s'enfonçant sous le continent, comme Rittmann et d'autres l'ont démontré thermodynamiquement, il y a déjà longtemps, en considérant les gradients thermiques horizontaux. On ne peut d'ailleurs douter de l'action et de l'accentuation graduelle d'un tel courant tout au long de la chaîne alpine, lorsqu'on pense à l'approfondissement progressif de la sédimentation géosynclinale du Trias au Néo-jurassique. Et si cette accentuation graduelle s'est terminée par une rupture oblique et par la subduction de la zone MR sous la zone SB, ce phénomène n'a été, en somme, que la conséquence naturelle et prédestinée des conditions de formation d'un géosynclinal quelconque.

Cette première subduction, rhéomorphique, quasi-fluidale dans les bas de la lithosphère, cisaillante dans les hauts, devait forcément accentuer d'une part la fosse MR et provoquer ainsi l'écoulement de masses SB, et créer d'autre part un bourrelet infracrustal très asymétrique, comme sont asymétriques les dunes, puisque engendré par un seul courant. En conséquence, sous le flanc très incliné de ce bourrelet, les gradients thermiques horizontaux ont naturellement fait naître un second courant, plus puissant que le premier puisque plus incliné. D'où, une résultante des forces d'entraînement par friction inclinée vers l'arrière-pays et des déversements de masse Sesia en sens inverse des déversements SB/MR, *avec retroussements de digitations SB visibles dans la vallée de Cogne et dans le Valtournanche.**

Dans les segments valaisan-valdotain et grison, cette deuxième phase tectogène a été très importante. Elle a créé, *dans cet ordre de succession :* les nappes Dent-Blanche, Mont-Mary, Emilius, et la série Err-Bernina, Sella-Platta, Margna. Tandis que dans le segment Ossola-Tessin, où la sédimentation géosynclinale a été beaucoup moindre, le phénomène a été différent. La phase Sesia n'a créé là que deux ou trois petites subductions cisaillantes; suivies d'une inversion de la résultante des forces émanant des deux courants en action sous l'orogène. D'où, de petites subductions en sens inverse, et les schistosités Camughera et Forcola (et l'explication toute simple de ces « anti-formes » d'origine mystérieuse ...).

Puis, une nouvelle variation de forme du bourrelet, *à la fois cause et effet* des inversions de la résultante des forces en action sous l'orogène, et en conséquence les quatre subductions simploniques, qui montrent admirablement les laminages-étirements, les compressions et les coupures dérivant des cisaillements.

Passons maintenant, chronologiquement, à un phénomène essentiel pour comprendre les alentours de Chiavenna: les diastrophismes transversaux. Ils résultent, à n'en pas douter, d'une tectogénèse de moindre ampleur dans l'Ossola-Tessin que dans les segments contigus, liée évidemment à une sédimentation géosynclinale qui est également de moindre ampleur. *Car* ces différences primordiales impliquent logiquement un bourrelet infracrustal moins important, moins profond sous l'Ossola-Tessin, et, lors des ajustements isostatiques et des surrections finales, cette différence d'épaisseur des bourrelets devait nécessairement produire des plis transversaux dans les zones de transition. Celui d'Antronapiana est aussi évident que spectaculaire (5000 m de dénivellation) *dès que l'on comprend les déversements SB/MR ;* et, pour ne pas s'en rendre compte, il faut le simplisme et l'incapacité de comprendre que j'ai dû obligatoirement relater à la page 27 du vol. 28 de ces Archives.

* Dans sa série de coupes au 400.000 Argand a très bien esquissé le pli longitudinal qui est à l'arrière de la nappe Emilius. Dans le Valtournanche aussi, il a très bien esquissé le chapelet de lentilles Saint-Bernard qui vont au sud et reviennent au-dessus vers le nord, avec ces vocables: Faisceau vermiculaire, Wurmli inférieur, Wurmli supérieur. Tout cela, Argand l'a très justement observé et esquissé, et il faut l'inclure dans la prestigieuse avancée que lui doit la géologie alpine. **Mais ce sont là des phénomènes de retroussement.** Ce n'est pas le résultat d'une « invagination » synclinale lors d'une ultime phase tectogène créatrice de cette **utopique nappe Mont-Rose.**

Près de Chiavenna, le diastrophisme transversal est également évident. L'arrêt net des gneiss Cabbiolo-Soazza-Forcola d'une part, et l'arrêt tout aussi net des ophiolites Mont-Rose d'autre part, contre la transversale Splugen-Mezzola, ne peuvent, en effet, s'expliquer raisonnablement que par le pli transversal esquissé sur la coupe ci-jointe. Toute autre explication ne peut être qu'un leurre.

Voyons donc ci-dessous les « faits à haut rendement » qui confirment la justesse de cette figure, aussi bien qu'ils confirment les conclusions précédentes.

Ophiolites de Chiavenna

Ce sont essentiellement des serpentines et des amphibolites, de types divers mais apparemment banals, plus ou moins plissées et imbriquées. Au N de la Mera, ces ophiolites s'enfoncent sous des gneiss Saint-Bernard dont les pendages varient et paraissent dériver d'ondulations, mais leur contact est malheureusement sous des éboulis ou cônes de déjection. Au S, la masse ophiolitique s'arrête contre des gneiss divers, avec quelques plis et des imbrications à pendage N qui appartiennent vraisemblablement au système Forcola-Cabbiolo (voir ci-dessous) et qui peuvent, partant, amener les ophiolites en profondeur, sous les gneiss.

A l'E, la masse ophiolitique se coince et disparaît sous des gneiss, avec des imbrications à pendage N qui doivent être dans le prolongement des précédentes. A l'W, les serpentines s'arrêtent contre des alluvions et un cône de déjection, sans qu'on puisse, dans ce type de roche, distinguer correctement de plongement. Quant à la bande de gneiss minuti qui traverse du NW au SE la masse ophiolitique, elle paraît la surmonter et constituer un reste de jonction entre les gneiss minuti SB qui s'élèvent au N de la Mera et les gneiss partiellement imbriqués à pendage N de la zone Gruf, mais je n'ai pas eu le temps de m'en assurer.

Que ces ophiolites de Chiavenna aient été jointes à celles du Val Malenco, sous des gneiss paléozoiques SB, avant que le tout ait été percé par les montées granitiques diapiriques, c'est extrêmement probable. Et qu'il y ait dans le Val Malenco des imbrications gneiss-ophiolites du genre de celles de Chiavenna, c'est aussi très probable. Mais ce qui est plus que probable, c'est que tant les ophiolites de Chiavenna que celles de Malenco appartiennent à la couverture mésozoique de la zone Mont-Rose et peut-être partiellement de la zone Sesia, car la chaîne alpine serait certainement inexplicable si les faits indubitables **a, b, c, d** de page 119 n'étaient pas à la base de sa compréhension.

Voilà l'essentiel pour la fenêtre mésozoique dans les gneiss paléozoiques qui entourent Chiavenna. Mais de nombreuses données pétrographiques, de nombreux détails, et des coupes transversales très utiles se trouvent dans une étude récente de H.U.Schmutz (Mat.carte.géol.Suisse, 149, 1976). *

* De prochaines Thèses de l'Institut de Zurich apporteront sans doute d'autres données très utiles pour connaître de manière précise les alentours de Chiavenna.

Zone Saint-Bernard

Les faits stratigraphiques qu'on observe dans l'espace compris entre Hinterrhein, nappe Simano, zone Sesia et Val di Lei, correspondent bien, pour le Mésozoique, à une évolution de la zone Saint-Bernard faite à l'inverse de celle de la zone Mont-Rose: affaissement lent et très peu de distensions et fissurations, si ce n'est dans les parties proches du géosynclinal. D'où, une importante sédimentation néritique, calcaréo-dolomitique, suivie d'une sédimentation gréso-marneuse également importante, mais des montées basaltiques restreintes. Comme on peut s'en rendre compte près du Splugen, de Mesocco et de S.Bernardino.

Le substratum de ce Mésozoique semble être fait en très grande partie de gneiss albitiques permocarbonifères (gneiss minuti) analogues à ceux du Val d'Aoste et de l'Ossola, *qui dérivent non de métamorphisme allochimique mais de volcanites acides, cinérites ou ignimbrites*, accompagnées d'une série de roches provenant de leur remaniement partiel ou de leur désagrégation complète dans des conditions continentales (micaschistes, arkoses, conglomérats, épi- ou mésométamorphosés).* Mais les roches granitiques ou granodioritiques intercalées dans ces gneiss albitiques minuti et plus ou moins schistifiées, sont-elles des migmatites antécarbonifères insérées tectoniquement, ou des foyers magmatiques des volcanites précédentes montés diapiriquement puis réduits en lentilles pendant l'alpin ? Sommes-nous ici dans le cas des granodiorites de Cogne-Valsavaranche ?

Trois particularités tectoniques majeures interviennent dans les strates plus ou moins ondulées de la zone St-Bernard comprise entre nappe Simano et Val di Lei. Ce sont: d'une part les schistosités Forcola et les plis transversaux qui sont envisagés sous les titres suivants; et d'autre part les intercalations de Mésozoique dans les strates gneissiques au S de la Cima Lago, en deux ou trois bandes allongées EW, que nous pouvons envisager immédiatement ci-dessous.

Dans les vallées de Cogne et de Valsavaranche, et autour de Zermatt également, on voit bien que la Première phase tectogène ne s'est pas limitée à une seule subduction cisaillante. Au moins trois surfaces de cisaillement juxtaposées peuvent être distinguées en ces lieux; ce qui est évidemment tout-à-fait normal. Il serait donc étonnant qu'il n'en soit pas de même ici, près de Chiavenna. D'où, l'explication très simple de ces intercalations; auxquelles s'adjoindront peut-être d'autres strates du même genre, pas encore repérées dans ces parages, mais se rapportant aussi aux déversements de masses St-Bernard dans la fosse Mont-Rose.

Tandis que l'utilisation de ces intercalations pour édifier des nappes Tambo et Suretta, issues d'un enracinement collectif, ne présente pas plus de sens qu'en avait cette *historique Nappe Mont-Rose*, également issue des trois principes erronnés qui dirigent aujourd'hui encore une grande partie de la géologie alpine.

* Voir dans CR.Ac.sc. 13 juin 1966: *Caractères essentiels du Permocarbonifère alpin.*

Zone Sesia

Au bord méridional de la zone Saint-Bernard, la carte italienne 100.000 indique les limites et les particularités pétrographiques d'une « zone Sesia orientale ». Ces données, inutile de les relater dans ces pages-ci; tandis qu'il faut, au contraire, porter son attention sur le raisonnement qui permet de comprendre, d'une manière rigoureusement logique, les causes et les effets de la subduction qui a tiré sous la zone Sesia le Complexe SB/MR créé par la Première phase tectogène.

Pour cela, il est absolument nécessaire de considérer d'une part la conception globale de Rittmann sur l'orogénèse, et d'autre part les quelques notions nouvelles que j'ai introduites pour une meilleure compréhension de la chaîne alpine.

Lorsqu'en 1949 je rencontrai Rittmann je fus captivé par sa façon nouvelle de concevoir l'orogénèse en général, et j'obtins de lui un texte: *Orogénèse et volcanisme* qui parut en 1951 dans ces *Archives*. Il y avait là une conception globale de l'orogénèse (*phase géosynclinale*, suivie d'une *phase d'engloutissement* et de plissement, puis d'une *phase de surrection*) qui se basait avec une logique impeccable sur les courants subcrustaux, et qui éliminait très heureusement ces poussées de blocs contre blocs qu'imaginaient les tectoniciens les plus réputés.*

Cette conception globale constituait certainement un très grand progrès en géologie. C'était une étape très importante qui permettait de comprendre des orogènes simples, mais qui cependant ne suffisait pas pour la chaîne alpine, beaucoup plus complexe. Celle-ci demandait, en effet, des notions fondamentales *qui n'existaient ni dans cette conception, ni ailleurs*. Elle demandait, pour être véritablement comprise, ces cinq notions fondamentales nouvelles:

1) subduction primordiale et déversement remplissant la fosse géosynclinale (notion que j'ai comprise et publiée alors que je ne connaissais ni Rittmann ni ses idées);
2) asymétrie du bourrelet primordial connexe de cette subduction, et en conséquence second courant plus puissant que le premier, et déversement en sens inverse;
3) alternance de la résultante des forces d'entraînement émanant des deux courants en action sous le bourrelet, tantôt vers l'avant-pays, tantôt en sens inverse;
4) subductions et surrections constamment liées, du commencement à la fin de l'orogénèse, et non pas une phase d'engloutissement et plissement, suivie de surrection;
5) le mécanisme des subductions cisaillantes, leurs causes et leurs effets, sans lesquelles on ne peut comprendre véritablement la structure et le mode de formation des nappes (et parfois l'absence de racine dès l'origine).

Ces cinq notions nouvelles (qui s'accordent avec les raisonnements et la conception globale de Rittmann) il faut les avoir présentes à l'esprit à propos de *Zone Sesia* près de Chiavenna, car elles indiquent clairement les causes de quelques structures majeures de cette partie-ci des Alpes; notamment:

* Aujourd'hui ces blocs sont devenus des plaques ... avec collisions ...

a) la superposition de gneiss Saint-Bernard sur ophiolites MR de Chiavenna;
b) la coupure du Complexe SB/MR par la subduction cisaillante Sesia;
c) le basculage de la surface de cisaillement de cette subduction Sesia.

Les diastrophismes *a* et *b* ont déjà été sommairement envisagés dans l'une des pages précédentes, mais il faut encore les considérer ici pour bien comprendre *c*, le basculage, qu'Argand avait déjà discerné au bord méridional du Pennique. Reprenons donc ci-dessous, de cette manière, le début de la tectogénèse alpine.

Le bourrelet orogénique né de la première grande subduction alpine (ou groupe de subductions réitérées) devait être très asymétrique, comme sont très asymétriques les dunes, puisque né d'un seul courant. Sous le flanc le plus incliné de ce bourrelet a forcément dû naître un second courant, plus puissant que le premier puisque plus plongeant (cf. gradients thermiques horizontaux croissant avec l'inclinaison). D'où, certainement, une résultante des forces d'entraînement émanant des deux courants, inclinée vers l'arrière-pays; et une subduction (ou groupe de subductions) en sens inverse de la précédente. Autrement dit, une deuxième grande subduction, tirant sous la zone Sesia le complexe SB/MR né de la première subduction.

En conséquence, dans les parties basses extrêmement rhéomorphiques, fluidales, de la lithosphère, les translations obliques de la deuxième subduction ont dû non seulement agrandir le bourrelet, mais elles ont dû lui donner une forme asymétrique inverse de la forme antérieure. D'où, logiquement, une résultante nouvelle plongeant vers l'avant-pays, à l'inverse de la précédente; et un basculage de la surface de cisaillement de la deuxième grande subduction; car une telle résultante devait normalement créer une tendance à l'affaissement du côté de l'arrière-pays, une élévation de l'autre côté, et un *moment* en ces lieux.

Le basculage qui s'est fait dans cette zone-ci est analogue à celui de l'Ossola. Il est moins important que le basculage effectué dans le segment valaisan-valdotain, où, dans le bas du Val d'Aoste par exemple, la surface de cisaillement correspondant à la base de la nappe Dent-Blanche a été vraisemblablement basculée d'env. 90°; ce qui est naturellement un véritable renversement (voir les précisions que j'ai énoncées dans C.R.séances, vol. 6, 1971).

Argand avait très bien discerné ce « renversement des racines » et il y a donc là un mérite qui s'ajoute à *la prestigieuse avancée que lui doit la géologie alpine.* Il attribuait ce renversement à une « sous-poussée insubrienne » finale, postérieure à la formation de toutes les nappes; mais plutôt il s'agit là d'un basculage fait immédiatement après la deuxième grande subduction cisaillante.*

* Sur la présente coupe Mesocco-Dongo, le cisaillement Complexe SB/MR sous Zone Sesia, et le cisaillement ultérieur Canavese sous Zone Sesia, sont actuellement parallèles, mais le premier plongeait en sens inverse à l'origine, avant son renversement subséquent. Ce n'est donc qu'un parallélisme en quelque sorte fortuit, insolite.

Schistosités Cabbiolo-Soazza-Forcola

Entre Chiavenna et la nappe Simano, la zone St-Bernard est traversée par une épaisse bande de gneiss à forte schistosité plongeant vers l'avant-pays. De Cabbiolo à Soazza notamment, sur les deux flancs de la vallée, on voit des gneiss de types divers dont les strates plongent en moyenne 45° NNE (de 35 à 55°). Ils sont figurés sur une coupe de A.Gansser parue en 1968 (Bul.Min.Pétr.) et sont figurés aussi sur l'une des deux coupes au 500.000 ci-jointes.

Ces schistosités, plongeant vers l'avant-pays, sont certes homologues de celles qui s'étendent dans l'Ossola entre le dos de N.Monte-Leone, le flanc septentrional de C.Camughera et le pli transversal d'Antronapiana, schistosités très importantes, accompagnées de plis et dérivant de subductions, que j'ai décrites dans *Archives* 1954, *CR.Ac.sc.* 1965 et *Eclogae* 1974. La nature de ces deux groupes de schistosités et leur position par rapport aux unités tectoniques environnantes, en font deux ensembles pareils et symétriques de part et d'autre du segment Ossola-Tessin. Il appert donc qu'une explication juste pour l'un d'eux doit convenir aussi à l'autre.

Or, dans l'Ossola, il est certain que ces schistosités sont antérieures à la phase simplonique (troisième phase), puisqu'on les voit s'arrêter brusquement au dos de la nappe Monte-Leone, coupées par le cisaillement; comme je l'ai cartographié et représenté sur une coupe Gondo-Camughera. Que ces schistosités soient postérieures à la phase Sesia (deuxième phase), on ne peut le prouver par une coupure, mais c'est plus que probable, car cette phase a créé une subduction et des schistosités plongeant vers l'arrière-pays, et ce n'est qu'ensuite qu'une résultante plongeant en sens inverse a pu créer non seulement un basculage de la surface de cisaillement, mais aussi la subduction restreinte dont proviennent ces schistosités-ci. *

Ainsi s'explique clairement et simplement ces schistosités avec quelques plis dans l'Ossola, et leurs homologues entre Chiavenna et la nappe Simano. Quant aux variations de forme du bourrelet orogénique lors des subductions, à la fois cause et effet des inversions de la résultante des forces d'entraînement émanant des deux courants en action sous le bourrelet, elles ont été figurées pour l'Ossola-Tessin dans *Eclogae*, vol.64, 1971, et seront bientôt figurées pour le segment valaisan-valdotain.

* Autour de Zermatt, de Cogne et de Valsavaranche, on voit que la subduction Mont-Rose sous Saint-Bernard s'est faite en trois fois au moins. De même, la subduction du Complexe SB/MR sous zone Sesia n'a pas été simple; elle comporte les cisaillements réitérés dont sont nées non seulement les nappes Dent-Blanche, Mont-Mary et Emilius, mais aussi les trois grandes écailles que j'ai distinguées et cartographiées dans la nappe Emilius. Quant à la phase simplonique, sa complexité consiste en quatre subductions successives. Il est donc bien normal qu'il y ait eu un peu de complexité (non seulement basculage, mais aussi subduction restreinte créant la schistosité Forcola-Cabbiolo) dans la phase intercalaire née d'une résultante plongeant N, qui s'est faite entre les phases Sesia et simplonique, issues toutes deux d'une résultante plongeant S.

Quant au pendage actuellement NNE de la schistosité Forcola-Cabbiolo, il dérive d'un pendage originellement N (les directions générales alpines en ces lieux sont EW) par un léger basculage vers l'E concomitant des diastrophismes transversaux envisagés sous le titre suivant.

Phase simplonique et phase canavesane

Bien que la nappe Simano et le cisaillement de la subduction canavesane soient notés près des bords de la carte et des coupes ci-jointes, il n'est pas nécessaire de les examiner de plus près dans ces pages-ci. Car le but de celles-ci est de montrer qu'autour de Chiavenna les structures sont en réalité complètement différentes des explications classiques basées sur trois principes directeurs certainement erronés, et pour la transformation des fondements de la géologie alpine qui en découle, cette nappe et ce cisaillement ne doivent pas de prime abord intervenir.

Plis transversaux

Un fait de premier ordre, un fait déterminant saute aux yeux pour démontrer qu'un important pli transversal existe immédiatement à l'W de Chiavenna. On voit, en effet, sur la carte italienne 100.000, les ophiolites de Chiavenna s'arrêter brusquement contre une transversale Splugen-Mezzola, et en face les gneiss Forcola-Cabbiolo buter d'une manière également nette contre cette transversale. Comment s'expliquer sérieusement cette disposition si ce n'est par le pli transversal qui est schématisé sur la coupe longitudinale ci-jointe ? Des réponses dérivant d'enracinement collectif et de déversement unilatéral des nappes sont en tout cas géométriquement et mécaniquement impossibles, incompatibles avec les structures visibles en ces lieux. Il suffit de considérer ces structures sans préjugé pour s'en rendre compte.

Dans le Val San Giacomo et près de Chiavenna (à l'W de Bette) une série de manifestations accessoires de ce pli Splugen—Mezzola se montre dans les gneiss minuti permocarbonifères sous forme de pendages E et W, et de plis transversaux mineurs, de l'ordre du m, avec charnières bien nettes. Tandis que de S.Bernardino à Mesocco et jusqu'à la Forcola, c'est un second pli transversal déversé à l'W, d'importance à peu près égale à celle du premier, que montrent le Mésozoique et les pendages des gneiss; apparemment avec replis, noyau gneissique et flanc inverse par endroits, d'après la feuille 200.000 Tessin.

En somme, d'un côté l'immense pli transversal d'Antronapiana déversé vers le segment Ossola-Tessin, et symétriquement de l'autre côté, un très important diastrophisme transversal, double, également déversé vers ce segment, où tant la tectogénèse que la sédimentation géosynclinale ont eu moins d'ampleur que dans les segments contigus (voir les cartes géologiques à propos de cette sédimentation). Or, si les déversements ont convergé vers l'Ossola-Tessin, vers le segment à sédimentation et tectogénèse moins importantes, c'est évidemment parce que le bourrelet orogénique était là moins important, moins profond que dans les segments contigus. Il appert, en effet, que dans ces conditions, lors des ajustements isostatiques et surrections finales, d'importantes dénivellations et forcément des plis transversaux devaient nécessairement se produire dans les zones marginales, dans les zones de transition. C'est donc l'absence de tels plis qui serait ici anormale, contre nature.

Depuis longtemps ce phénomène de physique élémentaire aurait dû s'inscrire dans les fondements de la géologie alpine. S'il ne l'a pas été et si Argand a pu, dans son Mémoire de 1911, facilement évincer l'idée de pli transversal que Schmidt plaçait dans des gneiss qu'il imaginait autochtones, c'est tout simplement *parce que ni l'un ni l'autre* n'avaient compris le déversement préalable SB/MR, le déversement primordial de masses Saint-Bernard dans la fosse Mont-Rose. D'où, l'égarement navrant de la géologie alpine dès cette controverse Argand-Schmidt.

Car ni la thèse d'Argand (qui ne voulait pas voir de pli transversal à l'E du Mont-Rose), ni la thèse de Schmidt (qui plaçait son pli transversal dans des gneiss « autochtones » de la surface triangulaire Domo-Prabernardo) ne pouvaient correspondre à la réalité. Les gneiss de cette surface triangulaire ne sont, en effet, *ni autochtones, ni simploniques !* Comme je l'ai démontré dans ces *Archives* en 1954 (et dans *CR.Ac.sc.* 1965, *Eclogae* 1971 et 74) ce sont des gneiss Saint-Bernard déversés dans la fosse géosynclinale Mont-Rose lors d'une Première phase tectogène. *

Il faut tout d'abord s'en rendre compte pour que vienne ensuite la possibilité de coordonner les structures de l'Ossola et des alentours de Chiavenna, et de comprendre ainsi l'existence du pli d'Antronapiana (5000 m de dénivellation) au bord W du segment Ossola-Tessin, et celle des plis transversaux jumelés du Splugen et de Mesocco au bord E du segment; plis correspondant exactement à la géométrie des strates qu'on observe là, et correspondant tout aussi bien, pour leur genèse lors des ajustements isostatiques finaux, aux lois élémentaires de la physique.

Telles sont les notions qui permettent de comprendre clairement et complètement tant les alentours de Chiavenna que l'orogénèse alpine en général. Elles montrent qu'au lieu de songer à l'enracinement collectif et au déversement généralisé des nappes vers l'avant-pays, il faut maintenant considérer la subduction Mont-Rose sous Saint-Bernard comme le premier grand diastrophisme alpin (à l'inverse de ce qu'on imagine encore). Elles montrent aussi, ces notions, que les subductions ultérieures résultent d'inversions successives de la résultante des forces dérivant de courants subcrustaux, tantôt vers l'avant-pays, tantôt vers l'arrière-pays.

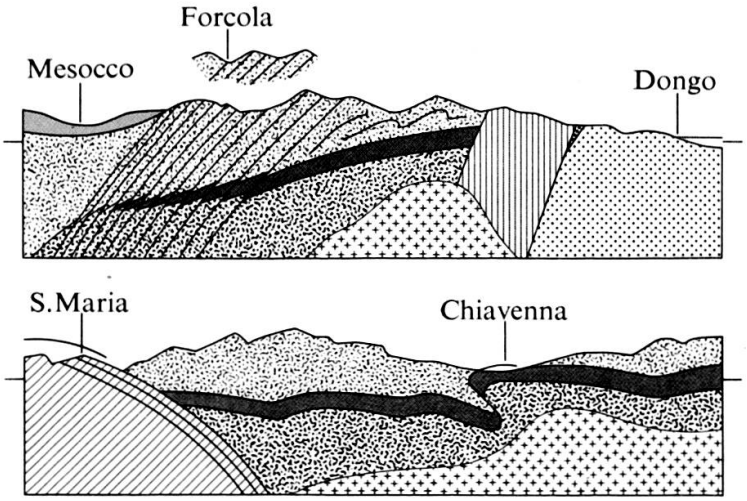
Quant au mécanisme des subductions cisaillantes, que la chaîne alpine montre clairement en maints endroits, on devrait évidemment ne pas tarder davantage à en comprendre les causes et les effets, *car on ne peut parler véritablement de structures de nappes et de leur formation sans faire intervenir ce mécanisme.*

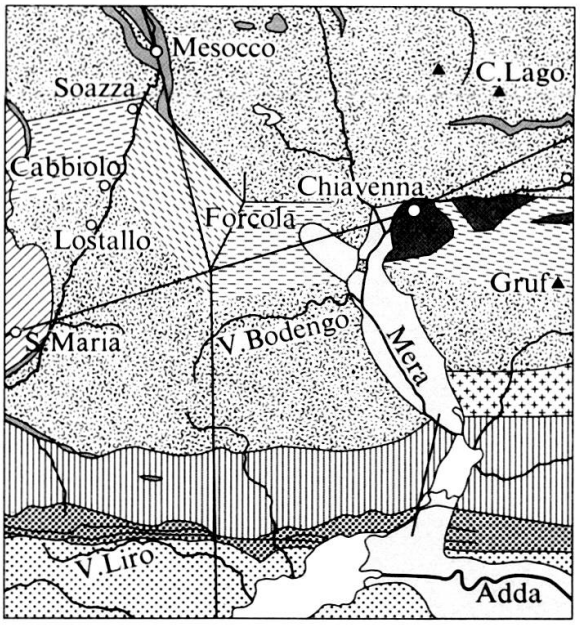
---

* C'est à partir de mon travail de 1954 que les cartes tectoniques de la *Commission géologique suisse* n'ont plus désigné cette surface triangulaire Domo-Prabernardo comme une zone radicale simplonique: ces utopiques racines simploniques ployées et reployées du système Argand-Staub.

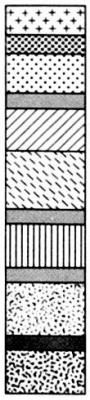
PS. Qu'il me soit permis de rendre hommage ici à l'admirable probité intellectuelle qui caractérisait Em. Argand en plus de son intelligence exceptionnelle, et d'en donner comme preuve ceci. Lorsqu'en 1935 je lui soumis un texte où les plis de l'Emilius qu'il considérait comme des « virgations de plis longitudinaux » étaient en réalité des plis transversaux finaux (CR.Soc.phys., vol.52, p.215-222), j'ajoutai que je ne publierais pas un texte qui pourrait lui déplaire. Il me répondit que je ne devais pas hésiter à publier cela, parce que j'avais passé quelques mois sur la nappe Emilius, tandis que lui-même n'avait passé là que quelques semaines, et qu'ensuite on examinerait ensemble cette question. Je n'ai connu que peu de savants d'une telle probité en plus d'un tel talent, et je lui garde un souvenir profondément reconnaissant pour tout ce qu'il a bien voulu m'apprendre en 1932 pendant les six ou sept semaines que nous avons passées seuls les deux à faire le tour de la péninsule ibérique. Et sans doute, s'il avait vécu davantage, aurions-nous éliminé ensemble l'enracinement collectif, le déversement généralisé des nappes et les coupes irréelles de l'Ossola, et nous aurions ensemble fait comprendre que les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose correspondent aux premiers grands mouvements alpins et non aux derniers. (A rapprocher de l'article de M.Bearth dans Eclogae, 67/3, et ma réponse dans Archives, vol.28, p.27)

Zone de transition entre segments grison et Ossola-Tessin:





1/500.000 20 km



Magma granitique monté diapiriquement durant le Tertiaire.

Z.Canavese / Z.d'Ivrée. Tiré sous la Z.Sesia à la fin du Crétacé.

Mésoz. / Paléoz. simplonique. Troisième phase tectogène, mésocrétacée.

Entre les phases Sesia et simplonique: subduction en sens inverse, créant les schistosités Camughera, Forcola, etc. (inversion de la résultante des forces en action sous le bourrelet orogénique)

Mésoz. / Paléoz. Sesia. Deuxième phase tectogène, éocrétacée.

Mésoz. / Paléoz. Saint-Bernard. Les parties méridionales de cette zone ont été déversées dans la fosse Mont-Rose, à la fin du Jurassique.

Mésoz. / Paléoz. Mont-Rose. Ex-fosse géosynclinale, sise au maximum des étirements connexes de l'affaissement, dès le début du Trias.

Le pendage actuellement NNE de la schistosité Forcola-Cabbiolo dérive d'un pendage originellement N par un léger basculage vers l'E concomitant des plis transversaux.