

Formation des Alpes dans le segment valaisan-valdotain

Autor(en): **Amstutz, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **31 (1978)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-739409>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

FORMATION DES ALPES DANS LE SEGMENT VALAISAN-VALDOTAIN

PAR

André AMSTUTZ

Lorsqu'en géologie, comme en physique, une *cause primordiale* n'apparaît pas directement, mais que ses *conséquences*, ses *effets* se montrent de façon telle qu'on peut les coordonner en un ensemble pouvant s'expliquer sans aucune contradiction par les lois de toutes les sciences dont est composée la géologie, il n'y a évidemment pas lieu de mettre en doute cette cause primordiale. Pas plus qu'on ne doit douter d'un *axiome* indémontrable par définition mais admis comme juste grâce à l'exactitude de ses conséquences. La « philosophie des sciences » confinerait à un art de compliquer les choses simples, si elle ne mettait pas à la base de l'avancement des sciences cette façon parfaitement logique et relativement simple d'envisager les *causes* permettant de comprendre les structures de l'écorce terrestre.

Or, tous les faits observables qui proviennent de l'orogénèse alpine s'expliquent clairement et complètement lorsqu'on attribue leur cause primordiale à des courants subcrustaux, plus exactement: à des convections dans la zone magmatique adjacente à la lithosphère (convections dues aux gradients thermiques horizontaux). *Tous* les faits observables dans les Alpes amènent logiquement à cette conclusion, et très probablement en est-il de même pour la plupart des autres orogénèses.

Tandis que les *plaques*, les *sous-plaques* et les *collisions* entre continents et arcs insulaires qu'on invoque actuellement (on est ainsi dans le vent) pour expliquer les orogénèses, présentent malheureusement ces trois particularités:

- 1) la cause des mouvements de ces plaques demeure complètement inconnue chez quelques auteurs ou vague et aléatoire chez d'autres (voir leur littérature);
- 2) des plaques rigides ou à peu près rigides ne peuvent exister, car la lithosphère, malgré son hétérogénéité, est certainement *partout* déformable dès qu'elle est sollicitée par des courants subcrustaux locaux, ou des causes similaires;
- 3) dans un travail paru en 1975 (Alpes et théorie des plaques) la chaîne alpine a été soumise à une explication dérivant de poussées et autres jeux de plaques, micro-plaques et collisions, mais ce travail témoigne d'une telle méconnaissance des structures alpines les plus élémentaires, qu'il est vraiment inutile d'épiloguer.

Ces quelques réflexions préliminaires étant énoncées (elles étaient évidemment nécessaires pour la géologie alpine dans son état actuel), voyons sur les présents dépliants l'évolution de l'écorce terrestre dans le vaste segment valaisan-valdotain pendant le cycle alpin. Cette évolution est figurée là en quatorze coupes schématiques qui, de l'Eotrias à nos jours, montrent la succession des forces émanant des courants en action sous l'orogène, les inversions de leur résultante, et la succession des subductions ayant engendré d'une part les variations de forme de la lithosphère quasi-fluidale dans les bas, et d'autre part les cisaillements suivis d'écoulement dont résultent les structures dans les hauts.

Dans ces hauts du segment, ce qui subsiste des structures finales du cycle alpin apparaît typiquement, malgré une forte érosion, dans une coupe d'Ivrée à Genève, au 500.000, que j'ai fait paraître récemment, dans les *CR.Ac.sc.* 23 mai 1977, avec une légende indiquant les particularités essentielles de ces structures et leur ordre de formation, ordre complètement différent de ce qu'enseignent les explications classiques et leurs trois principes directeurs illusoire.

On a donc, en joignant cette coupe Ivree-Genève et les quatorze coupes schématiques que je présente ici, un ensemble qui définit le segment valaisan-valdotain; comme est défini le segment Ossola-Tessin par l'ensemble que j'ai fait paraître en 1971 dans *Eclogae* 64/1: une coupe au 500.000 de Berne au Lac Majeur et douze coupes schématisant l'évolution du segment pendant l'alpin, avec un texte relatant les causes profondes et le mécanisme de l'orogénèse.

Or, entre ces deux segments, définis par ces deux ensembles de coupes, il y a naturellement beaucoup d'analogies, mais il y a aussi là des différences de sédimentation et de tectogénèse qui sont très importantes pour la compréhension de l'orogénèse alpine, et qui permettent de résoudre *enfin*, dans les zones marginales de ces segments, dans leur zone de transition, la question fondamentale laissée complètement irrésolue, et même complètement faussée (depuis 1910!) par l'âpre et mémorable mais inutile 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*) ne pouvaient correspondre à la réalité, à la géométrie des strates paléozoïques et mésozoïques qu'on observe en cette zone et que j'ai cartographiées autour de San Lorenzo. Tandis que non seulement cette géométrie mais aussi *son exact mode de formation* s'expliquent clairement et complètement par la coordination de ces deux notions, qui découlent de faits indubitables:

1. La tectogénèse alpine a débuté par la subduction Mont-Rose sous St-Bernard et le remplissage de la fosse MR par des masses SB. En conséquence, comme je l'ai montré en 1954 *, la zone paléozoïque Domo-Prabernardo n'est absolument pas cette zone de racines simploniques du système Argand-Staub (ces racines ployées et reployées des coupes classiques). Elle est une zone de gneiss SB déversés dans la fosse MR lors d'une Première phase tectogène, à la fin du Jurassique.

2. Tant la tectogénèse que la sédimentation géosynclinale du segment Ossola-Tessin ont eu moins d'ampleur que les phénomènes homologues des segments contigus. En conséquence, il en est résulté un bourrelet orogénique moins important, moins profond sous l'Ossola-Tessin que sous les segments contigus, et lors des ajustements isostatiques finaux, de grandes dénivellations et des plis transversaux par débordement latéral ont dû nécessairement se créer dans les zones de transition; l'équilibre isostatique tendant à se rétablir dès la fin de l'équilibre dynamique dérivant des courants subcrustaux à composante descendante.**

Par la coordination de ces deux notions il appert qu'à l'E du Mont-Rose, dans la zone de transition, une dénivellation de 5000 m a créé un immense pli transversal *non pas dans des gneiss autochtones mais dans le complexe Saint-Bernard/Mont-Rose dérivant d'une subduction primordiale suivie d'écoulement.*

Il y a donc là une structure qui est complètement différente des explications classiques mais erronées, basées sur trois principes directeurs (enracinement collectif, etc.) *qui n'auraient jamais dû exister* et qui ont freiné l'avancement de la géologie alpine d'une manière navrante pendant des dizaines d'années.***

Dès lors, il faut maintenant comprendre que les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose correspondent aux premiers grands mouvements de la chaîne alpine, et non aux derniers. De même, il faut maintenant comprendre qu'on ne peut parler sérieusement de structures de nappes et de leur formation, sans faire intervenir les causes et les effets du mécanisme des subductions cisailantes suivies d'écoulement, que j'ai indiqués dès 1952 dans ces *Archives* et dans les *CR.Ac.sc.*

* C'est à partir de 1954 que les cartes de la *Commission géologique suisse* n'ont plus désigné cette zone Domo-Prabernardo comme une zone de racines simploniques. Ma jonction Arza-Cisore, jamais conçue auparavant, a donc été fructueuse, pour éliminer une erreur magistrale et montrer où est en réalité le dos de la nappe Monte-Leone, avec sa schistosité de subduction.

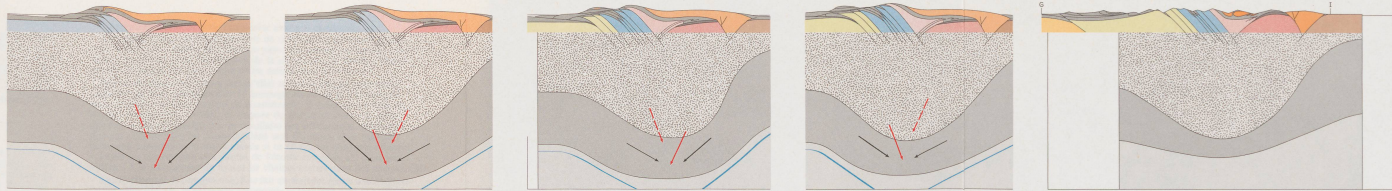
** En maintes zones internes du segment valaisan-valdotain apparaissent des plis transversaux qui n'ont pas l'immensité du pli de la zone marginale, mais qui proviennent aussi de dénivellations transversales lors des derniers ajustements isostatiques. Notamment, ceux de l'Emilius, nettement postérieurs aux plis longitudinaux; les plis de petite envergure de Saillon, dérivant de l'exhaussement Mont-Blanc; les plis du même genre de Valgrisanche, etc.

*** Le réseau hydrographique de l'Ossola (où les vallées de Bognanco, Antrona, Macugnaga drainent les eaux de l'W à l'E) concorde parfaitement avec ma façon de voir, énoncée en 1954, tandis qu'il est la négation des trois principes directeurs innovés pour expliquer la chaîne alpine de l'Ossola à la Méditerranée, puis repris pour en faire autant de l'Ossola à Vienne.

PS. Les épaisseurs adoptées au départ pour les zones sialique et simatique de l'avant- et de l'arrière-pays ne sont évidemment qu'approximatives, mais des modifications de ces épaisseurs en valeurs absolues ne changeraient guère leurs proportions et les flux subcrustaux qui en découlent. La marge d'erreur possible est donc admissible et n'empêche pas d'atteindre le but: un figuré clair et conforme à tous les faits actuellement connus pour l'orogénèse alpine. Quant à la quatorzième coupe elle tient compte dans la mesure du possible des derniers ajustements isostatiques et de l'érosion quaternaire, qui se compensent en partie altimétriquement.

2^e PS. La coupe Ivrée-Genève parue l'an dernier dans les *CR.Ac.sc.* ayant été imprimée en surnombre, il en est resté suffisamment d'exemplaires pour qu'elle puisse être ajoutée ici aux quatorze coupes constituant le présent travail; avec l'assentiment de l'*Académie des sciences.*

Evolution de l'écorce terrestre dans le segment valaisan-valdotain



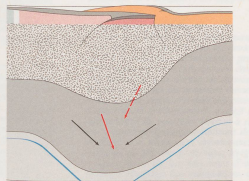
10) Cinquième phase, préalpine embryonnaire, éocène

11) Phénomène intercalaire

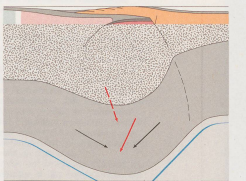
12) Sixième phase tectogène, helvétique, oligocène

13) Phénomène intercalaire

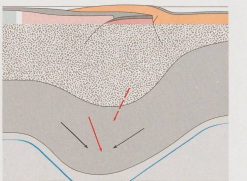
14) Septième phase, périalpine, miocène et pliocène avant les ajustements isostatiques tardifs et l'érosion quaternaire



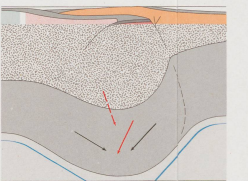
5) Phénomène intercalaire



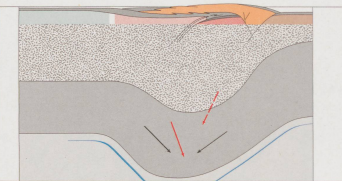
6) Deuxième phase, période Mont-Mary



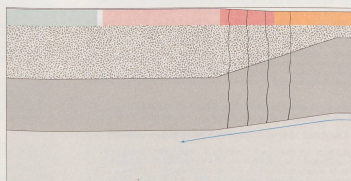
7) Phénomène intercalaire



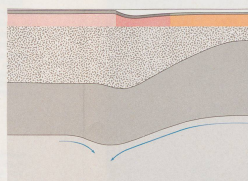
8) Deuxième phase, période Emilius



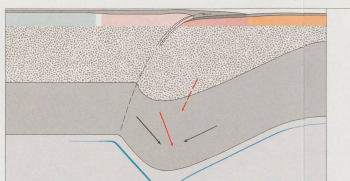
9) Quatrième phase, Canavese, néocrétacé



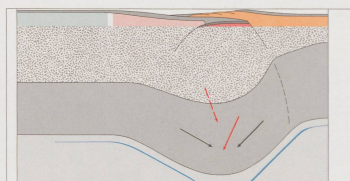
1) Phase géosynclinale au début du Trias (il y a env. 200 millions d'années)



2) Phase géosynclinale au Mésojurassique



3) Première phase tectogène, fin Jurassique (il y a env. 130 millions d'années)



4) Deuxième phase tectogène, période Dent-Blanche, éocrétacé

La légende de ces quatorze coupes est sur le second dépliant, avec un texte analysant les causes profondes, les subductions rhéomorphiques dans les bas, cisailantes dans les hauts, les écoulements subséquents, et les autres facteurs du mécanisme de l'orogénèse.

Evolution de l'écorce terrestre dans le segment valaisain-valdotaïn

Ech. horizontale: 1/2.000.000; phases figurées à leur état final.

Flèches noires: forces agissant à la base de l'écorce terrestre et dérivant de l'entraînement par des courants substratiaux. Ces flèches ne sont pas des vecteurs! Elles symbolisent simplement l'ensemble des forces réparties dans cette écorce. Leur épaisseur correspond approximativement à l'intensité; leur direction, à l'inclinaison moyenne du courant magmatique.

(Ces forces dérivent de courants substratiaux, qui résultent eux-mêmes de forces issues essentiellement de gradients thermiques horizontaux, correspondant aux diverses inclinaisons du géoséisme sina/magna.)

Flèches rouges: direction de la résultante des forces précédentes. (Cette résultante crée tout d'abord, à côté du bourrelet, une flexure, puis, au travers de celle-ci, une rupture sous forme de subduction cisailante, lorsque la résistance cède aux tensions accumulées.)

Flèches bleues: mouvements du magma substratal. L'épaisseur des flèches est approximativement proportionnelle à la vitesse du mouvement.

Les flèches discontinues correspondent aux forces ou mouvements ayant agi à la base de l'écorce terrestre pour produire la structure représentée. Tandis que les flèches continues sont les forces ou mouvements agissant à la base de l'écorce terrestre pendant la phase considérée.

Zone sable:	stal	continental crust	
gris foncé:	lima	basic rocks	upper
gris clair:	magma	low velocity layer	nante

La limite recilicée stal-sima figurée à l'Estriais, cad. au point de départ du cycle alpin, est évidemment une limite simplifiée faisant abstraction des irrégularités d'ordre mineur qui devaient exister entre stal et sima. Quant au passage sima-magma, il est figuré ici par une simple ligne, mais il y a évidemment là une zone de transition graduelle où viscosité et friction transmettent aux couches sus-jacentes le mouvement des courants substratiaux (entre roche holocristalline et magma complètement fondu, doivent exister des roches avec fusion interstitielle, et du magma chargé de phénocristaux.)

1 et 2) Phase géosynclinale, durant le Trias et le Jurassique: Dès le début du Trias, affaissement relativement rapide de la zone Mont-Rose, et simultanément étiement et fissuration, créant un très abondant volcanisme basaltique (env. 3/4 d'ophiolites) mais ne créant qu'une sédimentation calcaréo-dolomitique restreinte et sporadique, quasi nulle dans la partie médiane de cette zone MR. — Dans la zone Saint-Bernard, approfondissement et étiement bcp moindres, créant une sédimentation dolomitique et calcaire plus importante, mais un volcanisme apparemment moindres que dans la zone MR. Ensuite, persistance de grandes différences entre ces zones: sédimentation gréséo-marneuse abondante et volcanisme basaltique restreint dans la zone SB; l'inverse dans la zone MR, devenue fosse géosynclinale; quelques conglomérats dans SB, aucun dans MR.

La conjonction de ces divers genres d'étiement-fissuration et d'affaissement ne peut s'expliquer mécaniquement, se comprendre dynamiquement, que par un déplacement latéral de magma substratal, une correction sub-horizontale amorçant une dépression et conjointement une distension sous la zone Sesa, créant un maximum de dépression et d'étiement sous la zone Mt-Rose, puis s'amortissant graduellement, dès la zone St-Bernard, vers l'avant-pays. Il appert, en effet, qu'aucun courant vertical, aucun autre phénomène substratal, n'aurait pu créer une telle conjonction et de telles différences lithologiques entre ces trois zones pennines.

Profondeur des mers et épaisseurs des sédiments: j'ai préféré indiquer leurs moyennes par des lignes droites plutôt que de les figurer par des ondulations fantaisistes.

5) Phénomène intercalaire:

Subduction souple, non cisailante, inverse de la précédente, créant une dépression au SE de la surface de cisaillement Donnaz-Bard, et un exhaussement au NW. D'où, un bascuillage dans le vide, un renversement de cette surface (renversement très bien discerné par Argand, mais ne provenant absolument pas d'une sous-poussée inopinée finale). Le translation de masses rhéomorphiques par la subduction créatrice de la N.Dent-Blanche a forcément atténué l'inclinaison du flanc NW du bourrelet et augmenté celle du flanc SE, ravivant ainsi le courant primordial et créant le second courant. D'où, une inversion de la résultante des forces d'entraînement émanant des deux courants, et en conséquence, pour le bourrelet, éminemment déformable, un retour à l'asymétrie précédente. (Rock flowage, avec toutes les transformations structurelles qu'impliquent ces mots, exprime bien la nature quasi fluïdale du bourrelet.)

4) Deuxième phase tectogène, période Dent-Blanche, éocratée: Première subduction du Complexe SB/MR sous la zone Sesa, admirablement visible au bord de la Doire entre Donnaz et Bard (bien que sans mésozoïque) avec plissement des gneiss montrant la compression au-dessus de la surface de cisaillement, et laminage-étiement au-dessous de cette surface (renversée). Telle est au sud du Val d'Aoste la base de la N.Dent-Blanche (cette surface étant aussi le dos de la N.Mont-Mary, puisque les subductions créent le dos des nappes avant leur base).

Le bourrelet infrastructural résultant de la Première phase tectogène devait être très asymétrique, comme le sont la plupart des dunes, puisque créé par un seul courant. Et sous le flanc abrupt de ce bourrelet, devait donc naître un second courant substratal, plus rapide, plus vigoureux que le courant primordial, puisque plus incliné, plus plongeant. Dès lors, la résultante des forces d'entraînement de ces deux courants a dû être inclinée vers SE, et créées, dans ces conditions, une subduction cisailante en sens inverse des précédentes. D'où, la nappe Dent-Blanche à l'état embryonnaire.

3) Première phase tectogène, fin Jurassique; déversements SB/MR: Quelques subductions cisailantes (phénomène primordial) puis écoulement par gravité (phénomène complémentaire et amplificateur) de masses paléozoïques et mésozoïques Saint-Bernard dans la fosse Mont-Rose, plus exactement: écoulement de ces masses SB sur la couverture basaltique de la fosse Mont-Rose, jusqu'à remplir entièrement cette fosse.

Les conglomérats mésozoïques de la zone SB peuvent dériver d'une émission créée, lors de la subduction, par l'élevation des masses sites au-dessus de la surface de cisaillement; mais peut-être auparavant, dans cette zone SB s'affaissant beaucoup plus lentement que la zone MR, existait-il déjà des rûles émergées.

(Dans le Val d'Aoste, le retournement d'importantes écailles SB/MR par l'écoulement des lourdes masses Sesa vers le N, démontre que les déversements SB/MR sont antérieurs aux nappes Emilius et Dt-Blanche, et prouve donc que les vastes et classiques recouvrements Saint-Bernard sur Mont-Rose résultent tout simplement d'une Première phase tectogène; alors que toutes les publications considérant cette question les attribuent aux derniers mouvements de la formation des Alpes.)

Le courant magnétique créateur de géosynclinal a dû entraîner par viscosité et friction certaines parties basales et accentuer ainsi la pente de la sous-face tout en la raccourcissant (schémas Estriais et Mésojurassique). Dès lors, par l'augmentation continue de son inclinaison et, partant, de son intensité, ce courant a dû augmenter sa puissance jusqu'à déteinter une subduction cisailante au travers de la croûte terrestre. Cette translation descendante de masses rhéomorphiques et ce cisaillement oblique étaient, en effet, la conséquence logique et normale de la jeu des forces dérivant du sens et de l'emplacement du courant créateur de géosynclinal; un peu de mécanique élémentaire permet de s'en rendre compte.

Cl. les subductions avec sèmes profonds qui se font aujourd'hui autour du Paléocène.

12) Sixième phase tectogène, héltétique, oligocène:

Série de subductions cisailantes au voisinage des précédentes: formation des N. ultrahéltétiques d'abord, Wilthorn ensuite, puis Morcles, le dos de ces nappes s'étant formé avant la base. Entre Nendaz et Viège, le premier de ces cisaillements coupe des surfaces de Cinquième phase et détraît des racines. Ecoulement dans le sillon valaisain, avec transport d'élements de la Cinquième phase sur le dos de ces nappes héltétiques. Evolution des champs de forces, variation du bourrelet, analogues à 10)

11) Phénomène intercalaire:

Subduction souple dérivant d'inversion analogue à 5) et 7)

10) Cinquième phase, préalpine embryonnaire, éocène: Subductions cisailantes faites successivement et côte à côte dans les pentes méridionales du «sillon valaisain» créé par les subductions créatrices Sesa et simploniques; dans l'ordre chronologique: Niesen, Simme, Brèche, Médiane; le dos de ces nappes s'étant formé avant leur base. Evolution des champs de forces, inversion de la résultante et de l'asymétrie du bourrelet, analogues à celles des trois périodes Sesa.

9) Quatrième phase tectogène, Canavese, néocratée: Subduction cisailante tirant sous la zone Sesa la zone d'Ivrée (zone diorito-kinzigitique) et sa couverture allant de volcanites permocarbonifères à des calcaires mésozoïques (rien de plus jeune). Résultante et asymétrie du bourrelet à l'inverse de celles de Période Emilius. Un peu de fusion du bourrelet, probablement déjà commencée auparavant, dès les trois périodes Sesa!

Troisième phase tectogène: Dans le segment valaisain-valdotaïn et dans le segment grison, la Deuxième phase est caractérisée par l'ampleur et l'analogie de trois périodes de subductions de même orientation; tandis que dans le segment Ossola-Tessin (à sédimentation géosynclinale bcp moindre) la subduction du Complexe SB/MR sous zone Sesa a été suivie par le groupe des quatre subductions simploniques, dont la première section, près de S.Maria-Mag. et Roveredo, la direction du diastrophisme Sesa (avec une schistosité de subduction d'orientation différente). Pour une classification claire et commode, j'ai donc groupé en une Troisième phase tectogène les quatre nappes simploniques, qui n'existent que dans le segment Ossola-Tessin, mais que des théories très influentes ont prouvé et prouvent encore en sous-sol de la Méditerranée à Vienne.

8) Deuxième phase, période Emilius:

Trois cisaillements juxtaposés découpant les trois grandes écailles de la N.Emilius. Ecoulement dans la dépression longitudinale amorcée par la subduction Dent-Blanche, accentuée par la subduction Mont-Mary et amplifiée encore par celle-ci, une cumulation de glissements les uns sur les autres permettant aux masses Sesa supérieures, masses Dt, de parvenir beaucoup plus loin que les masses Emilius sur le substratum SB. Evolution des champs de forces et variation de forme du bourrelet rhéomorphique analogues à celles des Périodes Dent-Blanche et Mont-Mary.

7) Phénomène intercalaire: Subduction souple, dépression au SE et surélévation au NW du cisaillement, bascuillage de la surface km 25 et accentuation du bascuillage de surface Donnaz-Bard. Inversion de résultante, modification du bourrelet, analogues à ce qui s'est passé lors du premier Phénomène intercalaire.

6) Deuxième phase, période Mont-Mary:

Deuxième subduction cisailante, visible au N de Bard, près du km 25, créant la base de N.Mont-Mary et le dos de N.Emilius à l'état embryonnaire. Au NW, accentuation de la dépression longitudinale amorcée par la période Dt-Blanche, et continuation d'écoulement. Variation de forme du bourrelet rhéomorphique analogue à celle de Période Dent-Blanche.

Conclusions générales pour l'orogénèse analysée ci-dessous:

La chaîne alpine résulte d'une série de subductions alternant tantôt vers l'avant-pays, tantôt vers l'arrière-pays; alternance impliquant une série d'inversions pour l'inclinaison de la résultante des forces d'entraînement émanant des deux courants en action sous le bourrelet.

Les subductions des Alpes, lorsqu'elles sont cisailantes, présentent toujours ces deux particularités: 1) laminage-étiement et «schistosité de subduction» sous la surface de cisaillement; 2) compression (plis ou simples frocnements, écailles) et coupure de strates au-dessus de cette surface. — En m'étonnant que ce corollaire des subductions cisailantes, que j'ai observé dans les Alpes pendant tant d'années, n'ait pas été remarqué auparavant, je me demandai si ce corollaire n'est pas inhérent à toutes les subductions cisailantes de l'écorce terrestre, si l'est pas inhérent à la tectogénèse de toutes les chaînes comportant des nappes. (?!)

Entre étiement et compression, il se fait en majeure partie une compensation volumétrique, la partie non compensée se trouvant dans le bourrelet. Malgré la fusion partielle, il y a donc loin du rétrécissement d'env. 30% qu'implique pro ce bourrelet, à celui de 60-80%, qu'imaginent certains auteurs. D'autant plus que les écoulements allongent beaucoup (sans rétrécissement de l'orogène!) les nappes nées des subductions cisailantes.

Ajustements isostatiques:

Une lente élévation de température du bourrelet orogénique, graduellement très en profondeur par les deux courants substratiaux en même temps qu'il s'accroissait, l'échauffement progressif de ces masses rocheuses rhéomorphiques par leur enfouissement dans les masses magmatiques, et aussi une fusion partielle durant les diverses phases tectogènes, ont évidemment beaucoup diminué les gradients thermiques horizontaux du géoséisme sina/magna, cause première des courants substratiaux. Dès lors, cette cause s'amortissait graduellement, il est évidemment produit un mouvement ascensionnel du bourrelet tendant à rétablir l'équilibre isostatique perturbé par l'équilibre dynamique dérivant des deux courants à composante descendante. Ce mouvement ascensionnel a naturellement été d'amplitude très variable, au gré des nombreuses irrégularités du bourrelet.

Dans les hauts, ces variations d'amplitude ont beaucoup déformé les surfaces résultant des subductions cisailantes et des écoulements. On en voit des effets majeurs dans les modifications de pendage régnant au flanc des soulèvements Mont-Rose et Grand-Paradis, et dans les formes en voûte qui résultent de l'échaussement Mont-Blanc; échaussement qui a fait fuier encore plus au NW les nappes héltétiques et préalpines.

De plus, les irrégularités du bourrelet ont produit de très importants diastrophismes transversaux lors des ajustements: 1) les plis transversaux bordant à l'W la N.Emilius, les plis mineurs de Valgrisanche, Saillon, etc. 2) l'immiense pli transversal d'Antrognana, qui résulte tout simplement d'un débordement latéral lors de la surrection du massif Mont-Rose. Ce massif domine d'env. 5000 m la zone géologiquement correspondante dans l'Ossola, parce que la sédimentation géosynclinale et la tectogénèse ont eu la moins d'ampleur que dans le segment valaisain, créant là un bourrelet moins important, moins profond; d'où, forcément, une grande dénivellation lors des ajustements.

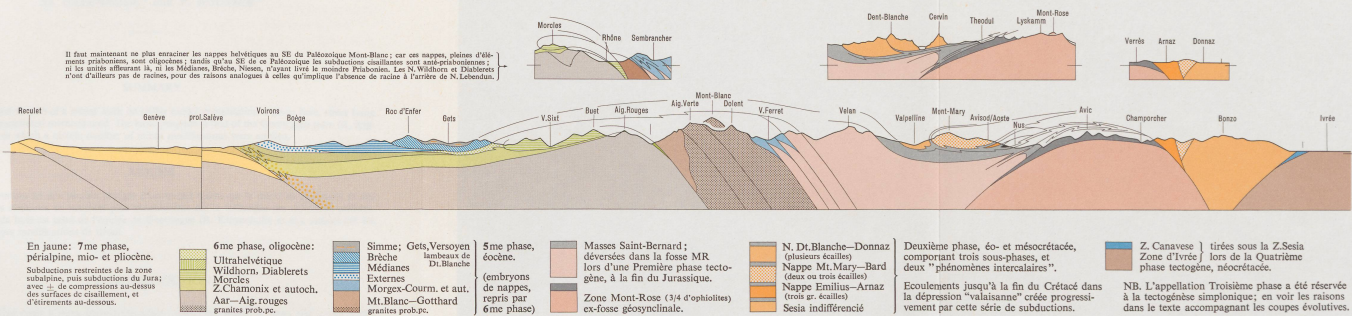
14) Septième phase tectogène, périalpine, miocène et pliocène: Plis et écailles de la zone subalpine, puis plissement du Jura.

13) Phénomène intercalaire: subduction souple analogue à 11)

12) NB, pour sixième phase: L'habitude d'entraîner les N.Wilthorn et Diablerets (plains de Prätibonan) au SE du Paléozoïque Mont-Blanc devrait cesser; car les subductions cisailantes sont là anti-prätibonanes. Il ne faut pas non plus les entraîner plus au NW, car ces nappes sont nées sans racines! (voir Archives, vol.27: Subductions dans Valais, avec coupe Morcles-Sembranches).

Une coupe d'Ivrée à Genève, au 1.500.000, typique pour le segment valaisain-valdotaïn, a paru dans les C.R. de l'Académie des sciences, 23 mai 1977. Pour le segment Ossola-Tessin, une coupe de Bard au Lac Major, et 12 schémas figurant l'évolution du segment, ont paru dans les Eclogae, 64/1, 1971

Coupe au travers du segment valaisain-valdotain, de Genève à Ivry; au 1/500,000; par A. Amstutz
(L'évolution de ce segment, de l'Eotrias à nos jours, est figurée en 14 coupes au travers de l'écorce terrestre, à paraître bientôt)



NB. Les ajustements isostatiques qui ont succédé à la tectogénèse pennique et aux phases 5,6,7, ont beaucoup déformé les surfaces résultant des subductions cisailantes et des écoulements consécutifs; ils ont créé non seulement les plis transversaux d'Antronapians et de l'Emilius, mais aussi les modifications de pendages qui règnent au flanc NW des soulèvements Mont-Rose et Grand-Paradis, et les formes en voûte qui résultent de l'exhaussement Mont-Blanc.

Pour mieux comprendre les structures représentées par la coupe ci-dessus, il est utile de reproduire ici ce que j'ai noté en 1957 (CR.Ac.sc.):
« L'une des conclusions qui se dégagent de mon travail dans les Alpes occidentales a trait au mécanisme de formation des nappes et montre que les principales nappes de cette chaîne résultent de subductions plus ou moins cisailantes suivies d'écoulement dans les dépressions créées par ces subductions elles-mêmes. Il me paraît donc nécessaire de bien distinguer dans les distorsions alpines, d'une part le phénomène primordial qui constitue les subductions provenant vraisemblablement d'entraînement par les courants subcrustaux, et d'autre part le phénomène complémentaire et amplificateur que représentent les écoulements par gravité. Et il me paraît d'autant plus utile et important de bien faire cette distinction de causes et d'effets, qu'elle n'a apparemment jamais été faite jusqu'à présent dans les considérations émises tant sur la schistosité en général que sur le mode de formation des nappes. »

Autre conclusion découlant de mon travail dans les Alpes occidentales: Lors des subductions cisailantes, il se produit régulièrement ce phénomène-ci:
1) laminage et étrétement au-dessus de la surface principale de cisaillement, avec schistosité parallèle à cette surface; et 2) compression au-dessus de cette surface, avec création d'écailles, plis, frontements. (NB. Les compressions sont parfois effacées par la juxtaposition de cisaillements successifs.)

Des deux conclusions précédentes j'ai dégagé, et énoncé en des notes parues dans Arch.sc. et CR.Ac.sc., les corollaires suivants:

- 1) Entre les étirements et les compressions qui se produisent de part et d'autre des surfaces de cisaillement lors des subductions, il se fait en majeure partie une compensation volumétrique; la partie non compensée se trouvant dans le bourrelet subcrustal créé par l'orogénèse. Il y a donc loin du rétrécissement d'environ 30% qu'implique probablement ce bourrelet, au rétrécissement de 80 ou 60% invoqué par MM. Cadisch, Döbelmas-Lemoine.
- 2) Lors de subductions cisailantes faites en série, successivement et l'une à côté de l'autre, le mode de formation des nappes est à concevoir ainsi: la première des nappes a la surface du sol comme dos et le premier cisaillement comme base (Verossa-Bersal et Donnaz-Dt. Blanche par ex.) mais pour toutes les suivantes, par ce système de cisaillements, le dos de la nappe s'est formé avant la base!
- 3) Un peu d'obliquité dans ces séries de cisaillements successifs, peut faire couper une surface de cisaillement par la suivante, et ainsi peut se créer une nappe dépourvue de racine dès sa naissance. Ainsi, une coupure de la surface dorsale par le cisaillement basal doit terminer l'arrière d'une nappe en forme de biseau, de coin effilé. Tel est le cas de N. Lebedun (voir coupe Ossola 1965) et des nappes Wildhorn et Diablerets, qui n'ont jamais eu de racines.

Dans la légende des coupes parues dans ces *Éclages* en 1971 (641) j'ai indiqué les caractères essentiels, pétrographiques et tectoniques, du Permocarbonefère des Alpes penniques. Ici, pour compléter, ajoutons que le Paléozoïque de la N. Emilius est essentiellement fait de gneiss albitiques à grain fin (gneiss minuit) dérivant de rhyolites et dacites permocarbonefères, et que la *Sesia d'Arlois*, qui prédomine dans la N. Dent-Blanche, doit être également faite, en majeure partie, de volcanites acides permocarbonefères, accompagnées, bien entendu, de roches détritiques dérivant de leur désagrégation. Cette conclusion, complètement nouvelle, découle de ce que j'ai mis en évidence dès 1951 (Arch.sc. et CR.Ac.sc.): les gneiss albitiques à grain fin des Alpes penniques dérivent essentiellement de rhyolites et dacites permocarbonefères, post-orogéniques, et non de roches sédimentaires métamorphosées par des venets isotiques albitiques, hercyniennes ou alpines, comme on l'imaginait d'une manière générale auparavant.