

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 85 (1992)
Heft: 1

Artikel: La nappe du Lebendun entre Alte Kaserne et le Val Cairasca (massif du Simplon) : nouvelles observations et interprétations
Autor: Spring, Laurent / Reymond, Benoît / Masson, Henri
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-166996>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

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

La nappe du Lebendun entre Alte Kaserne et le Val Cairasca (massif du Simplon): nouvelles observations et interprétations

Par LAURENT SPRING¹⁾ BENOÎT REYMOND¹⁾, HENRI MASSON¹⁾ et ALBRECHT STECK²⁾

RÉSUMÉ

La description lithostratigraphique des couvertures de trois nappes du pennique inférieur (le gneiss du Monte Leone et la zone de Fäldbach, le gneiss de Valgrande et la couverture du Lebendun, le gneiss d'Antigorio et la zone du Teggiolo) permet une comparaison de leur contenu sédimentaire et de leur épaisseur. L'étude lithostatigraphique a permis d'établir que la nappe du Lebendun est composée d'un socle ante-triasique paragneissique, le gneiss de Valgrande, et d'une couverture mésozoïque en position renversée. La sédimentation détritique est continue et le matériel conglomératique provient d'une érosion continentale liée à la phase d'ouverture de la Téthys alpine au Lias inférieur. L'érosion se poursuit jusqu'au socle, qui se trouve sédimenté sous forme de galets et de grès. Ce phénomène s'observe aussi bien dans la couverture du Lebendun (conglomérat à éléments granitiques et à matrice gréseuse, G2) qu'à la charnière du pli frontal d'Antigorio, où les galets de gneiss du socle sont enrobés dans les marbres de la zone du Teggiolo. Cet épisode érosif est régionalement bien marqué dans les séries de couverture et dans le gneiss d'Antigorio.

La distinction d'une unité appelée série intermédiaire entre les sommets des couvertures du Lebendun et d'Antigorio a des implications palinspastiques importantes pour ces deux nappes. Cette unité est composée d'un marbre rubané, d'un gneiss à grenats et d'un calcschiste à gros blocs.

La comparaison de l'épaisseur des couvertures d'Antigorio et du Lebendun permet de proposer une position d'épaulement du rift liasique pour Antigorio, et de bassin de rift proximal pour le Lebendun. La diminution générale de l'épaisseur des séries vers le sud-ouest permet de préciser l'apport nord-est des clastites du Lebendun, tout en tenant compte de l'augmentation de la déformation tectonique d'est en ouest. La sédimentation détritique s'interromperait au Malm avec l'ennoiement des bassins. Un marbre pur scelle les surfaces érosives et les dépôts des clastites. Trois hypothèses sont proposées quant à l'âge et à l'attribution du calcschiste à blocs de la série intermédiaire:

A: ils appartiennent tout ou en partie à la couverture du Lebendun et correspondent à un dépôt conglomératique à blocs de type flysch Crétacé-Tertiaire du Niesen, en faciès proximal. La limite tectonique pourrait se situer au coeur du calcschiste, au niveau des grands blocs.

B: ils appartiennent à Antigorio et correspondent à un dépôt syn-rift Lias supérieur-Dogger.

C: ils appartiennent à Antigorio et se sont déposés lors de l'inversion du bassin du Lebendun au Crétacé-Tertiaire. Cette inversion génère des apports de wildflyschs tertiaires par le sud pour l'ultrahelvétique, et par le nord pour ceux du Niesen.

ABSTRACT

The lithostratigraphic description of the covers of three Lower Penninic nappes (Monte Leone, Lebendun and Antigorio) allows the comparison of their sedimentary content and their thickness. It has been established that the Lebendun nappe is formed by an ante-Triassic paragneissic core (Valgrande gneiss), and a Mesozoic sedimen-

¹⁾ Institut de géologie, Université de Lausanne, BFSH 2 1015 Lausanne.

²⁾ Institut de minéralogie, Université de Lausanne, BFSH 2 1015 Lausanne.

tary cover in reversed position. The cover series shows a continuous detritic sedimentation, off which the material comes from a continental erosion related to the early Lias rifting phase of the Alpine Tethys. The erosion has reached the basement, resedimented as pebbles and sandstones. This can be observed in both Lebendun and Antigorio covers.

The definition of a unit named «série intermédiaire» between the Lebendun and the Antigorio covers has important palinspastic implications for both nappes. The unit is composed of a banded marble, a garnet bearing gneiss and a calcschist with great blocks.

The comparison between the thickness of Antigorio and Lebendun covers suggests a shoulder position for Antigorio, and a proximal rift basin position for Lebendun. The general thickness decrease of the series towards the SW points to a NE origin for the Lebendun clastics, taking into account the increase of tectonic deformation in the region trending from east to west. The detritic sedimentation ends with the basin drowning during the Malm, represented by a pure marble sealing the erosive disconformity of the Antigorio cover, and the clastic deposits of Lebendun. Three hypotheses are proposed for the calcschists age and attribution of the «série intermédiaire»:

A: they belong entirely or partially to the Lebendun cover and correspond to a conglomeratic deposit of Cretaceous-Tertiary Niesen flysch type, of proximal facies. The tectonic limit could be situated in the middle of the calcschists at the level of the huge blocks encountered.

B: they belong to Antigorio and correspond to an upper Lias-Dogger synrift deposit, then the marble is liassic.

C: they belong to Antigorio and have been deposited following the Lebendun basin inversion (Cretaceous-Tertiary), that generates Tertiary wildflysch deposits, coming from the South for the ultrahelvetic and from the North for the Niesen.

1. Introduction

La région étudiée s'étend sur le versant sud du col du Simplon, du lieu-dit «Alte Kaserne» en Suisse, jusqu'au Haut Val Cairasca en Italie (Fig. 1). Cet article condense les résultats de deux travaux de diplôme (Spring 1988; Reymond 1989).

Trois unités tectoniques du Pennique inférieur y sont distinguées, soit de bas en haut :

- la partie supérieure de la nappe d'Antigorio composée d'un socle gneissique métagranodioritique et de sa couverture sédimentaire autochtone en position normale appelée Zone du Teggiolo.
- la nappe du Lebendun, composée de paragneiss et de diverses unités détritiques gréseuses et carbonatées en position renversée.
- la nappe du Monte Leone, composée de gneiss et d'une mince couverture sédimentaire également en position renversée, équivalent à la Zone de Fäldbach.

Cette étude concerne principalement la nappe du Lebendun, mais la réinterprétation proposée a des implications pour les autres nappes.

2. Historique

La géologie du massif du Simplon doit beaucoup à Gerlach (1869), Schardt (1903 a et b), Schmidt (1908), Schmidt et Preiswerk (1908 b). De nombreuses recherches ont été effectuées dans la région du Simplon à la fin du 19ème et au début du 20ème siècles, par le fait du percement du tunnel ferroviaire pour lequel Schardt était le géologue officiel (Fig. 2).

Après une longue période de désintérêt, les années 60 virent à nouveau des géologues travailler dans les unités du Pennique inférieur, les nappes du Monte Leone, du Lebendun et d'Antigorio. Rodgers & Bearth (1960), Wenk & Günthert (1960), Friz (1963, 1965), Lüthy (1965), Milnes (1965), Justin-Visentin (1967), ont axé leur travaux sur la

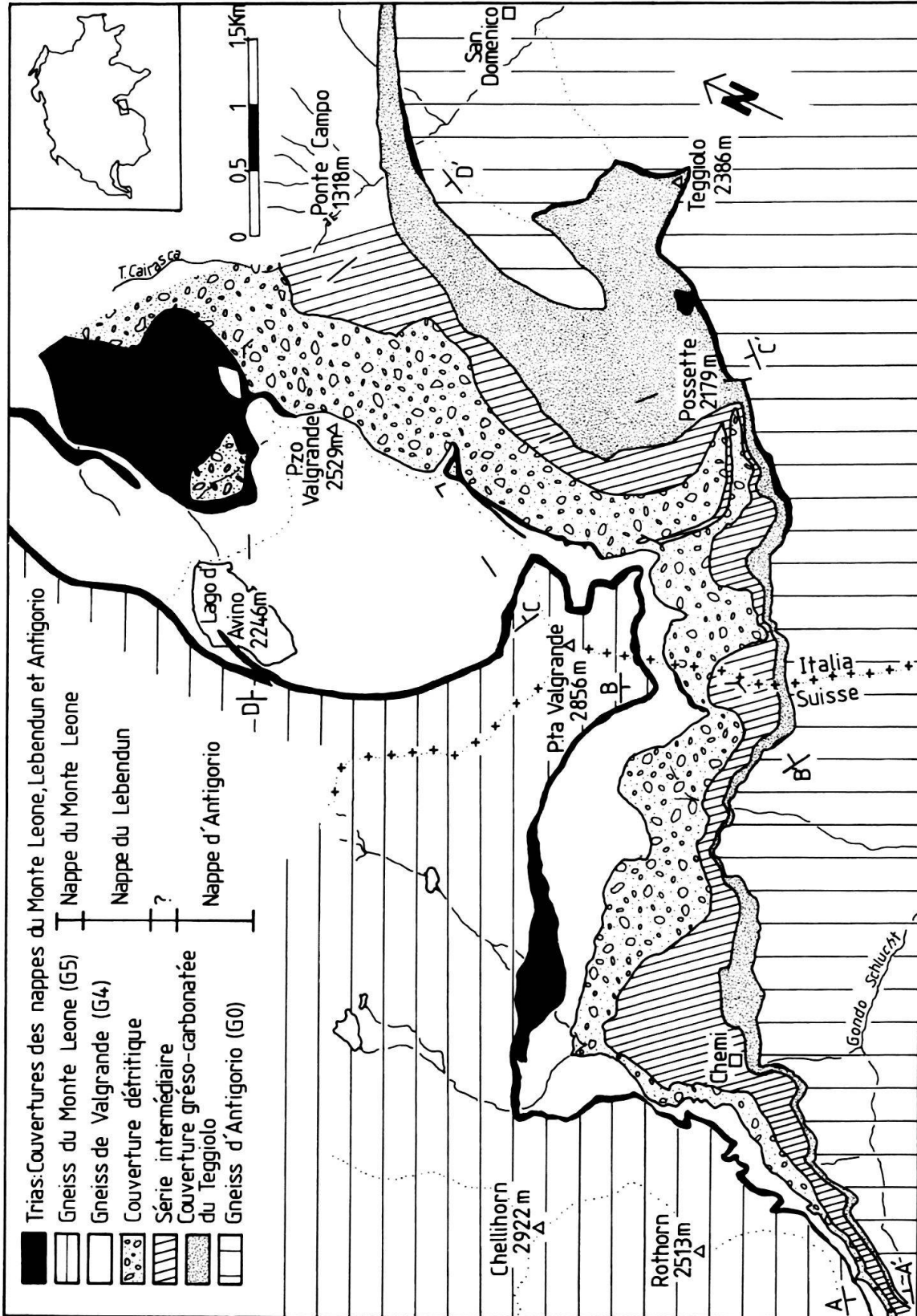


Figure 1. Ecorché géologique et situation des coupes lithostratigraphiques de la figure 3.

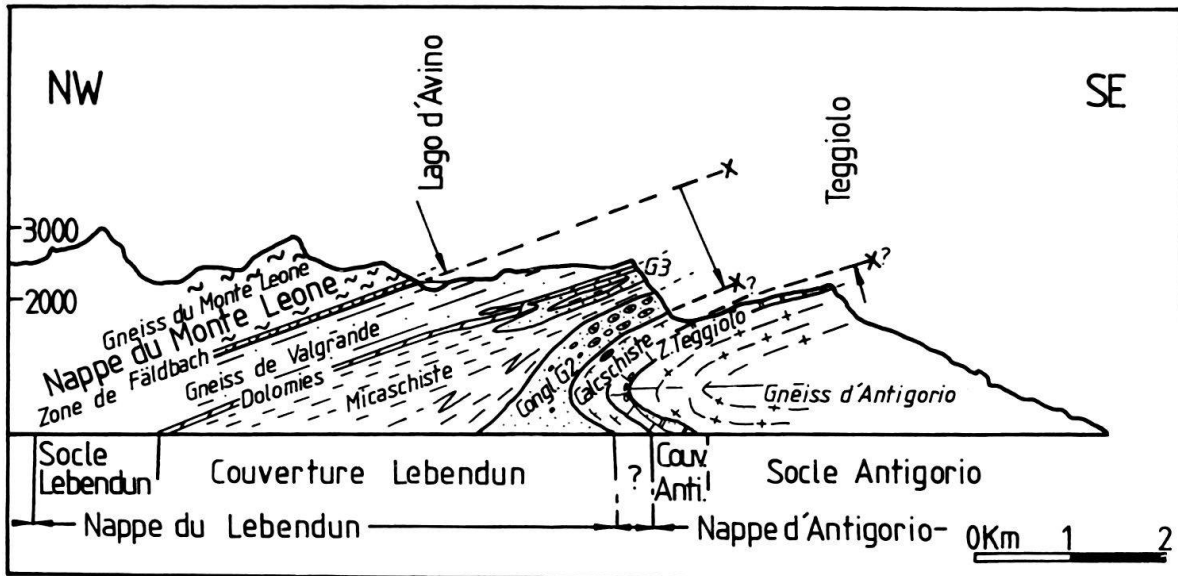


Figure 2. Coupe tectonique à travers le tunnel du Simplon, d'après SCHARDT (1903 b).

tectonique, le métamorphisme ou la stratigraphie. Pour Rodgers & Bearth (1960), le «gneiss» du Lebendun n'est pas le coeur prétriasique d'une nappe, mais une série plus jeune de type flysch qui s'est déposée sur les Bündnerschiefer. Ces «flysch» se sont plissés avec les Bündnerschiefer en un synclinal de recouvrement entre Antigorio et Monte Leone, et métamorphisés avec eux en faciès amphibolite. Ils dateraient du Crétacé-Tertiaire. Friz (1965), mentionne la présence d'un niveau équivalent aux Quartenschiefer du Gothard dans le Mésozoïque du Lebendun, toujours dans le Val Formazza. Dans son étude pétrographique, il compare la marge méridionale du Gothard avec le Lebendun. Justin-Visentin (1967) étudie le métamorphisme des terrains du Trias supérieur du Lebendun au Val Formazza, et leurs analogies avec les Quartenschiefer ultrahelvétiques.

Il faut attendre les travaux de Joos (1967, 1969) pour avoir une description détaillée des terrains sis entre les gneiss du Monte Leone et ceux d'Antigorio. Son étude complète permet une réelle comparaison entre les unités qu'il décrit et celles étudiées ici (Chap. 5).

Milnes (1973) réinterprète d'un point de vue structural la coupe du tunnel du Simplon. Il décrit trois phases de plissement principales: deux primitives, suivies d'une plus tardive, à grande échelle, après la mise en place des nappes par faille. Milnes (1974) décrit le pli du Lebendun dans la région de Basodino comme une synforme comportant un flanc inverse conservé qui pourrait se prolonger dans la région étudiée, venant se pincer tectoniquement entre les gneiss du Monte Leone et d'Antigorio dans les gorges de Gondo.

Parmi les études les plus récentes, celles de Bolli et al. (1980) et de Leu (1986) ont pour objet les sédiments penniques des Alpes centrales.

Steck (1987) aborde la cinématique des nappes de gneiss dans le massif du Simplon. Dernièrement enfin, la carte géologique de Brigue au 1 : 25 000 a été levée (Burri et al., sous presse), mais elle ne touche qu'une petite partie de la zone d'étude.

Généralement les âges admis pour la nappe du Lebendun sont:

- Permo-Carbonifère pour le coeur gneissique de la nappe.

- Permien pour les «scisti bruni» ou «Bündnerschiefer», compris dans notre série intermédiaire décrite plus avant dans cet article.
- Triasique pour la mince couverture dolomitique, en contact avec le Monte Leone.

Un certain nombre de questions se posent au sujet des diverses unités du Pennique inférieur:

- Les limites entre les différentes nappes ne sont pas clairement définies.
- Les âges des formations ne sont basés que sur des analogies de faciès.
- La polarité de certaines séries n'a jamais pu être indiquée de manière évidente.
- Le contexte paléogéographique et géodynamique reste controversé.

3. Tectonique

Bien que notre propos ne soit pas de détailler la tectonique régionale, un aperçu des points principaux est esquissé ci-après.

La phase alpine principale (D2) est marquée par l'apparition de plis isoclinaux de grande envergure; c'est à cette période que se sont formés la schistosité principale S2 et un étirement minéral associé X_{II} . L'élément tectonique majeur de la zone étudiée est le pli frontal de la nappe d'Antigorio (Fig. 2). D'après Steck (1980, 1984, 1987), deux schistosités, S1 et S2, et l'étirement X_{II} se distinguent bien à la charnière du pli. S2 est la schistosité surface axiale du pli replissant S1; dans la région étudiée, elle seule est visible. Le métamorphisme alpin dans la région a atteint le faciès amphibolite durant D2. Dans d'autres parties de la nappe d'Antigorio, la première schistosité a généralement été transposée dans le plan de la deuxième. Cette relation est observée sur le Mont Teggiolo et dans les terrains du Lebendun étudié.

L'origine paléogéographique de la nappe du Lebendun est encore objet de discorde. La majorité des auteurs la situe au sud d'Antigorio et au nord de Monte Leone, dans le Pennique interne (Preiswerk 1918; Bossard dans: Niggli & al., 1936; Steck 1987). Joos (1967, 1969), Bolli et al. (1980) et Leu (1986), entre autres auteurs, proposent une origine au nord d'Antigorio. La position actuelle de la nappe du Lebendun résulterait alors d'une première phase de mise en place du Lebendun et d'une partie du Gothard vers le sud-est, avant d'être repris par les mouvements des nappes penniques en direction du nord-ouest.

Une approximation de la diminution d'épaisseur des séries a été faite sur certains niveaux à conglomérats: cette diminution est évaluée à 4–5 fois dans la région. L'épaisseur des séries présentées à la figure 3 n'est pas corrigée. Une étude plus poussée sur la déformation des terrains du Lebendun a été réalisée à quelque 40 km à l'ENE du Simplon, au Tessin nord-occidental (Huber-Aleffi 1982).

La faille normale de l'accident du Simplon et sa zone mylonitique plongeant vers l'ouest pourrait jouer un rôle dans la diminution marquée de l'épaisseur des séries dans la partie la plus occidentale de la zone étudiée (Mancktelow 1985, 1990).

4. Lithostratigraphie

Une coupe lithostratigraphique-type, celle de Ponte Campo-Alpe Veslia et trois autres, situées plus au sud-ouest seront présentées, jusqu'à celle d'Alte Kaserne (Fig. 3). Les paragraphes qui suivent donnent le détail des coupes lithostratigraphiques synthéti-

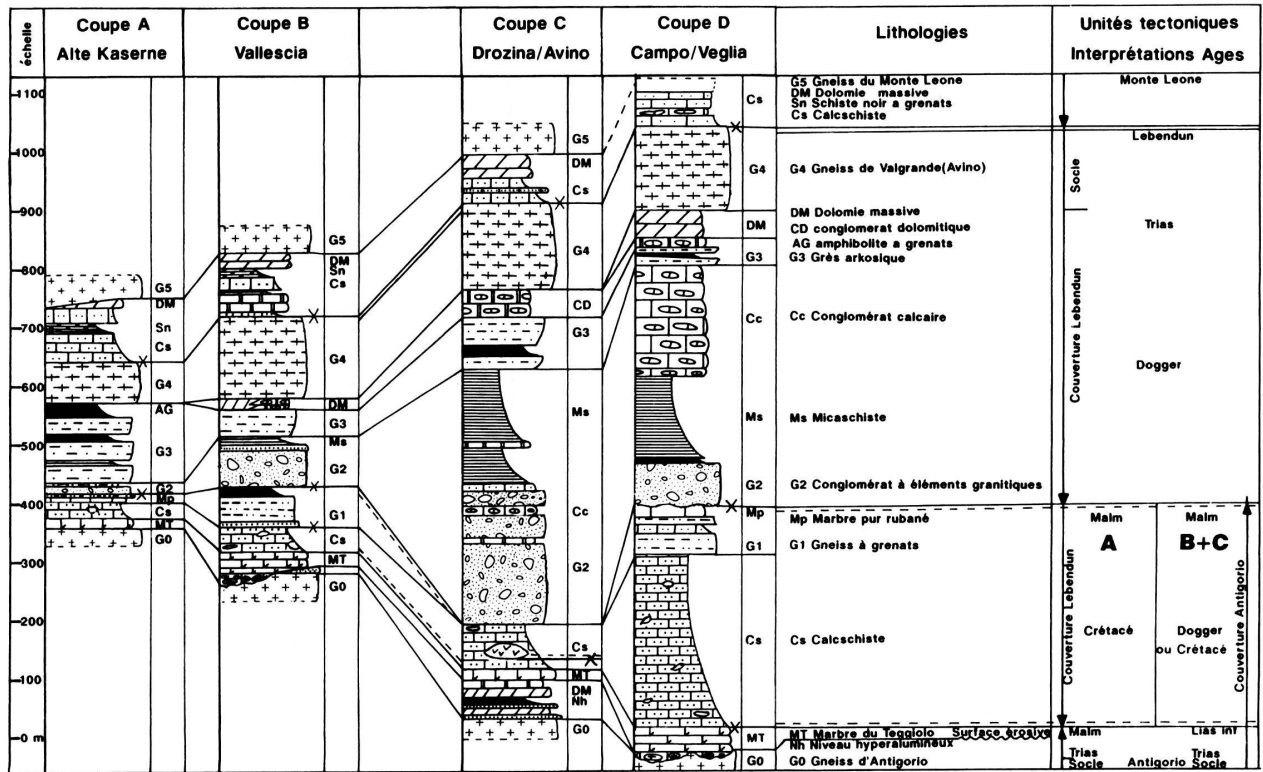


Figure 3. Coupes lithostratigraphiques synthétiques.

ques³⁾ représentées à la figure 3. Les tracés des coupes sont reportés sur l'écorché tectonique (Fig. 1).

4.1. La nappe d'Antigorio et sa couverture sédimentaire

4.1.1. Le socle et la Zone du Teggiolo

Coupe de Campo/Veglia (D): La base de cette coupe se situe dans la charnière du pli frontal d'Antigorio. Elle est constituée en grande partie par le socle gneissique d'Antigorio, un orthogneiss de composition granodioritique (Milnes 1973; Hammerschlag 1985) sur lequel reposent les 50 à 70 mètres de marbres calcaires ou dolomitiques du Teggiolo. La nature autochtone de la couverture est attestée par la présence de galets du socle gneissique enrobés dans les sédiments carbonatés supérieurs de la zone du Teggiolo à la charnière frontale de la nappe (Schmidt & Preiswerk 1908b; Joos 1967, 1969; Bearth 1973; Steck 1984). Cette surface érosive peut être suivie jusqu'à Vallescia (Fig. 3B).

Coupe de Drozina (C): Bien développée au col des Possette (Coord. 656500/119500), la zone du Teggiolo expose ici les termes quartzo-alumineux sur lesquels reposent les marbres du Teggiolo. La surface érosive, bien visible dans la coupe précédente, n'est pas visible.

Coupe de Vallescia (B): Comme à la charnière du pli frontal de la nappe d'Antigorio (coupe D), le gneiss d'Antigorio G0 a été érodé, et ses galets sont enrobés dans la matrice carbonatée des marbres du Teggiolo. Tous les sédiments quartzo-alumineux manquent, à l'exception d'un biseau stratigraphique de quartzites de base qui disparaît en allant vers le sud-ouest.

Coupe d'Alte Kaserne (A): Entre cette coupe et la précédente, la surface érosive, qui entame la partie quartzo-alumineuse de la zone du Teggiolo et le socle, semble onduler laissant apparaître çà et là des niveaux de quartzite, avant d'éroder à nouveau G0. Il y a un caractère transgressif régional bien marqué des carbonates de la zone du Teggiolo sur une paléosurface d'érosion, laissant apparaître des épaisseurs variables de la zone du Teggiolo.

4.1.2. La série intermédiaire:

Cette série se compose du calcschiste à blocs, du gneiss à grenats G1 et du marbre rubané. L'ancien terme de «scisti bruni» (Stella 1904) ou de «Bündnerschiefer» (Schmidt & Preiswerk 1908) est contenu dans cette nouvelle appellation.

Coupe de Campo/Veglia (D): Au fond de la combe de Ponte Campo, les trois termes principaux de cette série, le calcschiste sombre, le gneiss à grenats G1 et le marbre rubané peuvent être levés. Le calcschiste se compose presque exclusivement d'une matrice calcaire fine, parfois dolomitique comprenant quelques grains d'albite

³⁾ Le détail de ces coupes, ainsi que la description de leur contenu pétrographique se trouvent dans les travaux de SPRING (1988) et de REYMOND (1989).

(< 1 mm). Un marbre fin lité gris clair, entouré de calcschiste, affleure au fond de la combe. Il semble se poursuivre vers le NE, au-dessus de San Domenico, où il forme un niveau continu d'une dizaine de mètres d'épaisseur.

La relation entre le calcschiste et la base du gneiss à grenats G1 est difficile à appréhender, car ces deux niveaux s'alternent. Il en va de même pour le sommet de G1 avec le marbre rubané sus-jacent. Il peut s'agir de plis, d'une alternance stratigraphique, ou d'un écaillage tectonique. Pour l'alternance gneiss à grenats G1/ marbre rubané, nous observons des charnières de plis, mais pour l'alternance G1/ calcschiste, les conditions d'affleurement ne permettent pas de trancher. Le gneiss G1 a cartographiquement une dimension minimale de 40 à 80 mètres de longueur et de 10 à 40 mètres d'épaisseur. Plusieurs indices dans cette coupe nous font penser à des blocs de G1 enrobés dans le calcschiste :

- a) une discordance d'environ 10 degrés de la stratification de G1 par rapport à la schistosité principale. Il peut s'agir soit d'un effet de la différence de compétence entre le calcschiste et G1 dans un contexte de déformation cisailante, soit réellement du contour d'un bloc.

- b) microstructuralement, trois déformations sont visibles dans ce gneiss G1 (Spring 1988) et il est possible que la première déformation ait généré des plis isoclinaux dans le plan même de la schistosité, et que les deux générations de plis aient été engendrées par une seule phase de déformation. Ces plis seront déformés par la phase D2 de Steck (Op. cit). Le métamorphisme prograde rencontré dans cette région ne permet pas de trouver des structures reliques. Il pourrait donc s'agir d'un morceau d'ancien socle sédimenté dans le calcschiste de la série intermédiaire.

- c) l'absence de continuité cartographique des niveaux rencontrés.

Le sommet de la série intermédiaire est souligné par une alternance marbre rubané/G1. Le contact entre cette série et la couverture du Lebendun en position renversée est difficilement visible à cet endroit. La limite se situe entre la dernière apparition nette des grenats et la première apparition d'éléments granitiques. Environ 300 mètres plus au nord, le conglomérat à éléments granitiques et à matrice gréseuse (G2) de la couverture du Lebendun repose en contact tectonique sur le marbre rubané de la série intermédiaire. Ce contact légèrement discordant a une surface ondulée.

Coupe de Drozina (C): Le niveau de marbre gris et le gneiss G1 n'apparaissent plus dans cette coupe, de même que le marbre rubané. Le conglomérat à éléments granitiques G2 repose directement sur le calcschiste. Le haut de la série du calcschiste incorpore un « bloc » de roche métamorphisée composée presque exclusivement de trémolite, d'une taille de 150 mètres de long pour 5 mètres d'épaisseur. Cette roche est mise en évidence par le creusement du chemin, mais les mauvaises conditions d'affleurement empêchent d'observer sa relation avec le calcschiste qui l'enrobe. La cartographie révèle ce niveau comme discordant, mais il peut s'agir de replis, ou même de plusieurs « blocs ». Son origine peut être soit une metabasite, soit une roche sédimentaire fortement magnésienne (marne dolomitique) métamorphisée.

Coupe de Vallescia (B): L'aspect du calcschiste ne varie pas beaucoup sur la totalité de son épaisseur (30 à 70 m). Des éléments conglomératiques dolomitiques (5 à 30 cm) diminuant vers le haut topographique y sont présents, tandis qu'une tendance gréseuse

se marque de bas en haut, jusqu'à l'apparition de quartzite pouvant remplacer le marbre rubané. Les bancs plus gréseux incorporent une grande quantité de petits nodules de quartz pur recristallisé. Au milieu de la série de calcschiste, trois bancs de marbre pur, peu dolomitisé, sont visibles. Le banc inférieur est fortement boudiné et témoigne d'une déformation importante. Ces bancs sont dans la même position stratigraphique que les marbres gris de Ponte Campo, mais ils en diffèrent par leur épaisseur (env. 4 m ici), leur aspect et leur composition. Finalement, relevons la présence de galets étirés de roche d'aspect volcanique composée de plagioclases et d'amphiboles.

Coupe d'Alte Kaserne (A): La même succession stratigraphique est observée derrière le bâtiment, au pied de la grande falaise des gorges de Gondo; le niveau de marbre rubané est en contact stratigraphique avec le calcschiste à nodules de quartz. Au sommet du marbre se trouve un gneiss fin à grenats ayant beaucoup d'affinités avec G1. Le contact entre ces deux niveaux semble être tectonique; il est onduleux, la partie supérieure du marbre est fortement laminée.

4.2. La nappe du Lebendun

4.2.1. Le haut de la couverture du Lebendun en position renversée

Cette coupe décrit les niveaux sommitaux de la couverture du Lebendun en position renversée du bas au haut topographique. Les niveaux décrits à plus faible altitude sont les plus jeunes.

Coupe de Campo/Veglia (D): Dans la partie inférieure du conglomérat G2, les éléments granitiques sont nombreux, de taille pluricentimétrique et enrobés dans une matrice gréseuse moyenne à fine. Ils se présentent sur le terrain en passées métriques. La limite entre G2 et le micaschiste sus-jacent se situe au niveau de la dernière apparition des éléments granitiques. La matrice devient plus pélitique dans les premières dizaines de mètres du micaschiste où apparaissent des argilites colorées et un niveau à blocs de dolomie blanchâtre dont les éléments ont une taille d'environ 30 cm. En montant dans la coupe, la matrice du micaschiste devient plus gréseuse, des grenats sont visibles à l'oeil nu; Vers le sommet du micaschiste, la matrice devient un peu carbonatée. La série se termine par un niveau de microbrèches à éléments dolomitiques (taille des éléments: de 0,5 à 1 cm.).

A l'entrée du parc naturel de l'Alpe Veglia, la coupe se poursuit sur les pentes raides de la rive droite de la rivière Cairasca, en direction de l'arête NS limitant à l'est la plaine d'Avino.

Coupe de Drozina (C): Les éléments granitiques de G2 ont complètement disparu, seule la matrice gréseuse reste. Trois bandes de roche carbonatée s'intercalent dans cette série. La première est composée d'un marbre rubané ressemblant à celui de Ponte Campo. La deuxième est un conglomérat à éléments de dolomie et de calcaire (taille de 2 à 4 cm) à matrice calcaire. La troisième bande est composée d'un carbonate gréseux blanchâtre finement recristallisé.

Le passage G2/micaschiste intervient progressivement avec l'augmentation de la composante pélitique. Une bande de calcaire dolomitique observée dans le premier tiers du micaschiste pourrait correspondre au niveau à blocs de dolomie blanchâtre décrits à

la coupe précédente. Les quatre niveaux de roches carbonatées, cartographiquement lenticulaires, n'ont que quelques centaines de mètres d'extension latérale.

Coupe de Vallescìa (B): A une alternance de gneiss fin à grenats G1 et d'argilites sombres à grenats, succède G2 sans éléments granitiques. Ce niveau a ici l'aspect d'un paragneiss ocellé. Un quartzite plurimétrique homogène marque la transition à un mica-schiste graphiteux d'épaisseur fortement réduite par rapport aux coupes C et D (Fig. 1 et 3).

Coupe d'Alte Kaserne (A): Réapparition locale des éléments granitiques d'un G2 d'épaisseur très réduite dans la falaise entre Alte Kaserne et Schwarze Balme. Le mica-schiste passe latéralement à une amphibolite à grenats, d'origine sédimentaire probable attestée par la géochimie (Reymond 1989).

4.2.2. La base de la couverture du Lebendun et son socle

Coupe de Campo/Veglia (D): Le haut du mica-schiste incorpore les éléments d'une brèche dolomitique (taille des éléments 0.5–1 cm, abondance: 30% de la roche). En montant dans la coupe, la taille des éléments augmente (de 1 cm en bas à 30–40 cm en haut), et la matrice devient plus carbonatée. Ce conglomérat comprend deux types de galets: une dolomie noirâtre finement cristallisée et un marbre calcitique gris clair.

La sédimentation semble être continue entre le haut du mica-schiste et le conglomérat sus-jacent. La partie supérieure du conglomérat est en contact avec deux formations différentes:

- un grès arkosique à grenats et à éléments de dolomie et de quartzite (G3). La transition entre le conglomérat et G3 se fait sur quelques mètres.
- une dolomie massive alternant avec une dolomie micacée schisteuse; le contact est tranché.

Nous retrouvons le conglomérat à matrice calcaire en-dessus et en-dessous de G3, ce qui amène à penser qu'il s'agit soit d'un biseau stratigraphique de type chenal, soit d'un pli. Plus au sud-est, le membre inférieur du conglomérat calcaire se pince et le contact mica-schiste-grès arkosique G3 devient tranché.

En s'éloignant vers la coupe C au SE, à 200 mètres du biseau de G3, dans la paroi de grès G3, apparaît un schiste à éléments calcaires, dolomitiques et quartzitiques, et à matrice dolomitico-gréseuse. Il est difficile de voir le passage du schiste au grès, de même que la limite G3/conglomérat calcaire. Le passage entre ces différentes zones se fait de manière continue, bien que rapide. Il pourrait s'agir du coeur du même pli, mais l'amorce d'une charnière n'a pu être observée ni dans ce schiste, ni dans G3. Il s'agit vraisemblablement d'un phénomène sédimentaire, un biseau stratigraphique de type chenal.

Au-dessus du membre supérieur du grès G3, le conglomérat calcaire à éléments de roches carbonatées est suivi par les dolomies massives déjà mentionnées, d'une puissance de 50 mètres. Ces dolomies deviennent de plus en plus massives vers le haut, présentant parfois des passes saccharoïdes. Près du contact avec le gneiss de Valgrande G4 (Schardt 1903 b; Schmidt & Preiswerk 1908 b), plus au sud sur l'arête, elles deviennent cloisonnées, avec un faciès de type cornieule. D'après les analogies de faciès, elles dateraient du Trias. Encore plus au sud, vers le Pizzo Valgrande, ce niveau se perd dans la paroi (Fig. 1,

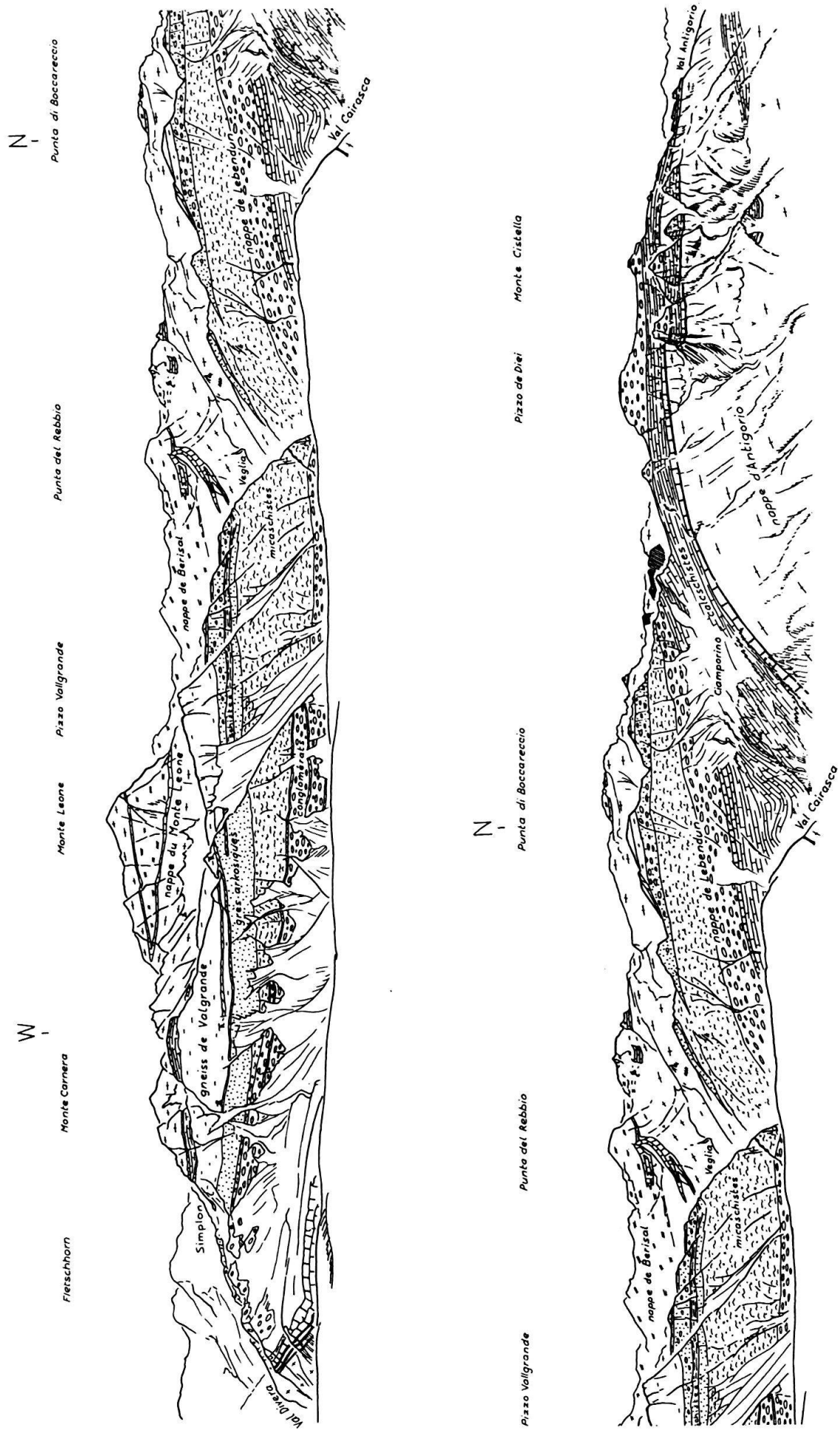


Figure 4. Panorama du SW au N depuis le sommet du Teggolo (d'après SCHMIDT & PREISWERK (1908 a)).

3 et 4). Dans la combe de Drozina, seul le conglomérat calcaire sous-jacent se retrouve (Fig. 3).

Au-dessus des dolomies, le gneiss de Valgrande G4 se développe sur une épaisseur de plus de 350 mètres sur toute la plaine et dans les parois est et sud entourant le lac d'Avino. Il s'agit d'un paragneiss leucocrate à 2 micas, plagioclases, orthose et grenats; à l'origine un métagrauwake. Dans la paroi nord du lac, qui sert d'assise au barrage, des replis de dolomies massives avec le gneiss G4 sont observés et entraînent une relation tectonique entre ces deux unités.

Coupe de Drozina (C): Les deux membres du grès arkosique G3 se développent depuis la coupe précédente, mais le schiste à éléments calcaires, dolomitiques et quartzitiques à matrice dolomitico-gréseuse se pince rapidement vers le sud. Les dolomies massives disparaissent sur 300 mètres, avant de réapparaître au sud (Fig. 4).

Coupe de Vallescia (B): Le passage entre le micaschiste et G3 est marqué par un calcschiste gréseux à éléments calcaires. Des bancs continus d'amphibolites à grenats apparaissent. Au-dessus du grès arkosique G3 fin et homogène, repose le conglomérat à éléments dolomitiques décrit dans la coupe D. Il se pince vers le sud-ouest, tandis que les dolomies massives sont à nouveau présentes.

Coupe d'Alte Kaserne (A): Au-dessus du calcschiste gréseux à éléments calcaires, le grès G3 incorpore de nombreux bancs de quartzite pur. Une lentille de marbre micacé (3–5 m d'épaisseur) est présente uniquement dans la falaise de «Am Wand».

Il est intéressant de noter la diminution marquée de l'épaisseur des séries du Lebendun du nord-est vers le sud-ouest (Figs. 1 et 3). Entre les niveaux repères importants (le marbre rubané, le conglomérat G2, le micaschiste, les dolomies massives et le gneiss G4) de nombreuses variations latérales sont remarquées. Ces lentilles d'origine sédimentaire probable reflètent le type de sédimentation que le bassin du Lebendun a connu.

4.3. La nappe du Monte Leone

La couverture du Monte Leone qui affleure dans cette région est connue sous le nom de zone de Fäldbach (Lüthy 1965; Bolli et al. 1980). Bearth (1973), dans la notice explicative de la carte géologique du Simplon, présente des coupes de cette unité en l'attribuant à la couverture triasique du Lebendun. Ce sont Bolli et al. (1980) qui attribuent la zone de Fäldbach et la série de Holzerspitz en couverture de la nappe du Monte Leone. Selon Leu (1986), cette couverture se compose d'une partie proximale, la zone de Fäldbach, et d'une partie distale, la série de Rosswald. Il regroupe les deux parties de la couverture du Monte Leone dans la zone du Binntal, et donne la composition suivante pour la zone de Fäldbach:

- Trias à dolomies blondes ou blanches, calcaires bleus avec présence de cornieules ou de gypse.
- un niveau hétérogène à blocs (dolomies, calcaires, gneiss, rhyolites, metabasites)
- quartzites carbonatés à blocs (dolomies, gneiss, ...)
- schistes siliceux noirs plus ou moins conglomératiques
- calcaires gréseux alternant avec des schistes, des phyllites et des quartzites (parfois conglomératiques à la base).

Selon Jeanbourquin & Burri (1989), la couverture du Monte Leone débute par un Trias tégumentaire dolomitique, localement quartzitique. Au-dessus, le détritisme de la zone de Fäldbach représente un élément caractéristique de cette zone.

4.3.1 *Le gneiss du Monte Leone et sa couverture en flanc renversé*

Coupe de Campo/Veglia (D): Il s'agit de l'affleurement décrit par Bearth (1973) dans la notice explicative de la carte géologique du Simplon. Sur le terrain, le levé de cette coupe est difficile à établir, car la zone de Fäldbach est très plissée localement. La coupe se fait du bas au haut topographique de cette série en position renversée. Sur le gneiss de Valgrande G4, reposent en contact tectonique 20 mètres de marbre schisteux à patine jaune-orange, passant progressivement à un calcschiste finement conglomératique. Suit avec un contact tranché 5 mètres de conglomérats à matrice gréseuse à éléments carbonatés et quartzitiques. Ce conglomérat passe graduellement à un gneiss et à des quartzites (10 m). Les 35 mètres supérieurs de la coupe sont composés d'une trilogie marbre schisteux/gneiss/quartzites semblables à ceux observés dans le bas de la coupe. L'intense déformation est responsable de la répétition de niveaux de la zone de Fäldbach dans la plaine d'Avino.

Coupe de Drozina (C): Environ à un kilomètre au sud du lac, les quartzites et les gneiss décrits à la coupe précédente disparaissent. Les niveaux de Fäldbach en contact tectonique sur le gneiss de Valgrande sont de type flysch. Il y a alternance entre 15 mètres de calcschiste sombre, 5 mètres de flysch calcaire et à nouveau 15 mètres de calcschiste sombre. Le marbre schisteux de la coupe D est représenté par 40 m de marbre massif à patine orange-jaune.

Coupe de Vallescica (B): Sous le gneiss du Monte Leone, ayant dans sa partie inférieure un faciès de paragneiss (Bearth 1973), se trouve une alternance tectonique des niveaux connus de la zone de Fäldbach. Un contact tectonique important s'observe entre le calcschiste finement conglomératique très boudiné et le gneiss de Valgrande.

Coupe d'Alte Kaserne (A): Il y a disparition totale des bancs de quartzites qui constituaient la couverture tégumentaire triasique du gneiss du Monte Leone. Sur les calcschistes reposent les fameux schistes noirs à grenats qui ont donné leur nom à l'alpage de Schwarze Balme. Ces schistes atteignent ici leur épaisseur maximale (19 m). Une trace de surface érosive marque la transition avec les calcschistes conglomératiques (éléments quartziteux et dolomitiques de 10 à 30 cm et des lentilles sombres composées de plagioclases et d'amphiboles de 5 à 15 cm). Une trace de tectonisation importante marque à nouveau le passage au gneiss de Valgrande.

5. Corrélations vers le NE

Les travaux de Joos (1967, 1969) au Monte Giove (20 km au NE du Simplon) restent les plus complets (stratigraphie, tectonique et métamorphisme) effectués à ce jour dans le Lebendun. Il a identifié un certain nombre d'unités du gneiss du Monte Leone à celui d'Antigorio, unités qui peuvent plus ou moins se corrélérer (Tab. 1) avec celles décrites plus

	JOOS (1969)	SPRING (1988) REYMOND (1989)	
Nappe du Monte Leone	MLD Gneiss du Monte Leone ? Zone de Veglia Trias ---Contact tectonique-----	Gneiss du Monte Leone G5 Zone de Fäldbach Trias ---Contact tectonique-----	Nappe du Monte Leone
Nappe du Lebendun	----- LM Mésozoïque du Lebendun LP Gneiss pélitique à psammitique ? Permien LPK gneiss psephitique parfois à matrice carbonatée ? Permo-Carbonifère ---Contact tectonique----- Marbre LB Suite migmatitique basale polymétamorphique ---Contact tectonique-----	Gneiss de Valgrande G4 ----- Dolomies de Valgrande Congl. à él. calcaires Schiste à él. calcaires ? Lias Grès arkosique G3 Micaschiste Conglomérat à éléments granitiques G2 ? Dogger ---Contact tectonique?----- Marbre rubanné ? Malm Gneiss à grenats G1 Calcschiste à blocs ? Lias ou Crétacé ---Contact tectonique?-----	Nappe du Lebendun Série intermédiaire
Nappe d'Antigorio	Zone du Teggiolo Trias AD Gneiss d'Antigorio	Zone du Teggiolo ? Trias-Lias ou Trias-Malm Gneiss d'Antigorio G0	Nappe d'Antigorio

Tableau 1. Comparaisons stratigraphiques et tectoniques des terrains des nappes du Monte Leone, du Lebendun et d'Antigorio entre le Monte Giove et le sud-est du Simplon.

haut dans la région du Simplon (Chap. 4). Procédant d'après notre interprétation dans le sens d'une série normale (de la zone de Veglia jusqu'au L_B de Joos), nous pouvons faire les comparaisons suivantes:

– La zone de Veglia semble être l'équivalent latéral de Fäldbach, comme l'interprètent d'ailleurs Lüthy (1965) et Leu (1986). Joos mentionne (1969, p. 280) que cette série pourrait être en position renversée. Il est à noter que le gneiss de Valgrande (G4) ne se poursuit apparemment pas jusqu'au Monte Giove et que dans cette région, l'équivalent de Fäldbach repose tectoniquement sur le Mésozoïque du Lebendun (L_M).

– Ce Mésozoïque serait l'équivalent des dolomies cloisonnées de Valgrande. Cette succession se compare à la zone de Sabbione (Leu 1986). Elle apparaît en position renversée semblable à la zone de Veglia sous le gneiss du Monte Leone, une série probablement équivalente se trouve sous le gneiss de Valgrande G4 comme Mésozoïque en position renversée de la nappe de Lebendun. La zone du Teggiolo en position normale sur le gneiss d'Antigorio pourrait correspondre à cette même succession (Fig. 3, Coupe C). Le contact entre L_M et la série, sous-jacente L_P est difficile à établir chez Joos.

– L_P est décrit au Monte Giove comme une zone de transition (Friz 1965). D'après la description de cette série, L_P se corrèle parfaitement à ce que nous appelons micaschiste dans la région du Simplon. Dans le Val Cairasca cette partie de la nappe du Lebendun semble présenter un développement plus grand qu'au Monte Giove, avec le conglomérat à éléments calcaires, le grès arkosique G3 et le schiste calcaire comme faciès additionnels.

– La série L_{PK} est la plus caractéristique de ce qui est appelé, un peu abusivement, les conglomérats du Lebendun. Dans la région du Monte Giove, ils ont l'aspect d'un gneiss rubané clair qui pourrait être, d'après la description de Joos, l'équivalent latéral du conglomérat à éléments granitiques et à matrice calcaire (G2), mais sans les éléments granitiques.

Joos décrit comme continue l'évolution stratigraphique des unités L_M à L_{PK} au Monte Giove.

– Le contact entre L_{PK} et le Lebendun basal de Joos, le gneiss L_B , est clairement discordant. Joos l'interprète comme un contact d'érosion (p. 288): L_B a été érodé et a produit le matériel conglomératique du Lebendun (L_{PK} à L_M).

– Ce gneiss, comparable à G1 au Simplon, serait d'après Joos un socle polymétamorphique hercynien.

– Il note en outre (p. 287) la présence d'un marbre entre L_{PK} et L_B . Ce marbre a la même position stratigraphique que le marbre rubané de la série intermédiaire au Simplon.

– Les roches cristallines de L_B sont séparées du gneiss d'Antigorio par des sédiments métamorphiques mésozoïques que Joos interprète comme zone du Teggiolo. Le contact avec L_B semble être tectonique, mais les deux unités sont replissées ensemble. La série intermédiaire et la zone du Teggiolo peuvent-elles être différenciées au Monte Giove? Joos ne donne pas de description approfondie des roches se trouvant entre L_B et le gneiss d'Antigorio. Mais la succession M_p , G1 et Cs est comparable aux lithologies de la zone du Teggiolo décrite par Leu (1986) dans la région de Premia au Val Formazza.

Les contacts tectoniques visibles au Monte Giove séparent:

- la zone de Vegila du Mésozoïque du Lebendun L_M
- le gneiss rubané L_{PK} du gneiss polymétamorphique L_B
- le gneiss polymétamorphique L_B de la zone du Teggiolo
- la zone du Teggiolo du gneiss d'Antigorio

Ces contacts se retrouvent au Simplon, où ils limitent l'équivalent des unités décrites par Joos. Il est intéressant de noter que la zone du Teggiolo au Monte Giove est replissée aussi bien avec le gneiss polymétamorphique L_B qu'avec le gneiss d'Antigorio.

6. Interprétation et contexte géodynamique

La comparaison des coupes des séries inverses du Lebendun, du Monte Leone et d'Antigorio (zone du Teggiolo en position normale) révèle une évolution des séries, d'une sédimentation carbonatée vers une sédimentation plus gréseuse et conglomératique.

Sur les trois socles, des quartzites, et des niveaux dolomitiques et calcaires précèdent une sédimentation conglomératique continue. Une zone de transition marquée par une sédimentation plus pélitique est représentée par des micaschistes. Enfin apparaissent les éléments granitiques pris dans une matrice gréseuse. Le caractère détritique de cette série est bien marqué dans tous les niveaux.

Les épisodes à blocs de dolomie, les argilites et les niveaux de roches carbonatées conglomératiques que nous observons dans le micaschiste et G2, pourraient être liés à l'interconnexion de deux sources distinctes d'apport de matériel. La disparition latérale de ces différents niveaux pourrait correspondre à des dépôts de fans de rivières de bords

de bassins par comparaison avec des faciès existant en bordure du bassin de la Mer Morte (Manspeizer 1985). Pour la séquence principale de dépôt, les terrains du Lebendun peuvent s'intégrer dans un contexte érosion/sédimentation d'une série continentale composée d'un socle sur lequel reposent des sédiments quartzo-feldspathiques, gréseux, pélitiques et carbonatés. Les sédiments de couverture carbonatée sont érodés d'abord, puis les roches ignées ou métamorphiques, réservoir de matériel quartzo-feldspathique. Les clastites se déposent sur des sédiments anté-triasiques qui deviendront les gneiss et les dolomies de Valgrande.

L'écorché géologique (Fig. 1) et les coupes synthétiques (Fig. 3) mettent en évidence deux faits importants :

- du NE au SW, l'épaisseur des terrains du Lebendun diminue progressivement.
- suivant la même direction, la granulométrie des sédiments devient de plus en plus fine.

La déformation et la mise en place des unités du Pennique inférieur, du SE au NW (Milnes 1973, 1974; Steck 1980, 1984, 1987) n'ont pas modifié la direction d'apport sédimentaire, perpendiculaire au transport des nappes.

En tenant compte de la déformation et de l'aplatissement des séries augmentant d'est en ouest, celles du Lebendun devaient avoir initialement près de 6 km d'épaisseur à Ponte Campo. De tels dépôts pourraient correspondre à des sédiments syn-rift.

Dans cette partie des Alpes, l'épisode extensionnel ayant provoqué la sédimentation de ces séries pourrait être la phase de rifting de la néo-Téthys alpine (océan Liguro-Piemontais) au Lias inférieur; l'océanisation a lieu au Dogger et le système est complètement ennoyé au Malm (Stampfli & Marthaler 1990). Ce fait pourrait être enregistré dans la région sous la forme du marbre pur.

La sédimentation enregistrée dans la nappe du Lebendun semble pouvoir s'intégrer à la chronologie de l'ouverture de la Téthys alpine, par l'âge triasique probable des sédiments anté-rift (quartzites et dolomies) du Lebendun, de la zone du Teggiolo et de la zone de Fäldbach.

La grande épaisseur de sédiments syn-rift nous permet de considérer le bassin de Lebendun comme éventuel «initial break away basin» bordant l'épaule du rift téthysien dans le sens de Stampfli & Marthaler (1990).

Il se situerait donc sur la plaque inférieure dans un modèle de rifting asymétrique de type cisaillement simple. Le plan de cisaillement principal pendant vers le sud (Fig. 5) pourra ainsi être utilisé lors de l'inversion au début de la collision.

Cette hypothèse de travail nous permet d'émettre trois propositions quant à l'origine et à l'appartenance des calcschistes de la série intermédiaire :

- A: ces calcschistes sont en position renversée, ils appartiennent tout ou en partie à la nappe du Lebendun. Un plan de chevauchement important est observable entre ces derniers et le marbre du Teggiolo (Fig. 3). Ils représenteraient un dépôt conglomératique à très grands blocs de type flysch pouvant correspondre à des flyschs crétacés ou tertiaires de type Niesen, en faciès proximal. Un niveau de décollement important est observable au niveau des grands blocs dans le calcschiste. La limite entre les deux nappes pourrait se situer au coeur des calcschistes.

- B: ces calcschistes sont en position normale, ils appartiennent à la nappe d'Antigorito II correspondent à des dépôts syn-rift, l'ancien «haut», éventuel épaule du

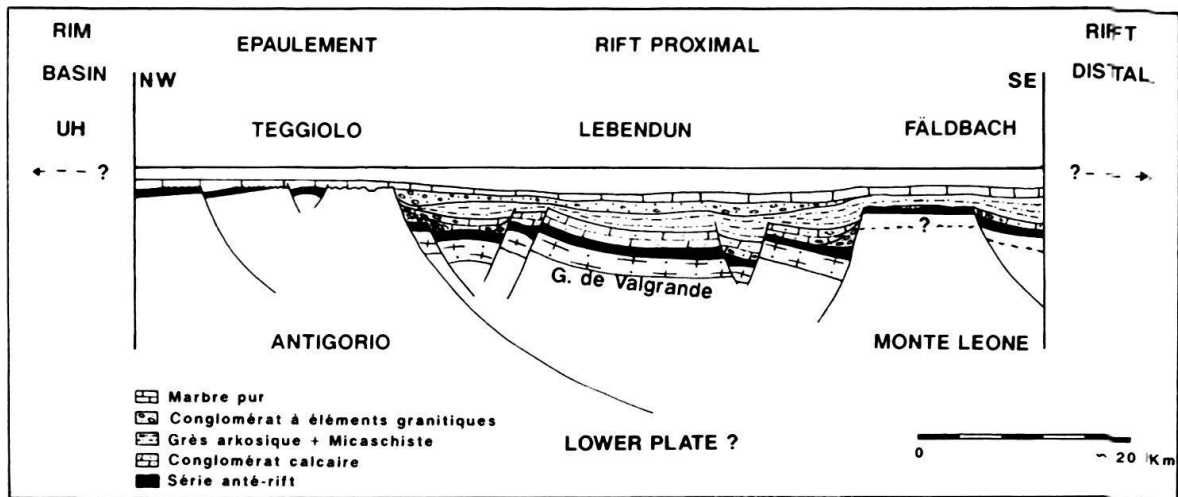


Figure 5. Situation du bassin du Lebendun au Jurassique supérieur.

rifting liasique attesté par l'importante surface érosive scellée par le marbre rubané (Fig. 3). Ces dépôts seraient le produit d'un rejeu important et rapide de failles normales ou décrochantes du rifting principal. Les blocs compris dans le calcschiste résulteraient du jeu des failles. Dans ce cas, le marbre rubané est liasique.

– C: la troisième hypothèse permettrait d'envisager ces calcschistes comme des wild-flyschs déposés sur Antigorio en position normale lors de l'inversion du bassin de Lebendun en position plus interne qu'Antigorio. Ce mécanisme d'inversion voit les conglomérats proximaux grossiers généralement sédimentés sur l'ancien seuil érodé, à série anté-inversion réduite (Badley et al. 1989).

Ackermann (1986) mentionne qu'il y a similitude des apports entre les flyschs ultrahelvétiques et ceux du Niesen. L'inversion Paléocène (?) du bassin du Lebendun constituerait la source d'apport sud pour les flyschs éocènes ultrahelvétiques et nord pour ceux du Niesen. Cette hypothèse nous paraît la plus vraisemblable.

7. Discussion et hypothèses sur les âges

Dans le Lebendun, le gneiss anté-triasique de Valgrande a servi de socle aux quartzites et aux dolomies massives représentant les dépôts anté-rift triasiques. Le conglomérat calcaire et les formations suivantes jusqu'à G2 sont les témoins de la sédimentation syn-rift. Cette sédimentation conglomératique cesse avec l'ennoisement du bassin et le dépôt de carbonates pélagiques qui donneront le marbre rubané, datant probablement du Malm (Fig. 5).

Nous avons maintenant la possibilité de rattacher la série intermédiaire à la couverture du Lebendun ou à celle d'Antigorio:

– A: lors de l'inversion de la marge nord, des conglomérats, pouvant correspondre à un faciès proximal de ceux décollés et non métamorphisés de la nappe du Niesen, sont sédimentés dans le bassin du Lebendun au Crétacé ou au Tertiaire (Ackermann 1986; Ackermann et al. 1991; Badoux & Homewood 1978; Jeanbourquin & Burri 1991). La zone du Teggiolo pourrait alors comporter une partie inférieure anté-rift (Trias-Lias inf.), recoupée par une surface érosive active dans Antigorio et Monte Leone (quartzites et

dolomies discontinus sur le socle du Monte Leone; Reymond 1989) jusqu'à la transgression relative du Malm, qui vient déposer le marbre du Teggiolo. Le marbre rubané de la série intermédiaire, appartenant dans cette hypothèse au Lebendun, serait un équivalent du marbre du Teggiolo. La série syn-rift serait la plus complète dans le bassin du Lebendun où aucune importante surface érosive n'a été mise en évidence.

– B: Si le calcschiste est lié stratigraphiquement à la zone du Teggiolo, nous interprétons la série quartzo-alumineuse comme dépôts triasiques anté-rift. Après un court épisode érosif, dû à la position d'Antigorio par rapport à l'épaulement, se déposent des séries syn-rift comprenant les marbres du Teggiolo, du Lias inférieur, et le calcschiste à blocs du Jurassique moyen à supérieur. Les marbres du Teggiolo et le calcschiste seraient des dépôts fins dans lesquels tomberaient parfois des olistolites, ou qui recevraient du matériel fluvial provenant de l'épaulement. Dans ce cas, le marbre rubané, correspondant à un ennoisement du bassin au Malm, se serait déposé dans tout le bassin et pourrait de ce fait appartenir à Lebendun et à Antigorio. Cette dernière hypothèse implique qu'il n'y a pas de sédiments plus jeunes que le Malm dans Lebendun.

– C: la troisième hypothèse situe le dépôt de ces calcschistes à l'Eocène. Ils représentent un wildflysch de l'ultrahelvétique interne déposé suite à l'inversion (Paléocène?) du bassin du Lebendun. Le reste de la série du Lebendun suit les âges proposés dans la première éventualité.

8. Conclusions

La nappe du Lebendun est composée d'un socle et d'une couverture autochtone mésozoïque en position renversée. L'étude lithostratigraphique met en évidence une sédimentation détritique continue, liée à la phase de rifting de la Téthys alpine au Lias inférieur. Dans la zone étudiée du bassin du Lebendun, l'apport des clastites grossières s'est probablement fait d'est en ouest, la granulométrie des séries détritiques diminuant constamment vers l'ouest. L'épaisseur de ces séries diminue dans le même sens. La cause peut être en partie tectonique et sédimentaire. Ces sédiments reposent sur une série pré-rift d'âge supposé triasique. La sédimentation se poursuivrait jusqu'au Malm, quand le bassin se fait ennoyer; ce fait est marqué par la présence d'un marbre pur, interprété comme calcaire pélagique. Ce bassin se trouvait sur la marge nord européenne et sa géométrie peut être de type bassin en échelon, lié au rifting.

Il y a similitude dans l'histoire anté-liasique des bassins d'Antigorio, du Lebendun et du Monte Leone. Une série plus complète est conservée dans le Lebendun. L'épisode érosif du Teggiolo peut correspondre à une position proche de l'épaulement d'Antigorio lors de l'ouverture de l'océan Liguro-Piémontais. L'âge des roches carbonatées de la zone du Teggiolo peut être considéré:

– A: datant du Malm; Antigorio est resté un haut topographique jusqu'à son ennoisement au Malm. Les marbres du Teggiolo seraient un équivalent du marbre rubané de Ponte Campo. Le calcschiste de la série intermédiaire appartiendrait en même temps à la série renversée du Lebendun et à la zone du Teggiolo. Il daterait du Crétacé moyen ou supérieur, voire du Tertiaire.

– B: datant du Lias; ce sont des sédiments fins provenant de l'épaulement situé au nord d'Antigorio. Le calcschiste de la série intermédiaire appartiendrait à la zone du Teggiolo et serait du Dogger. Le marbre rubané, marquant l'ennoisement au Malm des

bassins du Lebendun et d'Antigorio, appartiendrait aux deux nappes. Pour une raison indéterminée, il y a absence de sédiments plus jeunes que le Malm.

C: la série du Lebendun s'interrompt avec le marbre pur (Malm?). Elle repose tectoniquement en position renversée sur un calcschiste de type wildflysch en position normale d'âge Crétacé-Tertiaire éventuel, attribué à la nappe d'Antigorio. Les marbres du Teggiolo dateraient du Lias inférieur.

Remerciements

Les auteurs sont redevables à Ph. Favre, W. Leu, N. S. Mancktelow, G. Stampfli et M. Sartori pour leurs remarques et leurs critiques constructives du texte et des idées; A. Spring, par ses remarques pertinentes, a grandement amélioré la compréhension du texte; qu'ils en soient tous chaleureusement remerciés.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN, T. 1986: Le flysch de la nappe du Niesen. *Eclogae geol. Helv.* 79, 641–684.
- ACKERMANN, T., BURRI, M., JEANBOURQUIN, P. & MANCKTELOW, N. 1991: La zone Sion-Courmayeur en Haut-Valais et comparaison avec les flyschs valaisans dans les Alpes occidentales. *Eclogae geol. Helv.* 84, 255–263.
- BADLEY, M.E., PRICE, J.D. & BACKSHALL, L.C. 1989: Inversion, reactivated faults and related structures: seismic examples from the southern North Sea. In: *Inversion tectonics*. (Ed. by COOPER, M.A. & WILLIAMS, G.D.). *Geol. Soc. Sped. Publ.* 44, 201–219.
- BADOUX H. & HOMEWOOD, P. 1978: Le soubassement de la nappe du Niesen dans la région du Sépey (Alpes vaudoises). *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 74/353, 15–23.
- BEARTH, P. 1973: Carte géologique de la Suisse au 1 : 25000, feuille 1309, Simplon, et notice explicative. Commission géologique suisse.
- BOLLI, H., BURRI, M., ISLER, A., NABHOLZ, W., PANTIC, N. & PROBST, P. 1980: Der nordpenninische Saum zwischen Westgraubünden und Brig. *Eclogae geol. Helv.* 73, 779–797.
- BURRI, M., FRANK, E., JEANBOURQUIN P., LABHART, P., LISZKAY, N. & STRECKEISEN, A. sous presse: Geologischer Atlas der Schweiz 1 : 25000, Blatt 90 Brig (mit Erläuterungen). *Landeshydrologie und -geologie*.
- FRIZ, L. 1963: La serie stratigrafica del ricoprimento penninico inferiore del Lebendun in alta Val Formazza (Alpi Lepontine). *Estr. dalle Mem. Acc. Patavina, Cl. di Sci. Mat. e Nat.* 75.
- 1965: La presenza di un livello equivalente ai Quartenschiefer del Gottardo entro il mesozoico del ricoprimento penninico inferiore del Lebendun (alta Val Formazza). *Rendiconti dell'Accademia nazionale dei Lincei*. (Roma), (8), 38, 890–896.
- GERLACH, H. 1869: Die Penninischen Alpen. *Beitr. Geol. Schweiz. N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw.* 23.
- HAMMERSCHLAG, J-G. 1985: Métamorphisme progressif de la séquence quartzo-feldspathique, profil Aar-Bergell. Thèse Université Lausanne.
- HUBER-ALEFFI, A. 1982: Strain determinations in the conglomeratic gneiss of the Lebendun nappe, Ticino, Switzerland. *Diss. Universität Zürich*.
- JEANBOURQUIN P. & BURRI, M. 1989: La zone de Sion-Courmayeur dans la région du Simplon. *Service hydrologique et géologique national, rapport géologique No 11*.
- 1991: Les métasédiments du Pennique inférieur dans la région de Brigue-Simplon. *Lithostratigraphie, structure et contexte géodynamique dans le bassin du Valaisan*. *Eclogae geol. Helv.* 84, 463–481.
- JOOS, M.G. 1967: Über die Herkunft der Lebendunserie. *Eclogae geol. Helv.* 60, 151–155.
- 1969: Zur Geologie und Petrographie der Monte Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplon-Gebiet (Novara, Italia). *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 49, 227–323.
- JUSTIN-VESENTIN, E. 1967: Metamorfismo dei terreni del Trias superiore nel ricoprimento Lebendun (Val Formazza). *Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*.
- LEU, W. 1986: Lithostratigraphie und Tektonik der nordpenninischen Sedimente in der Region Bedretto – Baceno – Visp. *Eclogae geol. Helv.* 79, 769–824.
- LÜTHY, H.J. 1965: Geologie der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der penninischen Bündnerschiefer im Blinnental, Rappental und Binntal (Oberwallis). *Diss. Univ. Bern*.

- MANCKTELOW, N.S. 1985: The Simplon Line: A major displacement zone in the western Lepontine Alps. *Eclogae geol. Helv.* 78, 73–76.
- 1990: The Simplon fault zone. *Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.)* 163.
- MANSPEIZER, W. 1985: The Dead Sea rift: impact of climate and tectonism on Pleistocene and Holocene sedimentation. In: *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation*. Ed. by BIDDLE, K.T. *Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Mineral.* 47, 153–158.
- MILNES, A.G. 1965: Structure and history of the Antigorio nappe (Simplon Group, North Italy). *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 45, 167–178.
- 1973: Structural reinterpretation of the classic Simplon tunnel section of the central Alps. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 84, 269–274.
 - 1974: Post-Nappe Folding in the Western Lepontine Alps. *Eclogae geol. Helv.* 67, 333–348.
- NIGGLI, P., PREISWERK, H., GRÜTTER, O., BOSSARD, L. & KÜNDIG, E. 1936: Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia – und Bleniotal. *Beitr. geol. Karte Schweiz NF* 71.
- PREISWERK, H. 1918: Geologische Beschreibung der Lepontinischen Alpen. 2. Teil: Oberes Tessin- und Maggiagebiet. *Beitr. geol. Karte Schweiz*, 26. Lief.
- REYMOND, B. 1989: Stratigraphie et pétrographie de la nappe de Lebendun dans la région du Simplon, Alpje, Haut Valais. *Diplôme Université Lausanne*, inédit.
- RODGERS, J. & BEARTH, P. 1960: Zum Problem der Lebendundecke. *Eclogae geol. Helv.* 53, 170–178.
- SCHARDT, H. 1903a: Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon. *Imprimerie Corbaz & Cie, Lausanne*.
- 1903b: Le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon et venues d'eau dans le Tunnel du côté d'Iselle. *Imprimerie Corbaz & Cie, Lausanne*.
- SCHMIDT, C. 1908: Die Geologie des Simplongebirges und des Simplontunnels. F. REINHARDT, Universitäts-Buchdruckerei Basel.
- SCHMIDT, C. & PREISWERK, H. 1908a: Panorama des Monte Leone.
- 1908b: Geologische Karte der Simplongruppe 1 : 50000. Mit Verwertung der Aufnahmen von A. STELLA. *Geol. Spez. Karte* 48. Mit Erläuterungen (Nr. 6). *Schweiz. geol. Komm.*
- SPRING, L. 1988: Etudes géologiques dans le haut Val Cairasca (Italie). *Diplôme Université Lausanne*; inédit.
- STAMPFLI, G. & MARTHALER, M. 1990: Divergent and convergent margins in the North-Western alps. Confrontation to actualistic models. *Geodynamica Acta (Paris)*, 4, 3 159–184.
- STECK, A. 1980: Deux directions principales de flux synmétamorphique dans les Alpes centrales. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* (358) 75, 141–149.
- 1984: Structures de déformations tertiaires dans les Alpes centrales. *Eclogae geol. Helv.* 77, 55–100.
 - 1987: Le massif du Simplon. Réflexions sur la cinématique des nappes de gneiss. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 67, 27–45.
- STELLA, A. 1904: Sulla geologia della regione ossolana contigua al Sempione. *Boll. Soc. geol. ital.* 23, 84–89.
- WENK, E. & GÜNTHER, A. 1960: Ueber metamorphe Psephite der Lebendun-Serie und der Bündnerschiefer in NW-Tessin und Val d'Antigorio. Ein Diskussionsbeitrag. *Eclogae geol. Helv.* 53, 180–188.