Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 63 (1983)

Heft: 2-3

Artikel: Cadre évolutif des événements magmatico-métamorphiques du socle anté-triasique dans le domaine pennique (Valais) : données récentes, synthèse chronologique et suggestions de recherches ultérieures

Autor: Thélin, Ph. / Ayrton, St.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-48743

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: 15.07.2025

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

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 63, 393–420, 1983

Cadre évolutif des événements magmatico-métamorphiques du socle anté-triasique dans le domaine pennique (Valais)

Données récentes, synthèse chronologique et suggestions de recherches ultérieures

par *Ph. Thélin*[1] et *St. Ayrton*[1]

Abstract

Since SCHAER's work (1959) and BEARTH's synthesis (1961) on the subdivision of the pre-Triassic basement of the "Grand-St-Bernard" nappe, several studies—among others BEARTH (1964, 1973, 1980), CABY (1968, 1974), HUNZIKER (1970), BOCQUET (1974 a and b), FRANK (1975, 1979), STILLE (1980), THÉLIN (1983) and BURRI (monograph in press)—lead, as a working hypothesis, to a refined relative chronology of magmatic-metamorphic events which could have affected the four polycyclic zones, comprising basement as well as associated Permo-Carboniferous covers. The short compilation presented here also takes into account recent results concerning the Arolla gneisses belonging to the "Dent-Blanche" nappe (AYRTON and al., 1982).

1. At the Cambrian-Ordovician limit (~500 m.y.): intrusion(s) of mantle derived diapirs differentiated into a calc-alkaline series (pyroxenite, tholeiite, andesite, rhyodacite) in an epeirogenic Caledonian context with formation of active continental margins and islands arcs (FRANK and al., 1976; STILLE, 1980; HUNZIKER and ZINGG, 1980). From this material amphibolites formed at the time of the Hercynian metamorphism: they are particularly abundant in the Berisal Complex, the upper Stalden Zone and the Mischabel-Siviez and Ruitor zones.
2. There are two generations of augen orthogneiss (THÉLIN, 1983): the first consists of calc-alkaline polycyclic ortho- or paragranitoïds of undetermined age (Lower Carboniferous or older) sometimes associated with banded complexes and principally represented in the Berisal Complex, the upper Stalden Zone and the Ruitor Zone; the second one consists of intrusive porphyric, sometimes hypovolcanic, circumscribed, late- to post-kinematic, Eo-Permian, alkalic metagranites, principally represented by the Randa, Sapey-Peisey, Costa-Citrin, Mt-Flassin gneisses.
3. Bimodal Stephano-Eo-Permian magmatism, emphasized by the emplacement of coexisting plutonic rocks (gabbros, diorites, granites) and contrasted volcanic rocks (basalts, rhyolites) in a crustal tensional setting related to early movements of the Tethys opening.

We consider here possible correlations between different groups ("Ensembles"), and also address two difficult problems: first, when did the Hercynian metamorphic phase(s) which affected the

---

[1] Institut de minéralogie, Université de Lausanne, Collège Propédeutique, CH-1015 Dorigny (VD).

St-Bernard basement take place (pre-Namurian and/or pre-Visean)?; secondly, are there indications of a pre-Westphalian series which might suggest the existence of an intermediate basement (i. e. neither protoVariscan or older, nor an integral part of the Permo-Carboniferous covers)?

Keywords: Calcalkaline composition, alkaligranite, Caledonian orogeny, Hercynian orogeny, Pennine Alps.

Résumé

Depuis le travail marquant de SCHAER (1959) et la synthèse de BEARTH (1961) sur la subdivision du socle anté-triasique de la nappe du Grand-Saint-Bernard, de nombreuses recherches - entre autres de BEARTH (1964, 1973, 1980), CABY (1968, 1974), HUNZIKER (1970), BOCQUET (1974 a et b), FRANK (1975, 1979), STILLE (1980), THÉLIN (1983) et BURRI (monographie sous presse) - conduisent à proposer, à titre d'hypothèse de travail, une chronologie relative affinée des événements magmatico-métamorphiques ayant pu affecter les quatre zones polycycliques composant le dit socle ainsi que les couvertures permo-carbonifères associées. La brève synthèse de compilation présentée ici prend également en compte des données récentes sur l'unité des gneiss d'Arolla appartenant à la nappe de la Dent-Blanche (AYRTON et al., 1982).

L'établissement de cette chronologie relative repose principalement sur les événements suivants:

1. A la limite Cambrien-Ordovicien (~500 m.a.): intrusion(s) de diapirs mantéliques différenciés selon une série calco-alcaline (pyroxènolites, tholéites, andésites, rhyodacites) dans un contexte épirogénique calédonien avec formation de marges continentales actives et d'arcs insulaires (FRANK et al., 1976; STILLE, 1980); HUNZIKER et al., 1980). Ces matériaux se sont transformés en amphibolites lors du métamorphisme hercynien et sont particulièrement abondants dans le Complexe du Berisal, la Zone supérieure de Stalden et celle de Mischabel-Siviez, voire même du Ruitor.
2. Mise en évidence de deux générations d'orthogneiss œillés (THÉLIN, 1983): la première constituée d'ortho- ou de paragranitoïdes calco-alcalins polycycliques d'âge indéterminé (Carbonifère inférieur ou plus ancien) associés parfois à des complexes rubannés et principalement représentés dans le Complexe du Berisal, la Zone supérieure de Stalden et celle du Ruitor; la deuxième constituée de métagranites porphyriques alcalins, intrusifs, parfois hypovolcaniques, circonscrits, tardi- à postcinématiques, d'âge éopermien (~270 m.a.), principalement représentés par les gneiss œillés de type Randa, Sapey-Peisey, Costa-Citrin et Mt-Flassin.
3. Magmatisme bimodal d'âge stéphano-éopermien, souligné par la mise en place de roches plutoniques coexistantes (gabbros, diorites, granites) et de roches volcaniques antinomiques (basaltes sl., rhyolites) en milieu crustal distendu, suite aux mouvements précurseurs de la déchirure téthysienne.

Outre des considérations en fait de corrélations éventuelles entre tel ou tel ensemble, cette note aborde également deux problèmes délicats: à savoir d'abord quand (pré-namurien?, pré-viséen?) situer la (ou les) phase(s) du métamorphisme hercynien ayant affecté le socle St-Bernard sl.; puis si l'on peut y déceler des indices de série(s) pré-westphaliennes monocyliques, suggérant l'existence d'un socle intermédiaire (ie. ni protovarisque ou plus ancien, ni solidaire des couvertures permo-carbonifères).

Table:

Introduction

1. Buts et articulation de la présente synthèse
2. Bref historique des recherches récentes et moins récentes

Données chronologiques utiles (tableaux synoptiques)
1. La Nappe du Grand-Saint-Bernard
1.1. Les zones polycycliques
1.1.1. Le Complexe du Berisal (tableau I)
1.1.2. La Zone supérieure de Stalden (tableau II)
1.1.3. La Zone Mischabel-Siviez (tableau III)
1.1.4. La Zone du Ruitor (tableau IV)
1.2. Les couvertures permo-carbonifères et permo-triasiques (tableau V)
2. La Nappe de la Dent-Blanche (unité des gneiss d'Arolla)

Chronologie des événements magmatico-métamorphiques (tableau VI)
1. Remarques préliminaires
2. Commentaires et conclusions
2.1. Evolution du magmatisme lors du Paléozoïque
2.2. Corrélations latérales suggérées par la lithostratigraphie
2.3. Présence éventuelle de série(s) pré-westphalienne(s) monocyclique(s)?
2.4. Métamorphisme hercynien mono- ou pluriphasé?

Bibliographie

Introduction

1. Buts et articulations de la présente synthèse

Cette synthèse de compilation poursuit quatre buts complémentaires:

- Répertorier l'essentiel des données récentes en fait de subdivisions des zones en ensembles dans les socles polycycliques et en séries dans les couvertures permo-carbonifères et ceci concernant à la fois les quatre zones polycycliques qui composent le cristallin anté-triasique de la nappe du Grand-Saint-Bernard (à savoir d'E. en W.: le Complexe du Berisal, la Zone supérieure de Stalden, la Zone Mischabel-Siviez et la Zone du Ruitor) ainsi que les nombreuses couvertures permo-carbonifères associées (par exemple: Zone inférieure de Stalden, Zone de la Ly, Zone de Mille, Zone houillère, etc.).
- Réunir dans la mesure du possible les éléments devant conduire à préciser la nature et l'évolution du magmatisme durant le Paléozoïque et ses incidences sur l'histoire du socle St-Bernard et des gneiss d'Arolla appartenant à la nappe de la Dent-Blanche.
- Proposer, à titre d'hypothèse de travail, des corrélations permettant d'envisager globalement le développement du socle St-Bernard par le biais notamment de marqueurs préférentiels tels que les orthoamphibolites et les gneiss œillés.
- Construire un tableau synoptique, certes lacunaire, montrant en grandes lignes l'évolution, depuis le Cambrien jusqu'au Permo-Trias, du socle St-Bernard et de faciès apparentés dans l'unité des gneiss d'Arolla; et ceci tant du point de vue du plutonisme, du volcanisme, des cycles «érosion-sédimentation» que des paroxysmes métamorphiques.

Il est évident que, vu d'une part la complexité et la multiplicité des problèmes sollicités par cet objectif ultime et d'autre part le manque de données géochronométriques et isotopiques, cette brève synthèse n'a pas pour ambition de proposer une reconstitution exhaustive, mais bien plutôt d'apporter des éléments de clarification, des repères utiles ainsi que quelques réflexions et suggestions.

2. Bref historique des travaux récents et moins récents

Suite à la première génération de travaux dans le socle St-Bernard sl. (SCHMIDT et al., 1908, 1914; WEGMANN, 1923; WERENFELS, 1924; STAUB, 1926, 1928, 1934, 1945; ARGAND, 1934[1]) qui, par la nature même de leurs investigations cartographiques et palinspastiques alpines, ne nous sont guère utiles dans la perspective poursuivie ici, c'est les travaux de la deuxième génération (VALLET, 1948, 1950; CALAME, 1954; BEARTH, 1957, 1961, 1964, 1967, 1973, 1980; OULIANOFF, 1958; ELLENBERGER 1958 a et b; SCHAER, 1959; FABRE, 1961, CABY, 1968, 1974) qui les premiers tentèrent de débrouiller la lithostratigraphie du cristallin anté-triasique de la nappe IV et de le subdiviser descriptivement en zones (ensembles et séries) cohérentes. BEARTH (1961) dans sa précieuse synthèse met en évidence les points essentiels suivants que les travaux ultérieurs seront parfois à même d'étayer davantage et d'interpréter dans un sens à la fois pétrogénétique et cinématique:

a) L'apparentement lithostratigraphique de quatre zones polycycliques (Berisal, Stalden supérieur, Mischabel-Siviez et Zone dite du Col, rebaptisée depuis Zone du Ruitor), cf. cartes 1 et 2.
b) Le gneiss œillé de Randa - considéré par ARGAND (1934) comme le cœur orthogneissique de la nappe IV - doit être considéré comme un métagranite, localement porphyrique, injecté lors du Paléozoïque supérieur, d'où son statut métamorphique monocyclique. Quant aux autres corps de gneiss œillés affleurant en masses considérables dans les diverses zones polycycliques susmentionnées, BEARTH suppose «qu'ils ne sont probablement pas dus à un seul processus génétique» - phrase sibylline dont l'auteur, à juste titre, se garde bien de préciser la signification. Par contre cet auteur se range à tort - comme nous le montrerons par la suite - du côté d'ELLENBERGER (1958 a et b) et interprète tous les gneiss œillés type Sapey comme des migmatites stratoïdes, engendrés par métasomatose régionale hyperalcaline.
c) Le fait que la Zone inférieure de Stalden constitue l'équivalent oriental de la Zone Houillère.

---

[1] celui-ci faisant bien-sûr exception, étant donné son génie précurseur.

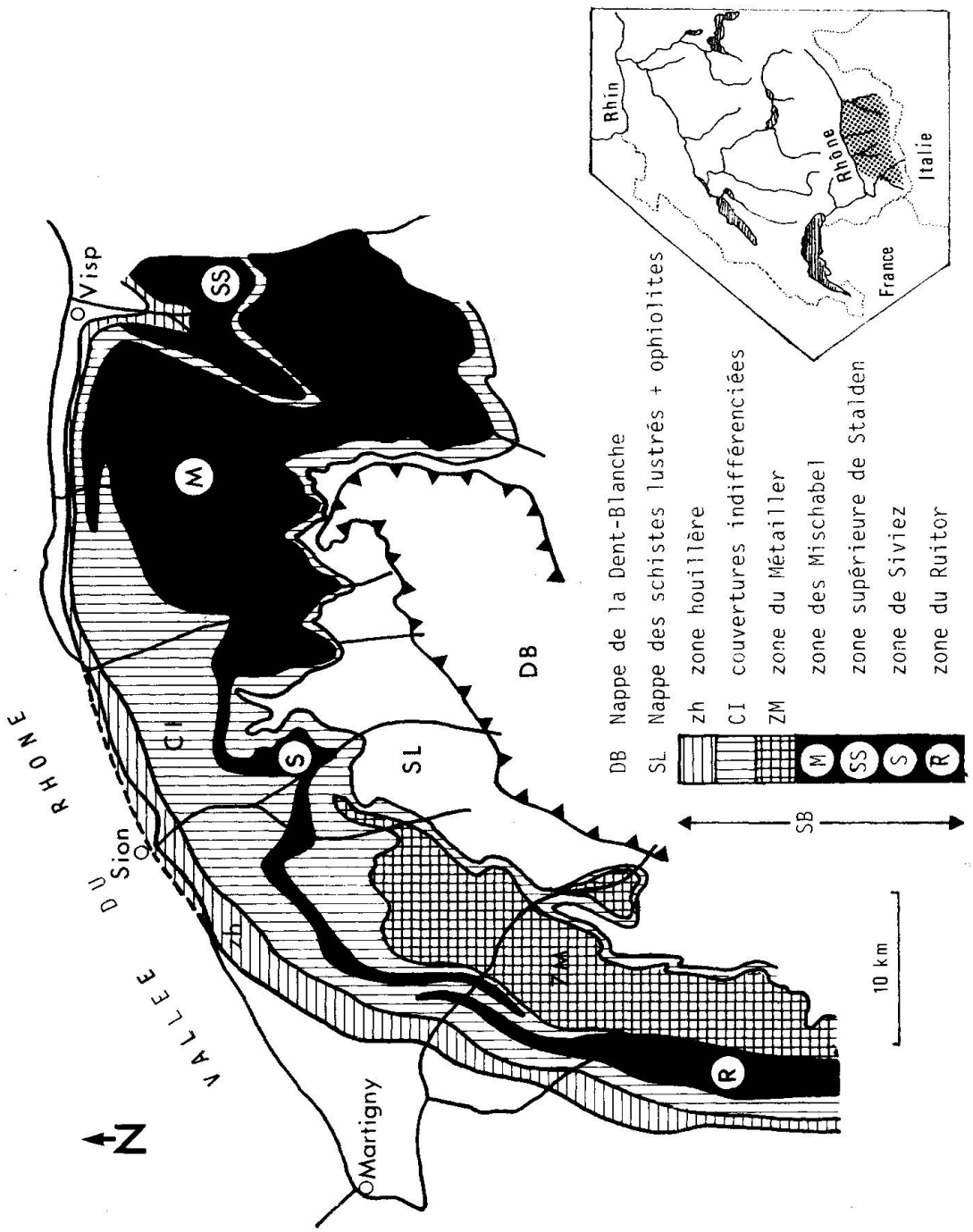

Fig. no 1 Disposition schématisée des zones polycycliques (en noir) de la Nappe du Grand-Saint-Bernard (SB).

d) Le fait que la Zone du Métailler, décrite antérieurement par OULIANOFF (1955) et SCHAER (1959), constitue une «étrangeté», en raison d'une lithologie très spécifique (métagabbros, métapillow lava, prasinites diverses, etc.) et d'un statut métamorphique ambigu, ne s'insérant ni dans le socle polycyclique, ni dans les diverses couvertures méta-détritiques du Permo-Carbonifère, ni dans la Zone Houillère.
e) Le fait que les roches vertes résultent «de deux cycles basiques différents dont le premier est certainement antérieur au Carbonifère supérieur» et l'autre permo-carbonifère, voire permo-triasique.
f) Le constat qu'en fait de matériel volcanique ce sont les dérivés mafiques qui dominent dans la Zone Houillère, alors qu'ils coexistent avec des vulcanites acides (porphyres quartzifères, tufs, brèches volcaniques) dans les séries permo-carbonifères et que ce sont ces dernières qui sont nettement prépondérantes dans le Permo-Trias (Verrucano, faciès alpin) - par exemple: dans la synforme de St-Nicolas.

Parmi les travaux récents dont les résultats sous-tendent la présente synthèse, nous nous limitons à mentionner ceux de FRANK (1975, 1979), STILLE (1980), HUNZIKER et al. (1980), AYRTON et al. (1982), THÉLIN (1983) et BURRI (monographie sous presse). Etant donné que nous reviendrons ultérieurement sur la teneur même de leurs résultats et sur leur utilité potentielle en tant que repères chronologiques, nous nous contentons ici de présenter le sujet traîté par chacun d'entre eux.

STILLE (1980) a étudié, selon des critères géochimiques et isotopiques (méthode Rb-Sr), la pétrogenèse des métahornblendites et des amphibolites comprises dans le Complexe du Berisal. Il est important de souligner que des roches analogues ont été décrites par THÉLIN (1983) dans la Zone Mischabel-Siviez et dans la Zone supérieure de Stalden ainsi que par THÉLIN (1983) et BURRI (monographie sous presse) dans la Zone du Ruitor. Selon STILLE, s'inspirant en cela du modèle de RINGWOOD (1974) et du travail de FRANK et al. (1976) dans «l'Alt Paläzoikum de l'Ostalpin» (Autriche), ces matériaux mafiques à ultramafiques dériveraient à l'origine de diapirs mantéliques différenciés selon une série magmatique calco-alcaline (pyroxènites, tholéites ± quartzifères, andésites, rhyodacites) dans un contexte épirogénique calédonien (à la limite Cambrien-Ordovicien, ~500 m.a.) avec formation de marges continentales actives et d'arcs insulaires. Ceci corroborerait également les résultats obtenus par HUNZIKER et ZINGG (1980) dans la Zone d'Ivrée. Ces auteurs en effet font intervenir dans leur modèle chronologique d'abondantes intrusions de matériel mafique à ultramafique dans une séquence à dominante pélitique, engendrant de ce fait un paroxysme thermo-métamorphique d'âge calédonien (~480 m.a.).

FRANK (1979) a découvert et décrit dans le complexe du Berisal des pointe-

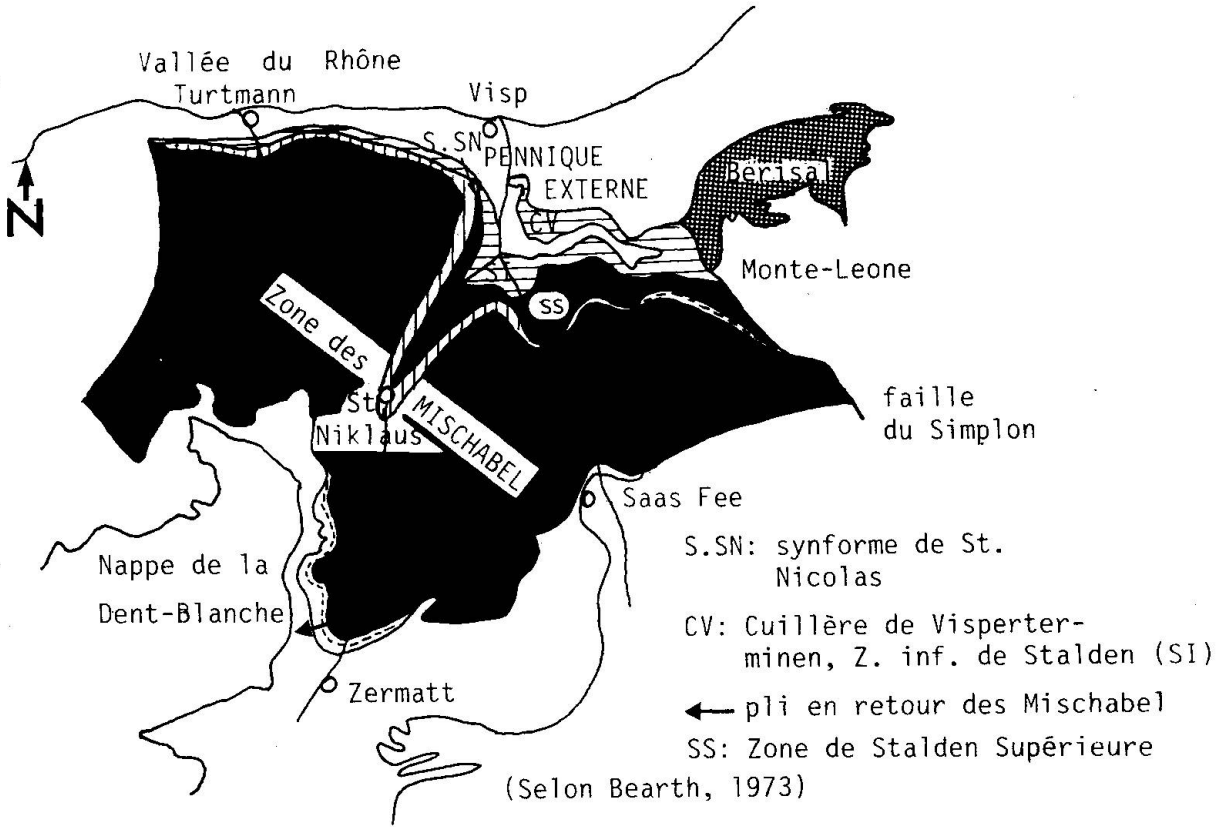

Fig. no 2 Cadre général des unités tectoniques.

ments de gneiss hololeucocrate à zoïsite-celsiane. Selon cet auteur (rens. oral), les premières investigations géochronométriques leur conféreraient un âge précambrien (~1000 m.a.) et le profil géochimique de ces roches pourrait rappeler celui des anorthosites. Ce type de roche n'a été jusqu'à présent observé nulle part ailleurs dans le socle St-Bernard sl.

AYRTON et al. (1982) ainsi que des travaux en cours s'attachent, entre autres sujets, à comprendre la pétrogenèse au sein de la série d'Arolla (nappe de la Dent-Blanche) d'une association orthogneissique composite, dans laquelle sont intimement mêlées trois composantes: acide, intermédiaire et basique, soit des roches de composition granitique, ferrodioritique quartzifère et gabbroïque. D'âge présumé permien, à l'instar de l'âge de cristallisation du gabbro du Mt-Collon et du Cervin (~270 m.a. selon DAL PIAZ et al., 1977), cette association cogénétique pose, prise dans le contexte continental du Paléozoïque supérieur, de nombreux problèmes tectonophysiques. Ces travaux, portant principalement sur les moteurs du bimodalisme magmatique (immiscibilité de magmas, hybridisme, contamination, fusion du Sial par des diapirs mantéliques), s'intéressent également à établir des corrélations paléogéographiques avec notamment la Zone du Métailler (présumée permienne) et celle de Furgg (Valais oriental).

THÉLIN (1983), suivant en cela le travail de FRANK (1975) sur le gneiss œillé du Berisal, a tenté d'apprécier les critères (structuraux, texturaux, minéralogiques et géochimiques) susceptibles de préciser l'hérédité pré-métamorphique de huit populations de gneiss œillés, sélectionnées dans le Pennique valaisan et en Vanoise (Zone houillère briançonnaise). A cet effet l'auteur s'est efforcé de distinguer entre des hérédités directes ou pré-métamorphiques et des hérédités acquises ou syn-métamorphiques (inclus cataclastiques), dans le sens où, selon le premier cas, la structure œillée est cogénétique du terme pétrographique dont on se fixe d'identifier la nature d'origine, contrairement au second cas qui implique des entités œillées d'origine tectoclastique ou porphyroclastique. Toutes les populations étudiées dans le cadre de cette recherche participaient de la première catégorie de telle sorte que l'alternative à considérer se limitait aux hérédités ortho,para(sédiments clastiques peu évolués) et hybride (volcano-détritique). Les résultats de cette étude sont figurés succinctement dans la liste ci-dessous et tiennent davantage de la probabilité argumentée que de la certitude absolue.

Population (sous unité tectonique)	**Hérédité la plus probable**	**Âge présumé Statut métamorphique**
GO. RANDA (Zone Mischabel)	Granite porphyrique alcalin d'intrusion	Permien (~270 m.a.) Monocyclique
GO. SAPEY (Zone Sapey-Peisey dans la partie interne de la Zone houillère briançonnaise)	Granite porphyrique alcalin d'intrusion (faciès hypovolcanique)	Permien (~250 m.a.) Monocyclique
GO. MONTE-LEONE (Nappe du Monte-Leone)	2 générations: - Ortho- ou paragranitoïde porphyrique calco-alcalin - Granite porphyrique alcalin d'intrusion	- Anté- ou syn-Carbonifère inférieur (380 ± 80 m.a.) Polycyclique - Permien (239 ± 24 m.a.) Monocyclique
GO. BERISAL (Complexe du Berisal)	Orthogranitoïde (calco-)alcalin porphyrique	Anté ou syn-Carbonifère inférieur (? m.a.) Polycyclique
GO. STALDEN SUPÉRIEUR (Zone supérieure de Stalden)	Orthogranitoïde (calco-)alcalin, voire métarhyolite porphyroïde	Anté ou syn-Carbonifère inférieur (? m.a.) Polycyclique
GO. LIDDES-LACERANDES (Zone du Ruitor, ensemble de la Chenalette)	Hérédité ambiguë: - soit orthogranitoïde (calco-)alcalin, voire métarhyolite porphyroïde - soit hybride: grauwacke volcanique	Anté- ou syn-Carbonifère inférieur (? m.a.) Polycyclique
GO. BONIGERSEE (Zone Mischabel, ensemble de Bielen)	Arénite immature (tendance arkosique)	Permo-Carbonifère Monocyclique
Gn. TION (Zone de Siviez)	Arénite immature (tendance arkose hyperfeldspathique)	Permo-Carbonifère? Monocyclique!

Signes conventionnels: GO: gneiss œillé; Gn: gneiss mylonitique au sens de HIGGINS (1971)
?: possible; !: probable

De ce tableau, on peut tirer les commentaires d'intérêt chronologique suivants:

1. Mise en évidence de deux générations au moins d'orthogneiss œillés: la première constituée d'ortho- ou de paragranitoïdes calco-alcalins polycycliques d'âge inconnu (Carbonifère inférieur ou plus ancien) associés parfois à des complexes rubannés et à des orthoamphibolites et principalement représentés dans le complexe du Berisal, la Zone supérieure de Stalden et celle du Ruitor (ensemble de la Chenalette); la deuxième constituée de métagranites porphyriques alcalins à muscovite, parfois hypovolcaniques, circonscrits, tardi- à postcinématiques, d'âge éopermien (~270–250 m.a.), principalement représentés par les gneiss œillés de type Randa, Sapey-Peisey, Costa-Citrin, Mt-Flassin (voir également CABY [1974] et DEBELMAS et al. [1979]).
2. Le gneiss œillé du Sapey, d'âge et d'origine similaires à celui de Randa, se distingue à l'évidence du gneiss œillé de Liddes-Lacerandes tant par sa nature d'origine, son âge pré-Carbonifère supérieur et son statut polycyclique; ceci infirme donc la corrélation proposée par ELLENBERGER (1958b)!
3. Une contribution appréciable fournie par ces résultats est de proposer une corrélation entre les gneiss œillés du Berisal, de Stalden supérieur et de Liddes-Lacerandes; malgré les effets différentiellement conjugués du métamorphisme et de la cataclase, ces trois corps œillés présentent de nombreuses analogies:
   - analogie de faciès pétrographique
   - analogie texturale et minéralogique
   - analogie géochimique
   - analogie de statut métamorphique (polycyclisme)
   - analogie de contexte lithostratigraphique (complexe rubanné, association intime avec des orthoamphibolites)
   - analogie probable d'hérédité pré-métamorphique: orthogranitoïde, voire métarhyolite porphyrique (excepté pour le gneiss œillé de Liddes-Lacerandes dont le caractère ortho ne peut pas être indubitablement établi, mais est très probable)

   On n'affirme pas que ces trois aient des hérédités rigoureusement identiques et synchrones, mais la conjonction de ces analogies pourraient le laisser supposer raisonnablement. Seule une étude géochronométrique pourrait le prouver. De ce point de vue, il conviendrait d'étudier en détail si, à supposer que ces trois gneiss œillés dérivent effectivement d'une hérédité similaire et synchrone, leurs socles respectifs (Berisal, Zone supérieure de Stalden et du Ruitor) constituent un socle identique, rendu discontinu par la tectonique alpine et l'emballage dû aux couvertures permo-carbonifères.
4. Le gneiss mylonitique de Tion (considéré par WEGMANN (1923) comme un orthogneiss, puis par VALLET (1950) comme dérivant d'une arkose, enfin par SCHAER (1959) comme une kakirite) révèle sans aucun doute possible une na-

ture d'origine para(arkose hyperfeldspathique) et constitue de ce fait un niveau particulièrement feldspathique au sein des arkoses de Tion sl.

5. Le gneiss œillé de Bonigersee révèle également une hérédité arkosique et de ce fait s'intègre dans l'Ensemble détritique de Bielen (Zone des Mischabel, dans la région de Bürchen sur Viège).

BURRI (monographie sous presse) dans un important travail de géologie régionale intitulé «Description Géologique du Front du St-Bernard dans les Vallées de Bagnes et d'Entremont (Valais)» s'est surtout attaché à débrouiller et subdiviser la Zone polycyclique du Ruitor en trois ensembles principaux, de l'extérieur vers l'intérieur de l'arc alpin: ensemble de la Chenalette, ensemble de Bourg-St-Pierre et ensemble du Mont-Mort, ce dernier comportant les gneiss à minéraux d'OULIANOFF (1958). De plus BURRI, à la suite d'un important travail cartographique, est parvenu à préciser l'ensemble complexe des relations qui distribuent sur le terrain la terminaison de la Zone Mischabel-Siviez (au NE de Liddes) et la répartition des couvertures d'affinité permienne (Zone de Mille et Zone de la Ly) dans la région comprise entre celle du Ruitor et celle du Métailler.

Données chronologiques utiles (tableaux synoptiques)

1. La Nappe du Grand-Saint-Bernard

1.1. Les zones polycycliques

Remarques préliminaires:

a) Afin de ne pas surcharger cette présentation de développements et de détails fastidieux, on préfère recourir à des tableaux synoptiques assortis de quelques commentaires en guise de synthèse et ceci pour chaque zone constitutive du socle St-Bernard sl. (cf. tableaux I–IV).
b) Ceci devant permettre de proposer un tableau récapitulatif (cf. tableau VI) figurant les principaux événements magmatico-métamorphiques ayant pu affecter le socle St-Bernard sl., tel que l'état actuel des connaissances le permet.
c) Afin de faciliter la lecture des dits tableaux, on donne ci-dessous une liste des abréviations utilisées:

Termes minéralogiques:

Fe.K	feldspath potassique
	D: indice de triclinicité
Plag	plagioclase
Olig	oligoclase
Ab	albite
	Ab.éch.: albite en échiquier
Qtz	quartz
Musc I	muscovite pré-alpine
	(magmatique ou métamorphique)
Bt I	biotite pré-alpine
	(magmatique ou métamorphique)
Ph	phengite
Gr	grenat sl
	Al: molécule almandin;
	Gro: grossulaire;
	Py: pyrope;
	Spe: spessartine
Hbl	hornblende
Mg.hbl	magnésio-hornblende
Tsch	molécule tschermakitique
Act	actinote
Di	diopside
Omph	omphacite
Chïd	chloritoïde
St	staurotide
Sill	sillimanite
And	andalousite
Fibr	fibrolite
Ky	disthène

Divers et signes conventionnels:

GO	gneiss œillé(s)
Gn	gneiss
RV	roche(s) verte(s)
?	possible
!	probable
/	aucune donnée
Z.	Zone de . . .
Ens.	Ensemble de . . .
Sér.	Série de . . .
C.	Complexe du
ds	dans

1.1.1. *Tableau I* **Complexe du Berisal** (écaille orientale du socle St-Bernard), compilation: (cf. FRANK, 1975, 1979; STILLE, 1980; THÉLIN, 1983).

Roches	Minéralogie relique	Nature d'origine pré-métamorphique	Genèse invoquée	Age présumé	Corrélations dans la nappe IV[1)]
1) Roches vertes sl. cf. Stille (1980)					1) par corrélations on entend que des roches analogues ont été décrites dans les zones citées
Orthohornblendite Amphibolite à Gr Amphibolite à Plag Amphibolite rubannée ± Qtz (en masses compactes, parfois pseudo-sills ou laccolites ou associés à des complexes rubannés)	Méga-hbl, Di, Plag Al-(Act-Tsch-Mg.hbl) idem + Olig idem + Olig + Qtz	Pyroxènolite "Alkali poor-qtz tholeiite" "Quartz-tholeiite" Andésite év. Rhyodacite ↓ rétromorphosées en amphibolites à l'hercynien	Genèse cogénétique ortho Diapirs mantéliques selon modèle de Ringwood Contexte épirogénique	~500 MA	Z. de Stalden supérieur Z. du Ruitor Z. Mischabel-Siviez (Ens. de l'Ergischhorn)
2) Gneiss oeillé à 2 micas cf. Frank (1975) et Thélin (1983) Faciès homogène localement blastomylonitisé ou phyllonitisé (en masses circonscrites, parfois rubannées avec des RV ou gn. à plag et 2 micas)	Fe.K (D:0-0.8) Plag-Bt I-Musc I	Granitoïde (calco-)alcalin porphyrique	Ortho soit paragranitoïde (migmatite) soit orthogranitoïde d'intrusion (on ne peut exclure une origine commune avec les RV)	? anté- ou Carb. inf. (selon Köppel, rens. oral, les zircons donnent des âges calédoniens)	Z. de Stalden supérieur Z. du Ruitor (Ens. de la Chenalette)
3) Gneiss hololeucocrate à celsiane-zoïsite (cf. Frank, 1975 et 1979)		Anorthosite ?	/	Précambrien !	/
4) Gneiss à plagioclase-biotite et gneiss à 2 micas		Pélites ou semi-pélites	Paragneiss divers rétromorphosés dans l'almandin amphibolite faciès	? anté- ou Carb. inf.	Z. de Stalden supérieur Z. Mischabel-Siviez (Ens. de l'Ergischhorn) Z. du Ruitor

1.1.2. *Tableau II* **Zone supérieure de Stalden** (cf. BEARTH, 1980, et THÉLIN, 1983).

Roches	Minéralogie relique	Nature d'origine	Genèse invoquée	Age présumé	Corrélations dans la nappe IV
1) Paragneiss polycycliques					
Gneiss à 2 micas Gneiss à biotite "Hornfelsartige feinkörnige" Micaschiste à Musc I-Gr(Al) Gneiss à nodules de Qtz	Gr-St-BtI-MuscI-Plag ↓ Chloritoïde	Semi-pélites Pélites Microconglomérats	Para	? anté-ou syn-Carb.inf.	Z.du Ruitor Z.Mischabel-Siviez C.du Berisal
2) Roches vertes					
a) Orthoamphibolite à méga-hbl.* b) Rétroéclogite* c) Amphibolite plagioclasique d) Prasinite carbonatée (monocyclique) e) Schiste actinolitique (± crossite-Tsch) f) Filons prasinitiques (monocyclique) *en pseudo-sill ou laccolite	Hbl-Omph?-Gr-BtI-Plag	Pour certains termes -a,b,c-, il est possible d'invoquer une série magmatique, calco-alcaline différenciée.	Idem que ds complexe du Berisal	500 MA contexte épirogénétique calédonien!	Z.Ruitor Z.Mischabel-Siviez (Ens.de l'Ergischhorn) C.du Berisal
3) Complexe rubanné (migmatites?) Association de: Orthoamphibolite Rétroéclogite Gneiss oeillé Gneiss à Musc I-Gr(Al)		?	Migmatisation	paléo-hercynien? ou calédonien	Z.Ruitor (Ens.de Bourg-St-Pierre) C.du Berisal
4) Gneiss oeillés polycycliques ≠ radicalement des granito-gneiss de Randa, contrairement à l'interprétation de Bearth (1980).	Fe.K-Plag-BtI-MuscI-Gr	Granitoïde calco-alcalin porphyroïde	Ortho -soit paragranitoïde -soit orthogranitoïde (on ne peut exclure une origine commune avec les RV.) -voire métarhyolite porphyrique	? anté-ou syn-Carb.inf.	Z.du Ruitor (Ens.de la Chenalette) C.du Berisal

1.1.3. *Tableau III* **Zone Mischabel-Siviez** (cf. BEARTH, 1961, 1964, 1980; SCHAER, 1959; THÉLIN, 1983).

Sous-Unité	Roches	Minéralogie relique (=pré-alpin)	Nature d'origine	Genèse invoquée	Age présumé	Corrélations dans la nappe IV
1) Ensemble polycyclique du Ergischhorn (région comprise entre le Turtmanntal et la Vallée de St-Nicolas)						
1.1) Paragneiss		Plag-Bt I-Musc I-Gr (Al:83;Spe:9;Py:8) (Gro:43;Spe:32;Py:25)				Zones de-Stalden sup. -Ruitor
	Gneiss à 2 micas ± grenat Gneiss à muscovite " Gneiss fins "hornfelsartige" Gneiss à nodules de Qtz		Micro-conglomérats Pélites Semi-pélites	Para	? anté-ou syn-Carb.inf.	
1.2) Roches vertes		Hbl-Omph?-Gr-Plag-Musc I-Bt I				
	a) Orthoamphibolite à méga-Hbl* b) Rétroéclogite* c) Amphibolite rubannée à qtz d) Amphibolite plagioclasique e) Amphibolite à grenat et zoïsite f) Amphibolite à 2 micas g) Epidotites h) Prasinites à grenat i) Complexe rubanné (cf. tableau II) *en pseudo-sill ou laccolite		Pour certains termes -a,b,c,d,i-, il est possible qu'il s'agisse d'une série magmatique évolutive, calco-alcaline.	Idem que ds complexe du Berisal!	500 MA Contexte épirogénétique calédonien!	Zones de-Berisal -Stalden sup. -Ruitor
1.3) Pegmatites		à mégatourmalines et mégamuscovites (+Fe.K.noirs)	Remarques: 1) aucune relation avec le gneiss hololeucocrate de Ginals ni avec le granito-gneiss oeillé de Randa 2) peut-être lié à l'intrusion des granitoïdes du Carb.inf.		? anté-ou syn-Carb.inf.	Zone du Ruitor
1.4) Gneiss méta-aplitiques à grenat (monocycliques)					Permo-Carb!	
			Remarque: Peut-être lié à l'intrusion circonscrite (Permo-Carbonifère) du granito-gneiss oeillé de Randa et/ou du gneiss hololeucocrate de Ginals			

Tableau III suite **Zone Mischabel-Siviez**

Sous-Unité	Roches	Minéralogie relique	Nature d'origine	Genèse invoquée	Age présumé	Corrélations dans la nappe IV
2) Ensemble et/ou série de Bielen (région de Moosalp s/Törbel)						
	2.1) Paragneiss polycycliques (Musc.I-Bt.I-Gr) à musc-grenat (lame de l'Ens.du Ergischhorn)		Semi-pélites	/	Anté-ou syn-Carb.inf.	
	2.2) Paragneiss monocycliques (?) à micro-porphyro-blastes d'albite ("Knoten-Schiefer")		Géochimiquement incompatibles avec une dérivation ortho	/	Viséen?	
	2.3) Porphyres quartzifères (méga-Qtz.corrodés)		Rhyolites	Volcanisme	Permien	Série du Greppon -Blanc
	2.4) Gneiss oeillé de Bonigersee		Para	Microconglomérat Arkose hyperfeld-spathique	Permo-Carb!	
	2.5) Localement niveaux dcm.de marbres dolomitiques					
3) Granito-gneiss oeillés de RANDA (monocyclique) Corps laccolitique circonscrit avec apophyses frontales tangentes à la lithostratigraphie		Paragenèse magmatique-deutérique Fe.K.-Musc-Ab.éch-Plag-Bt I-Orthite-Zircon	Leucogranite à muscovite (accessoirement Bt I)	Intrusion tardi-ou post-hercynienne	Permo-Carb. Post-Westphalien, vraisemblablement Autunien (270 MA)	Sapey Costa-Citrin Mt-Flassin
			Preuves: Minéralogiques (deutérisme) Géochimiques Contact primaire discordant avec la Série Permo-Carb.de Moosalp Méta-aplites discordantes Faciès micro-grenu de bordure (méta-aplitique)			
4) Gneiss hololeucocrate de Ginals (monocyclique) Sill circonscrit			Microgranite, localement aplitique	Intrusion tardi-ou post-hercynienne	Permo-Carb!	peut-être avec 1.4) et/ou 3)

Ens. de Siviez (accessoirement lame gneissique du Rogneux) - cf. Schaer, 1959 Thélin, 1983; Burri, sous presse.

- Métagabbros; Amphibolites à grenat; Gneiss à 2 micas et schistes "graphiteux";.
- Gneiss mylonitiques de Tion (dérivation para, méta-arkose hyperfeldspathique, monocyclique, Permo-Carb?)

1.1.4. *Tableau IV* **Zone du Ruitor (socle polycyclique occidental St-Bernard)** (région Val d'Aoste, Col du Grd-St-Bernard, Val Entremont).
Cf. OULIANOFF, 1958; BOCQUET, 1974 a et b; CABY, 1974; LADURON et al., 1982; THÉLIN, 1983; et surtout BURRI, monographie à paraître.

Sous-unité	Roches	Minéralogie relique	Nature d'origine	Genèse invoquée	Age	Corrélations
1) Ensemble polycyclique de la Chenalette (le + externe)						
	1.1) Gneiss à muscovite	Musc-Gr-Plag	Semi-pélites	Para	syn- ou anté-Carb.inf.	
	1.2) Roches vertes					
	a) Orthoamphibolite à méga-hbl		idem Berisal?	idem Berisal?	calédonien?	Zones-Berisal -Stalden Sup. -Mischabel
	b) Amphibolite à grenat	Hbl-Di-Gr-Plag	(cf. tableau I)	(cf. tableau I)		
	c) Amphibolite rubannée					
	1.3) Gneiss oeillés polycycliques de Liddes-Lacerandes	Fe.K-Ab.éch-Gr-MuscI-BtI	Granitoïde calco-alcalin ou hybride (grauwacke volcanique)	Ortho/para-granitoïde (voire métarhyolite porphyroïde)	? syn-ou anté-Carb.inf.	Zones-Berisal Stalden sup.
	1.4) Pegmatites à mégatourmalines et " muscovites			?	?	Zone-Mischabel (ens. du Ergischhorn)
	1.5) Quartzites et schistes "graphiteux" (appartenant peut-être déjà à la Couverture-Série de Mille)		Grès-pélites	Para	Permo-Carb?	
2) Ensemble de Bourg-St-Pierre (médian)						
	2.1) Paragneiss-à muscovite -à nodules de qtz					
	2.2) Gneiss oeillés					
	2.3) Complexe rubanné (migmatites?)			Migmatisation?	Paléohercynien?	Zone-Stalden sup.
	2.4) Amphibolite massive	Hbl-plag	?	?	?	Berisal
	2.5) Métadiorite	Fe.K-Plag(And)-Bt-Hbl	Diorites	?	Carb.inf (Viséen??)	
3) Ensemble du Mont-Mort (le + interne)						
	3.1) Micaschiste à grenat		Pélites et semi-pélites	Para	? syn-ou anté-Carb.inf	
	3.2) Gneiss à (=gneiss à minéraux d'Oulianoff)	muscI-BtI-And-Fibr-St-(Ky)				
	3.3) Gneiss amphibolitiques					
4) Lame gneissique de la Tsousse (pour mémoire)						

1.2. *Tableau V* **Couvertures Permo-Carbonifères (+ Permo-Trias, Verrucano-faciès alpin) du socle polycyclique St-Bernard.**
Cf. VALLET, 1950; BURRI, 1958, monographie sous presse; SCHAER, 1959; BEARTH, 1980; THÉLIN, 1983.

1)Positions relatives suggérées "couvertures du Paléozoïque sup.-zones polycycliques" (corrélations latérales)
(l'échelle du schéma est arbitraire)

1.a)Portion occidentale

W — E

Z.houillère occidentale | Z.de Mille | Z.de la Ly | Série du Mt-Gond / Série du Mt-Laget

==========

Z.du Ruitor | Z.Mischabel-Siviez ←——————→ Z.Mischabel-Siviez

1.b)Portion orientale

W — E

Permo-Trias(Synforme St-Nicolas)

Série de Moosalp
Ens.de Bielen | Z.inférieure de Stalden (Z.houillère orientale)

==========

Z.supérieure de Stalden
Complexe du Berisal

1.c)Portion méridionale

Série du Greppon-Blanc
Z.du Métailler

==========

→Nappe du Mt-Rose?

---

2)Paragneiss communément décrits dans le Permo-Carbonifère:
Métaconglomérats
Gneiss à nodules de qtz
Chloritogneiss à carbonates rouillés
Séricitogneiss divers
Gneiss albitiques
Schistes "graphiteux"

3)Paragneiss communément décrits dans le Permo-Trias:
Méta-arkoses à galets de quartz roses(Néo-Permien)
Quartzites blancs ou verdâtres,localement microconglomératiques(Werfénien)
+Gypses,cornieules,marbres,rognons dolomitiques

4)Matériel igné et volcano-détritique
Prasinites,ovardites,filons prasinitiques(matériel monocyclique et anté-alpin)
Méta-rhyolites,porphyres quartzifères
Tufs divers(parfois suggérant des méta-ignimbrites) +massifs granitiques(Randa,Sapey-Peisey,Costa-Citrin,Mt-Flassin)
Vulcanites acides à tourmaline

2. **La Nappe de la Dent-Blanche** (unité des gneiss d'Arolla)

En Valais, la nappe de la Dent-Blanche est presqu'entièrement constituée de l'unité des gneiss d'Arolla. C'est d'elle qu'il sera question ici essentiellement. Rappelons qu'elle est surmontée dans sa partie interne par l'unité de la Valpelline, équivalente de la seconde zone dioritico-kinzigitique, dont la parenté avec la zone d'Ivrée est bien établie (CARRARO et al., 1970). Cette dernière a fait l'objet d'une étude isotopique récente (HUNZIKER et ZINGG, 1980) qui met en évidence une histoire longue et complexe dans laquelle magmatisme et métamorphisme calédoniens ont joué un rôle considérable. Vraisemblablement, cette chronologie peut être extrapolée à la seconde zone dioritico-kinzigitique et à la série de la Valpelline. Il faut également relever l'âge permien du granite de Baveno (278 ± 3 m.a. selon le rapport Rb/Sr), dont la cristallisation et la mise en place ont dû suivre de peu la création même du magma.

L'histoire des gneiss d'Arolla est bien différente. Aucune relique d'un métamorphisme anté-alpin n'y a été repérée. De plus, la présence de roches détritiques semblables à d'autres séries du Pennique, certaines de faciès Verrucano, suggère très fortement que cette unité est entièrement constituée de roches du Paléozoïque supérieur, avec des reliques de couverture mésozoïque (essentiellement les Monts-Dolins de la région d'Arolla).

Il est également bien établi que loin de ressembler à l'Austro-alpin, par «l'absence» de structures et de métamorphismes alpins, la nappe de la Dent-Blanche est très fortement affectée par les événements tectono-métamorphiques du cycle alpin (AYRTON et al., 1982).

Lithologiquement, les gneiss d'Arolla comprennent des magmatites et des roches argilogréseuses. Le front de la nappe, qui en est tectoniquement la base, en contact avec les schistes lustrés sous-jacents, est constituée d'une alternance de niveaux détritiques et d'horizons prasinitiques parfois associés à des vulcanites acides.

Ce volcanisme bimodal, en milieu continental, où s'accumulent des sédiments détritiques argilo-gréseux, le carbonate étant très rare ou même absent, est typique des séries du Paléozoïque supérieur. Tectoniquement superposée, on trouve une zone où des roches quartzo-feldspathiques sont lardées de filons basiques. Les sédiments y sont plus rares et le grain est plus grossier. On y trouve également l'arkésine (STUDER, 1851–1853; GERLACH, 1871), une ferrodiorite quartzique à amphibole. Cette zone semble représenter un niveau plus profond de l'écorce terrestre que la base de la nappe. Les relations entre roches acides, intermédiaires et basiques sont complexes, mais elles pourraient être, d'une certaine manière, de nature cogénétique, ce qui d'ailleurs avait déjà été postulé par GERLACH (1869).

Au cœur de la nappe, et tectoniquement superposée aux zones précédentes, vient celle qui contient les grandes masses gabbroïques, les plus connues étant celles du Mt-Collon et du Cervin. DAL PIAZ et al. (1977) en ont donné une description accompagnée de précisions géochronométriques, qui suggère un âge de cristallisation d'environ 250 m.a. Ces auteurs interprètent la mise en place de ces gabbros comme étant liée à un étirement de la croûte paléozoïque, avec diapirisme mantélique, mouvement précurseur de la déchirure téthysienne. Il est intéressant de rapprocher ces âges de ceux de certains granites (celui de Baveno susmentionné, ainsi par exemple que ceux du Mt-Blanc, du Pelvoux et du Combeynot). A cet égard, mentionnons que des zircons extraits des gneiss d'Arolla ont également donné des âges de l'ordre de 250 m.a. (CHESSEX et al., 1964), mais une certaine dispersion rend ces chiffres sujets à caution. Il est à relever de plus que certains auteurs attribuent à la phase saalienne de STILLE un âge du même ordre (cf. tableau IV).

C'est à proximité de ces gabbros que le grain des gneiss d'Arolla devient nettement plus grossier. Des granites calco-alcalins à hornblende très grenus en sont un constituant moyen.

Ainsi, il semble que les divers niveaux de la croûte terrestre sont superposés dans un ordre inverse, image renforcée par le fait que la base de la croûte, soit la série de la Valpelline, coiffe le tout.

Les roches de la série d'Arolla sont constituées de minéraux formés essentiellement lors des deux épisodes principaux du métamorphisme alpin, ainsi que de minéraux reliques du magmatisme et du détritisme paléozoïques. Les gneiss d'Arolla, et leur couverture, ont manifestement subi l'effet d'un métamorphisme constitué par un régime à pression plutôt élevée et à température basse, représentée par des amphiboles et des pyroxènes alcalins, d'âge mal cadré à l'heure actuelle, suivi d'un épisode métamorphique du faciès schistes verts, et d'âge tertiaire. Il s'agit là d'une histoire métamorphique bien connue et qui, aux âges près, concerne au moins tout le domaine pennique et briançonnais, aussi bien dans les socles que dans les couvertures.

Les structures tectoniques sont également dues à des phases de déformation alpine, la plus évidente, au niveau des mégastructures, étant la dernière, marquée par des plis en retour hectométriques à kilométriques. Des disharmonies avec les schistes lustrés sous-jacents suggèrent que la mise en place de la nappe de la Dent-Blanche s'est faite de manière polyphasée, et pas toujours selon la même polarité.

Lithologiquement, on peut rapprocher la série d'Arolla de l'unité du Métailler, dans le socle St-Bernard sl. On y retrouve l'association roches argilo-gréseuses, un magmatisme bimodal, et parfois des roches de type «arkésine». La Zone du Métailler est depuis longtemps considérée comme étant d'âge permien probable. Une comparaison peut être également être tentée avec le socle de la Zone de Furgg, les différences observables étant essentiellement attribuées à la

variation du degré du métamorphisme alpin. Une telle corrélation ne doit pas nous étonner dans la mesure où ces socles étaient vraisemblablement juxtaposés avant les déchirures alpines.

Sur le plan paléogéographique et de la tectonique du Paléozoïque supérieur, notons que les reconstitutions n'admettent aucun domaine océanique dans ce qui deviendra le soubassement des Alpes. Des séries continentales s'accumulent sur une croûte continentale et montrent des épaisseurs très variables en fonction d'une tectonique en horsts et graben, où plusieurs auteurs (ELLENBERGER, 1958; TRÜMPY, 1966, 1980) voient les mouvements précurseurs du cycle alpin. Cette tectonique transitoire entre l'hercynien et l'alpin se traduit pour l'essentiel par une extension de la lithosphère dont la fracturation permet à une quantité considérable de magmas gabbroïques de monter dans l'écorce et parfois même, de s'épancher en surface, donnant des coulées dont certaines ont dû se déverser dans ou sous l'eau lacustre, car on y observe des pillows (Métailler). Les magmatites acides, et en particulier les pyroclastites abondantes, intercalées dans les séries détritiques, posent de nombreux problèmes pétrogénétiques non encore résolus, mais il convient de souligner que les rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ des granites hercyniens sl. indiquent clairement une origine crustale (ALLÈGRE et HART, 1980).

La distension de la lithosphère européenne occidentale au Paléozoïque supérieur est peut-être compensée localement par des resserrements qui auraient engendrés les synclinaux permiens bien décrits dans les massifs cristallins externes. Un faible métamorphisme accompagne ces déformations, atteignant parfois le début du faciès schistes verts. Il est d'ailleurs probable que la croûte, à ce moment là, était caractérisée par un gradient thermique particulièrement élevé, si on considère l'abondance de paragenèses à andalousite-cordiérite et le volume de granite sl. datant du Carbonifère et du Permien.

Chronologie des événements magmatico-métamorphiques (tableau VI)

1. Remarques préliminaires:

On présente dans le tableau VI, à titre surtout d'hypothèse de travail, une chronologie synoptique des événements magmatico-métamorphiques ayant pu affecter le socle de la Nappe du Grand-Saint-Bernard et l'unité des gneiss d'Arolla (Nappe de la Dent-Blanche).

L'établissement de cette chronologie, certes lacunaire, repose à la fois sur des données quasi démontrées tant par l'étude du terrain qu'au laboratoire et sur une part non négligeable de spéculation; il est manifeste que le manque de données géochronométriques et isotopiques (permettant, par exemple, de préciser

l'origine crustale ou mantélique de certaines roches) entrave actuellement la possibilité d'affiner davantage cette «reconstitution».

Selon nous l'intérêt de ce tableau réside principalement dans le fait qu'il pose certains problèmes adéquats et permet d'orienter quelque peu les recherches ultérieures.

Il est nécessaire de préciser que les flèches figurées sur ou sous certains événements ou regroupements lithologiques indiquent l'extension potentielle du processus et/ou du contexte les ayant engendrés.

Tableau VI Chronologie synoptique (à titre d'hypothèse de travail), suggérée par la lithostratigraphie, du socle de la Nappe du Grand-Saint-Bernard (données selon: SCHAER, 1959; BEARTH, 1961, 1980; CABY, 1974; BURRI, 1979 et monographie sous presse; AYRTON et al., 1982; THÉLIN, 1983).

MA	Système	Sous-système	Plutonisme	Volcanisme	Érosion-sédimentation	Métamorphisme	Cycle	Phase*
		(étage)						
	TRIAS	Werfénien			Quartzites (microconglomérats)			
230								
		Néopermien		Ignimbrites Vulcanites acides (Verrucano)	Arkoses feldspathiques Semi-pélites Microconglomérats (Verrucano)			
250	PERMIEN	Eopermien	Gabbro (Dt-Blanche) Ferrodiorite (") Microgranite Granite alcalin porphyrique (Randa, Sapey, Costa-Citrin, Mt-Flassin) — BIMODALISME — MAGMATIQUE	Basaltes (pillows lacustres: Métailler) Filons basiques Rhyolites Faciès hypovolcaniques	Conglomérats (GO. Bonigersee) Semi-pélites Pélites Arkoses feldspathiques (Gn. Tion s.str.!)	év. phase mineure?	Tardi- à post-HERCYNIEN	saalienne
280								
		Stéphanien						
290	CARBONIFERE Supérieur	Westphalien D		Basaltes (Z. houillère orientale = Z. Stalden inf.)	Schistes houillers Conglomérats Arkoses Semi-pélites, Pélites			asturienne
		Namurien						
325		1**				?????????????? Méta régional II		sudète
		Viséen						
335	CARBONIFERE Inférieur	2**				?????????????? Méta. régional I (faciès amphibolite à almandin)	HERCYNIEN	
		Tournaisien	Ortho- ou paragranitoïdes calcoalcalins (voire rhyolites porphyriques) (GO. Berisal, Liddes, Stalden sup.)		Sédimentation argilo-gréseuse (paragneiss polycycliques divers)	Minéraux reliques: Hbl, Gr, Plag, Fe.K, Bt I,		
345								bretonne
	DEVONIEN					Musc I, And, Sill, Ky, St, év. Di.		
395								ardennaise
	SILURIEN							
435								taconique
	ORDOVICIEN						CALEDONIEN	
500			Ascension de diapirs mantéliques (500 MA)		Pélites?	Thermo-métamorphisme? Complexes rubannés: RV + migmatisation I (C. Berisal, Z. Stalden sup., Z. Ruitor?, Z. Mischabel)		sarde
	CAMBRIEN		Pyroxènolite (C. Berisal, Z. Ruitor, Z. Mischabel, Z. Stalden sup.)	Tholéites ± Qtz Andésite Rhyodacite				
570	PRECAMBRIEN							
1000			Anorthosite? (Gn. celsiane-zoïsite ds C. Berisal)					

*les phases sont indiquées à titre de cadrage et non pas dans le sens où elles auraient été effectivement actives dans le socle St-Bernard.

1** et 2** indiquent, dans la mesure où elles auraient effectivement été dissociées, les deux culminations métamorphiques de l'hercynien sl.; la culmination pré-viséenne devant être la phase majeure.

2. Commentaires et conclusions

2.1. Evolution du magmatisme lors du Paléozoïque

La majeure partie des événements à partir desquels cette esquisse chronologique a été établie concerne l'évolution et la nature du magmatisme.

De manière résumée, on peut sérier ces événements de la manière suivante:

a) Reliques possibles d'anorthosites (~1000 m.a.) dans le Complexe du Berisal.

b) Ascension de diapirs mantéliques (~500 m.a.) dans un contexte épirogénique calédonien avec formation possible de marges continentales actives et d'arcs insulaires, permettant par suite de la rétromorphose dans l'amphibolite faciès à almandin (phases[s] hercynienne[s]) d'expliquer l'abondance d'orthoamphibolites de divers types (métahornblendites, rétroéclogites, amphibolites à Gr. et/ou à Plag., amphibolites rubannées + Qtz) dans le Complexe du Berisal et les autres zones polycycliques (Stalden sup., Mischabel-Siviez, Ruitor). Il est de plus intéressant de noter que ces corps amphibolitiques, très compacts, affleurent souvent en pseudosills ou laccolites tangentiellement disposés par rapport à la lithologie du socle dans lequel ils s'insèrent.

c) Présence d'ortho- ou de paragranitoïdes calco-alcalins calédoniens ou éohercyniens (= «early Hercynian granites»?), ayant été affectés par la culmination métamorphique hercynienne de telle sorte qu'ils ont acquis leur structure œillée lors d'une phase anté-alpine de déformation. Dans l'Etat actuel des recherches - en raison également de l'extrême cataclase affectant ces gneiss œillés - il est très délicat de préciser l'exacte nature d'origine de ces matériaux; l'alternative devrait se situer entre des migmatites, des granites intrusifs, voire même des rhyolites porphyroïdes tardi-calédoniennes (type «Ollo de Sapo, cf. PARGA-PONDAL et al. (1964); VON RAUMER, 1971, 1976).

Ces gneiss œillés (de type Stalden supérieur, Berisal, Liddes-Lacerandes-THÉLIN, 1983), souvent disposés en bandes continues, de faible puissance, parfois associées de manière pseudo-stratoïde à des complexes rubannés (amphibolites alternant avec des gneiss à 2 micas ± Gr) suggèrent davantage une origine volcanique ou intrusive que migmatique.

d) Bimodalisme magmatique d'âge stéphano-éopermien, se traduisant par l'association fréquente des roches suivantes:
- Gabbros (N. de la Dent-Blanche).
- Diorites («arkésine»-N. de la Dent-Blanche).
- Basaltes (par exemple: pillows lacustres dans la Zone du Métailler).
- Granite alcalin porphyrique à muscovite (type GO. Randa, Sapey-Peisey, Costa-Citrin, Mt-Flassin).
- Microgranites, rhyolites, filons acides et basiques.

On se reportera à l'introduction, sous 2., dans laquelle est brièvement abordée la problématique tectonophysique et pétrologique que pose cette association bimodale, intrudée en milieu continental.

2.2. Corrélations latérales suggérées par la lithostratigraphie

Les travaux effectués dans les diverses sous-unités du socle St-Bernard permettent dans l'état actuel de leur avancement de proposer les corrélations latérales suivantes, ceci sur la base d'affinité lithostratigraphique et/ou structurale. Pour plus de détails quant à la justification de ces corrélations suggérées, on peut se référer pour l'essentiel à BEARTH (1961), BURRI (1979 et monographie sous presse) et THÉLIN (1983).

a) Zones polycycliques:

	Affinité(s)
Complexe du Berisal Z. sup. de Stalden Ensemble de l'Ergischhorn de la Z. Mischabel-Siviez	Mêmes types de RV
Complexe du Berisal Z. sup. de Stalden* Ensemble de la Chenalette de la Z. du Ruitor* (* affinité particulièrement marquée entre les GO. de Liddes-Lacerandes [Z. du Ruitor] et ceux de la Z. sup. de Stalden, type Ahorn-Ochsenhorn)	Même type de GO

b) Couvertures permo-carbonifères (y compris la Z. Houillère)

Z. de la Ly Z. des Mille Série de Moosalp dans la Z. Mischabel-Siviez	Lithostratigraphie détritique de séries d'affinités permiennes
Z. houillère Z. inf. de Stalden	Affinité de faciès et de position structurale

2.3. Présence éventuelle de série(s) pré-westphalienne(s) monocyclique(s)?

Entre autres interrogations et suggestions de recherches ultérieures, on est en droit de se demander si le socle St-Bernard ne comprend pas une ou plusieurs séries volcano-détritiques qui ne seraient ni solidaires du socle ancien cristallin ni des couvertures permo-carbonifères (Westphalien sup. ou plus récent).

En effet certaines portions du dit socle sont constituées de métasédiments monocycliques (phyllades, quartzo-phyllades, micro-quartzites, gneiss à ma-

cro-porphyroblastes d'albite grenatifères) dont les caractéristiques lithologiques et la disposition structurale conduisent à penser qu'ils pourraient représenter la marque d'un socle «intermédiaire» (ie.ni protovarisque, ni post-stéphanien sup.). On pense particulièrement aux gneiss à macro-porphyroblastes d'albite ou «Knoten-Schiefer» (BEARTH, 1980; SARTORI, et PILLOUD, 1981; THÉLIN, 1983) qui constituent en Valais oriental (Zone Mischabel-Siviez, Ensemble de Bielen, cf. tableau III, sous 2.2.) un niveau repère facilement identifiable. Le profil géochimique de ces roches s'apparente à celui, caractéristique, des pélites. Des travaux en cours, cartographiques, structuraux et minéralogiques, tentent d'apprécier si ce niveau traduit à la fois la survivance d'une série détritique viséenne ou namurienne et l'existence d'une phase tectonique post-viséenne et pré-westphalienne.

On sait que plusieurs auteurs (FRANKS, 1968; BELLIÈRE et STREEL, 1980) ont décrit, le premier dans la Zone du Tödi (métasédiments du Val Gliems et de Bifertenfirn), les seconds dans le Massif des Aiguilles-Rouges (schistes S.) des métasédiments pré-westphaliens. BELLIÈRE et STREEL, sur la base de déterminations palynologiques, sont même parvenus à dater les Schistes S. comme datant du Viséen supérieur. Peut-être certains des métasédiments suggérant l'existence d'un socle «intermédiaire» dans le socle St-Bernard s'assimilent-ils à ceux décrits par ces divers auteurs? Cette question nécessite une étude ultérieure approfondie.

2.4. Métamorphisme hercynien mono- ou pluriphasé?

Si la présente synthèse fait ressortir que le cycle calédonien s'est probablement manifesté dans le socle St-Bernard par les deux événements suivants:

a) Ascensions de diapirs mantéliques (~500 m.a., limite Cambrien-Ordovicien).
b) Mise en place de complexes volcaniques acides stratoïdes (rhyolites mégaporphyroïdes) tardi-calédoniens

ceci pourrait impliquer, selon DEN TEX (1977) s'exprimant à propos du Massif Hespérique, qu'un épisode de distension sub-continentale aux temps calédoniens a induit un métamorphisme thermique, une tectonisation épirogénique et un magmatisme basaltique et granitique anorogéniques. De telle sorte que «la chaîne varisque» dans le Massif Hespérique n'aurait jamais été autre chose qu'une dorsale continentale partiellement submergée: un haut-fond dans la mer épicontinentale protovarisque. Ceci corrobore tout à fait les vues de STILLE (1980) concernant le contexte génétique des diapirs mantéliques ayant pu intervenir dans le socle du Berisal et du St-Bernard sl.

Les quelques données géochronométriques et les nombreuses synthèses relatives à l'évolution du métamorphisme hercynien (HUNZIKER, 1969; HUNZIKER et

BEARTH, 1969; BOCQUET, 1974b; BORIANI et al., 1974; JÄGER, 1977; DORNSIEPEN, 1979; BARD et al., 1980; ZWART et DORNSIEPEN, 1980) ne contribuent pas dans l'état actuel des recherches à permettre de décomposer le ou les culmination(s) métamorphique(s) hercynienne(s).

Les paragenèses reliques communément observées, particulièrement bien conservées dans les gneiss à minéraux de l'Ensemble du Mont-Mort (Zone du Ruitor), font intervenir les minéraux suivants:
Amphibole verte-Gr(Al)-And-Sill(Fibr)-(Ky)-St-Pyrox(Di)-Musc I-Bt I-Fe.K-Plag-Zr-Orthite-Ilménite.

Ces associations, typiques d'un régime de haute température dans le faciès amphibolite à almandin, voire dans un faciès indéterminé à 2 micas (cf. BOCQUET, 1974b, qui place la limite supérieure entre ces deux phases potentielles au Namurien) s'observent surtout dans la Z. sup. de Stalden et celle du Ruitor. Dans les roches localement préservées de l'influence du métamorphisme alpin sl., on peut suspecter par le biais d'une étude texturale que les minéraux cités plus haut (notamment les silicates d'alumine et les micas) ne sont pas le résultat d'une phase unique, mais de deux, voire de plus, étant donné l'obliquité d'une paragenèse (Fibr-And-St) par rapport à la schistosité soulignée par les micas (Musc I-Bt I). Ces observations, au demeurant très rares, fournissent des informations contradictoires dans le sens où il est quasi impossible d'affirmer quelle est la paragenèse qui précède l'autre. Toujours est-il que ce problème nécessite également une recherche ultérieure approfondie et que dans l'état actuel des connaissances en ce domaine on peut postuler, comme hypothèse de travail, que dans la mesure où elles auraient effectivement été dissociées dans le temps et par les conditions P/T ambiantes dans le socle St-Bernard, les deux culminations métamorphiques hercyniennes se situent pour l'une à la base du Viséen (~335 m.a.) et l'autre au Namurien (~325-315 m.a.); la phase pré-viséenne ou viséenne inf. devant être la phase majeure.

Bibliographie

BSMP = Bull. suisse Minéral. Pétrogr.

ALLÈGRE, C. J. et HART, S. R. (1980): Trace element constraints on magma genesis. In: Hargraves, R. B. (Ed.): Physics of magmatic processes (p. 121-159) - Princeton, Princeton, New-Jersey.

ARGAND, E. (1934): La zone pennique. Guide géol. Suisse, 1re éd., fasc. 3, 149-189, Wepf, Bâle.

AYRTON, ST., BUGNON, CH., HAARPAINTER, TI., WEIDMANN, M. et FRANK, E. (1982): Géologie du front de la nappe de la Dent-Blanche dans la région des Monts-Dolins, Valais. Eclogae geol. Helv., 75/2, 269-286.

BARD, J. P., BURG, J. P., MATTE, PH. et RIBEIRO, A. (1980): La chaîne hercynienne d'Europe occidentale en termes de tectonique des plaques. Mém. Bur. Rech. géol. min., 108, 233-246.

BEARTH, P. (1957): Feuille Monte-Moro et Saas no 30–31 et sa Not. explic. Atlas géol. de la Suisse au 1:25000, Comm. géol. Suisse.

BEARTH, P. (1961): Contribution à la subdivision tectonique et stratigraphique du cristallin de la nappe du Grand-St-Bernard dans le Valais (Suisse). Dans: Livre à la mémoire du Prof. P. Fallot (tome II, 407–418), Soc. géol. France.

BEARTH, P. (1964): Feuille Randa no 43 et sa Not. explic. Atlas géol. de la Suisse au 1:25000, Comm. géol. Suisse.

BEARTH, P. (1967): Excursion no 10 Visp–St. Niklaus–Zermatt–Gornergrat. Guide géol. Suisse, 2e éd., fasc. 3, 146–157, Wepf, Bâle.

BEARTH, P. (1973): Feuille Simplon no 61 et sa Not. explic. Atlas géol. de la Suisse au 1:25000, Comm. géol. Suisse.

BEARTH, P. (1980): Feuille St-Nicolas no 71 et sa Not. explic. Atlas géol. de la Suisse au 1:25000, Comm. géol. Suisse.

BELLIÈRE, J. et STREEL, M. (1980): Roches d'âge viséen supérieur dans le massif des Aiguilles-Rouges (Haute-Savoie). C. R. Acad. Sc. Paris, tome 290, no 21, série D, 1341–1343.

BOCQUET, J. (1974a): Etudes minéralogiques et pétrographiques sur les métamorphismes d'âge alpin dans les Alpes françaises. Thèse. Univ. Grenoble.

BOCQUET, J. (1974b): Il metamorfismo prealpino nella Vanoise (Savoia) e in altri settori dello zoccolo brianzonese. Mem. Soc. Geol. It., 13/1, 271–284.

BORIANI, A., DAL PIAZ, G. V., HUNZIKER, J. C., VON RAUMER, J. et SASSI, F. P. (1974): Caratteri, distribuzione ed età del metamorfismo prealpino nelle Alpi. Mem. Soc. Geol. It., 13/1, 165–225.

BURRI, M. (1979): Les formations valaisannes dans la région de Visp. Eclogae geol. Helv., 72/3, 789–802.

BURRI, M. (sous presse): Description géologique du front du St-Bernard dans les Vallées de Bagnes et d'Entremont (Valais), Monographie.

CABY, R. (1968): Contribution à l'étude structurale des Alpes occidentales; Subdivisions stratigraphiques et structure de la zone du Grand-Saint-Bernard dans la partie sud du Val d'Aoste (Italie). Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Grenoble, 44, 95–111.

CABY, R. (1974): Gneiss permocarbonifères d'origine granitique et volcanique dans la Zone houillère et la Zone du Grand-Saint-Bernard en Val d'Aoste (Italie). Géol. alp. (Grenoble), 50, 39–44.

CALAME, J.-J. (1954): Etude géologique de la région de Nendaz (Valais). Thèse. Univ. Genève.

CARRARO, F., DAL PIAZ, G. V. et SACCHI, R. (1970): Serie di Valpelline et II Zona Dioritico-Kinzigitica sono i relitti di un ricoprimento proveniente dalla Zona Ivrea-Verbano. Mem. Soc. geol. ital., vol. IX, 197–224.

CHESSEX, R., DELALOYE, M., KRUMMENACHER, D. et VUAGNAT, M. (1964): Nouvelles déterminations d'âges plomb total sur des zircons alpins. BSMP, 44/1, 42–60.

DAL PIAZ, G. V., DE VECCHI, GP. et HUNZIKER, J. C. (1977): The Austroalpine Layered Gabbros of the Matterhorn and Mt. Collon–Dents de Bertol. BSMP, 57/1, 59–88.

DEBELMAS, J., DESMONS, J., CARRARO, F., GIRAUD, P., MONJUVENT, G. et SACCHI, R. (1979): Notice explicative de la Feuille Annecy à 1:250000. Carte Géol. France no 30. Bur. Rech. géol. min., Orléans.

DEN TEX, E. (1977): Le socle poly-cyclique et son rôle dans l'évolution de la chaîne varisque en Galice (Espagne du NW). In: La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale. Colloq. intern. CNRS, Rennes, 243, 441–451.

DORNSIEPEN, V. F. (1979): Rb/Sr whole rock ages within the european hercynian. Krystalinikum, 14, 33–49.

ELLENBERGER, F. (1958a): Etude géologique du pays de Vanoise. Mém. Carte. Géol. de France.

ELLENBERGER, F. (1958b): Le problème des «gneiss du Sapey»: nouvelles observations dans la région du Grand-Saint-Bernard. C. R. Soc. géol. de France, 45–47.

FABRE, J. (1961): Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). Mém. Bur. Rech. géol. min., 2.

FRANK, E. (1975): Mineralogisch-Petrographische und Geochemische Untersuchungen der Berisal-Augengneise und des Bündnerschiefers im östlichen Simplongebiet (Steinental-Alpe Veglia). Travail de diplôme. Univ. Berne. Inédit.

FRANK, E. (1979): Celsian in leucocratic gneisses of the Berisal-Complex, Central Alps, Switzerland. BSMP, 59/2, 245-250.

FRANK, W., KLEIN, P., NOWY, W. et SCHARBERT, S. (1976): Die Datierung geologischer Ereignisse im Altkristallin der Gleinalpe (Steiermark) mit der Rb/Sr-Methode. Tsch. Min. Petr. Mitt., 23, 191-203.

FRANKS, G. D. (1968): The pre-Westphalian (Hercynian) Metamorphism and Structures of the Tödi Area (Aar Massif). BSMP, 48/3, 667-694.

GERLACH, H. (1869): Das südwestliche Wallis. Beitr. geol. Karte Schweiz 9.

HIGGINS, M. W. (1971): Cataclastic rocks. Geol. Surv. Prof. Paper, 687.

HUNZIKER, J. C. (1969): Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen, Hellglimmer- und Gesamtgesteinsalterswerte. Eclogae geol. Helv., 62/2, 527-542.

HUNZIKER, J. C. et BEARTH, P. (1969): Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen, Biotitalterswerte und ihre Bedeutung für die Abkühlungsgeschichte der alpinen Metamorphose. Eclogae geol. Helv., 62/1, 205-222.

HUNZIKER, J. C. (1970): Polymetamorphism in the Monte Rosa, Western Alps. Eclogae geol. Helv., 63/1, 151-161.

HUNZIKER, J. C. et ZINGG, A. (1980): Lower Palaeozoic Amphibolite to Granulite Facies Metamorphism in the Ivrea Zone (Southern Alps, Northern Italy). BSMP, 60/2-3, 181-213.

JÄCKLI, R. (1950): Geologische Untersuchungen in der Stirn-Zone der Mischabel-Decke zwischen Réchy, Val d'Anniviers und Visp (Wallis). Eclogae geol. Helv., 43/1, 31-93.

JÄGER, E., NIGGLI, E. et WENK, E. (1967): Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen. Beitr. geol. Karte Schweiz 134.

JÄGER, E. (1977): The Evolution of the Central and West European Continent. In: La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale. Colloq. intern. CNRS, Rennes, 243, 227-239.

LADURON, D. et DESMONS, J. (1982): Résorption et néocroissances dans les grenats d'un micaschiste du Ruitor (Alpes penniques franco-italiennes). Mém. Inst. géol. Univ. Louvain, tome XXXI, 335-347.

LAURENT, D. et CHESSEX, R. (1968): Considérations sur le Paléozoïque dans les Alpes occidentales. Eclogae geol.. Helv., 61/1, 1-18.

OULIANOFF, N. et TRÜMPY, R. (1958): Feuille Grand-St-Bernard et sa Not. explic. Atlas géol. de la Suisse. Comm. géol. Suisse.

PALECZEK, P. et THÉLIN, PH. (1976): Etude pétrographique des gneiss œillés de type Bonigersee et de type Randa et de leurs roches encaissantes. Travail de diplôme. Univ. Lausanne. Inédit.

PARGA-PONDAL, I., MATTE, L. et CAPDEVILLA, L. (1964): Introduction à la géologie de l'«Ollo de Sapo»-Formation porphyroïde antésilurienne du nord-ouest de l'Espagne. Notas y commun. Inst. Geol. Minero España 76, 119-154.

PIN, C. et VIELZEUF, D. (1983): Granulites and related rocks in Variscan median Europe: a dualistic interpretation. Tectonophysics, 93, 47-74.

RAUMER VON, J. F. (1971): Das Mont-Blanc-Massiv-Altkristallin im Bereich schwacher alpiner Metamorphose. BSMP, 51/1, 193-225.

RAUMER VON, J. F. (1976): Le massif du Mont-Blanc, socle prépermien dans un cadre alpin. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., 65/2, 123-155.

RINGWOOD, A. E. (1973): Composition and Petrology of the Earth's Mantle. McGraw-Hill, New-York.

SARTORI, M. et PILLOUD, CL. (1981): Etude géologique et pétrographique de la région des Diablons (Val d'Anniviers, Valais). Travail de diplôme, Univ. Lausanne. Inédit.

SCHAER, J.-P. (1959): Géologie de la partie Septentrionale de l'Eventail de Bagnes. Thèse, Univ. Neuchâtel. Arch. Sci. (Genève), 12/4, 473-620.

SCHMIDT, C. et PREISWERK, H. (1908): Geologische Karte der Simplongruppe au 1:50000. Atlas géol. de la Suisse, Comm. géol. suisse.

SCHMIDT, C. et PREISWERK, H. (1914): Erläuterung zur geologischen Karte der Simplongruppe. Not. explic. Geol. Karte der Schweiz.

STAUB, W. (1926): Zur Tektonik des Gebirges zwischen Turtmanntal und Simplonpass. Eclogae geol. Helv., 20/1, 247-252.

STAUB, W. (1928): Über die Verbreitung des Augengneises von Randa im Gebiet des Vispertales. Eclogae geol. Helv., 21/1, 37-53.

STAUB, W. (1934): Kleintektonik und Oberflächengestalt auf der Westseite des Vispertales. Eclogae geol. Helv., 27/2, 517-519.

STAUB, W. (1945): Der Bau der Stirnregion der St.-Bernhard-Decke und ihre Unterlage zwischen Visp und Leuk-Susten im Mittel-Wallis. Vjschr. natf. Ges. Zürich, 40, 135-140.

STILLE, P. (1980): On the genesis of the amphibolites and hornblendefelses in the Berisal Complex (Simplon; Italy-Switzerland). Mem. Ist. geol. Univ. Padova, tome XXXIV, 205-246.

STUDER, B. (1851-1853): Geologie der Schweiz. Stämpfli, Bern.

THÉLIN, PH. (1976): Etude géologique de la rive gauche de la vallée de la Viège entre Embd et Viège. Travail de diplôme, Univ. Lausanne. Inédit.

THÉLIN, PH. (1983): Les gneiss œillés de la nappe du Grand-Saint-Bernard: essai d'évaluation des critères susceptibles d'en préciser l'hérédité pré-métamorphique. Thèse, Univ. Lausanne.

TRÜMPY, R. (1966): Considérations générales sur le «Verrucano» des Alpes Suisses. Atti del symposium sul Verrucano. Soc. Tosc. sci. nat. Pisa, 212-232.

TRÜMPY, R. (1980): Geology of Switzerland. A Guide Book. Part. A: An Outline of the Geology of Switzerland. Wepf, Bâle, New-York.

VALLET, J.-M. (1948): Sur la nature des «Orthogneiss» de Thion (Val d'Hérens, Valais). Arch. Sci. (Genève), 1/2, 409-412.

VALLET, J.-M. (1950): Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du Val d'Hérens et du Val d'Hérémence. BSMP, 30/2, 322-346.

WEGMANN, E. (1923): Zur Geologie der St.-Bernhard-Decke im Val d'Hérens (Wallis): Bull. Soc. Neuchâtel. Sc. nat., 47, 3-63.

WERENFELS, A. (1924): Geologische und petrographische Untersuchung des Vispertales. Beitr. geol. Karte. Schweiz, 26/III.

ZWART, H. J. et DORNSIEPEN, U. F. (1980): The Variscan and pre-Variscan tectonic evolution of central and western Europe: a tentative model. Mem. Bur. géol. min., 108, 226-232.