

Le front du Grand St-Bernard du val d'Hérens au val d'Aoste

Autor(en): **Burri, Marcel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **76 (1983)**

Heft 3

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165373>

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.

Eclogae geol. Helv.	Vol. 76/3	Pages 469–490	14 figures et 3 tableaux dans le texte et 1 planche	Bâle, novembre 1983
---------------------	-----------	---------------	--	---------------------

Le front du Grand St-Bernard du val d'Hérens au val d'Aoste

Par MARCEL BURRI

A la mémoire de NICOLAS OULIANOFF qui a tellement
travaillé dans cette région

RÉSUMÉ

La cartographie systématique de la partie frontale du Grand St-Bernard montre une très grande constance des unités tectoniques.

- La Zone Houillère se suit sans interruption.
- La Zone du Ruitor (socle polymétamorphique) qui affleure largement en Italie et en France, se poursuit en Suisse et s'envoie dans la vallée de Bagnes; dans son prolongement, des quartzites et des calcaires dolomitiques du Trias se suivent jusqu'au val d'Hérens.
- La Zone permo-carbonifère suivante (dite Zone de Mille) s'amincit du nord vers le sud, pour disparaître juste avant le val d'Aoste.
- Le socle polymétamorphique de Siviez subit le même sort, de même que sa couverture (Zone de la Ly), qui, hypothétiquement se prolonge dans le soubassement du synclinal d'Avise dont le remplissage est fait de Schistes lustrés.
- Il n'est en effet pas impossible que ce synclinal et son soubassement se rattachent à la Zone du Métailler, qui est encore plus interne et dont la lithologie est très voisine.

Dans cette portion de l'arc alpin où le serrage est intense, les structures contemporaines du métamorphisme n'ont pas pu être inventoriées dans le détail. En revanche, deux phases de plissement en retour sont nettement repérables. Le métamorphisme alpin a effacé les structures pré-existantes, à l'exception d'une grande lentille de la Zone du Ruitor où des minéraux du faciès amphibolitique (grenats, sillimanite, staurotide et andalousite) sont parfaitement conservés. La cristallinité alpine augmentant du nord vers le sud, cette lentille perd de son individualité en Italie.

ABSTRACT

Systematic mapping of frontal part of the Grand St-Bernard nappe shows great consistency of tectonic units:

- The "Zone Houillère" is completely continuous.
- The "Ruitor Zone" (a polymetamorphic basement), largely developed in Italy and in France extends into Switzerland, disappearing in the Bagnes valley; it is prolonged by Triassic quartzites and dolomitic limestones as far as the Hérens valley.
- The next permo-carboniferous Zone (the so-called "Zone de Mille") narrows from north to south, disappearing just before it reaches the Aosta valley.
- The Siviez polymetamorphic basement follows a similar trend, as well as its cover (the Ly Zone) which may extend into the lower levels of the Avise syncline with its core of Schistes lustrés.
- This syncline and its basement could be related to the Métailler Zone, a more internal zone, but with similar lithologies.

¹⁾ Institut de Géologie, Collège propédeutique, CH-1015 Lausanne.

In this part of the Alpine arc, with intense shortening, it has not been possible to produce detailed accounts of synmetamorphic structures. However, two phases of backfolding are distinct. Alpine metamorphism has largely obliterated former events, with the exception of a large lense within the Ruitor Zone, where amphibolite facies minerals are clearly preserved (garnet, sillimanite, staurolite and andalusite). Alpine recrystallization increases from north to south, leading the disappearance of these assemblages in Italy.

I. Introduction

Les quelques pages qui suivent résument les principaux résultats d'une étude publiée ailleurs dans le détail (BURRI 1983) et présentent un essai de corrélation entre les zones relativement bien connues du Valais central et celles du val d'Aoste. Le seul essai de synthèse publié jusqu'à présent est dû à BEARTH (1962) et le temps était venu de reprendre cette démarche. Les études de détail de la portion septentrionale sont celles de VALLET (1950), CALAME (1954), SCHAEER (1959a), MOIX & STAMPFLI (1981). Celles de la partie méridionale sont dues à ELTER (1960, 1971, 1972), DAL PIAZ & GOVI (1965) et à CABY (1968, 1974, 1981); elles ont permis de faire la jonction avec la Vanoise, si brillamment étudiée par ELLENBERGER (1958).

Afin d'éviter toute ambiguïté, il est bon de préciser le sens dans lequel les termes sont utilisés ci-dessous:

- La Zone (avec un Z majuscule) correspond à une unité cartographique dont les roches, souvent assez différentes les unes des autres, sont toujours associées, ce qui laisse présumer d'une longue histoire commune.
- Un Ensemble (E majuscule) est une subdivision de la zone au sein des gneiss; ses caractéristiques sont les mêmes que celles de la Zone, mais appliquées à des associations de moindre extension.
- Une Série (S majuscule) est également une subdivision de la Zone, mais appliquée aux assises moins métamorphiques du Permo-Carbonifère; c'est une sorte de Formation, mais moins précise.

Tous ces concepts sont d'ailleurs un peu flous et c'est normal car ils s'appliquent à des assises où les conditions tectoniques, métamorphiques, voire les conditions d'affleurement, ne permettent pas davantage de précision; les limites supérieures, inférieures ou latérales de toutes les associations de roches pourraient par la suite être modifiées. Il est donc prudent de ne pas se montrer trop rigide.

Afin de faciliter la lecture du texte, je précise tout de suite quelles sont les unités lithologiques auxquelles on aura affaire et leur ordre «stratigraphique». De bas en haut:

1. Des gneiss polymétamorphiques qui représentent un vieux socle.
2. Les assises les plus anciennes du Carbonifère, soit des schistes noirs et des grès gris datés du Westphalien par des plantes.
3. Ils sont surmontés par des assises détritiques plus grossières (grès, conglomérats) localement un peu carbonatées, appelées ci-dessous le Permo-Carbonifère.
4. A leur tour, elles sont surmontées par les quartzites massifs blancs que tous les auteurs considèrent comme la base du Trias.
5. La partie supérieure du Trias comprend des calcaires, des dolomies, du gypse et des cornieules, dans un ordre qui n'est pas discuté ici.

6. Il en est de même pour les Schistes lustrés, pris ici dans leur ensemble où les détails de la stratigraphie de ces calcschistes ne sont pas étudiés.

II. Description des unités

Certaines unités ne contiennent que des gneiss polymétamorphiques; d'autres, au contraire, sont purement permo-carbonifères. Il est très probable que, bien souvent, les premières servent de socle aux secondes. Du point de vue descriptif, commençons par ignorer la chose: la description des Zones sera faite dans leur sens classique: des unités cartographiques. Un essai d'interprétation viendra en fin de chapitre.

A. Les unités de gneiss polymétamorphiques

1. La Zone du Ruitor

La Zone du Ruitor a été cartographiée, sur territoire italien, par ELTER (1960), CABY (1974) et par GOVI (1975). En Suisse, elle se prolonge jusqu'à la vallée de Bagnes, où elle disparaît, probablement par plongement axial. Elle a pu être divisée en plusieurs Ensembles, pétrographiquement ou tectoniquement distincts.

a) *L'Ensemble de la Chenalette*: Nommé à partir du petit sommet au nord du col du Grand St-Bernard, l'Ensemble de la Chenalette occupe la partie la plus externe de la Zone du Ruitor. Il comprend essentiellement des gneiss fins, schisteux, gris ou gris brun à la patine, à cassure grise, miroitante à cause de l'abondance de grandes paillettes de mica blanc déformées et moulant les irrégularités de la schistosité. Leur minéralogie est donnée dans la première colonne du tableau 1. A côté des minéraux abondants et toujours présents qui figurent sur ce tableau, sont encore caractéristiques: les grenats, toujours petits et fragmentaires, la biotite brune, dont la forte abondance peut localement donner naissance à des gneiss à deux micas, le glaucophane, l'actinote, le stilpnomélane et la calcite.

Dans la partie la plus externe, ces gneiss contiennent des amphibolites parfois très sombres, ponctuellement riches en pyroxènes, pouvant passer à un gneiss amphibolitique finement rubané (BRODBECK et al. 1979). Des gneiss œillés, autre roche caractéristique de cet Ensemble, ont été étudiés en détail par THELIN (1982) qui a montré qu'il s'agissait très probablement d'orthogneiss. Ils affleurent en bandes de quelques dizaines de mètres d'épaisseur au maximum, et qui se suivent sur des kilomètres. Des pegmatites riches en tourmaline sont également fréquentes, mais, souvent diffuses, leurs relations géométriques avec les roches encaissantes sont restées mystérieuses. Mystérieuses également les assises quartzitiques et graphiteuses qui affleurent largement dans les épingles à chevaux de la petite route qui monte à la Niord, en face de Bourg-St-Pierre: il s'agit ou bien d'une étroite zone où les gneiss sont moins mylonitiques qu'ailleurs, ou bien d'une couverture anté-carbonifère qui repose sur les gneiss. Ici également, les relations géométriques sont trop difficiles à débrouiller pour qu'une solution puisse être retenue avec certitude.

Ce premier Ensemble, qui affleure largement en Suisse, semble disparaître vers le sud: sa présence est déjà très douteuse à Testa Bassa.

Tableau 1: *Composition minéralogique des principaux types de roches des socles polymétamorphiques.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
quartz	45	-	30	40	58	26	24	24	21	40	2	58	40	10	10
K-feldspath	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
plagioclase	17	10	19	25	13	19	16	34	19	15	25	19	39	13	30
mica blanc	7	2	7	11	12	21	34	16	15	20	-	10	8	1	17
séricite	20	-	20	8	6	20	9	9	-	5	-	-	-	-	-
biotite	-	3	1	1	1	1	8	1	1	1	-	1	2	-	-
chlorite	8	1	11	8	7	8	3	11	8	10	20	6	1	10	25
chloritoïde	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
hornblende	-	48	-	-	-	-	-	-	14	-	25	-	-	37	-
glaucophane	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5	1
actinote	-	14	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	2
carbonates	-	1	-	-	-	-	-	-	2	1	4	2	-	1	1
épidotes	2	6	5	3	1	-	-	-	3	2	13	1	-	13	6
staurotide	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
grenats	-	7	5	2	1	4	8	-	2	2	-	1	-	-	1
apatite	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-
sphène	-	5	-	-	-	-	-	-	4	-	5	-	-	5	5
min. opaques	-	1	-	-	-	-	-	1	1	2	3	1	-	-	-

Zone du Ruitor 1: gneiss de la Chenalette.- 2: amphibolites de la Chenalette.- 3: micaschistes de Bourg St.Pierre.- 4: gneiss de Bourg St.Pierre.- 5: gneiss quartzitiques de Bourg St. Pierre.- 6: micaschistes du Mt.Mort.- 7: micaschistes à staurotide du Mt.Mort.
8: gneiss de la lame de Tsousse.- 9: amphibolites de la lame de Tsousse.

Zone de Siviez 10: gneiss de Siviez s.st.- 11: amphibolites de Siviez s.st.- 12: gneiss de la lame du Rogneux. - 13: gneiss de Thyon.- 14: amphibolites fraîches de la lame du Rogneux
15: amphibolites rétro-morphosées de la lame du Rogneux

b) *L'Ensemble de Bourg-St-Pierre* fait suite au précédent vers l'intérieur de l'arc alpin. Il en est séparé, dans la partie septentrionale au moins, par une lame de Permo-Carbonifère. A l'endroit où il disparaît, à la latitude de Liddes, le gneiss est entouré par le Permo-Carbonifère: c'est probablement aussi une disparition qui se produit par plongement axial en direction du nord.

Pétrographiquement, l'Ensemble de Bourg-St-Pierre est très voisin de celui de la Chenalette, mais il en reste séparé, même en l'absence de Permo-Carbonifère, par une zone de gneiss blancs très quartzitiques qui peut se suivre jusque sur la ligne frontière. Ils tranchent sur les autres gneiss gris qui, comme ceux de la Chenalette, contiennent des gneiss œillés, des amphibolites, des gneiss rubanés amphibolitiques (en assez grande abondance) et un pointement d'une roche massive granodioritique dans le village même de Bourg-St-Pierre (tableau 1, colonnes 3 à 5).

Comme le précédent, l'Ensemble de Bourg-St-Pierre semble s'amincir en direction du sud et ne pas dépasser le vallon de l'Artanavaz.

c) *L'Ensemble du Mont-Mort* (petit sommet sur la frontière, au sud du col) n'est pas tectoniquement séparé du précédent, mais il est pétrographiquement bien individualisé: il s'agit des «gneiss à minéraux» d'OULIANOFF (1958). Ce sont des micaschistes et des gneiss à grenat dans la partie externe, suivis de gneiss à grenat et staurotide dans la partie moyenne et se terminant par une étroite bande de gneiss amphibolitiques à la partie la plus interne de l'Ensemble.

Le grain grossier, la patine sombre, les surfaces rugueuses de ces roches permettent de les reconnaître au premier coup d'œil. La staurotide y est souvent altérée en séricite et chloritoïde; la sillimanite s'y trouve sous son habitus fibrolitique, associée à des biotites rouges de grande taille et l'andalousite frappe par sa limpidité. Les amphibolites n'ont pas livré de grenat, mais elles peuvent contenir jusqu'à 20% de sphène (tabl. 2, colonnes 6 et 7). Du point de vue des textures, le phénomène remarquable est que ces minéraux, généralement de grande taille (facilement 5 mm) possèdent souvent leurs formes cristallines propres.

d) *La lame gneissique de Tsousse* (du nom de l'alpage de Tsousse, au nord-ouest de la Croix de Tsousse), est sporadiquement repérable grâce à la présence de minéraux caractéristiques, les mêmes que ceux de l'Ensemble du Mont-Mort: grenats, staurotide plus ou moins altérée en chloritoïde. Pour le reste, les gneiss sont déformés au point d'être méconnaissables au milieu des quartzites du Permo-Carbonifère. Cette unité étroite a été suivie depuis le torrent qui débouche près de Liddes jusque dans la région frontière. Plus au sud, la recristallisation augmentant, elle n'est plus visible; il est probable qu'elle a perdu son individualité géométrique, n'étant plus séparée du reste de l'Ensemble du Mont-Mort.

e) *Les granites du Mont-Flassin*: Un massif granitique a été décrit par CABY (1974) au Mont-Flassin. Pour mémoire, rappelons qu'il s'agit d'orthogneiss, également présents, selon le même auteur, près de la Pointe de Drône, et qui sont considérés comme d'âge Carbonifère supérieur ou Permien inférieur.

2. La Zone de Siviez

Cartographiée par SCHAER (1959a) jusqu'à la vallée de Bagnes, la Zone de Siviez se poursuit vers le sud, d'abord assez large, puis réduite à plusieurs fines bandes répétées probablement par plissement, et, finalement, représentée par une seule bande. La coupe de l'arête occidentale du Mont-Rogneux (fig. 1) donne une bonne illustration de ces complications:

1. Quartzites du Permo-Carbonifère, qui débutent déjà au bas de l'arête, aux Oujets de Mille et se poursuivent jusqu'à 2670 m.
2. 50 m de gneiss assez massif déterminant une pente plus raide.
3. Une même épaisseur de gneiss écrasés, jusqu'à une petite dépression en arrière du pt. 2766 m.
4. Au-dessus vient une alternance de quartzites plus ou moins albitiques et de chloritoschistes du Permo-Carbonifère.
5. Gneiss de Thyon.
6. Amphibolites sombres sur 50 m.
7. Gneiss écrasés de type gneiss de Thyon.
8. Quartzites albitiques et chloritoschistes du Permo-Carbonifère.
9. Conglomérats de la Série du Grand Laget.

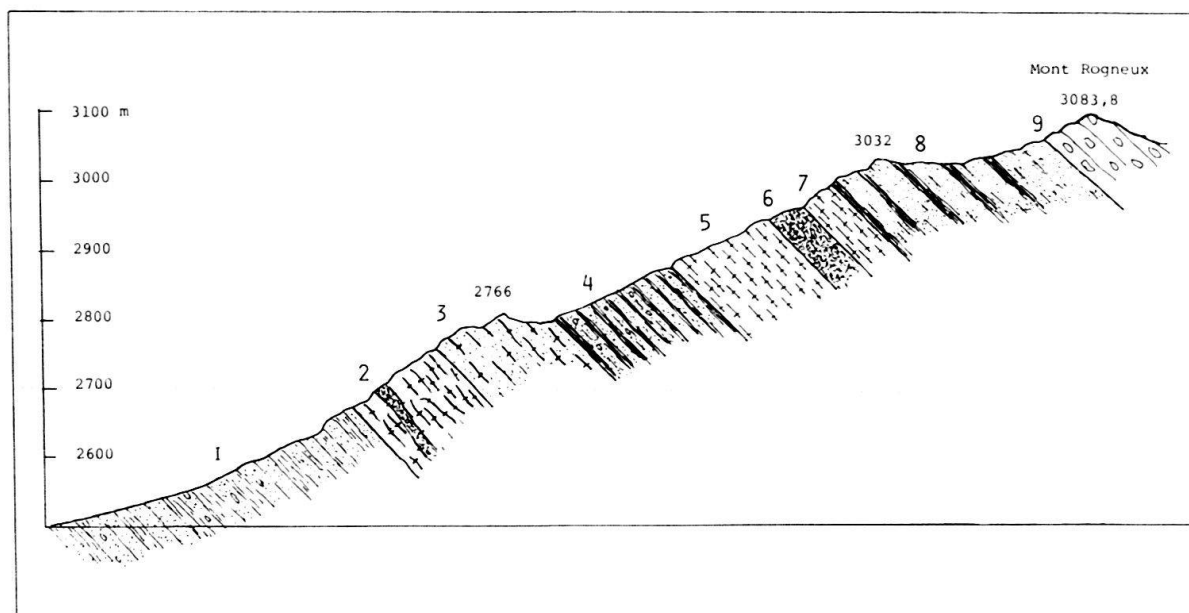


Fig. 1. Coupe de l'arête occidentale du Mont-Rogneux.

L'affleurement inférieur de ces gneiss se raccorde cartographiquement à la Zone de Siviez, aussi est-il considéré comme Zone de Siviez au sens strict (s. st.), alors que l'affleurement supérieur, ou lame gneissique du Rogneux, se poursuit vers le sud, se réduit à quelques mètres (ou dizaines de mètres) près de la frontière, reprend de l'épaisseur au Mont-Paglietta et se retrouve au fond du vallon de Flassin, devant le Mont-Fallère. A cette latitude, j'ai attribué au même complexe les gneiss qui sont représentés sur la feuille Mont-Blanc (ANTOINE 1978, reprenant les levés de CABY), mais cette attribution n'est pas absolument certaine, en sorte que sur la carte et les coupes (fig. 4), ces gneiss apparaissent peut-être plus épais qu'ils ne le sont réellement. Au niveau de val d'Aoste, ils ont disparu.

Par leur composition minéralogique, ils ressemblent à ceux du Rutor, plus particulièrement à ceux de la Chenalette (tabl. 1, colonnes 10-15) avec lesquels ils peuvent facilement être confondus. Les variétés à 2 micas sont fréquentes, mais les gneiss œillés en sont absents. Les amphibolites, fréquentes, présentent souvent une forte abondance d'épidote en grands cristaux. Mais l'assise la plus caractéristique est celle des gneiss de Thyon dont l'origine et l'âge ont souvent été discutés (WEGMANN 1923, VALLET 1949, SCHAEER 1959a, THÉLIN 1982). Ils se présentent comme une espèce de granito-gneiss clair, massif, ponctué de très petites paillettes d'une biotite verte très fortement pléochroïque. THÉLIN semble avoir prouvé qu'il s'agit d'une arkose qu'il considère comme permo-carbonifère, alors qu'elle nous semble plutôt liée aux gneiss du socle.

B. Les unités de Permo-Carbonifère

Les Zones ne comprenant que des sédiments de couverture sont délimitées par la présence des zones de socle:

Tableau 2: *Composition minéralogique des principales unités lithologiques permo-carbonifères.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
quartz	29	75	46	27	69	51	23	49	20-70	57	12	65	45	12	62	43	30
plagioclase	22	8	17	25	12	14	7	16	10-30	15	40	16	31	46	12	26	7
mica blanc	25	10	16	23	15	22	63	18	0-60	15	18	10	11	9	10	12	38
chlorite	9	4	12	12	4	9	1	7	0-30	7	19	4	5	17	-	2	5
épidote	-	-	-	4	1	1	1	-	-	-	1	-	4	2	-	1	3
calcite	-	-	5	2	-	1	-	3	0-15	2	5	3	-	6	10	7	8
sphène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-
graphite	5	1	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
stilpnomélane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
min. opaques	-	-	1	2	-	-	-	2	0-5	2	3	1	1	5	3	6	3
Zone Houillère	1: schistes sombres.- 2: quartzites gris de la partie inférieure.- 3: quartzites argentés de la partie supérieure.- 4: roche basique de la zone des roches vertes.- 5: quartzites liés aux roches vertes. 6: quartzites de la zone conglomératique.- 7: schistes de la zone conglomératique.																
Zone de Mille	8: quartzites de la partie externe.- 9: quartzites de la partie médiane.- 10: quartzites à niveaux chloriteux de la partie interne.- 11: chloritoschistes de la partie interne.																
Zone de la Ly	12: quartzites de la Série de Challand.- 13: quartzites albitiques de la Série de Challand. 14: ovardites de la Série de Challand.- 15: conglomérats de la Série du Grand Laget.- 16: quartzites gris de la Série du Grand Laget.- 17: quartzites feuilletés de la Série du Grand Laget.																

- la Zone Houillère en avant de celle du Ruitor,
- la Zone triasique Tête des Etablons-Vex dans le prolongement du Ruitor,
- la Zone de Mille, entre Ruitor et Siviez,
- la Zone de la Ly, en arrière de celle de Siviez.

1. La Zone Houillère

La Zone Houillère est subdivisée en deux unités séparées par une bande discontinue de gypse et de cornieule. La partie externe comprend, au-dessus des schistes et grès du Permo-Carbonifère, un chapelet de masses triasiques plus ou moins importantes, dont la description a déjà été partiellement entreprise (BURRI 1975). De plus, des cartes existent sur la plus grande partie de son extension (ANTOINE 1978, OULIANOFF & TRÜMPY 1958, JEMELIN 1983).

La partie interne est plus simple par sa lithologie: elle ne comprend que des sédiments permo-carbonifères. Elle débute par une série apparemment en position normale, avec des schistes noirs et des quartzites gris à la base, datés du Westphalien par leur flore (JONGMANS 1960), et des quartzites micacés et localement conglomératiques au sommet. Le tout représente environ 1000 m dans la plus grande épaisseur, mais est sujet à d'importantes variations (tabl.2, colonnes 1, 2 et 3). C'est dans cette unité que se mirent en place les granites de Costa Citrin, homologues de ceux de Flassin, décrits par CABY (1974). Les granites sont coiffés par des quartzites albitiques et prasinitiques qui s'amincissent en direction du nord pour disparaître complètement à la latitude de Bourg-St-Pierre où ne restent que quelques roches ou schistes verdâtres (tabl.2, colonnes 4 et 5). Tout au sommet se retrouvent des quartzites et conglomérats, souvent très grossiers (tabl.2, colonnes 6 et 7) et qui sont, selon CABY, en position renversée.

2. La Zone triasique Tête des Etablons-Vex

Les gneiss du Ruitor, à leur disparition, sont entourés d'un peu de Permien conglomératique, puis relayés par une épaisse assise de quartzites massifs blancs à stratifications entrecroisées (position normale), continue du val de Bagnes, par la Tête des Etablons, jusqu'au-dessus de Nendaz. Ce sont sans doute les mêmes quartzites qui réapparaissent dans la basse vallée d'Hérens sous Vex (VALLET 1950). La jonction de ces deux affleurements de quartzite est assurée par une bande continue de calcaire, de dolomie, de cornieule qui apparaît au sud d'Isérables, s'amincit dans la région de Nendaz et détermine d'importantes parois près de Vex (CALAME 1954, VALLET 1950, SAVARY 1979). Cette unité se termine souvent par une zone fortement broyée qui est rarement visible dans des affleurements naturels. Il y a lieu de signaler la présence d'un peu de Trias carbonaté au-dessous des quartzites, au nord de la Tête des Etablons; il y serait en position renversée (JEMELIN 1983).

3. La Zone de Mille

Dénommée ainsi à cause des bons affleurements des alpages de Mille entre le Rogneux et le Mont-Brûlé, cette Zone est séparée de la précédente par une fine lame de schistes noirs du Carbonifère, en rive droite de la vallée de Bagnes. Plus au sud, elle comprend (tabl. 2, colonnes 8-11):

- Une partie externe, épaisse d'une petite centaine de mètres, conglomératique et quartzitique, qui détermine de modestes reliefs dans le terrain.
- Une partie centrale faite de quartzites souvent très schisteux, cause de nombreux glissements de terrain; c'est dans cette partie que se localise la série de la Dent de Nendaz (CALAME 1954) qui est très grossièrement conglomératique.
- Une partie interne caractérisée par la présence de chloritoschistes au milieu de quartzites albitiques.

La Zone de Mille est une des plus constantes de toute cette partie de l'arc alpin. Comme toutes les autres, elle subit une forte réduction d'épaisseur dans la région de la frontière, mais elle affleure de nouveau largement en territoire italien, souvent très conglomératique, encore bien individualisée sur la crête qui ferme le vallon de Flassin vers le sud; mais elle se réduit et disparaît un peu au sud du Mont-Rosso.

4. La Zone de la Ly

La Zone de la Ly (alpage au nord-est du Rogneux, 586.5/97.7/1950) comprend deux Séries aux caractères sédimentologiques encore très bien conservés:

- A la base une assise de quartzites albitiques riches en ovardites, à rares niveaux conglomératiques, épaisse d'une centaine de mètres: c'est la Série de Challand (alpage au-dessus de Bourg-St-Pierre, 583.5/89.7/2224).
- Au-dessus, une Série où quartzites et conglomérats alternent, en bancs épais parfois de plusieurs mètres, riche de quelques niveaux effusifs acides et basiques. C'est la Série du Grand Laget (SCHAER 1959b) qui est probablement l'équivalent de celle du Mont-Gond, avec quelques variations latérales des faciès.

Dans la partie occidentale du terrain, ces quartzites sont surmontés d'une assise triasique de cornieule, gypse et dolomies écrasés, que l'on pourrait appeler la Zone du Mont-Carré. Elle était jusqu'à présent confondue avec le synclinal des Chèques, qui est une structure plus interne à remplissage de Schistes lustrés. C'est sous cette dénomination que SCHAEER (1959a) a décrit ce Trias que MOIX & STAMPFLI (1981) ont suivi jusqu'au val d'Hérens.

5. La Zone du Métailler

Décrite très en détail par SCHAEER (1959a), elle sert de limite à la région ici présentée. Il faut tout de même noter les ressemblances de sa lithologie avec celle des quartzites ovarditiques de la Zone de la Ly. Le métamorphisme y est pourtant différent, avec présence de grenat, glaucophane et chloritoïde. Vers le sud, avec l'augmentation de la recristallisation alpine la ressemblance entre les deux unités augmentant, elles deviennent indiscernables l'une de l'autre.

C. Essai de corrélations

Au vu des associations lithologiques, il semble que les attributions suivantes puissent être proposées (fig. 2).

1. La Zone Houillère, partie interne, comprend une série normale qui monte jusqu'aux quartzites albitiques à Roches vertes.
2. En arrière vient une «nappe» complexe, avec:
 - un cœur de gneiss polymétamorphiques, divisé en plusieurs lames (Chenalette, Bourg-St-Pierre et Tsousse),
 - une enveloppe de Permo-Carbonifère peu épaisse et à dominance conglomératique qui existe aussi bien en position renversée (partie tout à fait interne de la Zone Houillère) qu'en position normale (partie externe de la Zone de Mille),
 - une couverture triasique décollée (fig. 4, coupe du haut) et désarticulée en masses quartzitiques (Tête des Etablons) ou carbonatées (Vex), les deux assises étant le plus souvent présentes.
3. La partie moyenne de la Zone de Mille (qui pourrait se rattacher à l'unité suivante).
4. La nappe des Mischabel, avec:
 - un cœur de gneiss polymétamorphiques (Zone de Siviez);
 - une enveloppe permo-carbonifère en position renversée (partie interne de la Zone de Mille, avec éventuellement sa partie moyenne également) et en position normale (Zone de la Ly);
 - une cicatrice triasique qui, dans son prolongement oriental, correspond à la Zone jurassique du Barrhorn (MASSON et al. 1980).
5. Enfin l'unité la plus interne qui comprend la Zone du Métailler, d'âge carbonifère présumé et une couverture de Schistes lustrés dépourvue, ici, d'un Trias basal (CABY 1981, MOIX & STAMPFLI 1981).

Vers le sud, les attributions deviennent difficiles. Les gneiss de Siviez sont certainement présents au fond du vallon de Flassin, mais ils ont disparu au versant

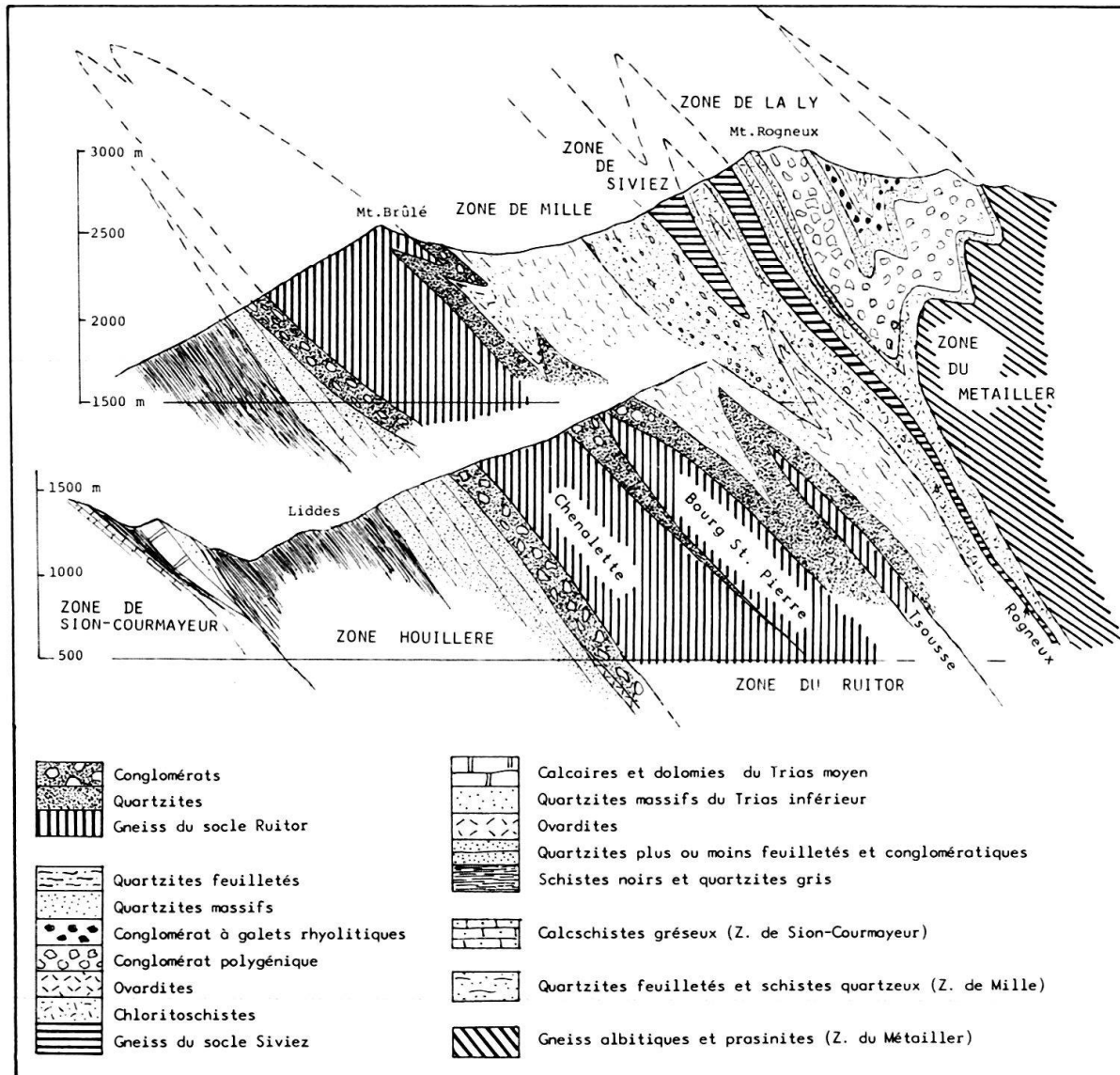


Fig. 2. Schéma des relations possibles existantes entre socles et couvertures.

valdôtain de la montagne. La feuille Mont-Blanc montre plusieurs lames de gneiss que j'ai attribuées à la même zone (voir la carte et la coupe de la fig. 4, en bas). Or cette attribution n'est pas certaine, ces gneiss pouvant appartenir à la Zone du Métailler. Etant donné la solution qui a été retenue ici, la Zone de Siviez apparaît peut-être comme plus épaisse qu'elle n'est en réalité. Toujours en fonction de cette solution, les micaschistes albitiques qui accompagnent ces gneiss (feuille Mont-Blanc d'ANTOINE 1978 et d'un segment du val d'Aoste de GOVI 1975) sont attribués à la Zone de la Ly, alors qu'ils pourraient appartenir aussi au Métailler.

Les socles polymétamorphiques pourraient provenir de la transformation de séries argileuses; les amphibolites seraient d'anciennes venues basiques et les gneiss œillés, des granites plus ou moins porphyriques. Toutes ces lithologies se retrouvent dans les socles externes, par exemple celui des massifs des Aiguilles Rouges et du Mont-Blanc (OULIANOFF 1924, BELLIERE 1958, VON RAUMER 1976, BLANC 1976).

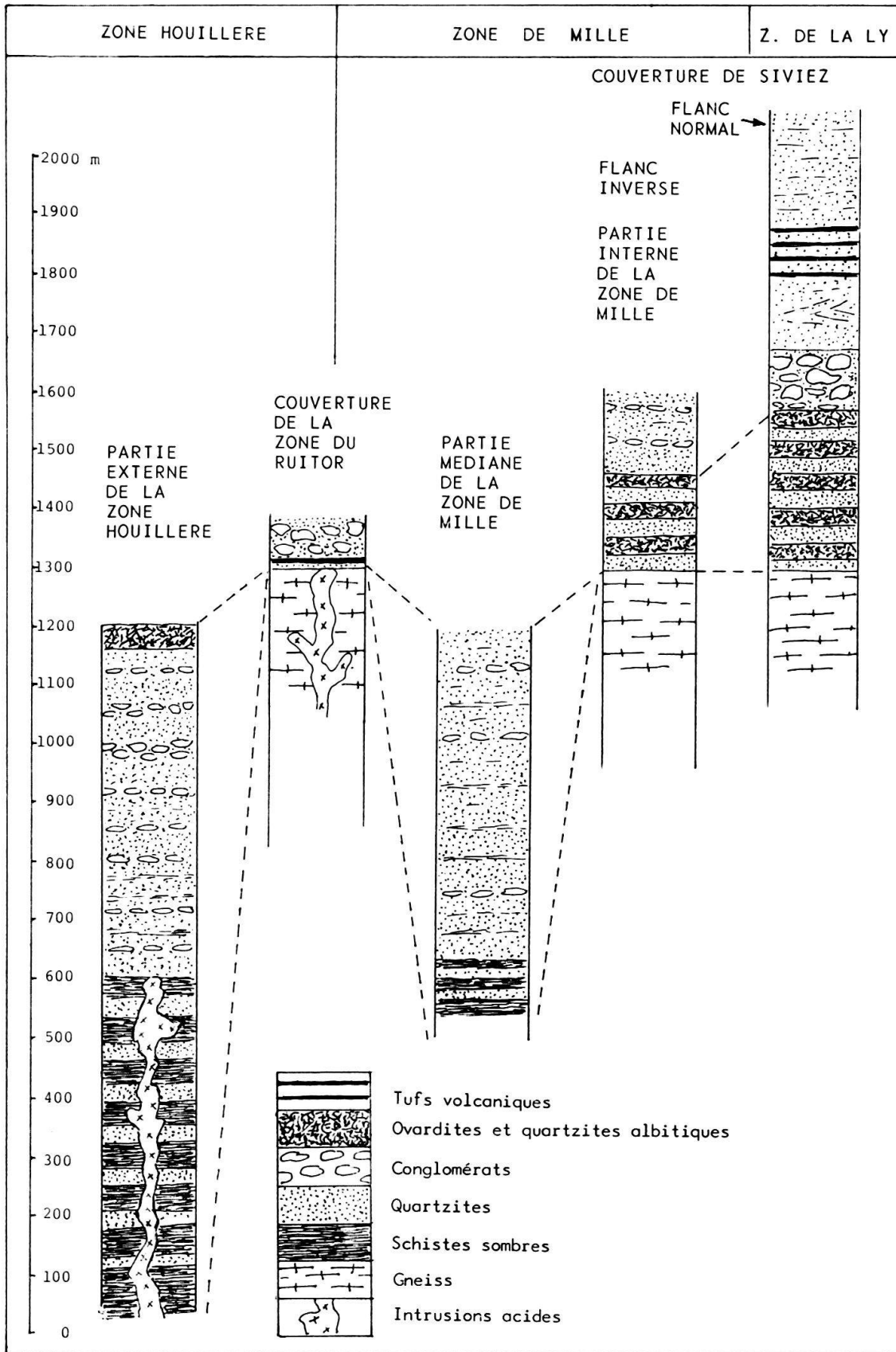


Fig. 3. Schéma des corrélations lithostratigraphiques entre les diverses unités permocarbonifères dans le cadre des hypothèses de la figure précédente.

Très éventuellement, les quartzites et schistes graphiteux qui accompagnent les gneiss de la Chenalette pourraient être corrélés aux assises détritiques du Viséen datées par BELLIERE & STREEL (1980). En ce qui concerne les corrélations latérales, THELIN (1983) a insisté sur les fortes analogies pétrographiques entre tous les gneiss de la partie la plus frontale du St-Bernard: Ruitor, Stalden supérieur et Berisal.

Si les attributions admises ici sont justes, les faciès et les épaisseurs du Permo-Carbonifère se répartissent suivant le schéma de la figure 3. Il en ressort que les socles à l'affleurement portent des couvertures relativement minces, faites de sédiments plutôt grossiers, localement riches en roches basiques et d'affinité permienne puisque certaines colonnes stratigraphiques se terminent par du Trias. Au contraire, les unités dépourvues de socle montrent des séries plus épaisses, avec un Westphalien de schistes noirs à la base et des quartzites micacés passant latéralement à des conglomérats au-dessus. Les roches basiques qui coiffent la série dans la Zone Houillère pourraient être une lointaine réplique des ovardites plus internes. Suivant les analogies invoquées par CABY (1981) faisant appel aux successions stratigraphiques établies par FABRE (1958) dans les Alpes françaises, elles seraient d'âge stéphanien.

Il sera peu question des couvertures mésozoïques ici, puisqu'elles n'affleurent que dans les parties nord et sud. Remarquons pourtant que la couverture mésozoïque des Mischabel, soit le Briançonnais de la Zone du Barrhorn (ELLENBERGER 1958, MARTHALER 1981) se termine ici dans la cicatrice triasique du Mont-Carré (fig. 4). Tout au sud, dans une position structurale identique, le synclinal d'Avise montre d'autres faciès, dont des serpentinites. En revanche, il existe des faciès de type briançonnais tout à fait interne en couverture du Métailler. Décrits au Valsavaranche par ELTER (1971, 1972) et au val d'Aoste par CABY (1981), ils correspondent à la Zone du Combin. Le premier les enracine en arrière du Briançonnais, ce qui signifie que, plus au nord, la cicatrice triasique du Mont-Carré, séparant Mischabel de Métailler n'est pas très profonde, puisque les deux zones ont une couverture de type briançonnais. Les serpentinites du synclinal d'Avise relèvent de la nappe des Schistes lustrés piémontais qui s'est écoulee fort en avant. Pour CABY, ces couvertures sont ultra-piémontaises: la cicatrice du Mont-Carré jalonne alors un hiatus majeur et les serpentinites d'Avise représentent la Zone de Zermatt. Il est impossible de choisir entre ces deux explications à partir de la seule étude des socles et des Permo-Carbonifères.

III. Grandes lignes de la tectonique

CABY (1968) a, le premier, établi une chronologie des déformations:

- Les premiers plis ont des axes méridiens à N 10° E;
- ils sont suivis par des plis souples d'axe WNW-ESE ou E-W;
- finalement, les structures liées au rétrocharriage (N 50-70° E) précèdent les ultimes déformations qui sont cassantes.

Les deux premières déformations accompagnent le métamorphisme et, par conséquent, la naissance de la ou des schistosités principales. La dernière déformation leur est postérieure; elle est localement le lieu de naissance d'une belle crénula-

tion qui peut, si la lithologie s'y prête, complètement masquer les schistosités antérieures.

Les mêmes directions sont parfaitement lisibles sur les cartes de SCHAEER (1959a). Les structures linéaires (op. cit., pl. XII) traduisent surtout les premières déformations subméridiennes ou WNW-ESE, par des minéraux allongés, comme les glaucophanes, ou étirés, comme les grenats. Les déformations plus récentes apparaissent mieux dans la carte des axes de plis (op. cit., pl. XI).

Entre ces deux régions, soit de la vallée de Bagnes à la frontière italo-suisse, les roches sont très fortement écrasées et rares sont les détails nouveaux qui purent être observés.

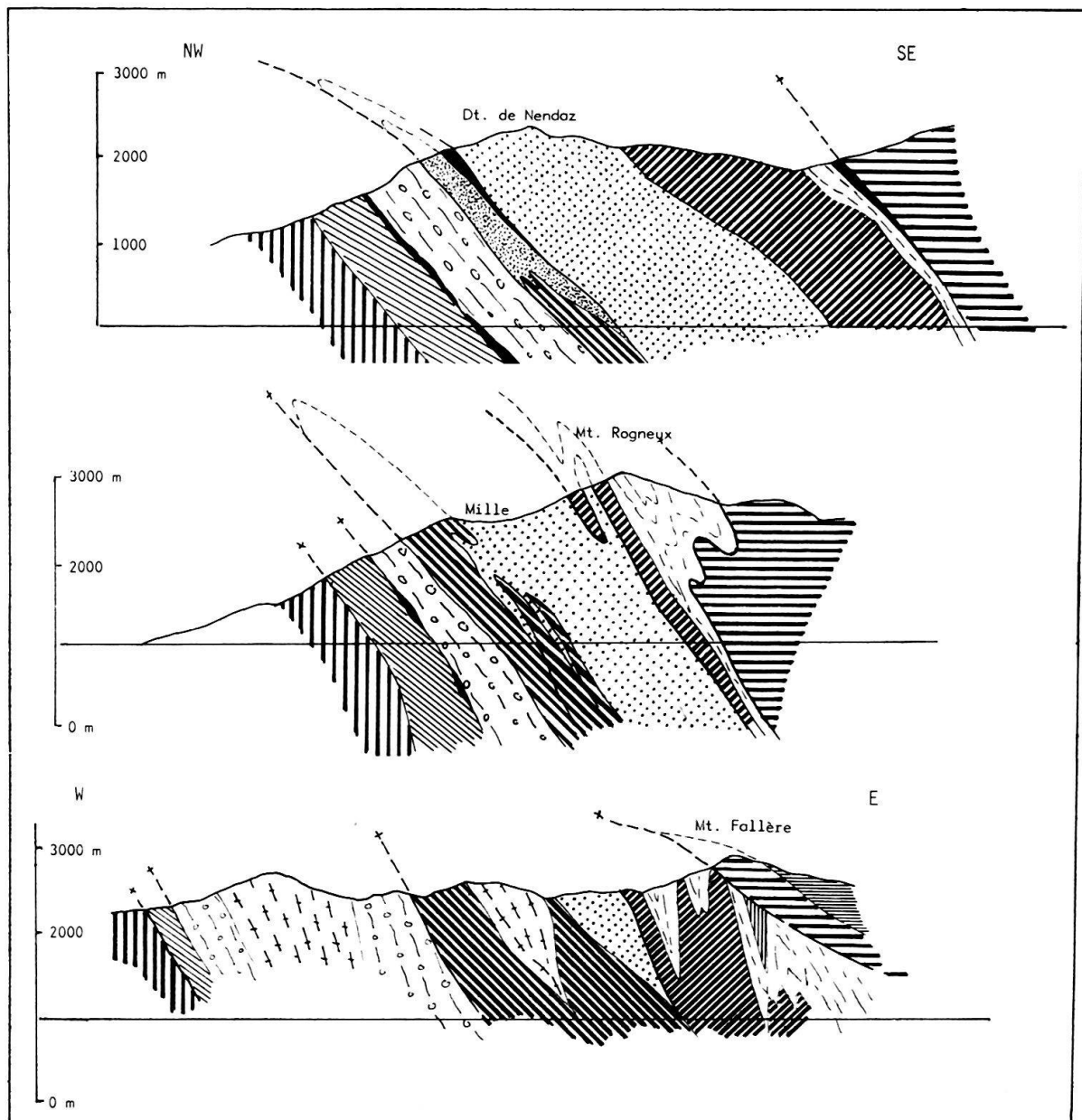


Fig.4. Coupes schématiques perpendiculaires aux directions principales (mêmes figurés que pour la carte).

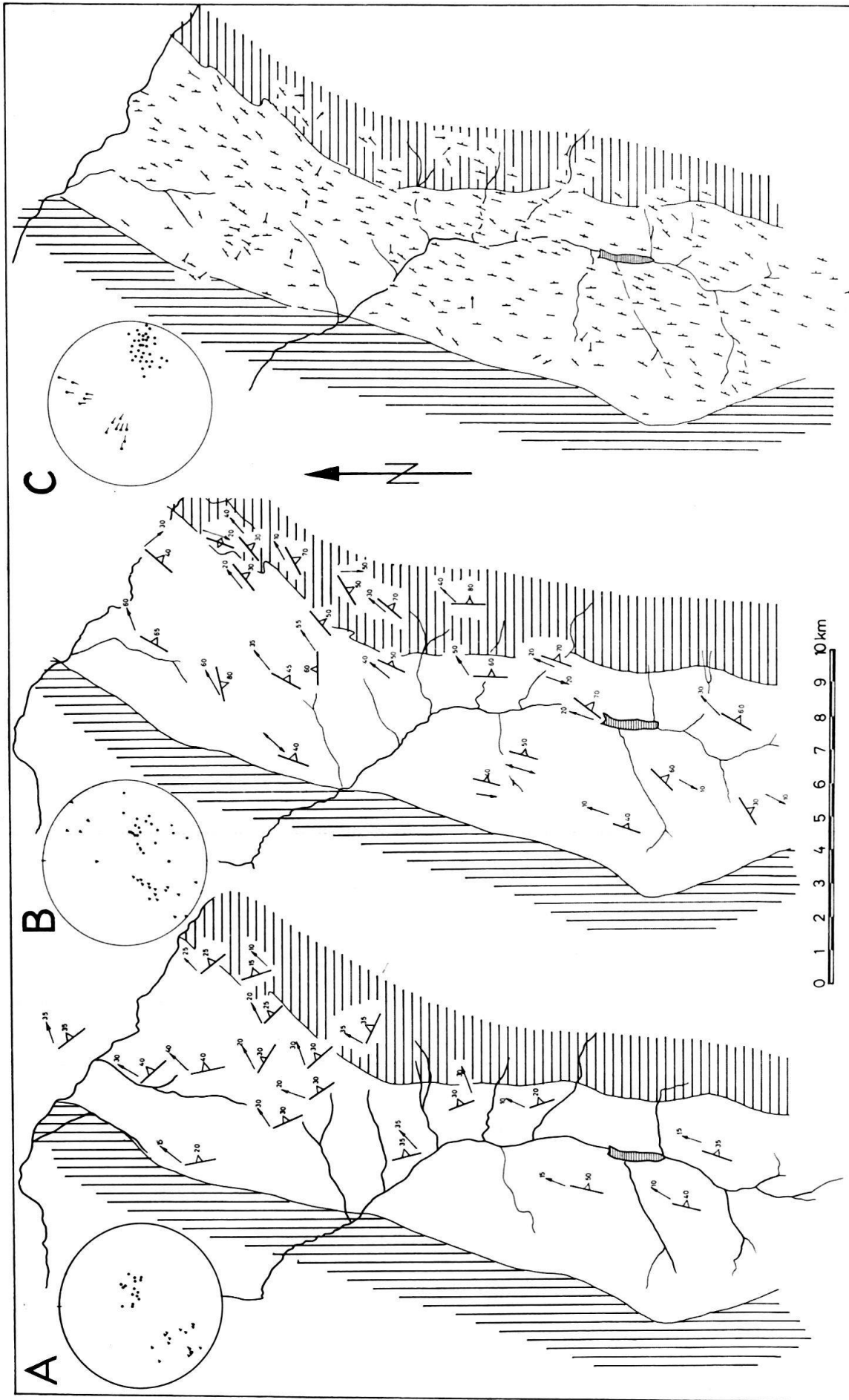


Fig. 5. Carte des directions tectoniques dominantes entre la Drance de Bagnes et la frontière. A: seconde phase de rétrocharriage (en projection stéréographique sur l'hémisphère supérieure, les pôles des plans axiaux des plis sont figurés par des ronds, et les axes des plis, par des triangles). B: première phase de rétrocharriage (mêmes symboles). C: déformations contemporaines du métamorphisme (ronds noirs avec tiret: allongement de minéraux).

Les schistosités dominantes correspondent au minimum à deux phases de déformations et qui sont de mêmes directions que celles de CABY. La schistosité est cependant légèrement oblique sur les limites des grandes unités (fig. 5, C) étant tournée de 5 à 10° plus à l'est.

- Les directions N-S à N 10° E correspondent à celles de l'étirement des minéraux, systématiquement relevée par MULLER (1964) et PERSOZ (1964). Les petites structures sont rares et les grandes structures doivent correspondre au clivage en trois lames de la Zone du Ruitor, au plissement qui répète plusieurs fois la Zone de Siviez et peut-être à la fermeture d'un pli comme le synclinal du Rogneux-Grand Aget dont les deux flancs sont repérables grâce à la lithostratigraphie assez bien conservée et aux stratifications entrecroisées.
- Les plis transversaux (WNW-ESE) ne sont bien développés que dans la région du Mont-Brûlé où les roches montrent une forte linéation due à l'étirement des albites. Les plis, dont les charnières ne sont jamais visibles, semblent de plus modeste amplitude que les précédents.
- Les phases de rétrocharriage sont au nombre de deux, la seconde n'étant développée que dans le versant de la vallée de Bagnes (fig. 5, A et B). La première donne naissance à des plis de grande envergure dont celui du Grand Laget (SZEPESSY SCHAURECK 1949), dont certains sont repris par la deuxième déformation qui affecte surtout ses plans de crénulation (fig. 6).

Enfin il faut noter, dans le val d'Aoste, le chevauchement tardif de la Zone du Métailler observé par CABY (1981): il recoupe les structures de rétrocharriage. On ne

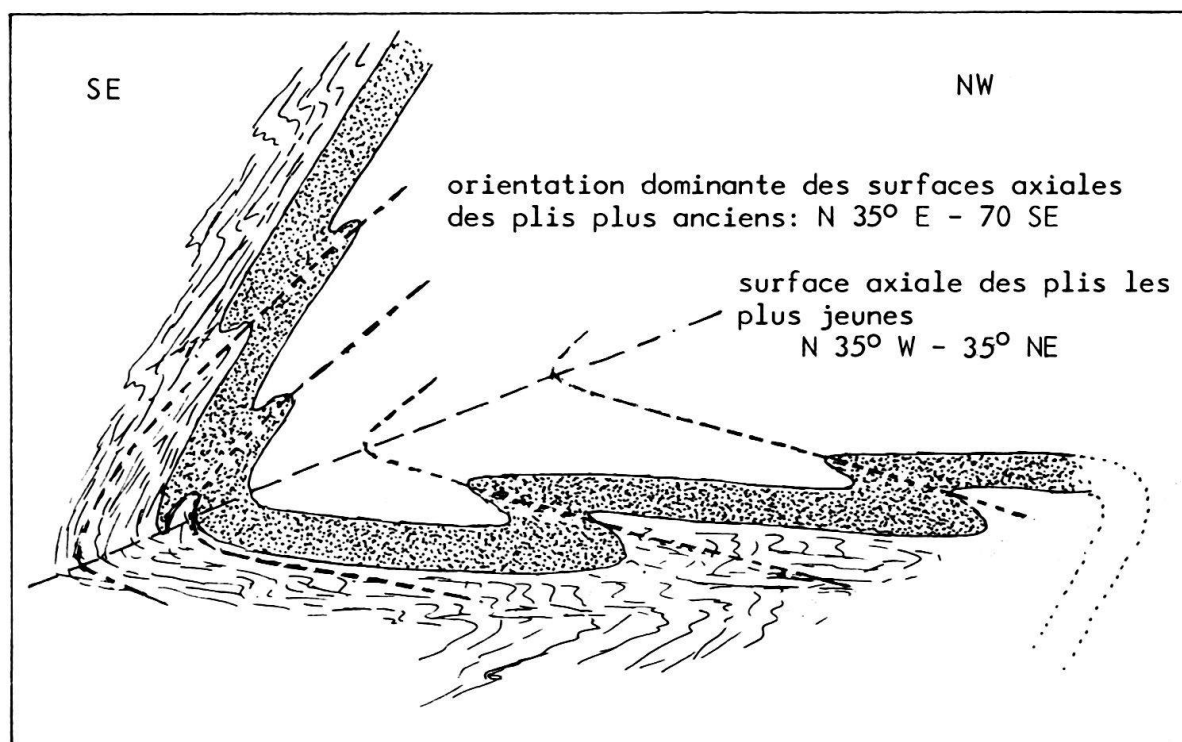


Fig. 6. Petits plis de la première phase de rétrocharriage déformés par un pli de seconde phase. Affleurement à l'ouest de la cabane Brunet.

voit guère à quoi pourraient correspondre de tels mouvements en territoire suisse, sinon peut-être à des déversements tardifs vers le nord, observés dans la partie externe de la Zone Houillère (BURRI 1975).

L'analyse structurale de cette portion de l'arc alpin n'est peut-être pas très avancée: l'inventaire des déformations anciennes n'est pas encore dressé, les relations des grandes Zones avec les phases de déformations ne sont pas débrouillées. Mais, au point où nous en sommes, il y a une grande uniformité des structures sur ces quelque 50 km.

Pour résumer, on aurait les phases suivantes:

6. Chevauchement tardif, vers le nord-ouest, de la Zone du Métailler.
5. Derniers plis en retour, plan axial incliné au nord-ouest.
4. Premiers plis en retour, plan axial incliné à l'ESE.
3. Plis contemporains de la schistosité, axe des plis perpendiculaires à la chaîne, donc plongeants vers l'ESE.
2. Plis contemporains de la schistosité, axes parallèles à la chaîne et capables de plisser toute une Zone (doublement de la Zone de Siviez, p. ex.).
1. Mise en place des unités principales, peut-être contemporaine d'une ancienne schistosité, peut-être antérieure.

IV. Relations entre métamorphisme et déformation

Depuis WEGMANN (1923), on sait qu'il existe, dans la portion frontale du St-Bernard, un vieux socle polymétamorphique et son enveloppe permo-carbonifère monométamorphique. Le vieux socle a été porté dans les conditions du faciès amphibolitique. Le métamorphisme alpin n'a pas dépassé celles du faciès schistes verts. De plus, il est polyphasé (ELLENBERGER 1958, NIGGLI & NIGGLI 1965, BOCQUET et al. 1974, etc.). Il n'est pas dans mon propos de reprendre ces données, qui n'ont pas été ré-étudiées, mais d'attirer l'attention sur certains traits caractéristiques de ce métamorphisme.

A. Les couvertures permo-carbonifères

Les couvertures permo-carbonifères présentent l'intérêt principal de fournir la liste des minéraux du métamorphisme alpin, puisqu'elles n'ont connu que lui. Il en serait de même, évidemment pour les sédiments mésozoïques qui sont encore hors de mon propos (SCHAER 1959a). D'une manière très générale, les minéraux du métamorphisme alpin peuvent y être groupés en deux catégories.

- Les minéraux contemporains de la ou des schistosités principales: quartz, albite, mica blanc, chlorite, glaucophane, actinote, stilpnomélane, épidote et sphène.
- Les minéraux postérieurs à ces schistosités: quartz, albite, chlorite, stilpnomélane, calcite et tourmaline.

Les derniers croissent à travers les schistosités que, souvent, ils emprisonnent. Il sera à nouveau question d'eux à propos des gneiss affectés par le métamorphisme alpin (tabl. 3)

PHASES DE DEFORMATION ET DE CRISTALLISATION												
	ANTE-ALPINES				ALPINES							
	0	1	2		0	1	2		3	4	5	
MONT MORT												
grenat		—										
plagioclase		—	—									
mica blanc		—	—	—								
biotite		—	—	—								
staurotide		—	—	— ?								
andalousite				—								
sillimanite				—								
séricite					—	—	—	—	—	—		
chloritoïde					—	—	—	—	—	—		
chlorite					—	—	—	—	—	—	—	
CHENALETTE, SIVIEZ, etc.												
grenat		—	—	—								
hornblende		—	—	—								
biotite		—	—	—								
plagioclase		—	—	—								
mica blanc		—	—	—								
olbite					—	—	—	—	—	—	—	—
glaucophane					—	—	—	—	—	—	—	—
actinote					—	—	—	—	—	—	—	—
stipnomélane											—	—
PERMO-CARBONIFERE												
olbite					—	—	—	—	—	—	—	—
glaucophane					—	—	—	—	—	—	—	—
actinote					—	—	—	—	—	—	—	—
stilpnomélane											—	—

Tableau 3: Relations des phases de plissement et de recristallisation des minéraux de métamorphisme.

B. Les gneiss polymétamorphiques

Dans les socles polymétamorphiques, deux types de gneiss contrastent fortement: d'une part les gneiss les plus courants, fins, très schisteux, aux caractères mylonitiques prononcés (Chenalette, Bourg-St-Pierre), et, d'autre part, ceux du Mont-Mort.

Ces derniers semblent avoir complètement échappé au métamorphisme et aux déformations alpins: les minéraux liés au métamorphisme de faciès amphibolitique y sont frais et souvent idiomorphes. De grands plagioclases parfaitement déterminables (oligoclase-andésine) sont moulés par des schistosités apparemment très anciennes. Les micas blancs en paillettes microplissées sont parfois bordés par des micas blancs de deuxième génération disposés en arcs polygonaux. Les grenats montrent souvent leurs formes cristallines, mais, quelques inclusions fossilisent une ancienne texture. Des staurotides (fig.7) et de grandes biotites rougeâtres (fig.8) présentent les mêmes caractéristiques. La staurotide, même altérée en séricite peut conserver ses formes cristallines (fig.9), ce qui montre qu'il n'y a pas eu de déformation après la naissance de la séricite. Autre minéral tardif, la sillimanite développe de grandes aiguilles fibrolitiques au sein des paillettes de biotite (fig.10): non déformées, elles sont plus jeunes que la biotite. Enfin, le cas le plus démonstratif est sans doute celui de l'andalousite dont les différents stades de croissance vont de

l'apparition des premières plages dissociées d'un même individu (fig.11), aux surfaces presque jointives (fig.12) et même jusqu'au grand minéral complet, parfaitement intact, riche des nombreuses inclusions minérales emprisonnées en cours de développement.

Il semble que ces gneiss ont enregistré les phases suivantes:



Fig.7. Cristal de staurotide a travers une schistosité de mica blanc et d'oxyde. Plan des Dames.



Fig.8. Grande paillette de biotite rougeâtre contenant les traces d'une ancienne schistosité, et moulée par une nouvelle schistosité. Plan des Dames.

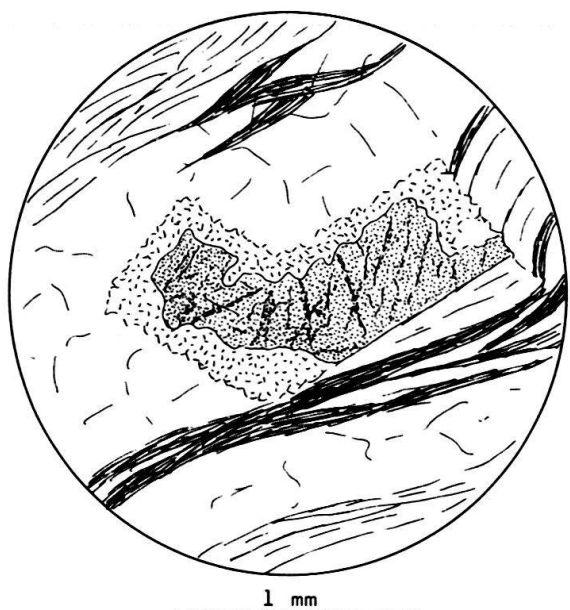


Fig.9. Staurotide maclée et altérée en séricite, mais non déformée. Fond de quartz, mica blanc et biotite. Mont-Mort.



Fig.10. Sillimanite fibrolitique dans une biotite rougeâtre, accompagnée de quartz. Plan des Dames.

- Croissance de plagioclases, micas blancs et grenats. Les micas blancs sont disposés suivant une schistosité accentuée. Mais déjà les grenats portent la trace d'une plus ancienne structure (phase 0).
- En l'absence de déformation, blastogenèse de plagioclase, biotite et staurotide, ces deux dernières emprisonnant la schistosité précédente.

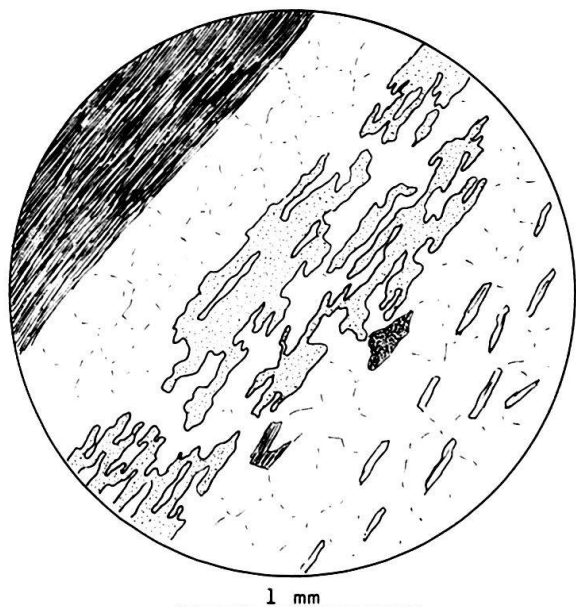


Fig. 11. Plages d'un même cristal d'andalousite sur un fond de quartz. L'Hospitalet.

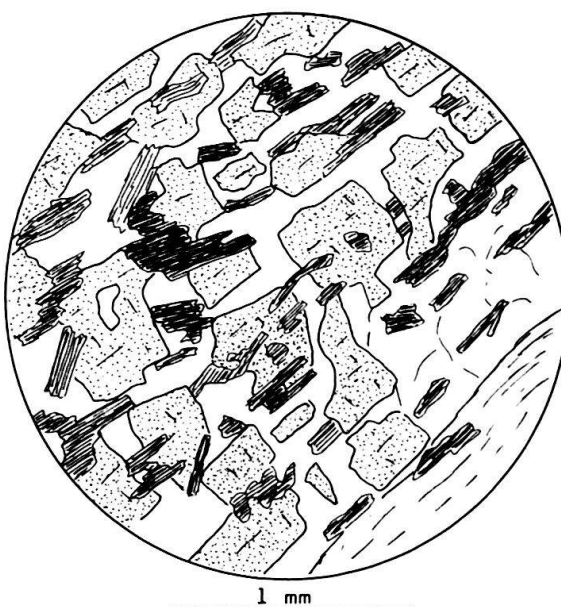


Fig. 12. Sur fond de quartz, mica blanc et biotite, les plages d'andalousite sont presque jointives. L'Hospitalet.

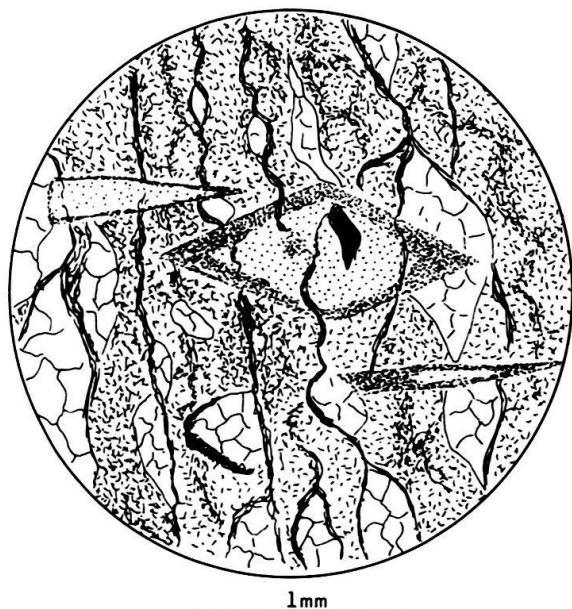


Fig. 13. Aiguilles de glaucophane bordées d'actinote et transverses à la schistosité. Fond de quartz et de séricite. Lacerandes.

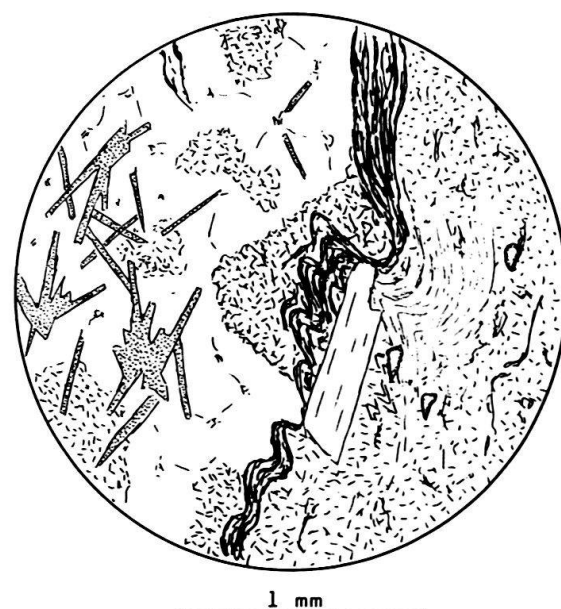


Fig. 14. Cristal de mica blanc recoupant une structure liée à l'une des phases de rétrocharriage. Fond de séricite, quartz et stülpnomélane.

- Naissance d'une schistosité nouvelle, qui moule localement la staurotide, la biotite et le plagioclase précédemment apparus.
- Poursuite de la croissance de minéraux qui recoupent toutes les schistosités: staurotide(?), andalousite et sillimanite (et probablement mica blanc et biotite, mais la chose est indémontrable).

Les autres gneiss polymétamorphiques conservent, contrairement à ceux du Mont-Mort, les traces de leur intense déformation alpine: grain fin, schistosité marquée, minéraux écrasés, fragmentés et altérés: plagioclase, biotite et grenat s'y retrouvent, accompagnés par la hornblende. Mais les plagioclases sont le plus souvent trop altérés pour être déterminés et l'albite, née de leur rétro-morphose, abonde; les grenats sont parfois totalement remplacés par de l'épidote, de l'albite, de la chlorite et, de leur déformation, peut naître un fin rubanement au sein des amphibolites; la biotite est chloritisée, etc. ... Il y a quelques zones très localisées qui semblent avoir partiellement échappé à ces transformations; elles montrent que les autres minéraux ante-alpins (staurotide, andalousite, sillimanite) sont absents de ces gneiss et n'y ont peut-être jamais existé, sans doute pour des raisons chimiques.

Les minéraux proprement alpins sont les mêmes que ceux des assises du Permo-Carbonifère. Le glaucophane est postérieur au moins à une schistosité (fig. 13) et presque toujours bordé d'actinote, alors que le mica blanc se développe encore en assez grandes paillettes après l'une au moins des phases de rétrocharriage (fig. 14).

V. Conclusions

Si la partie frontale du St-Bernard commence à être, du point de vue cartographique, un peu mieux connue et si des corrélations à grande distance sont maintenant possible sans risquer de trop grosses erreurs, bien des questions restent ouvertes. Par exemple:

1. On reste confondu devant la complexité interne des unités et leur continuité cartographique. Par exemple, le socle Siviez, réduit à quelques mètres, ou dizaines de mètres, se suit sur des kilomètres.
2. L'unité la plus profonde, le Ruitor, et ses prolongements (Stalden supérieur, Berisal) s'enfoncent sous une unité plus interne, plus élevée, mais qui a été plus en avant qu'elle. Pourquoi?
3. Vers le sud, dans l'unité des Mischabel, le socle polymétamorphique semble s'enfoncer et il serait remplacé par une unité plus interne, le Métailler, tous deux portant une couverture briançonnaise très interne. Pourtant l'hypothèse d'une origine ultrapiémontaise de la couverture Métailler proposée par CABY (1981) ne peut pas être écartée sans autre.
4. Rappelons que l'âge très probablement crétacé d'une partie des Schistes lustrés exclut la possibilité d'un métamorphisme à ce moment là. Donc tout le métamorphisme dont il a été question ici est d'âge lépontin: 38 ma (NIGGLI & NIGGLI 1965, TRÜMPY 1973, FREY et al. 1974, 1978).
5. Dans le vieux socle du Ruitor, une importante lame de gneiss a échappé à toute influence alpine, métamorphisme et déformation. Pour expliquer le métamorphisme de haute pression, de nombreux auteurs ont invoqué des phénomènes de

subduction (DAL PIAZ 1974). On voit mal comment un panneau entier échapperait à l'influence d'une subduction. S'il faut renoncer à l'explication par les subductions, il faudra bien en trouver une autre.

Remerciements

Ma gratitude va d'abord à mes voisins J.-P. Schaer, G. Elter et R. Caby qui m'ont toujours éclairé de leurs connaissances. Elle va ensuite à mes camarades de travail, tout particulièrement S. Ayrton, A. Escher et Ph. Thélin qui furent souvent des collaborateurs. Finalement elle est due et donnée à Jacques Muller qui aurait presque pu co-signer ce travail, tant il lui doit.

BIBLIOGRAPHIE

- BEARTH, P. (1961): Contribution à la subdivision tectonique et stratigraphique du cristallin de la nappe du Grand St-Bernard dans le Valais (Suisse). - Livre Mém. prof. Fallot, Soc. géol. France 2, 407-418.
- BELLIÈRE, J. (1958): Contribution à l'étude pétrographique des schistes cristallins du massif des Aiguilles Rouges (Haute Savoie) - Ann. Soc. géol. Belg. 81, 1-198.
- BELLIÈRE, J., & STREEL, M. (1980): Roches d'âge viséen supérieur dans le massif des Aiguilles Rouges (Haute Savoie). - C.R. Acad. Sci. (Paris) (D) 290, 1341-1343.
- BLANC, P. (1976): Géologie du massif de l'Arpille. - Thèse Univ. Lausanne.
- BOCQUET, J., DELALOYE, M., HUNZIKER, J., & KRUMMENACHER, D. (1974): K-Ar and Rb-Sr Dating of blue Amphibolites, Micas and associated Minerals of the Western Alps. - Contr. Mineral. Petrol. 47, 7-26.
- BRODBECK, J.-F., BURRI, M., & HEDIGER, R. (1979): Le front de la nappe du St-Bernard entre Bourg-St-Pierre et la frontière italo-suisse. - Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne 242.
- BURRI, M. (1975): Sur les structures de la Zone Houillère externe dans les vallées des Drances (Valais). - Eclogae geol. Helv. 68, 285-299.
- (1983): Description géologique de la partie frontale du St-Bernard dans les vallées de Bagnes et d'Entremont. - Bull. Inst. Géol. Lausanne (sous presse).
- CABY, R. (1968): Contribution à l'étude structurale des Alpes occidentales: subdivisions stratigraphiques et structures de la Zone du Grand St-Bernard dans la partie sud du val d'Aoste (Italie). - Géol. alp. (Grenoble) 44, 95-111.
- (1974): Gneiss permo-carbonifères d'origine granitique et volcanique dans la Zone Houillère et la Zone du Grand St-Bernard en val d'Aoste (Italie). - Géol. alp. (Grenoble) 50, 39-44.
- (1981): Le mésozoïque de la Zone du Combin en val d'Aoste (Alpes Graies). Imbrications tectoniques entre séries issues du domaine pennique, austroalpin et océanique. - Géol. alp. (Grenoble) 57, 5-13.
- CALAME, J.-J. (1954): Etude géologique de la région de Nendaz (Valais). - Thèse Univ. Genève.
- DAL PIAZ, G.-V. (1974): Le métamorphisme de haute pression et de basse température dans l'évolution structurale du bassin ophiolitique alpino-apennin. - Bull. suisse Minéral. Pétrogr. 54, 399-424.
- DAL PIAZ, G.-V., & GOVI, M. (1965): Osservazioni geologiche sulla «Zona del Gran San Bernardo» nell'alta Valle d'Aoste. - Boll. Soc. geol. ital. 84, 1-24.
- ELLENBERGER, F. (1958): Etude géologique du Pays de Vanoise. - Mém. Carte géol. France.
- ELTER, G. (1960): La Zona Pennidica dell'alta e media Valle d'Aoste e le Unità limitrofe. - Mem. Ist. geol. Padova 22.
- (1971): Schistes lustrés et ophiolites de la zone piémontaise entre Orco et Doire Baltée (Alpes Graies). - Géol. alp. (Grenoble) 47, 147-169.
- (1972): Contribution à la connaissance du Briançonnais interne et de la bordure piémontaise dans les Alpes Graies nord-occidentales et considérations sur les rapports entre les Zones du Briançonnais et les Schistes lustrés. - Mem. Ist. Geol. Padova 28.
- FABRE, J. (1958): Contribution à l'étude de la Zone Houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). - Mém. Bur. Rech. géol. min.
- FREY, M., BUCH, K., FRANK, E., & MULLIS, J. (1980): Alpine metamorphism along the geotraverse Basel-Chiasso - a review. - Eclogae geol. Helv. 73, 527-546.

- FREY, M., HUNZIKER, J., FRANK, W., BOCQUET, J., DAL PIAZ, G.-V., JÄGER, E., & NIGGLI, E. (1974): Alpine metamorphism in the Alps. A review. – *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 54, 247-290.
- JONGMANS, W.J. (1960): Die Karbonflora der Schweiz. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.S.]* 108.
- MARTHALER, M. (1981): Découverte de foraminifères planctoniques dans les «Schistes lustrés» de la Pointe de Tourtemagne (Valais). – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 75, 171-178.
- MASSON, H., BAUD, A., ESCHER, A., GABUS, J.H., & MARTHALER, M. (1980): Compte rendu de l'excursion de la Société Géologique Suisse du 1 au 3 octobre 1979: coupe Préalpes-Helvétique-Pennique en Suisse occidentale. – *Eclogae geol. Helv.* 73, 331-349.
- MOIX, R., & STAMPFLI, E. (1981): Recherches géologiques dans le massif du Pic d'Artsinol. – *Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat.* 98, 23-32.
- MULLER, J. (1964): Rapport sur l'étude scintillométrique de surface effectuée en Valais, entre le val de Bagnes et le val d'Entremont. – Inédit, Berne.
- NIGGLI, E., & NIGGLI, C.-R. (1965): Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpidischen Metamorphose in den Schweizer Alpen. – *Eclogae geol. Helv.* 58, 335-368.
- OULIANOFF, N. (1924): Le massif de l'Arpille et ses abords. – *Matér. Carte géol. Suisse [n.s.]* 54.
- PERSOZ, F. (1964): Rapport sur l'étude scintillométrique et géologique effectuée dans le val d'Entremont, entre Bourg-St-Pierre et la frontière italo-suisse. – Inédit, Berne.
- RAUMER, J. VON (1976): Le massif du Mont-Blanc, socle prépermien dans un cadre alpin. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 65, 123-155.
- SAVARY, P.-P. (1979): Evolution structurale du front de la zone du Grand St-Bernard aux environs de Sion. – *Eclogae geol. Helv.* 72, 271-278.
- SCHAER, J.-P. (1959a): Géologie de la partie septentrionale de l'éventail de Bagnes. – *Arch. Sci. (Genève)* 12, 473-620.
- (1959b): Les porphyres quartzifères et les roches volcaniques prétriasiques de la nappe du Grand St-Bernard, Valais, Suisse. – *Geol. Rdsch.* 48, 147-158.
- SZEPESSY SCHAURECK, A. (1949): Geologische Untersuchungen im Grand-Combin-Gebiet zwischen Dranse de Bagnes und Dranse d'Entremont. – Thèse ETH Zürich.
- THELIN, PH. (1982): Les gneiss œillés de la nappe du Grand St-Bernard: essai d'évaluation des critères susceptibles d'en préciser l'hérédité pré-métamorphique. – Thèse Univ. Lausanne.
- THELIN, PH., & AYRTON, S. (1983): Cadre évolutif des événements magmatico-métamorphiques du socle anté-triasique dans le domaine pennique. – *Bull. suisse Minéral Pétrogr.* (sous presse).
- TRÜMPY, R. (1973): L'évolution de l'orogénèse dans les Alpes centrales: interprétation des données stratigraphiques et tectoniques. – *Eclogae geol. Helv.* 66, 1-10.
- VALLET, J.-M. (1950): Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du val d'Hérens et du val d'Hérémece (Valais). – *Bull. suisse Minéral. Pétrogr.* 30, 322-476.
- WEGMANN, E. (1922): Zur Geologie der Bernhardecke im Val d'Hérens (Wallis). – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 47, 1-66.

Cartes consultées

- Feuille Mont-Blanc de la Carte géologique de la France au 1:50000, rédigée par ANTOINE (1978) et sa notice explicative. – *Bur. Rech. géol. min. Paris.*
- Carta geologica del ricoprimento Gran San Bernardo tra il M. Paramont ed il Vallone Vertosan (Alta Valle d'Aosta), dessinée par GOVI (1975). – *Cons. naz. della Ricerche.*
- Feuille Grand St-Bernard de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25000 d'OULIANOFF & TRÜMPY (1958) et sa notice explicative. – *Comm. géol. Suisse. Kümmerli & Frey, Berne.*
- Feuille Sembrancher de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25000, de JEMELIN (1983) (sous presse). – *Comm. géol. Suisse. Kümmerli & Frey, Berne.*

