

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 79 (1986)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Le Flysch de la nappe du Niesen  
**Autor:** Ackermann, Anton  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-165845>

#### **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:** 04.02.2026

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

# Le Flysch de la nappe du Niesen<sup>1)</sup>

Par ANTON ACKERMANN<sup>2)</sup>

## RÉSUMÉ

Le Flysch du Niesen comprend 400 à 1300 m de roches détritiques terrigènes: conglomérats abondants, grès et pélites. Le nannoplancton calcaire et les foraminifères planctoniques indiquent un âge maastrichtien pour la plus grande partie. Une mince bande de Tertiaire, daté par les foraminifères benthiques du Lutétien, se trouve au sommet du Flysch, à l'ouest de la Simme.

L'étude sédimentologique permet d'individualiser les environnements de dépôt. Les foraminifères à test agglutiné dans les pélites hémiplégiques dépourvues de carbonates, indiquent une sédimentation dans un milieu bathyal sous la CCD.

Les associations des faciès turbiditiques mettent en évidence les éléments suivants:

- Dans la partie inférieure du Flysch (Flysch de Frutigen), le bassin était alimenté par un cône sous-marin occidental dont on trouve une partie du canyon, un cône interne, moyen et externe, et puis par un système oriental, dont seul le cône interne est préservé.
- Dans la partie moyenne du Flysch (Flysch du Niesenkulm), des turbidites de matériel fin, riche en carbonates provenant du talus, s'étendaient dans tout le bassin.
- La partie supérieure (Flysch de Seron) est formée par des sédiments grossiers et des pélites du talus.

Les variations des paléocourants (provenant surtout du sud) et de la pétrographie des sédiments (analyse modale des grès, analyse des minéraux lourds et analyse qualitative des composants des conglomérats) suggèrent une forte activité tectonique (accidents transformants ou tectonique de convergence) déterminant les sources et la morphologie de la marge sud du bassin durant tout le Maastrichtien.

Le Flysch du Tauben, interprété comme écaille chevauchée par la masse principale de la nappe du Niesen, montre des similitudes pétrographiques avec le Flysch de Seron et le Flysch de Frutigen oriental. Des comparaisons pétrographiques entre la nappe du Niesen et la zone du Quermoz (partie externe de l'unité de Moûtiers dans la zone de Tarentaise) indiquent une patrie paléogéographique commune. La zone Niesen-Quermoz peut être individualisée des autres séries valaisannes. Les similitudes pétrographiques de la partie tertiaire du Flysch du Niesen avec les flyschs tertiaires ultrahelvétiques, ainsi que les arguments paléogéographiques cités ci-dessus indiquent que le Flysch du Niesen provient du bord septentrional du domaine pennique.

Une brève étude tectonique souligne le rôle important des décrochements de directions N-S au sein de la nappe du Niesen.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die rund 400–1300 m mächtige Serie des Niesen-Flysches besteht aus terrigenen Konglomeraten, Sandsteinen und Peliten. Für einen grossen Teil des Flysches weisen kalkiges Nannoplankton und die Globotruncanen-Fauna auf ein Maastricht-Alter hin; tertiäre benthonische Foraminiferen des Lutetians konnten lediglich in einem geringmächtigen Schichtverband im Oberteil des Flysches westlich der Simme nachgewiesen werden.

Sedimentologische Untersuchungen ermöglichen eine klare Abgrenzung der Sedimentationsbereiche. Der Fauneninhalt in den karbonatfreien hemipelagischen Peliten deutet auf eine Sedimentation im tiefbathyalen Bereich unter der CCD hin.

<sup>1)</sup> Travail élaboré à l'Institut de Géologie de l'Université, Pérrolles, CH-1700 Fribourg.  
Projet FNSRS 2.1690-74 (requérant: C. Caron).

<sup>2)</sup> Adresse actuelle: ABA-GEOL SA, 25, route des Arsenaux, CH-1700 Fribourg.

Die turbiditischen Faziesassoziationen lassen folgende Schüttungsverhältnisse erkennen:

- Im unteren Teil des Niesen-Flysches (Flysch de Frutigen) wurde das Sedimentationsbecken durch ein westliches Fächersystem mit Canyon, innerem, mittlerem und äusserem Fächer, sowie durch ein östliches System belieft, von dem nur der innere Fächer bekannt ist.
- Im mittleren Teil des Niesen-Flysches finden sich im ganzen Becken Turbidite aus feinkörnigem, karbonatreichem Material, das vom Kontinentalabhang her stammt (Flysch du Niesenkulm).
- Den Oberteil des Flysches bilden grobdetritische und pelitische Sedimente des Kontinentalabhangs (Flysch de Seron).

Die Variationen der Schüttungsrichtungen (vor allem aus südlicher Richtung) und der Petrographie der Sedimente (Modalanalyse der Sandsteine, Schwermineralanalyse und quantitative Analyse der Petrographie der Gerölle) können durch starke tektonische Aktivität (W–E-Lateralverschiebung oder konvergente Tektonik) erklärt werden, welche das Becken und dessen Sedimentation während des ganzen Maastrichtians beeinflusste.

Der Tauben-Flysch wird wegen seiner petrographischen Ähnlichkeit zum «Flysch de Seron» als tektonische Schuppe interpretiert, die unter der Hauptmasse der Niesen-Decke liegt. Petrographische Vergleiche des jurassischen Flysches der Niesen-Decke und der «Zone du Quermoz» (externste Einheit der «unité de Moûtiers» im savoyischen «Valaisan») sowie der kretazischen Flysche derselben Einheiten weisen auf eine paläogeographische Nachbarschaft hin. Die Niesen–Quermoz-Zone kann somit von den übrigen Serien des «Valaisan» abgetrennt werden. Die petrographische Ähnlichkeit der tertiären Schichten des Niesen-Flysches mit den tertiären ultrahelveticen Flyschen sowie die obenerwähnten Argumente lassen vermuten, dass die paläogeographische Heimat des Niesen-Flysches am Nordrand des Penninikums liegt.

Eine kurze tektonische Studie hebt die Wichtigkeit der N–S-Transversalverschiebungen hervor.

## ABSTRACT

The Niesen-Flysch comprises 400–1300 m of terrigenous clastic sediments: conglomerates together with subordinate sandstones and shales. Calcareous nannoplankton and planktic foraminifera give a Maastrichtian age for the greater part. A thin tertiary section dated as Lutetian by benthic foraminifera occurs at the top of the Flysch to the west of the Simme river.

Depositional environments were studied by sedimentological analysis, whereas the *Rhabdammina* fauna of the hemipelagic claystones indicates a bathyal environment, below CCD.

Turbidite facies associations of the lowest formation (Frutigen-Flysch) show a submarine canyon and fan system in the western sector. To the east, another fan system occurred, but only the proximal parts are preserved. In the middle formation (Niesenkulm-Flysch), finer grained clastics and slope-derived lime mud turbidites blanketed the basin. The upper formation (Seron-Flysch) comprises coarse clastics and shales laid down in a slope environment.

Paleocurrent directions (mainly from the south) and sedimentary petrography (framework grain composition, heavy mineral spectra, conglomerate clast types) suggest a strong tectonic control (strike-slip or convergent regime) of source terranes and of the morphology of the southern flank of the basin during deposition.

The Tauben-Flysch, a separate structural unit, shows petrographic similarities with the Seron-Flysch or with the eastern Frutigen-Flysch. A comparison of the petrography between the Niesen-Flysch and the Quermoz unit (at the front of the Moûtiers unit, Tarentaise zone, French Alps) suggests a close paleogeographical relationship. The Niesen–Quermoz zone may be individualized amongst the other Valais units. Similitude of petrography between the Tertiary section of the Niesen-Flysch and the Ultrahelvetic Flysch (also Tertiary) as well as the paleogeographical considerations show that the Niesen nappe derives from the northern margin of the Penninic realm.

A cursory structural analysis shows the importance of N–S-trending strike-slip faults affecting the Niesen nappe.

## TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction .....	643
2. Historiques des recherches .....	643
3. Stratigraphie de la Nappe du Niesen .....	645
4. Aperçu de la tectonique de la Nappe du Niesen .....	648
5. Sédimentologie .....	652
6. Reconstitution du bassin sédimentaire du Niesen .....	672
7. Origine paléogéographique du Flysch du Niesen .....	675
8. Conclusions .....	679
Bibliographie .....	681

## 1. Introduction

Le but du travail résumé ici<sup>3</sup>) était l'analyse du bassin du Flysch du Niesen. A cet effet, une révision stratigraphique a été tentée et une esquisse tectonique a été élaborée. L'accent a cependant été mis sur l'étude sédimentologique et pétrographique du Flysch du Niesen. Des levés de comparaison dans la zone de Tarentaise ont enfin permis l'intégration du bassin du Niesen dans la paléogéographie alpine.

La nappe du Niesen fait partie des Préalpes romandes en Suisse occidentale. Elle forme une chaîne de montagnes à relief accentué entre la Grande Eau à l'ouest et le lac de Thoune à l'est (fig. 1). Les crêtes sont coupées perpendiculairement par les vallées de la Sarine et de la Simme.

La limite méridionale de la nappe de la Simme est constituée par son chevauchement sur les différents terrains ultrahelvétiques dans la dépression de la Zone des Cols. La Zone Submédiane (WEIDMANN et al. 1976), qui s'exprime par une autre dépression morphologique, limite la nappe du Niesen au nord. Superposée tectoniquement à la nappe du Niesen, elle s'engage avec celle-ci sous les Préalpes médianes, d'affinité briançonnaise.

La nappe du Niesen comprend d'une part des terrains disparates et discontinus allant du Trias au Crétacé (ainsi qu'une lame de cristallin) à affinités nord-penniques et ultrahelvétiques, et d'autre part par une épaisse série de flysch d'âge maastrichtien et paléogène ancien, le Flysch du Niesen.

## 2. Historique des recherches

Le terme de «nappe du Niesen» est créé en 1902 par LUGEON. En 1914, ce même auteur découvre un lambeau de sédiments du type des «schistes de Casanna» de la nappe pennique du Grand-St-Bernard, en liaison stratigraphique avec le Flysch du Niesen. En suivant ARGAND (1911), il attribue dès lors la nappe du Niesen au domaine paléogéographique nord-pennique.

Les premières données stratigraphiques précises sont apportées par LUGEON & ANDRAU (1927) pour la partie occidentale de la nappe, et BORNHAUSER (1929) publie une monographie concernant la partie orientale de la nappe, située à l'est de la Simme. Le soubassement du Flysch du Niesen est analysé de façon détaillée par DE RAAF (1934). Cet auteur distingue deux digitations tectoniques superposées, dont chacune comporte des lambeaux de roches triasiques et/ou jurassiques et du Flysch du Niesen: la digitation dite du Chaussy (en bas) et la digitation de la Palette (en haut). Pour de Raaf, le Flysch du Niesen serait d'âge tertiaire, alors que LUGEON (1938) l'attribue au Crétacé supérieur.

L'existence de digitations au sein de la nappe du Niesen est confirmée par MCCONNEL (1951) qui apporte en outre les observations suivantes:

- Le Flysch du Niesen est d'âge maastrichtien, sauf pour sa partie sommitale tertiaire.
- Les décrochements de direction N-S sont d'une grande importance pour la compréhension de la tectonique, notamment l'accident du Voré, entre Palette et Seeberghorn.
- La digitation du Chaussy et celle de la Palette peuvent être raccordées par un grand pli-faille au nord de la Tornette.

<sup>3</sup>) Le manuscrit intégral de ce travail est déposé à l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg. Il inclut en annexe les descriptions détaillées des coupes, ainsi que les résultats des analyses de laboratoire. Les échantillons des roches étudiées, les lames minces et autres préparations sont déposés dans ce même institut.

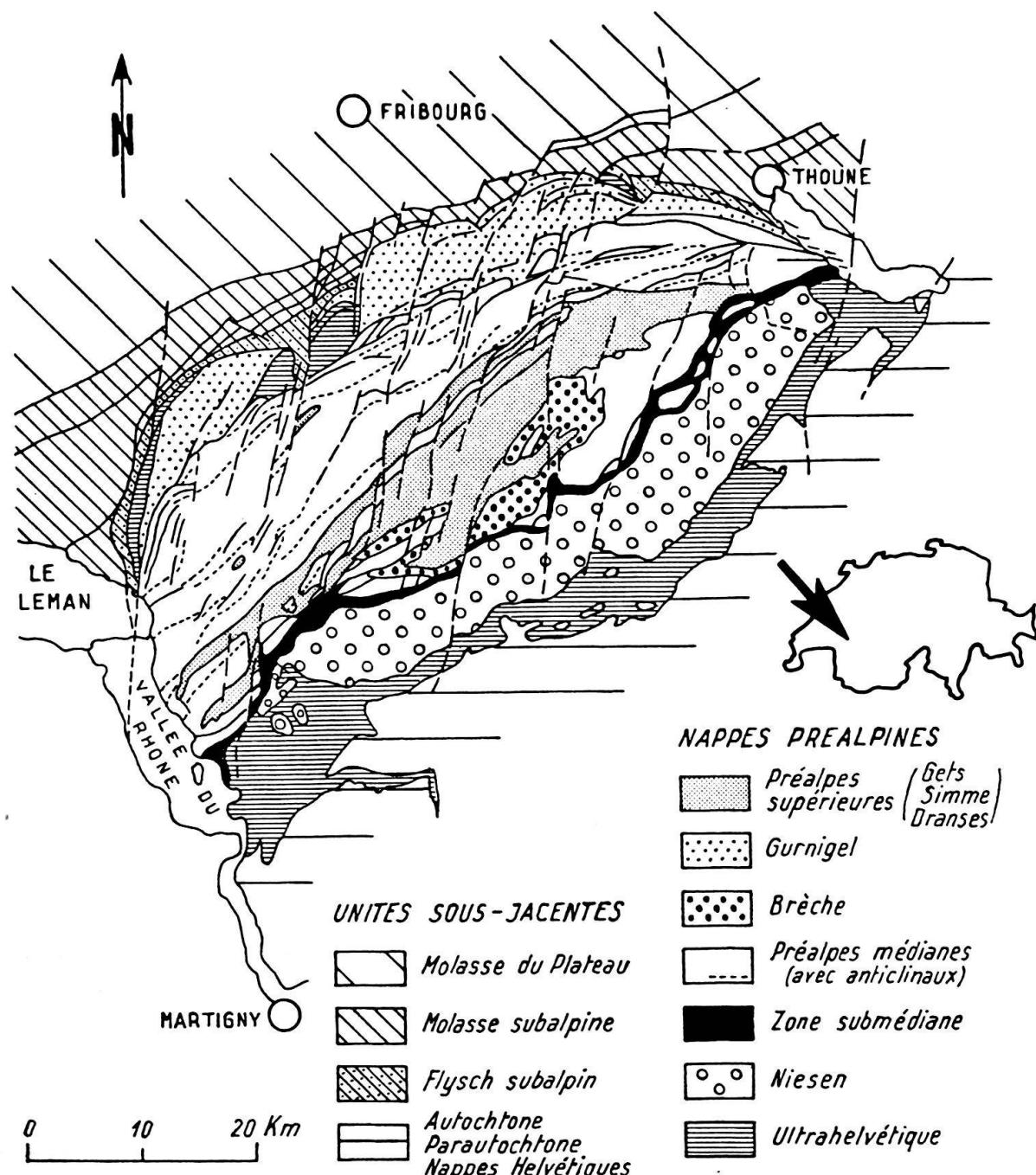


Fig. 1. Situation géographique et géologique de la nappe du Niesen d'après PLANCHEREL (1979).

Les données de de Raaf et de McConnel sont confirmées et complétées en 1971 par LOMBARD qui ajoute aux digitations déjà reconnues une digitation supérieure et d'autres écailles.

Le caractère cyclique de la sédimentation du Flysch du Niesen est relevé en 1949 par LOMBARD. BOUMA (1962) étudie des profils dans la partie orientale de la nappe et se prononce pour une éventuelle genèse des grès par des courants de turbidité. HOMEWOOD (1974) enfin, décrit la ressemblance pétrographique du Flysch du Meilleret (Ultrahelvétique) et du Flysch du Niesen.

### 3. Stratigraphie de la nappe du Niesen

#### 3.1 Le Soubassement anté-flysch

La base du Flysch du Niesen est jalonnée par des affleurements lenticulaires de séries anté-flysch. Les contacts entre ces séries et le flysch sont de nature soit clairement stratigraphique (concordants ou discordants), soit tectonisés, donc d'origine stratigraphique et/ou tectonique incertaine.

Les affleurements les plus importants de séries dont la liaison stratigraphique avec le Flysch du Niesen paraît assurée, sont les suivants:

- Au Plan de Moëlles (coord. 573.725/136.225), le Flysch du Niesen se trouve en contact stratigraphique érosif avec des calcarénites liasiques (comm. orale Dr M. Weidmann, Lausanne).
- Au Sépey (entre coord. 571.625/134.540 et 571.300/134.380), le Flysch du Niesen est superposé en discordance à une série d'âge jurassique, comprenant (BADOUX & HOMWOOD 1978):

1. des schistes à miches et à galets, d'âge aalénien;
2. les Grès et Marnes de la Raverette (épaisseur 15 m), composés de grès turbiditiques grossiers en bancs de 10 cm à 100 cm et d'interlits pélitiques noirs;
3. les Conglomérats de Leyderry, d'une épaisseur de 100 m;
4. les Grès de passage (20 m), à séquences turbiditiques de BOUMA (1962) incomplètes ( $T_{ab}$ ). Un *Perisphinctes* probable, un morceau cassé de Cidaridae ou de Diplocididae et des *Posidonia* ou *Bositra* (déterminations L. Pugin, Fribourg) suggèrent un âge Jurassique supérieur;
5. les Marnes et Calcaires de la Forclaz, épais de 30 à 50 m, sont constitués de pélites sombres et de calcarénites spathiques;
6. les Grès de Langy, d'une puissance de 40 m; ce sont en fait des microconglomérats à galets dispersés dans une matrice de grès grossiers, en bancs de 1 à 3 m.

Par la suite, les niveaux 2-6 énumérés ci-dessus seront appelés «Flysch jurassique».

Les principales séries à contact tectonisé sont les suivantes:

- la «zone de Murgaz» (MC CONNEL 1951),
- la «zone de Krinnen» (DE RAAF 1934),
- la «zone de Wallegg» (MC CONNEL 1951),
- la «zone de Gschwend» (DE RAAF 1934), et
- la «Gipszone» (BORNHAUSER 1929).

Pour l'ensemble de ces lambeaux de roches anté-Flysch du Niesen, la stratigraphie suivante peut être reconstituée:

- lame cristalline de Gsteig, décrite par LUGEON (1914) comme Schistes de Casanna, d'âge carbonifère présumé;
- Trias: quartzites, dolomies, calcaires dolomitiques, brèches dolomitiques, gypse, pélites rouges, vertes et grises, grès et calcaires marmorisés;
- Lias: calcaires à *Arietites*, calcaires échinodermiques, brèches spathiques et dolomitiques, schistes à bélémnites;
- Dogger-Malm: schistes à miches d'âge aalénien, Flysch jurassique du Sépey, calcaires compacts à calpionnelles et calcaires à *Aptychus*;

- Crétacé inférieur: plusieurs types de calcaires;
- Crétacé supérieur: calcaires à *Globotruncana*.

### 3.2 Subdivision lithostratigraphique du Flysch du Niesen

Plusieurs subdivisions lithostratigraphiques du Flysch du Niesen ont été tentées dans le passé (fig. 2). A l'aide d'un grand nombre de coupes stratigraphiques (cf. chap. 5) et sur une nouvelle cartographie à l'échelle 1:50 000, on propose ici une nouvelle subdivision du flysch en quatre formations. Ces formations, bien que définies dans des localités types, n'ont cependant qu'une valeur informelle, étant donné les grandes variations latérales des épaisseurs et des lithologies.

La description détaillée de la lithologie et de la sédimentologie se trouve dans le chapitre 5. Pour cette raison, on se limitera ici à la définition des formations.

*Le Flysch de Frutigen* (fig. 4) constitue la partie inférieure du Flysch du Niesen dans le corps principal de la nappe. La formation est caractérisée par un dépôt conglomératique, gréseux et pélitique dont l'épaisseur (100 à 750 m) et la lithologie varient beaucoup latéralement.

#### Profils types:

- Frutigen, coord. 617.125/162.600, à 850 m (fig. 4).
- Fromberghorn, entre coord. 615.225/165.180 (à 1955 m, fig. 4) et 614.460/165.200 (à 1700 m).

*Le Flysch du Niesenkuhm* (fig. 6) forme la plupart des sommets de la chaîne du Niesen. La limite inférieure de la formation correspond à l'apparition de niveaux de boues calcaires dans les séquences turbiditiques. Il s'agit d'un passage graduel sur une épaisseur de 30 à 50 m au toit du Flysch de Frutigen. La limite supérieure du Flysch du Niesenkuhm correspond à la disparition brutale des niveaux calcaires. Le sommet est formé par une

LUGON & ANDRAU 1927		BORNHAUSER 1929		De RAAF 1934		MC CONNELL 1951		LOMBARD 1971		ACKERMANN 1984	
Massif du Chaussy		Simme-Niesen		Sarine-Simme		Chaussey-Sarine		Chaussey-Simme		Simme Niesen	
Flysch supérieur						Flysch supérieur		Flysch du supérieur		Flysch du Chesselbach	
Flysch moyen	Flysch à nodosaires		Obere Breccien - Kalk- Tonschiefer- zone			Flysch à nodosaires		Fm du Flysch supérieur			
	Conglomérat moyen					Conglomérat moyen		Fm des calcschistes zoogènes			
	Flysch à calcaires blancs		Mittlere Kalk-Breccien- zone			Flysch à calcaires blancs		Fm du Conglomérat moyen			
	Flysch à brèches		Untere Sandsteinzone			Conglomérat intermédiaire		Fm du Flysch intermédiaire			
	Flysch schisteux		Frutigserie			Niveau gréso-calcaire		Fm du Flysch gréso-calcaire			
						Niveau schisto-gréseux		Fm du Flysch schisto-gréseux et gréso-schisteux			
						Niveau gréso-schisteux					

Fig. 2. Tableau comparatif des unités lithologiques du Flysch du Niesen (Fm = Formation).

séquence turbiditique négative. La lithologie de la formation est très homogène dans toute la nappe du Niesen; son épaisseur varie de 120 m à l'ouest, à 250 m à l'est.

#### Profil type:

- Niesenkulm, à partir de la station de Schwandegg, à 1720 m (coord. 617.350/165.730), en passant par le sommet du Niesen vers l'ouest, jusqu'à Stueffistein, à 1862,4 m (coord. 614.800/166.350).

*Le Flysch de Seron* (fig. 7) affleure dans la partie septentrionale de la nappe sur une épaisseur de 120 à 300 m. Sa limite inférieure est définie par l'apparition brutale de conglomérats et de pélites, correspondant à la disparition des calcaires fins. La limite supérieure n'affleure que de façon discontinue: à l'est de la Simme, il s'agit du contact tectonique avec la Zone Submédiane; à l'ouest de la Simme, le Flysch de Seron est surmonté par le Flysch du Chesselbach.

#### Profils types près du col de Seron:

- Vannées d'Ayerne, entre coord. 579.975/135.700 et 579.750/135.890, pour la partie inférieure (fig. 7);
- Fodéra, entre coord. 577.725/139.000 et 577.375/139.150, pour la partie supérieure (fig. 7).

*Le Flysch du Chesselbach* (fig. 8), constitué par une alternance de grès turbiditiques et de pélites, se trouve exclusivement à l'ouest de la Simme, où il repose en contact stratigraphique sur le Flysch de Seron. Ce contact n'affleure cependant que dans la coupe type. L'épaisseur observable de la formation dans le Chesselbach est de 200 m ; à l'ouest de ce secteur, les profils sont incomplets. Le chevauchement de la Zone Submédiane limite le Flysch du Chesselbach vers le haut.

### 3.3 Biostratigraphie du Flysch du Niesen

MC CONNEL (1951) et LOMBARD (1971) ont daté la partie inférieure du Flysch du Niesen (Flysch de Frutigen, Flysch du Niesenkulm et Flysch de Seron) du Maastrichtien, grâce à la présence de *Siderolites vidali* DOUV. La partie supérieure du flysch (Flysch du Chesselbach) leur a fourni des nummulites d'âge Yprésien–Lutétien.

Au cours de ce travail, on a tenté une datation du Flysch du Niesen à l'aide de foraminifères planctoniques, de foraminifères benthiques et de nannofossiles calcaires.

Dans le Flysch de Frutigen, le Flysch du Niesenkulm et le Flysch de Seron, les foraminifères benthiques sont des *Clypeorbis* sp. et des Orbitoïdes du Crétacé. Comme foraminifères planctoniques, on a trouvé *Rosita fornicata* (PLUMMER), *Globotruncana arca* (CUSHMAN), *G. rosetta* (CARSEY), *G. stuarti* (DE LAPPARENT), *G. havanensis* (VORWIJK), *G. sp.*, *Rugoglobigerina* sp., *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp. Ces foraminifères indiquent un âge Campanien à Maastrichtien pour les trois formations.

Cependant, l'étude des nannofossiles calcaires (500 préparations, dont 143 ont été positives) a montré des espèces du Maastrichtien dès la base du Flysch de Frutigen et jusqu'au sommet du Flysch de Seron, dont: *Ceratolithoides kamptneri* BRAMLETTE & MARTINI (1964), *C. aculens* (STRADNER 1961) PRINS & SISSINGH (1977), *Braarudosphaera turbinae* STRADNER (1963), *Arkhangelskiella cymbiformis* VEKSHINA (1959), *Quadrum nitidum* (MARTINI 1961) PRINS & PERCH-NIELSEN (1977), *Q. trifidum* (STRADNER 1961)

PRINS & PERCH-NIELSEN (1977), *Q. gothicum* (DEFLANDRE 1959) PRINS & PERCH-NIELSEN (1977), ainsi que d'autres espèces. On peut donc penser que les trois formations se sont déposées au cours du Maastrichtien.

Le Flysch du Chesselbach nous a fourni des foraminifères remaniés du Crétacé supérieur, ainsi que les espèces suivantes: *Discocyclina* cf. *roberti* (DOUVILLE), *Discocyclina* cf. *archiaci* (SCHLUMBERGER), *Discocyclina* sp., *Asterigerina rotula*, *Nummulites* sp., *Heterostegina* sp., *Globigerina* sp., *Rotalia* sp. et *Globorotalia* sp. L'âge le plus jeune au sommet de la formation est le Lutétien supérieur. La partie inférieure du Flysch du Chesselbach n'a fourni aucune faune typique du Paléocène. Cependant, aucun argument n'indique une lacune sédimentaire entre le Flysch de Seron, maastrichtien, et le Flysch du Chesselbach. Ce dernier a donc pu se déposer en continuité stratigraphique sur le premier.

#### 4. Aperçu de la tectonique de la nappe du Niesen

La planche hors-texte et la figure 3 résument nos observations concernant la tectonique et la structure de la nappe du Niesen. Ces documents ont été établis grâce à des levés de terrain et à l'analyse des photos aériennes, ainsi qu'à l'aide des cartes de BORNHAUSER (1929), ANDRAU (1929), DE RAAF (1934), ARBENZ (1947), McCONNEL (1951) et CONNE (1974). Les lambeaux séparés de la masse principale de la nappe à l'extrême ouest (région Aigremont-La Forclaz) n'ont pas été étudiés.

La nappe du Niesen est constituée par les éléments tectoniques suivants (fig. 3, pl. h.-t., du bas vers le haut):

1. Le plan de chevauchement de la nappe du Niesen sur l'Ultrahelvétique; ce plan a été légèrement replissé et redressé après la mise en place de la nappe, notamment dans le secteur occidental.
2. L'écaille du Tauben, composée d'un soubassement anté-flysch variable et étiré et d'un flysch du type Flysch du Frutigen oriental ou Flysch de Seron (chap. 5.7). Les éléments anté-flysch comprennent la zone de Murgaz à l'ouest de la Sarine (McCONNEL 1951) et la zone de Krinnen entre la Sarine et la Simme (DE RAAF 1934). L'écaille du Tauben est limitée au secteur compris entre le col du Pillon et la Simme. A l'est de la Simme, la «Gipszone» de BORNHAUSER (1929) se trouve dans une position structurale semblable à celle de l'écaille du Tauben plus à l'ouest.
3. Le plan de chevauchement du corps principal de la nappe du Niesen, dessinant le plissement en commun de l'écaille du Tauben et du corps principal, postérieurement à la superposition des deux unités.

---

	Flysch du Chesselbach		Soubassement anté-flysch
	Flysch de Seron		Contact anormal chevauchant
	Flysch du Niesenkuhm		Unités tectoniques encadrantes
	Conglomérats Flysch de Frutigen		UH Ultrahelvétique
	Grès		Pm Préalpes médianes
	Flysch du Tauben		Zs Zone submédiaine

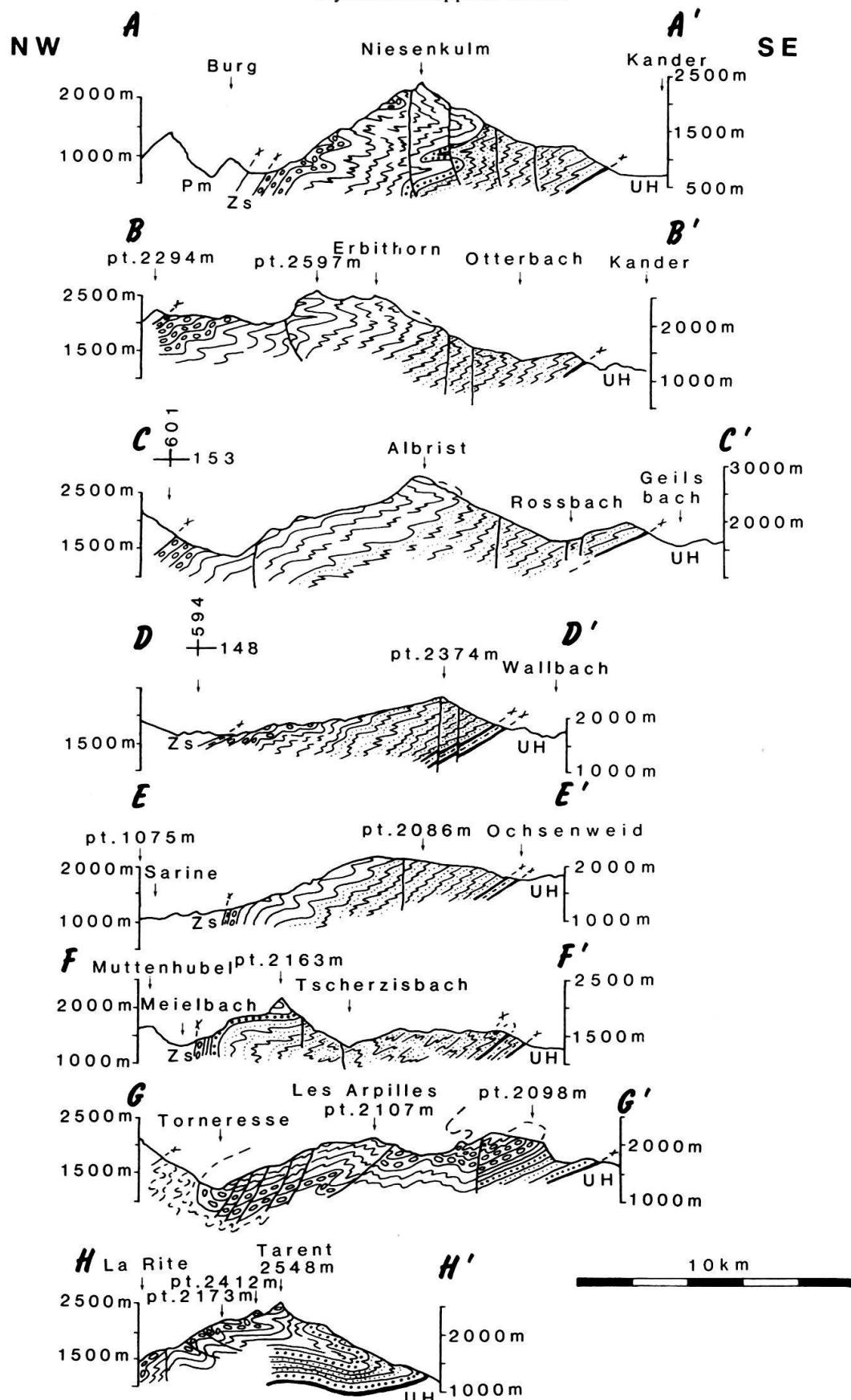


Fig. 3. Profils schématiques de la nappe du Niesen. Situation des profils sur l'esquisse structurale (planche hors-texte).

4. Le corps principal de la nappe du Niesen, comprenant:
  - des zones de mélanges à lambeaux mésozoïques (zone de Wallegg (MC CONNEL 1951) et zone de Gschwend (DE RAAF 1934));
  - le Flysch du Niesen, composé par le Flysch de Frutigen, le Flysch du Niesenkulm, le Flysch de Seron et le Flysch du Chesselbach.
5. Le plan de chevauchement de la Zone Submédiane, redressé tardivement. Le pendage vers le nord de ce plan est très fort à l'est; il diminue ensuite à 20° environ dans le secteur occidental, à l'exception de la vallée du Lauibach et de la vallée de la Sarine, où il est redressé presque verticalement.

Les séries du corps principal de la nappe du Niesen sont déformées par des plissements à plusieurs échelles; la direction et le pendage des axes et des plans axiaux peuvent varier à très courte distance.

Entre le Niesen et la Simme, la structure de la nappe est celle d'une synforme déversée dont le flanc normal est incliné vers le nord, pour disparaître sous le chevauchement de la Zone Submédiane et des Préalpes médianes. Le flanc normal de cette synforme montre, dans la région comprise entre Chirel et Simme, des «kink folds» de dimension hectométrique (fig. 3, coupes B et C). De la Simme à la Sarine, la structure est monoclinale, en position normale.

Entre la Sarine et la faille du Voré (col du Pillon, coupe F de la fig. 3), le Flysch de Frutigen est affecté par des plis dont les plans axiaux ont été basculés vers le nord. Le front de la nappe est formé par un anticlinal.

Entre la faille du Voré et le col des Mosses (fig. 3, coupes G et H), la partie centrale de la nappe du Niesen constitue une synforme complexe avec étirement du Flysch de Seron (Cape au Moine, Tarent, Châtillon). Le pli frontal de la nappe se suit jusqu'à son extrémité occidentale.

Les accidents affectant la nappe du Niesen sont de trois types:

1. Des accidents verticaux ou subverticaux de direction SSE–NNW (variant entre 140–320° et 160–340°) apparaissent en faisceaux ou isolés dans toute la nappe. Ils déterminent des cirques et des vallées latérales sur la versant nord (Fildrich, Lauibach) et des gorges sur le versant sud de la chaîne du Niesen. Certains de ces accidents affectent aussi bien le corps principal de la nappe du Niesen que l'écailler du Tauben et les unités préalpines encadrantes (fig. 3, coupe D). Le compartiment situé à l'est d'un accident est souvent abaissé par rapport au compartiment situé à l'ouest. Ceci peut être observé par exemple pour l'accident passant entre le Niesen et le Fromberghorn, qui montre une composante normale et une composante décrochante dextre.
2. Les accidents de direction méridienne à subméridienne, correspondent souvent à des dépressions, ils affectent aussi bien la nappe du Niesen que les unités encadrantes. Au sein du Flysch du Niesen, une liaison peut être établie entre l'apparition de ces accidents et le style de plissement des séries. Les accidents les plus importants sont les suivants:
  - Le faisceau du Niesen, découpant le massif en plusieurs compartiments à structure comparable, intensément plissés. Sa prolongation au sud correspond probablement à la dépression du Kandertal. Le style de la déformation à l'ouest de ce faisceau se simplifie, le Flysch de Seron ne formant plus qu'une synforme déversée à géométrie cylindrique.

- L'accident du Chirel délimite cette zone simple vers l'ouest; dans son compartiment occidental, le Flysch de Seron est plissé en «kink folds».
  - Le faisceau des accidents de la vallée de la Simme peut être observé dans la Flöschhore et le Wistätthorn. Une structure monoclinale se développe dans son compartiment occidental. Les accidents de la Simme limitent l'écaillle du Tauben vers l'est. Vers le sud, ils se prolongent dans les unités helvétiques du col du Rawil.
  - L'accident du Lauibach coïncide avec le redressement du plan de chevauchement supra-nappe, et il est probablement responsable des perturbations dans le front helvétique plus au sud.
  - L'accident de la Sarine délimite vers l'est la zone des grandes synformes et antiformes déversées vers le nord.
  - La faille du Voré délimite ce style tectonique de la nappe du Niesen vers l'ouest et elle constitue la limite occidentale de l'écaillle du Tauben (MC CONNEL & DE RAAF 1929). A l'ouest de la faille, les plans axiaux du flysch intensément plissé sont soit subhorizontaux, soit inclinés vers l'est. La prolongation de la faille vers le sud passe par la dépression entre Oldenhorn et Sex Rouge.
  - On peut également présumer l'existence d'accidents N-S aux deux extrémités de la nappe: au lac de Thoune et au col des Mosses.
3. Les accidents E-W ou NE-SW apparaissent de façon discontinue, dans des compartiments délimités par des accidents SSE-NNW ou N-S. Le plus souvent, le compartiment méridional est soulevé. Dans le massif des Arpilles et de la Corne des Brenleires, des failles inverses inclinées vers le nord, affectent le flanc inverse d'une grande synforme couchée, les compartiments septentrionaux étant soulevés.

### *Discussion*

En considérant la nappe dans son ensemble, les accidents N-S apparaissent comme l'un des éléments structuraux les plus importants. Lorsqu'ils apparaissent en faisceaux (Niesen, région à l'ouest de Voré), le plissement devient plus intense. Ils délimitent des compartiments à types de plis différents, bien qu'il s'agisse presque toujours de synformes plus ou moins déversées vers le nord. Ils délimitent l'écaillle du Tauben à l'ouest et à l'est. Les accidents semblent aussi influencer l'inclinaison vers le nord du plan de chevauchement des unités préalpines au nord.

L'importance capitale des accidents N-S dans le contexte préalpin a déjà été relevée par PLANCHEREL (1979) qui applique le modèle structural de WILCOX et al. (1973) aux Préalpes médianes plastiques. Il attribue les accidents subméridiens à un mouvement cisaillant, horizontal et sénestre, de type décrochant; synchrone à celui-ci, un mouvement compressif chevauchant qui plisse les sédiments de part et d'autre du décrochement. Ce synchronisme mène à une indépendance des structures dans chaque compartiment, ce qui correspond bien aux observations dans la nappe du Niesen.

Des deux mouvements principaux découlent des mouvements secondaires dont nous trouvons des traces dans la nappe du Niesen:

1. décrochements «synthétiques» sénestres, de direction NNW-SSE,
2. décrochements «antithétiques» dextres, de direction E-W.

Remarquons enfin que le style de plissement de la nappe du Niesen, caractérisé par des plis très étirés à plusieurs échelles, ressemble beaucoup plus au style des nappes

helvétiques au sud qu'au style de plissement des unités préalpines au nord (comme cela avait déjà été observé par d'autres auteurs).

## 5. Sédimentologie

Pour la description sédimentologique du Flysch du Niesen, les notions suivantes sont utilisées: au niveau du banc, la séquence de Bouma (BOUMA 1962, « $T_{a-c}$ ») et le modèle de LOWE (1982, « $R_{1-3}$ ,  $S_{1-3}$ » pour les conglomérats et « $T_i$ » pour les turbidites gréso-pélitiques); au niveau de l'association des faciès ou groupes de bancs, le système de MUTTI & RICCI LUCCI (1972, «A–H»).

La granulométrie est classée selon l'échelle de WENTWORTH (1922). Le diamètre maximum  $D_{max}$  désigne la moyenne des diamètres maximum et minimum apparent d'un bloc, alors que  $D_{10}$  est la moyenne de dix des douze diamètres maximaux, éliminant les deux plus grands.

Etant donné la grande variation des classes granulométriques présentes dans les conglomérats du Flysch du Niesen, ainsi que la présence occasionnelle dans un banc de clastes surdimensionnés, il a fallu choisir une façon de mensuration représentative. Le diamètre maximum pour une station est donc mesuré, ainsi que la moyenne des dix plus grands clastes, à l'exception des deux plus gros.

Dans les conglomérats, trois catégories de texture sont distinguées: galets jointifs avec matrice sableuse, galets dispersés dans une matrice sableuse, galets jointifs et dispersés dans une matrice pélitique. Les deux premières montrent des passages graduels l'un à l'autre.

Dans le texte qui suit, les épaisseurs des bancs sont indiquées entre parenthèses après la granulométrie ou le type de faciès. L'épaisseur relative du conglomérat avec la turbidite sus-jacente permet l'application du modèle de LOWE (1982).

Les paléocourants sont mesurés en tenant compte de l'orientation des rares structures sédimentaires («groove», «flute» et «load casts»), de l'orientation préférentielle des galets allongés (moyenne de dix mesures), de l'imbrication des galets, et enfin des zones d'ombre des gros éléments.

Les séquences (variation systématique de l'épaisseur des bancs et de leur granulométrie) sont soit métriques, soit hectométrique. Les conglomérats sont fréquemment discontinus latéralement, délimités par une surface basale fortement érosive (chenaux) ou par une surface supérieure convexe (langue ou lobe de coulée).

Les interprétations des processus de sédimentation et des environnements de dépôt invoquent les travaux de BOUMA (1962), GHIBAUDO (1981), HISCOTT (1980), LOWE (1982), MIDDLETON & HAMPTON (1973), MUTTI & RICCI LUCCI (1972), MUTTI et al. (1981), NILSEN et al. (1981), NORMARK (1970), RICCI LUCCI (1975), SURLYK (1975) et WALKER (1978).

### 5.1 Sédimentologie du Flysch de Frutigen

Sépey (571.320/134.410, à 1076 m)

Le Flysch de Frutigen (100 m d'épaisseur) repose en discordance angulaire sur le flysch jurassique et se trouve en série renversée, le long de la route qui monte au col des Mosses.

La série est dominée par des séquences composées de conglomérats à galets jointifs (épaisseur 1–8 m,  $D_{10} = 1$  m,  $D_{max} = 4$  m), non granoclassés, surmontés d'une séquence de Bouma  $T_c$  gréuseuse, de faible épaisseur. La surface supérieure des conglomérats est souvent convexe.

Certaines séquences de conglomérats à galets dispersés dans une matrice de sable grossier (épaisseur 0,5–3 m) montrent des bancs érosifs. La séquence gréuseuse sus-jacente ( $T_c$ ) montre un épaisseur semblable à celle des conglomérats. Des grès organisés en séquences de Bouma incomplètes à leur base (épaisseur: 1 m) sont parfois surmontés d'argilites hémpélagiques millimétriques, contenant des foraminifères à test agglutiné.

### *Pic Chaussy–Les Jeans–Palette*

L'épaisseur du Flysch de Frutigen augmente considérablement vers l'est. Les séries sont dominées par des tubidites gréuseuses (0,2–1 m), souvent incomplètes vers le sommet ( $T_{ab}$ ,  $T_{abe}$ ,  $T_{abce}$ ), et forment des grandes séquences négatives. Les conglomérats à galets jointifs (1–5 m,  $D_{10} = 20$  cm) et à galets dispersés apparaissent moins souvent.

Localisation des profils et observations sédimentologiques:

- Plan des Moëlles (573.725/136.225, à 1600 m). Les conglomérats à base érosive remplissent des dykes clastiques dans une calcarénite liasique.
- Dix (577.480/135.470, à 1740 m) jusqu'au sommet du Pic Chaussy: séquence négative.
- Les Jeans (576.120/134.425, à 1320 m): séquence négative conglomératique.
- La Comba (578.600/134.475, à 1408 m): conglomérats à la base de la série, puis séquence négative gréuseuse.
- Vannées d'Ayerne (579.790/135.575, à 1780 m) jusqu'à 1820 m: séquence négative conglomératique.
- Palette (581.580/135.100, à 2170 m): séquence négative conglomératique.

### *La région de Meiel*

A Ober Meiel (583.000/141.550, à 1940 m) et à Ober Stalden (585.080/142.110, à 1820 m), le terme sommital du Flysch de Frutigen est formé de conglomérats à galets jointifs, en bancs de 10 m ( $D_{10} = 40$  cm). Par leur épaisseur et leur granulométrie, ils ressemblent à ceux du profil du Sépey; en revanche, ils s'en distinguent par l'absence de conglomérats à galets dispersés et la présence de turbidites gréuseuses.

Ici le conglomérat se trouve dans une situation tectonique particulière; c'est un flanc normal d'un grand anticlinal couché (fig. 3). En le dépliant, on peut situer son aire de sédimentation à au moins 6 km au sud de celle des conglomérats décrits dans le profil d'Ayerne.

### *Walighürli–Chrine–Lauenenhorn–Flöschehore*

Le Flysch de Frutigen montre à sa base une série pélitique à turbidites gréuseuses (0,2 m), souvent incomplètes vers le sommet ( $T_{ab}$ ,  $T_{abe}$ ,  $T_{abce}$ ). Le rapport sable/pélites est de 1:5 à la base et varie jusqu'à 1:2 en montant dans la série. La partie supérieure est formée presque exclusivement de turbidites gréuseuses (1 m,  $T_{abe}$ ) et montre une séquence négative.

Localisation des affleurements:

- Walighürli (584.825/138.020, à 2050 m) à l'arête sud-est: série pélitique.
- Brüchlirizze, 350 m au nord du col de Chrine (589.425/139.140, à 1659 m): série pélitique.

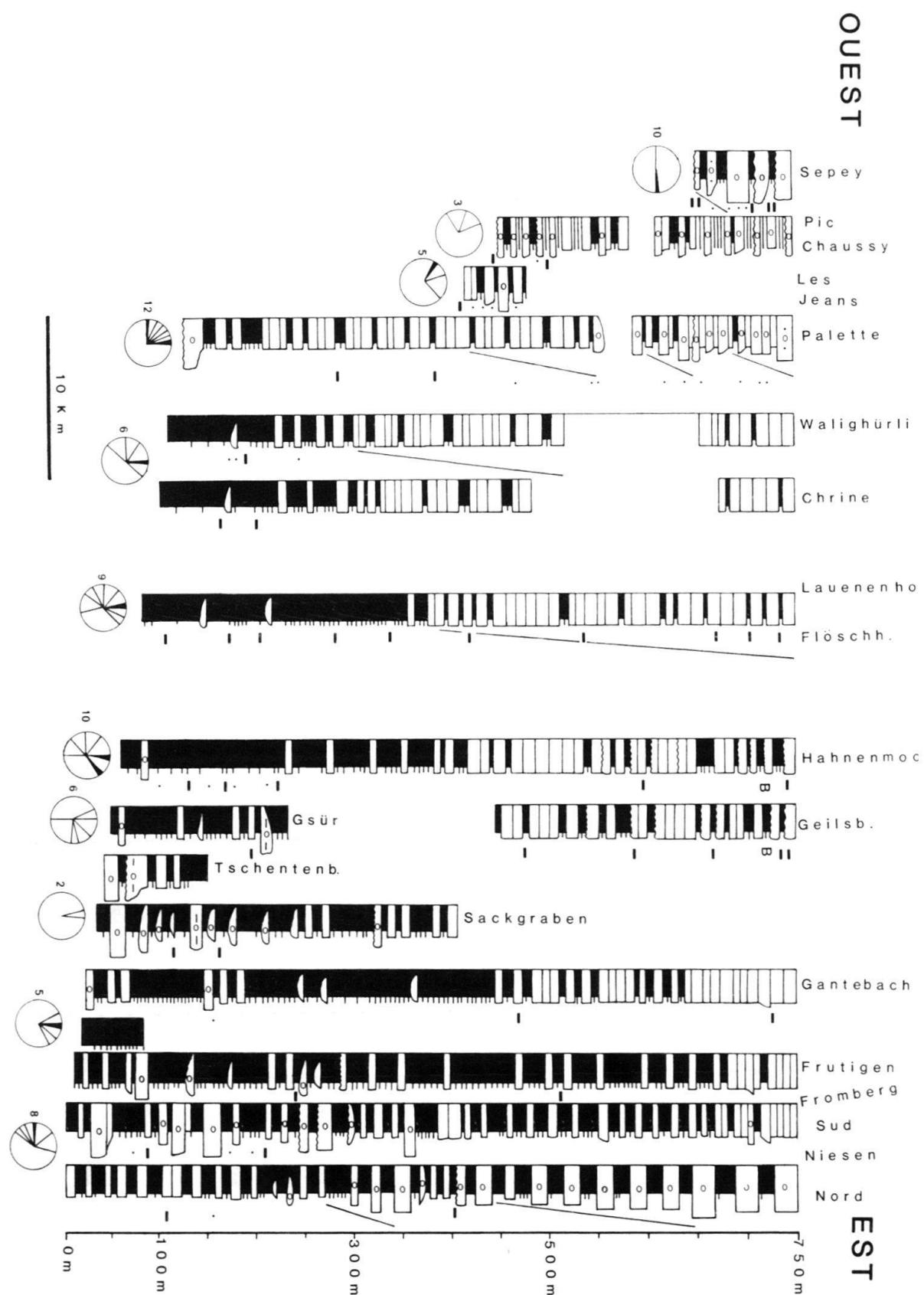


Fig. 4. Compilation sédimentologique sur l'ensemble du Flysch de Frutigen.

- Wallritze, 500 m au sud de Flöschehore (597.520/145.790, à 2079 m): série pélitique.
  - Wildspille, 200 m au nord de pt. 1892,5 m (588.975/142.100): séquence négative.
  - Lauenenhorn (2477 m) et Wistäthorn (2362 m) sur les crêtes E-W et NW-SE: séquence négative.
  - Flöschehore (2079 m) dans la falaise, à 300 m au sud du sommet: séquence négative.

*Hahnenmoos–Frutigen–Niesen*

Dans cette partie de la chaîne, le Flysch de Frutigen montre les caractéristiques suivantes. A sa base, la série augmente progressivement vers l'est. Elle contient des turbidites gréseuses. Le rapport sable/pélites atteint 1:10 au Sackgraben, où l'épaisseur maximale des pélites est de 7 m. Dans la série pélitique, apparaissent des conglomérats à galets jointifs ou à matrice pélitique, non granoclassés lenticulaires. Leur épaisseur et leur abondance augmentent vers l'est. Ils sont surmontés d'un turbidite gréseuse de très faible épaisseur (0,2–1 m), qui se limite à l'intervalle  $T_b$ . Dans les profils de la Simme jusqu'au Niesen sud, les conglomérats n'apparaissent que dans la partie inférieure du Flysch de Frutigen. Dans le profil Niesen nord, par contre, on trouve à la base du Flysch de Frutigen des pélites et des turbidites grueseuses (0,2–1 m). La partie supérieure du profil montre des pélites et des conglomérats à galets jointifs d'une épaisseur jusqu'à 10 m. Le profil Niesen nord montre une séquence négative spectaculaire.

La série pélitique est surmontée par des turbidites gréseuses (1 m) surtout  $T_{abe}$  riche en ichnofossiles. Cette série gréseuse forme la moitié supérieure du Flysch de Frutigen jusqu'à la Simme, mais diminue progressivement d'épaisseur vers l'est, pour disparaître complètement dans le profil Niesen nord.

#### Localisation des profils et observations sédimentologiques importantes:

- Geilsbach (604.950/145.900, à 2040 m): conglomérats (5 m,  $D_{10} = 30$  cm).
  - Tschenenbach (609.750/151.300, à 1287 m): conglomérats (6 m,  $D_{10} = 10$  cm).
  - Sackgraben (611.250/153.375, à 1130 m): pélites et conglomérats.
  - Gantebach (613.660/158.000, à 980 m): pélites et conglomérats.
  - Leimbach (615.080/160.500, à 1000 m): pélites et turbidites gréuses.
  - Hahnenmoos (604.025/146.900, à 2371 m), 100 m au sud du Tierberg: turbidites gréuses (1 m,  $T_{abe}$ ).
  - Gsür (606.180/151.025, à 2708.5 m) sur l'arête sud-est, entre 2120 et 2400 m: turbidites gréuses.

- direction et sens
- direction
- n nb. de mesures
- mesure unique
- || plusieurs mesures

conglomérats	o	galets jointifs
	o o	galets dispersés
	o o o	matrice pélitique
	□	> 8 m
	□	> 5 m
	□	> 2 m
	□	> 1 m

Pélites et turbidites  
 $< 0,2 \text{ m}$

grès

0,2 - 0,5 m

0,5 - 0,7 m

0,7 - 1 m

$> 1 \text{ m}$

~~~~~ base érosive  
/ séquence de  
progradation

- Josena (profil Gantebach) (612.325/158.900, à 1680 m) jusqu'à 2000 m: turbidites gréseuses.
- Heitibach (616.375/161.850, à 890 m): conglomérats et pélites.
- Blatti (617.600/163.275, à 1120 m): conglomérats et turbidites gréseuses.
- Lauibach (618.200/163.975, à 880 m): conglomérats et turbidites gréseuses.
- Stöpfweiden (Niesen nord) (618.372/164.275, à 1050 m), en montant la route jusqu'à 1180 m: conglomérats.
- Fromberghorn entre le pt. 1955 (615.225/165.180) et le pt. 1700 (614.460/165.200): turbidites gréseuses.
- Niesen Sud entre (617.750/164.425, à 1180 m) et (617.425/165.200, à 1440 m): turbidites gréseuses.
- Hasleren (profil Niesen nord) (618.950/165.625, à 760 m) jusqu'à 1000 m: conglomérats (10 m,  $D_{10} = 40$  cm) et pélites.
- Rossgraben (618.250/166.420, à 860 m): conglomérats (10 m), et pélites.
- Steinchenelgraben (617.740/167.175, à 800 m): conglomérats (10 m), et pélites.

### Direction des paléocourants du Flysch de Frutigen

Les mesures de directions des paléocourants sont indiquées en bas des profils sur la figure 4. Entre le Pic Chaussy à l'ouest et Adelboden, la direction nord-ouest domine, plus à l'est, les directions varient entre le nord-est et le nord. A l'extrémité orientale du Flysch de Frutigen, les paléocourants indiquent l'ouest.

### Environnements de dépôt du Flysch de Frutigen (fig. 5)

Les associations de faciès et les directions de paléocourants permettent les conclusions suivantes:

#### *Canyon et cône du secteur ouest*

- Un remplissage de bas de canyon (Sépey) et les dépôts de cône interne (Meiel) montrent des faciès proximaux: sédiments de chenal ( $A_1$ ,  $A_2$ ;  $R_{1-3}$  avec  $T_1$ ) et d'interchenal ( $C_2$ ;  $T_1$ ). Cette série proximale est d'épaisseur réduite, puisque la grande partie du matériel transitait vers des environnements en position plus distale au nord ou nord-est («bypass»).
- Le cône moyen et externe ( $C_2$  et  $D_{1-3}$  ou  $T_1$ , sans conglomérats sous-jacents) est formé de plusieurs lobes qui progradent vers le nord-est sur le bas du talus, représenté par la série pélitique ( $C_1$ ,  $C_2$  et  $D_{1-3}$ ).
- Les faciès du cône interne progradent à leur tour sur ceux du cône moyen et externe (Vannées d'Ayerne, Meiel).

Les affleurements constituent une coupe naturelle W-E, ce qui nous permet d'estimer les dimensions des environnements:

largeur du cône moyen et externe: 50 km,  
largeur du cône interne: 14 km.

#### *Talus et cône à l'est*

Dans la partie orientale du Flysch du Frutigen, la série pélitique de bas de talus contient des conglomérats lenticulaires qui montrent, vers le nord-est, une mégaséquence de progradation. L'apport du matériel se fait depuis l'est. Les conglomérats (faciès  $A_1$  et  $A_2$ ), très lenticulaires, représentent des chenaux isolés. Les levées sont formées par des turbidites gréseuses ( $C_2$  ou  $T_1$ ). Les turbidites gréseuses  $T_1$  surmontant les conglomérats représentent moins de 10 % de la séquence. La série pélitique (faciès G) s'est accumulée en bas d'un talus.

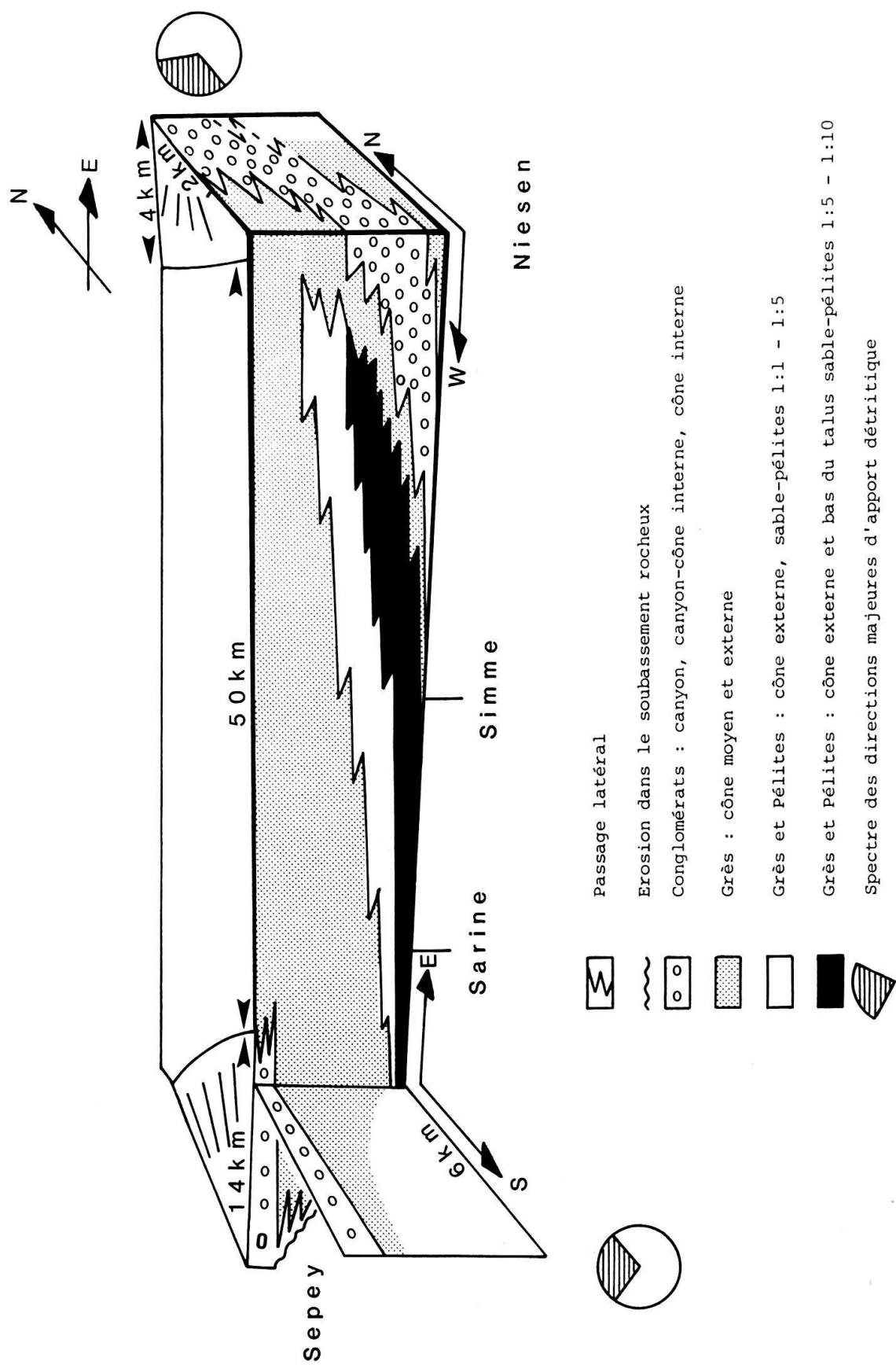


Fig. 5. Faciès et environnements du Flysch de Frutigen.

Dans le système du cône oriental, la partie très proximale (canyon) n'est pas préservée.

Les dimensions des éléments observés, estimés par l'extension des corps détritiques, sont:

- 2 km pour les langues conglomératiques,
- 4 km d'étalement pour les levées gréseuses.

Les deux systèmes de canyon-cône-bassin peuvent être différenciés par les valeurs du rapport d'épaisseur conglomérat/cycle de Bouma  $T_t$ . La mesure se fait sur des dépôts de coulée comportant un conglomérat à galets jointifs à la base ( $R, S_{1-3}$ ), surmonté d'une turbidite gréuseuse  $T_t$ . Le rapport donne une indication de la proximalité.

#### *A l'ouest*

- Canyon et cône interne
  - Au Sépey: 4,24 (moyenne de 25 mesures)
  - Au Meiel: 7,2 (moyenne de 7 mesures)
- Bord du cône interne
  - Palette: 2,76 (moyenne de 35 mesures)

#### *A l'est*

- Talus et conglomérats
  - Sackgraben: 2,5 (moyenne de 8 mesures)
- Base de la progradation
  - Lauibach: 3,11 (moyenne de 10 mesures)
- Sommet de la progradation
  - Niesen nord: 10,3 (moyenne de 17 mesures)

Le rapport sable/pélites permet la description de la série pélitique. Ce rapport est indiqué dans la figure 5 pour les sédiments de bas de talus ou de bassin (1:5 à 1:10) et les sédiments d'interchenal ou de lobes (1:5 à 1:1).

Dans les environnements proximaux (Sépey, Niesen nord), les paléocourants montrent de grandes variations. Toutefois la dispersion des directions diminue dans les environnements plus distaux (HESSE 1973).

#### Discussion

Dans le Flysch de Frutigen, on distingue deux systèmes de cônes: l'un, à l'ouest, plus complet, avec canyon rocheux, cône interne et externe, s'étalant apparemment sur 50 km; l'autre à l'est, plus restreint, pauvre en turbidites gréseuses, et progradant sur un bas de talus.

Le système de cône oriental semble être d'une forme plus allongée et la partie interne n'est que partiellement conservée. L'allongement du cône oriental peut être dû à la morphologie du bassin. Cependant, il est également possible que le grand système occidental ait confiné le système oriental dans l'est, et qu'il l'ait forcé à s'étaler vers le nord. Un tel cas est décrit dans le Loma Sea Valley (GRAHAM & BACHMANN 1983): l'intersection du système principal et du système tributaire provoque des épaisseurs anormales dans la région interne du système tributaire. Ce dispositif peut expliquer les observations du profil Niesen nord. Mais la présence de sédiments de bas de talus entre les deux systèmes

de cônes ne cadre pas avec cette hypothèse. Cependant, nos observations se limitent à une seule coupe E-W. Une interaction des deux systèmes ne peut être exclue sur le bord des cônes vers le nord.

### 5.2 Sédimentologie du Flysch du Niesenkulum (fig. 6)

La position stratigraphique et les limites de la formation sont définies dans le chapitre 3, figure 2. Rappelons sa grande homogénéité dans toute la nappe (fig. 6). LOMBARD (1949) a déjà décrit ce flysch au Niesenkulum, alors qu'à l'ouest de la nappe, les auteurs l'appelaient le «Flysch à Calcaires blancs».

#### Description sédimentologique (fig. 6)

Le Flysch du Niesenkulum se compose de turbidites dominées par des conglomérats à galets dispersés dans une matrice gréseuse (faciès A<sub>2</sub> ou S<sub>2-3</sub>) et dont les bancs à base érosive présentent une grande continuité latérale. Ces conglomérats (épaisseur > 1 m) sont surmontés d'une séquence gréseuse T<sub>1</sub> souvent incomplètes, et apparaissent de façon cyclique tous les 6 à 8 m. A l'ouest de la Sarine, on observe quelques rares séquences avec des conglomérats à galets jointifs à la base.

L'épaisseur maximale des conglomérats est de 2 m. La turbidite gréseuse T<sub>1</sub> sus-jacente peut atteindre cette même épaisseur, mais sans jamais la dépasser. Le rapport des épaisseurs conglomérats/T<sub>1</sub> est de:

- 1,45 sur 50 mesures au Sépey,
- 1,15 sur 31 mesures aux Vannées d'Ayerne,
- 1,65 sur 47 mesures entre Sarine et Simme,
- 1,81 sur 36 mesures entre Simme et Niesen.

A l'ouest, les turbidites gréseuses T<sub>1</sub> peuvent être presque aussi épaisses que le conglomérat sous-jacent; à l'est, elles n'atteignent que la moitié de son épaisseur.

La granulométrie des conglomérats est assez constante:

#### *A l'ouest de la Simme*

- Conglomérats à galets jointifs  
 $D_{\max} = 57 \text{ cm}$   
 $D_{10} = 15 \text{ cm}$  (moyennes de 21 mesures)  
Le maximum observé est de 1,45 m.
- Conglomérats à galets dispersés  
 $D_{\max} = 13 \text{ cm}$   
 $D_{10} = 3,8 \text{ cm}$  (moyennes sur 80 mesures)

#### *A l'est de la Simme*

- Conglomérats à galets dispersés  
 $D_{\max} = 40 \text{ cm}$   
 $D_{10} = 15 \text{ cm}$  (moyennes sur 105 mesures)

Entre les séquences conglomératiques, apparaissent des turbidites gréseuses à séquences de Bouma complètes ou incomplètes (faciès C<sub>2</sub>, D<sub>2-3</sub>). L'intervalle T<sub>a</sub> peut prendre une

épaisseur importante et comporte souvent des intervalles  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , à niveaux de traction et granoclassemement inverse.

Une micrite carbonatée, sous forme de wackestone, constitue l'intervalle  $T_e$  ou  $T_{bcde}$  au sommet des séquences gréseuses ou conglomératiques. A l'est de la Sarine, à la base du Flysch du Niesenkulm, des calcilutites argileuses remplacent les wackestones. Des galets intraformationnels sont souvent remaniés dans l'intervalle  $T_a$  sous-jacent. Leur axe d'allongement est orienté dans le sens du courant. Les intervalles  $T_e$  carbonatés montrent couramment des helminthoïdes et des chondrites, ainsi que des lentilles de silex (2–3 cm). Les niveaux argileux hémpélagiques, de couleur noire, verte et brune, sont fréquents dans le Flysch du Niesenkulm. La direction des paléocourants (fig. 6) du Flysch du Niesenkulm indique le transport du matériel du sud-ouest vers le nord-est.

### *Localisation des profils d'ouest en est*

Les profils sont localisés par les coordonnées et l'altitude, sauf dans les cas où ils suivent en continuité des profils du Flysch de Frutigen.

- Sépey: suite du profil du Flysch de Frutigen, en remontant la route du col des Mosses, 1090 m et 1115 m.
- ASD: le long du chemin de fer Aigle-Sépey-Diablerets, de 571.580/134.220 à 571.430/134.150, à 1100 m.
- Isenau: Vannées d'Ayerne, suite du profil dans les conglomérats au sommet du Flysch de Frutigen entre 1820 m et 1930 m.
- Rot Horn, 2282 m: surmontant le Flysch de Frutigen conglomératique, entre 582.200/140.875, à 2250 m, et 582.020/141.140, à 2200 m.
- Wispile: un affleurement local à Spittelvorschess à 1520 m, 589.350/144.550.
- Trom: le long du Lauibach, entre 589.825/145.080, à 1130 m, et 589.750/145.240, à 1115 m.
- Wasserngrat: entre Stand (591.610/144.240, à 2191,2 m) et Dürrischilf (591.190/145.075, à 1936 m) en longeant la crête ou le chemin.
- Giferspitz: entre 2391 m (593.525/143.910) et le sommet à 2541,7 m.
- Wistäthorn: surmontant le Flysch de Frutigen sur la crête entre 2330 m (596.050/144.490) et Rüwlissenhore à 2227,9 m.
- St. Stefan Underflue (597.100/149.975) de 1040 m à 1120 m (597.050/149.820).

Dans la région à l'est de la Simme, le Flysch du Niesenkulm forme la plupart des crêtes et des sommets définis ci-dessous:

- Matten: Matthalde, dans la gorge du Fermelbach, entre le pt. 1142 m (599.460/150.050) et le pont à 1080 m (599.075/149.775).
- Dans la même région: Schatthore (2070,3 m), Albristhorn (2761,8 m), Albristhubel (2124,1 m) et Türmlihorn (2490 m).
- Gsür: sur l'arête sud-est du Gsür, entre 2400 m et 2679 m (606.365/151.140).
- Männlifluh: entre Ottere à 2100 m (609.600/154.525), passant par le col au pt. 2395 m à la Männlifluh (2653,3 m). Le sommet du profil s'observe très bien dans les parois nord et sud de la Chirgeliischibe, à 2237 m (606.515/156.070).
- Mägisserhorn-Tschipparellen: entre 2140 m (612.475/160.225) sur l'arête sud-est du Mägisserhorn, se dirigeant vers le nord en passant par les parois nord-est de l'Ochsen, à 2272 m, jusqu'à Tschipparellen, à 1830 m (611.315/161.770).
- Drunen: depuis le pt. 2304 m (613.540/163.540), descendant l'arête vers Usser Seelital au nord-ouest jusqu'au pt. 1820 m (612.625/163.800).
- Fromberghorn: à la suite du profil du Flysch de Frutigen entre 1700 m (614.560/165.160) et 1800 m (614.050/165.175).
- Niesen: entre Station Schwandegg, à 1720 m (617.350/165.730), passant par le sommet du Niesen (2362,4 m) vers l'ouest jusqu'à Stueffistein, à 1862,4 m (614.800/166.350).

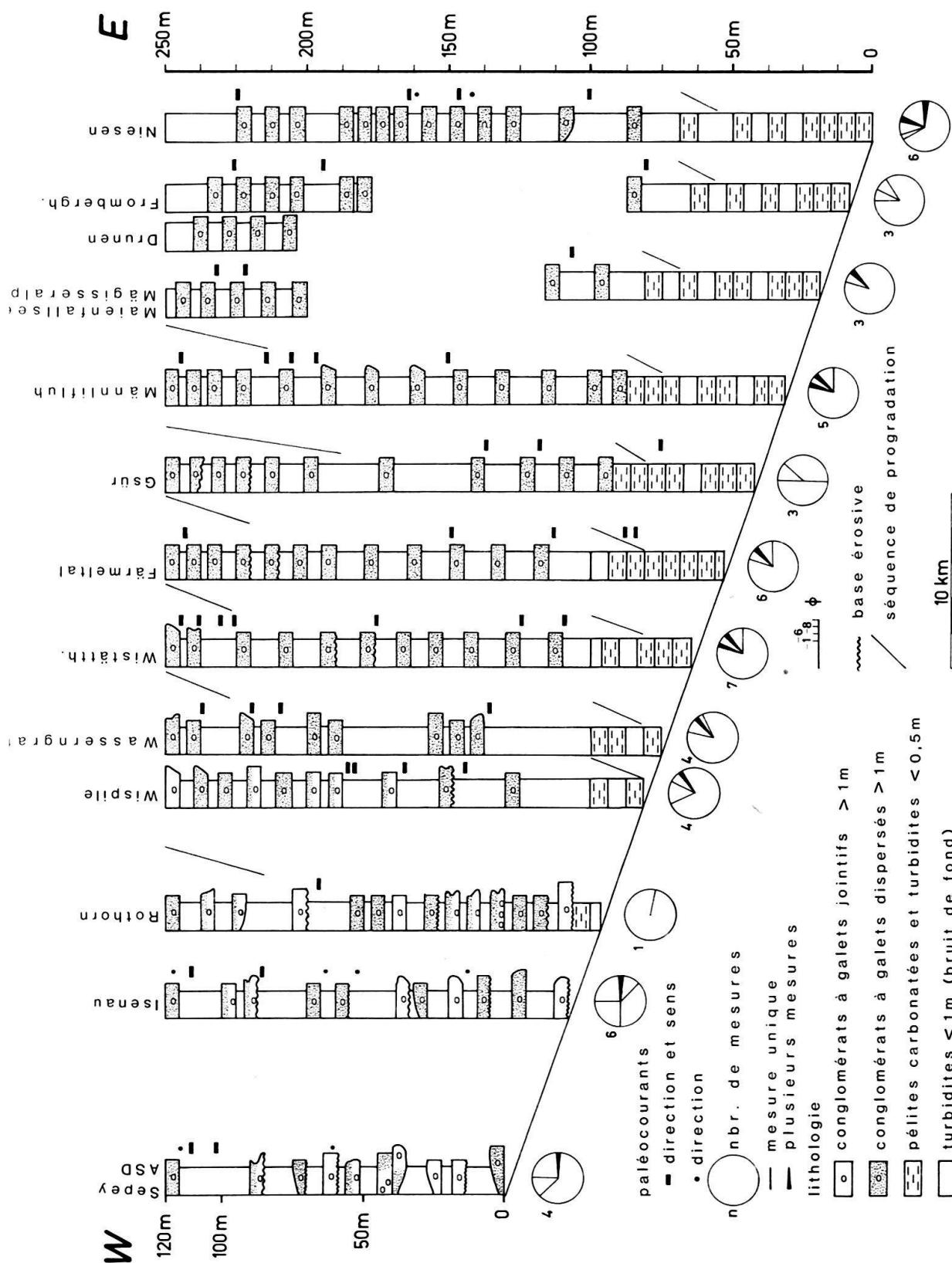


Fig. 6. Compilation sédimentologique de l'ensemble du Flysch du Niesenkum.

### *Environnements de dépôt du Flysch du Niesenkulm et discussion*

Le Flysch du Niesenkulm recouvre les différents environnements du Flysch de Frutigen décrits dans le chapitre précédent. Ses turbidites ne montrent pas les séquences caractéristiques de cônes sous-marins et sont étendues de façon homogène dans tout le bassin. Ceci indique une cessation de l'activité détritique des systèmes canyon/cône et leur enfouissement par les sédiments du bassin. VON DER BORCH et al. (1982) décrivent une situation comparable dans la série d'Adelhaïde. Ils attribuent ce «backfilling» du canyon par les sédiments du bassin, à une élévation relative du niveau de la mer.

Les carbonates du Flysch du Niesenkulm sont essentiellement des boues micritiques, à sclères d'éponges, pauvres en faune benthique. Elles ne proviennent pas d'une plate-forme néritique, mais plutôt d'un talus de moyenne profondeur. Les directions de paléocourants indiquent une provenance semblable à celle du Flysch de Frutigen.

#### *5.3 Sédimentologie du Flysch de Seron (fig. 7)*

La position stratigraphique du Flysch de Seron est définie dans le chapitre 3, figure 2. A l'ouest de la Simme, la base du Flysch de Seron constitue une séquence de progradation de 80 m, avec des conglomérats à galets jointifs et interbancs gréseux ( $< 1$  m). Cette séquence s'amincit vers l'est pour disparaître au niveau de la vallée de la Simme. Les faciès conglomératiques et pélitiques sus-jacents reposent en contact stratigraphique direct sur le Flysch du Niesenkulm, à l'est de la Simme.

#### *Description sédimentologique et localisation des profils (fig. 7)*

La séquence de progradation de la partie occidentale du Flysch de Seron se compose de conglomérats à galets jointifs, non granoclassés et non érosifs. Leur épaisseur maximale est de 12 m. Ces conglomérats peuvent contenir des mégaslumps et des mégablocs. Au sommet du banc ( $D_{max} = 5$  m,  $D_{10} = 60$  cm), leur épaisseur et leur granulométrie diminuent progressivement vers l'est. La séquence  $T_1$ , surmontant les conglomérats est souvent absente ou d'épaisseur négligeable. Entre les conglomérats apparaissent des turbidites gréseuses ( $< 1$  m) à séquences incomplètes à la base.

Le reste du Flysch de Seron se compose de faciès dominés par les pélites et les conglomérats. Les conglomérats sont séparés par des pélites carbonatés d'une épaisseur allant jusqu'à 15 m. Plus haut dans la formation, les pélites contiennent des turbidites gréseuses (0,2–2 m) en séquences complètes ( $T_{a-e}$ ). Elles sont parfois très lenticulaires et slumped, et peuvent contenir des fucoides. Les conglomérats à galets jointifs ou à matrice pélitique, généralement non érosifs et non granoclassés, montrent une épaisseur de 4 à 10 m. Les épaisseurs maximales (12 m) apparaissent surtout dans la partie tout à fait orientale du Flysch de Seron (profils Meienfall–Niesen). La granulométrie de ces conglomérats est maximale à l'ouest de la Sarine (mégablocs jusqu'à 7 m,  $D_{10} = 26$  cm). Vers l'est, la granulométrie diminue malgré les épaisseurs parfois importantes des bancs ( $D_{max} = 8$ –50 cm,  $D_{10} = 3,9$ –10 cm). La séquence  $T_1$ , qui surmonte ces conglomérats, est toujours inférieure à 20 % de l'épaisseur totale du cycle. Les paléocourants montrent des directions d'apport du sud-ouest vers le nord-est.

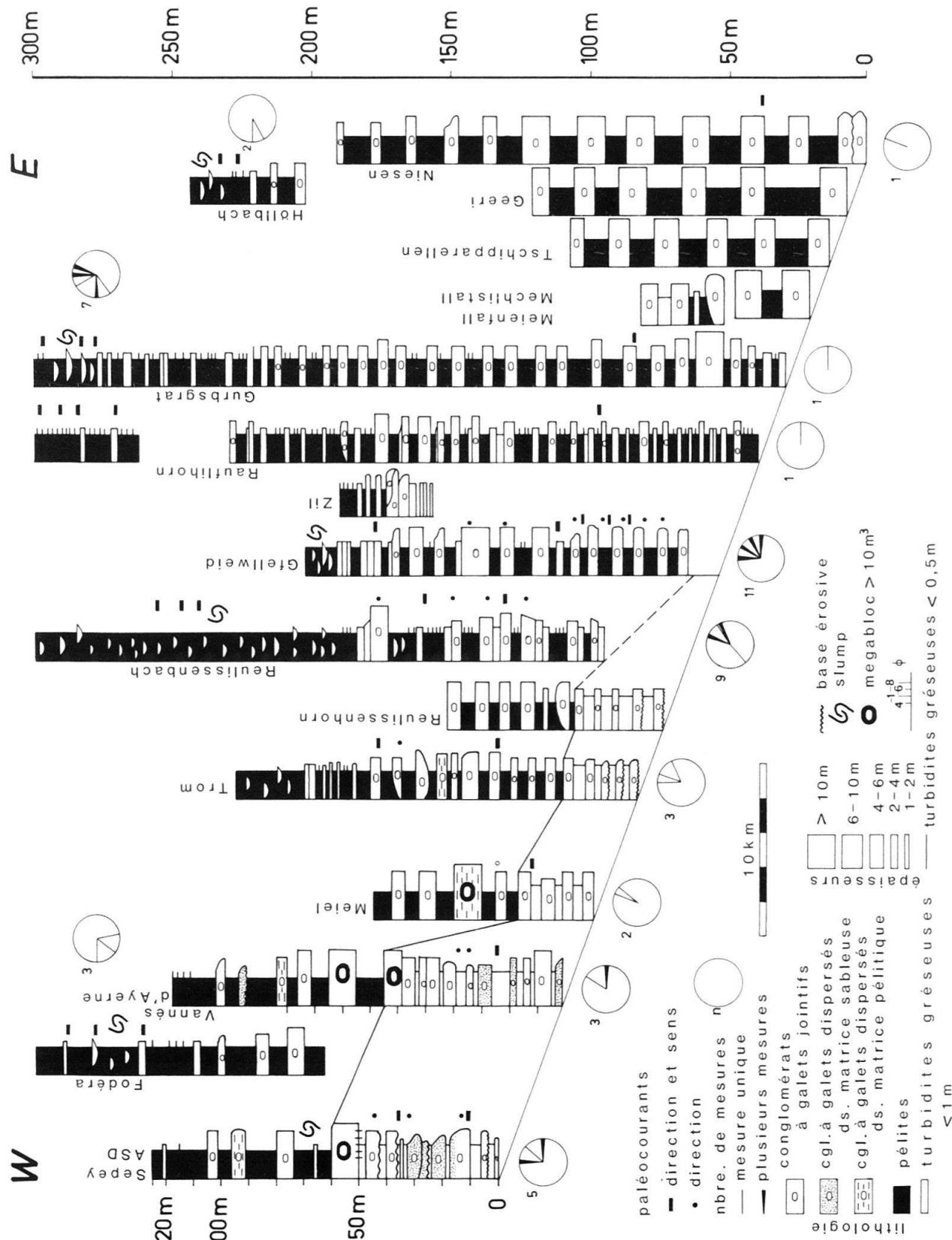


Fig. 7. Compilation sédimentologique de l'ensemble du Flysch de Seron.

### Localisation des profils d'ouest en est:

- Sépey-ASD: entre 571.430/134.150 à 1000 m et 571.325/133.950; séquence de progradation.
- Fodéra: entre 577.725/139.000 et 577.575/139.150.
- Seron-Vannées d'Ayerne entre 579.975/135.700 et 579.750/135.890.
- Pt. 576.910/137.440 à 2100 m: mégablocs.
- Près du col de Seron (2153 m), au pt. 578.910/136.450, à 2210 m:  $D_{max} = 3,5$  m; mégablocs.
- Près du col de Seron (2158 m), au pt. 579.020/136.440, à 2190 m,  $D_{max} = 2,5$ ; mégablocs.
- Corne des Brenleires entre 577.675/140.125, à 1400 m et 577.800/139.900, à 1360 m.
- Meiel (583.325/142.775 à 583.250/142.600), à 1600 m.
- Jable (581.475/141.500) à 1800 m: mégablocs.
- Trom (589.750/145.240 et 589.600/145.250).
- Reulissenhorn entre 595.550/145.925, à 2227,9 m, et 594.720/147.250, à 1710 m.
- Reulissenbach entre 597.050/149.820 et 596.700/149.180.
- Gfellweid-Gandbodenwald, entre 598.620/150.400 et 598.480/150.680, ainsi qu'entre 597.400/151.330 et 597.600/151.400.
- Zil à Färmel: depuis le pt. 600.670/152.560, à 1500 m, en montant jusqu'à 1550 m.
- Rauflihorn (2322,6 m): entre le petit col (603.530/153.190), en passant par le sommet jusqu'à Grimmi Furggi (602.520/153.560), à 2023 m.
- Gurbsgrat, entre le Cheibehorn (607.730/156.880), à 2398 m, et le pt. 2114 m (606.590/157.790).
- Meienfall, 610.340/160.400 à 610.220/160.460.
- Mechlistall, 610.960/161.380 à 610.560/161.580.
- Tschipparellen, 611.300/161.780 à 611.060/162.080.
- Geeri, 614.040/165.120, descendant la crête jusqu'à 613.120/165.700.
- Niesen, 615.530/166.340, descendant le chemin vers Wimmis jusqu'à 615.060/167.290.
- Höllbach, de 612.770/166.410 à 612.640/166.740.

### *Environnements de dépôt du Flysch de Seron et discussion*

La séquence de progradation dans la partie occidentale du Flysch de Seron est dominée par des conglomérats ( $A_1$  et  $A_2$ ;  $R$ , et  $S_{1-3}$ ), peu chenalés. Les interbancs gréseux ( $< 1$  m) forment des séquences  $C_2$  et  $D_{1-3}$ . Le reste du Flysch de Seron se compose de conglomérats, non chenalés, de faciès  $A_2$  et de pélites à faciès  $G$  ou  $F$ , à fines laminations parallèles. PIPER (1978) attribue les pélites laminées à un environnement de levée, et les pélites massives de la plaine abyssale. Mais les conglomérats du Flysch de Seron indiquent un environnement proximal par leur fréquence, leur épaisseur, leur granulométrie et leur géométrie. Leur limite inférieure peu érosive et leur grande continuité latérale excluent cependant un environnement de canyon et s'expliquent par un étalement tabulaire de conglomérats à l'échelle kilométrique («sheet flow»).

KELLING & HOROY (1978) attribuent des conglomérats non organisés et non chenalés à une position intermédiaire dans un système canyon/cône. Cependant, les caractéristiques séquentielles de cônes sous-marins ne sont pas réalisées dans le Flysch de Seron.

L'abondance de pélites, de slumps et de coulées conglomératiques indique plutôt une sédimentation sur un talus. La disparition des conglomérats au sommet de la formation s'explique par la cessation de l'apport détritique. La direction des paléocourants montre que le bassin est toujours alimenté depuis le sud, comme pour les formations sous-jacentes.

#### *5.4 Sédimentologie du Flysch du Chesselbach (fig. 8)*

La position stratigraphique du Flysch du Chesselbach est définie dans le chapitre 3, figure 2.

Le Flysch du Chesselbach se compose de turbidites gréseuses ( $< 1,5$  m) et de pélites. Les grès sont organisés en séquences incomplètes à la base  $T_{bc}$  et  $T_{bce}$  (0,2 m), ou de séquences  $T_{abc}$  et  $T_{abce}$  plus épais ( $> 1$  m) à limite supérieure ondulée. Dans le profil type, on distingue à la base de la formation une séquence négative de 50 m. Les pélites carbonatées peuvent atteindre une épaisseur de 4 m et sont accompagnées de slumps et de lentilles gréseuses. La direction des paléocourants indique un apport détritique depuis le nord.

Les profils de meilleure qualité se trouvent au:

- Chesselbach, de 596.120/150.390 à 595.860/149.880, et au
- Reulissenbach, de 596.700/149.275 à 596.625/149.120.

Le seul affleurement à l'est se trouve à

- Gadbodenwald, entre 597.600/151.400 et 597.660/151.450.

Les profils plus à l'ouest sont:

- Reulissengraben dans le Turbachtal, à 1565 m, entre 594.110/147.560 et 594.180/147.540,
- Trom, de 589.600/145.250 à 589.580/145.250,

alors que tout à fait à l'ouest, se trouvent les profils:

- Jable, entre 581.550/142.080 (2000 m) et 581.120/142.500 (2040 m),
- Etivaz, entre 579.160/141.620 (1376 m) et 579.180/142.040 (1631 m).

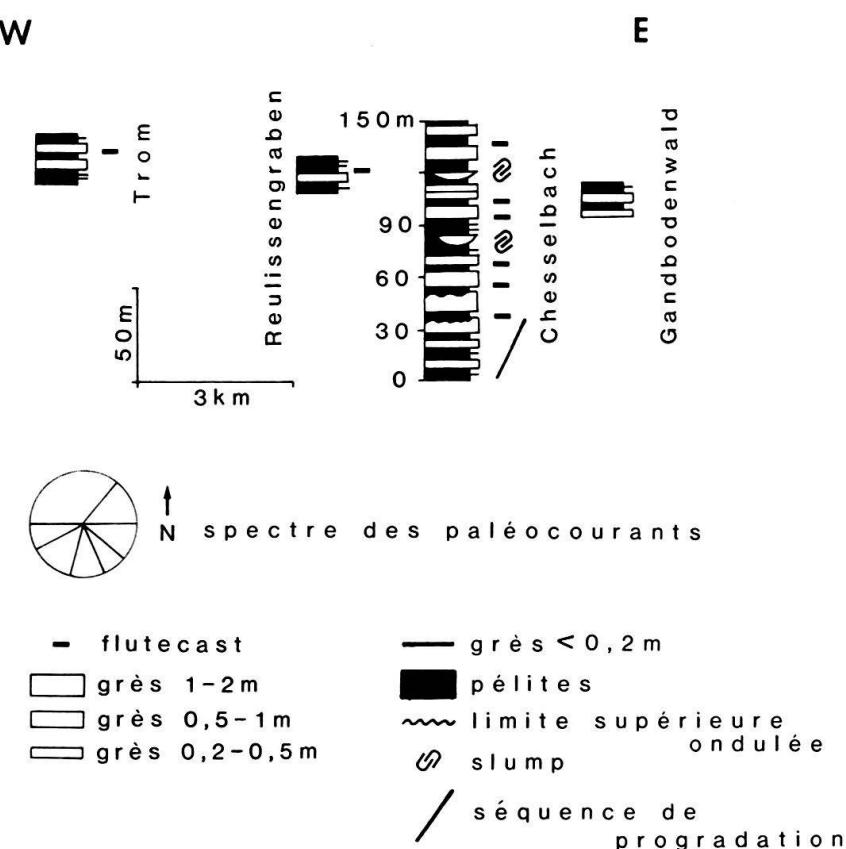


Fig. 8. Profils sédimentologiques du Flysch du Chesselbach. La zone Etivaz-Jable n'est pas représentée en raison de l'incertitude de l'attribution.

Dans les deux derniers cas, la série est fortement replissée, ce qui rend l'étude sédimentologique très difficile. Les profils se trouvent à quelques centaines de mètres au nord du corps principal de la nappe, et séparés de celui-ci par des dépôts quaternaires qui pourraient très bien cacher un contact anormal entre la nappe du Niesen et la Zone Submédiane. L'appartenance de la zone Jable-Etivaz à la nappe du Niesen reste douceuse. Il peut très bien s'agir d'écailles hectométriques de la Zone Submédiane. Des arguments supplémentaires concernant l'attribution de cette zone sont apportés dans le chapitre «Pétrographie». Remarquons cependant que la zone Jable-Etivaz contient la même faune que le Flysch du Chesselbach et a donc le même âge.

Le Flysch du Chesselbach se compose de faciès C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, et D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> dans la séquence de progradation, et ensuite de C<sub>2</sub> et D<sub>3</sub>, associés au faciès F. Ces associations de faciès peuvent être attribuées à une sédimentation sur un cône moyen ou externe, interrompue par une sédimentation désorganisée de bas de talus. La direction des paléocourants indique un apport détritique et une progradation d'un système de cône provenant du nord du bassin.

### 5.5 Pétrographie sédimentaire du Flysch du Niesen

L'étude pétrographique comprend:

1. une analyse des minéraux lourds (fig. 9),
2. une analyse modale des grès, représentée sur diagrammes triangulaires selon les méthodes de comptage de DICKINSON (1970) et ZUFFA (1980) (fig. 10),
3. une analyse qualitative des conglomérats, dans laquelle nous avons adopté les nomenclatures de FOLK (1962) pour les fragments carbonatés, de STRECKEISEN (1976) pour les fragments platoniques, et de DICKINSON (1970) pour les fragments de roches volcaniques (fig. 11),
4. l'analyse des minéraux argileux (fig. 12).

Les méthodes de préparation et de comptage des échantillons sont décrits par WINKLER (1983) et VAN STUIJVENBERG (1979), et sont détaillées dans la version originale de ce travail.

#### 5.5.1 Analyse des minéraux lourds (fig. 9)

Les résultats de cette analyse montrent un spectre généralement dominé par le zircon et la tourmaline. Les formations se différencient par une augmentation progressive avec la stratigraphie, des pourcentages de l'apatite et du spectre des minéraux accessoires.

Ainsi le Flysch de Frutigen montre un spectre restreint (minéraux stables) dans le cône occidental, mais plus varié dans le cône oriental. Le Flysch du Niesenkuhl montre un spectre plus varié, et la diversité maximale (spectre «instable») est atteinte dans le Flysch de Seron. Le spectre du Flysch du Chesselbach ressemble à celui du cône oriental du Flysch de Frutigen.

#### 5.5.2 Analyse modale des grès (fig. 10)

Afin de comparer la composition des grès du Flysch du Niesen à celle d'autres bassins sédimentaires ayant un type de source connu (DICKINSON & SUSZEK 1979; VALLONI &

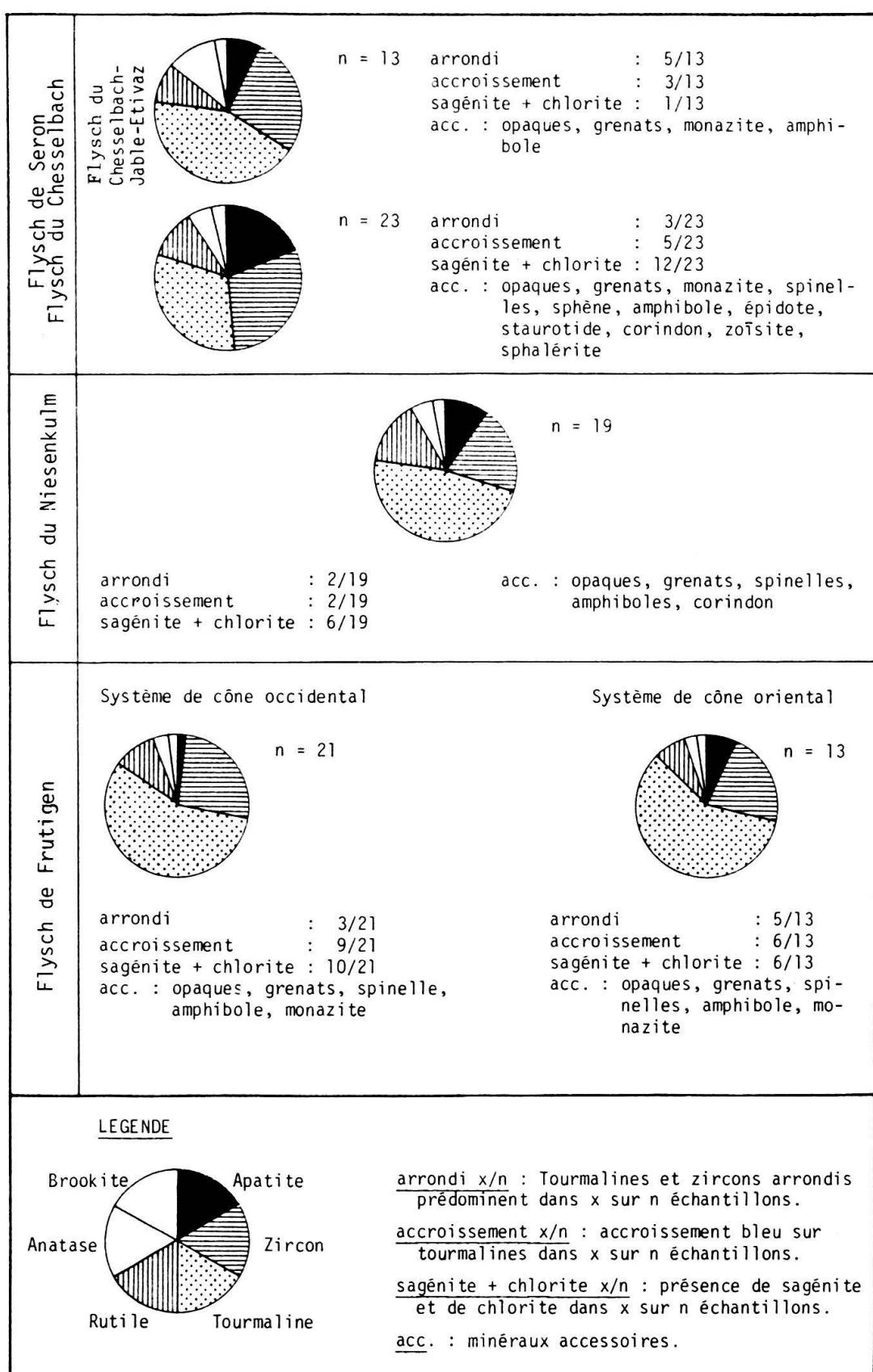


Fig. 9. Variations du spectre de base des minéraux lourds et des minéraux accessoires par corps sédimentaire.

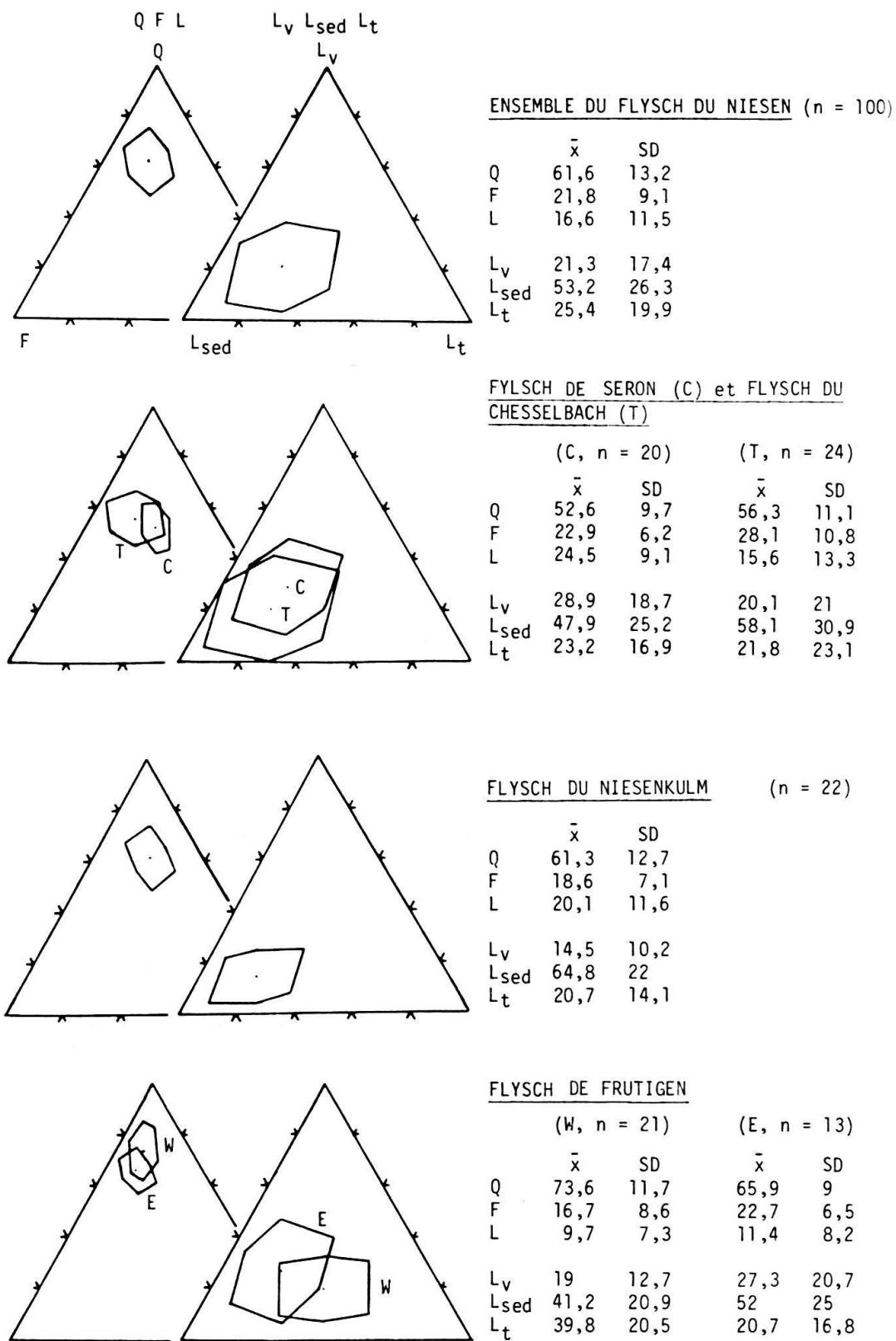


Fig. 10. Analyse modale des grès du Flysch du Niesen, représentée par diagrammes triangulaires (n = nombre d'échantillons;  $\bar{x}$  = moyenne; SD = écart-type; W = ouest; E = est; C = Crétacé; T = Tertiaire).

MAYNARD 1981), nous avons représenté les résultats sur des diagrammes triangulaires (polygones de confiance selon VALLONI & MAYNARD 1981).

Le triangle QFL indique la maturité pétrographique d'un grès. Le triangle  $L_v$ ,  $L_{sed}$  et  $L_t$  décrit la composition relative des fragments lithiques.

L'analyse modale des grès montre une évolution similaire à celle des spectres des minéraux lourds: une composition dite stable dans le Flysch de Frutigen du cône occidental qui évolue vers une composition plus instable dans le Flysch de Seron.

### 5.5.3 Analyse des conglomérats (fig. 11)

La composition des conglomérats montre les mêmes tendances que les résultats de l'analyse des minéraux lourds et de l'analyse des grès: un spectre plus restreint dans le cône occidental du Flysch de Frutigen, plus riche dans le cône oriental, et un enrichissement progressif vers le haut pour atteindre une diversité maximale dans le Flysch de Seron. Cela se marque de façon spectaculaire par les fragments lithiques de roches effusives.

### 5.5.4 Composition des minéraux argileux (fig. 12)

Les minéraux argileux du Flysch du Niesen ont été analysés par diffractométrie. On trouve exclusivement de l'illite et la Fe-chlorite. La figure 12 indique, par formation et par région, les cristallinités de l'illite (limites des zones: diagenèse > 4, anchimétamorphisme 2, 3-4, 1, épizone < 2, 3). Cette figure met clairement en évidence 1. une zone entre la Simme et le Fromberghorn à anchimétamorphisme fort dans toute la nappe du Niesen, 2. une zone à diagenèse moyenne à forte à l'extrémité orientale de la nappe (massif du Niesen) et dans la partie à l'ouest de la Simme. Remarquons que les pélites noires du Flysch de Frutigen à l'est de la Simme, exploitées comme schistes ardoisiers dans la première moitié de ce siècle, montrent une cristallinité de l'illite variant de 2,5 à 2,8 mm, ce qui correspond à un anchimétamorphisme moyen à fort.

## Discussion

L'étude pétrographique indique clairement une évolution de l'apport détritique. Relativement mature (riche en éléments stables) à la base du Flysch du Niesen, la composition devient immature (à éléments instables) dans le Flysch de Seron. Ceci se manifeste d'une part par une teneur maximum en apatite et en différents minéraux lourds accessoires, d'autre part par une augmentation et une diversification des fragments lithiques, sédimentaires et volcaniques. Le changement pétrographique entre le Flysch de Frutigen du cône occidental et les flyschs sus-jacents se fait de façon relativement abrupte. Dans le système de cône oriental, il s'agit d'un changement très graduel. C'est la source orientale qui reste active durant la sédimentation du Flysch du Niesenkulm et du Flysch de Seron.

La diversification de la composition dans le haut de la série est due à un soulèvement de l'arrière-pays qui a soumis successivement d'autres types de roches à l'érosion. Le modèle de contrôle tectonique de la sédimentation, commenté dans le chapitre suivant, est déjà suggéré par la pétrographie. Le Flysch du Chesselbach montre une nouvelle

| FRAGMENTS LITHIQUES                       | Flysch de Frutigen |   | Flysch du Niesenkuhl | Flysch de Seron | Flysch du Chesselbach |
|-------------------------------------------|--------------------|---|----------------------|-----------------|-----------------------|
|                                           | W                  | E |                      |                 |                       |
| <b>SEDIMENTAIRES</b>                      |                    |   |                      |                 |                       |
| Dolomie                                   |                    |   |                      |                 |                       |
| Pélites ± carbonatées                     |                    |   |                      |                 |                       |
| Calc.argileux à quartz et glauconie       |                    |   |                      |                 |                       |
| Arénites : Calcarénites à quartz          |                    |   |                      |                 |                       |
| Calcarénites à quartz et glauconie        |                    |   |                      |                 |                       |
| Bioclastiques : Faune benthique           | -----              |   |                      |                 |                       |
| Lithothamnies                             |                    |   |                      |                 |                       |
| Carbonates : Pelmicrite                   |                    |   |                      |                 |                       |
| Biomicrite à faune benthique              | -----              |   |                      |                 |                       |
| Micrite à faune planctonique              |                    |   |                      |                 |                       |
| Micrite pure                              |                    |   |                      |                 |                       |
| Microbiosparite                           |                    |   |                      |                 |                       |
| Biosparite                                |                    |   |                      |                 |                       |
| Oobiosparite                              |                    |   |                      |                 |                       |
| Osparite                                  |                    |   |                      |                 |                       |
| <b>METAMORPHIQUES</b>                     |                    |   |                      |                 |                       |
| Schistes verts                            |                    |   |                      |                 |                       |
| Micaschistes                              |                    |   |                      |                 |                       |
| Gneiss                                    |                    |   |                      |                 |                       |
| Quartzites                                |                    |   |                      |                 |                       |
| Migmatites                                |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Amphibolites                              |                    |   |                      |                 | -----                 |
| <b>INTRUSIVES</b>                         |                    |   |                      |                 |                       |
| Granite avec ou sans orthoclase           |                    |   |                      |                 |                       |
| Permatites                                |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Albités                                   |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Granodiorites                             |                    |   |                      |                 |                       |
| Granodiorites mylonitisées                |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Granites mylonitisés                      |                    |   |                      |                 | -----                 |
| <b>EFFUSIVES</b>                          |                    |   |                      |                 |                       |
| Rhyodacites microlitiques à texture felte |                    |   |                      |                 |                       |
| subtrachytique                            |                    |   |                      |                 | -----                 |
| pilotaxique                               |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Rhyolites microlitiques à texture felte   |                    |   |                      |                 | -----                 |
| trachytique                               |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Dacites intersertales                     |                    |   |                      |                 | -----                 |
| felsitiques sériées                       |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Rhyodacites hypabyssales                  |                    |   |                      |                 |                       |
| Rhyolites hypabyssales granophyriques     |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Rhyolites subintersertales                |                    |   |                      |                 | -----                 |
| Diabases microlitiques                    |                    |   |                      |                 |                       |
| Hyaloclastes à chimisme rhyolitique       |                    |   |                      |                 | -----                 |
| trachytique                               |                    |   |                      |                 | -----                 |

Fig. 11. Composition pétrographique des galets des conglomérats du Flysch du Niesen (analyse qualitative). Traits interrompus = présence rare.

|                                    |                         | W         |     | Entre Sarine et Pic Chaussy   |                                     | Entre Sarine et Simme |     | Entre Simme et Niesen          |                                        |                                   | E |  |
|------------------------------------|-------------------------|-----------|-----|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
|                                    |                         | Aigremont |     |                               |                                     |                       |     |                                |                                        |                                   |   |  |
| $\bar{x}_2 = 4,45$                 | Flysch du Chesselbach   |           |     | 5,2                           | 3,7                                 |                       |     | Entre Simme et Fromberghorn    | Entre Fromberghorn et Niesen           |                                   |   |  |
| $\bar{x}_8 = 5,2$<br>SD = 1,8      | Flysch de Seron         | 8         | 7,4 | 4,4                           | 4,5                                 | 4,5                   | 3   |                                | 6,1                                    | 3,5                               |   |  |
| $\bar{x}_4 = 3,77$<br>SD = 1,2     | Flysch du Niesenkum     | 5,5       |     |                               | 2,9                                 |                       |     | 3                              | 3,7                                    |                                   |   |  |
| $\bar{x}_{14} = 3,52$<br>SD = 0,87 | Flysch de Frutigen      | 4,4       |     |                               | 2,5                                 |                       | 1,9 | 2,95                           | 4,6<br>2,9<br>5,1<br>3,3<br>3,7<br>3,1 | 4                                 |   |  |
| $\bar{x}_2 = 7$                    | Soubassement Jurassique | 6,1       | 8   |                               | Flysch du Tauben x 2,9<br>SD = 3,05 | 3,2                   |     | $\bar{x}_7 = 2,9$<br>SD = 0,63 |                                        | $\bar{x}_{18} = 4,07$<br>SD = 0,9 |   |  |
|                                    |                         |           |     | $\bar{x}_8 = 5,6$<br>SD = 1,7 | $\bar{x}_9 = 3,5$<br>SD = 0,78      |                       |     | $\bar{x}_{18} = 3,6$<br>SD = 1 |                                        |                                   |   |  |

Fig.12. Variations stratigraphiques et régionales de la cristallinité de l'illite. SD = Standard Deviation.  
 $\bar{x}_n$  = moyenne de la cristallinité de l'illite sur n échantillons.

maturité de la composition pétrographique, accompagnée d'un changement des directions de paléocourants. Il s'agit de l'activation d'une nouvelle source détritique.

Les minéraux argileux mettent en évidence l'anchimétamorphisme de la base du Flysch, ainsi que de l'ensemble de la nappe dans la région entre la Simme et le Fromberghorn.

### 5.6 Pétrographie du Flysch jurassique du Sépey et du Flysch du Tauben

#### Le Flysch jurassique du Sépey

Il se distingue par un spectre de minéraux lourds dominé par le rutile (75%, SD = 6). L'analyse modale des grès montre: Q = 56%, F = 18%, L = 26%, L<sub>v</sub> = 4%, L<sub>sed</sub> = 62% et L<sub>t</sub> = 34%.

L'abondance de galets sédimentaires et métamorphiques s'observe également dans les conglomérats (BADOUX & HOMEWOOD 1978). La comparaison pétrographique nous permet de distinguer très nettement le Flysch jurassique de la masse principale du Flysch du Niesen. Remarquons que la cristallinité de l'illite des pélites du Flysch jurassique ressemble à celle du Flysch de Frutigen sus-jacent.

#### Le Flysch du Tauben

L'analyse des minéraux lourds et l'analyse modale des grès du Flysch du Tauben démontrent une affinité indiscutable avec le Flysch de Seron. Le spectre des galets des conglomérats ressemble cependant plutôt à celui du Flysch de Frutigen du cône oriental (absence de fragments volcaniques rhyolithiques). L'hypothèse d'une équivalence latérale du Flysch du Tauben avec le conglomérat basal du Chaussy peut alors être écartée. Comme McCONNEL (1951), nous allons limiter le Flysch du Tauben vers l'ouest par la faille de Voré (582.500/135.100). La limite orientale est formée par la vallée de la Simme.

Le Flysch du Tauben peut alors être interprété comme une écaille basale de la nappe du Niesen, d'affinités pétrographiques avec le Flysch de Frutigen oriental (base de la

série) ou avec le Flysch de Seron (sommet de la série), chevauchée par le reste de la nappe. Remarquons que la cristallinité de l'illite des pélites du Flysch du Tauben correspond à celles du Flysch de Frutigen sus-jacent.

## 6. Reconstitution du bassin sédimentaire du Niesen

### 6.1 Evolution de l'environnement sédimentaire

Toute reconstitution de l'évolution du bassin doit tenir compte des éléments suivants:

- Le bassin montre une forme allongée en direction W–E.
- Les sources du matériel terrigène du Flysch d'âge maastrichtien, se situent globalement au sud du bassin; une première source est indiquée par les dépôts de canyon et de cône interne de l'ouest de la nappe; une autre source est indiquée à l'est de la nappe par des dépôts de cône interne; l'influence de chacune de ces deux sources était variable dans le temps; le Flysch du Chesselbach, d'âge tertiaire, est alimenté par une troisième source, située au nord du bassin du Flysch du Niesen.

Les figures 13 et 14 résument la situation sur la marge sud du bassin, l'évolution des environnements et les contrôles de la sédimentation. La pente est calculée selon la méthode de NAYLOR (1981). L'évolution du bassin peut être décrite de la façon suivante.

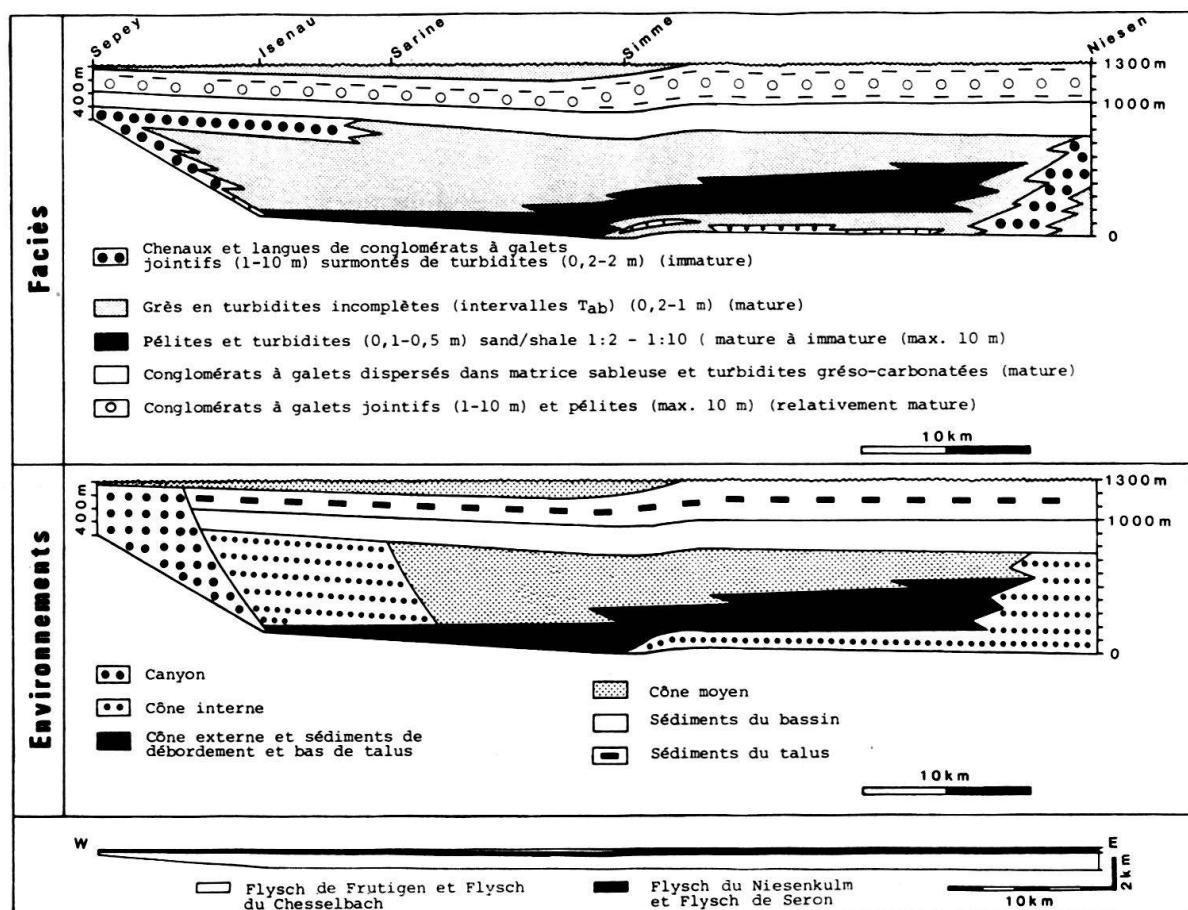


Fig. 13. Faciès et environnements du Flysch du Niesen. Esquisse du bas: Représentation sans exagération verticale.

Dans le *Flysch de Frutigen*, nous distinguons:

- A l'ouest, un système de canyon, avec cône interne, moyen et externe observable sur 50 km. C'est un assemblage relativement organisé, dans lequel se développent tous les éléments séquentiels constituant un système «mature» (HOMEWOOD & CARON 1982).
- A l'est, un système de cône interne relativement «immature» observable sur 6 km.

Le gradient de ces deux systèmes est élevé et l'apport sédimentaire considérable. Nous proposons pour ce stade un contrôle sédimentaire et tectonique actif. Le niveau marin était relativement bas, provoquant le creusement de canyons dans le talus (VON DER BORCH et al. 1982). Les pentes varient selon les environnements.

*Le Flysch du Niesenkuhm* est caractérisé par la sédimentation homogène de matériel fin, dans l'ensemble du bassin. Ce matériel carbonaté a été érodé et mobilisé sur le talus. Les sédiments des environnements plus proximaux sont recouverts par des sédiments du bassin («backfilling»). A l'origine de cette évolution, on peut voir une remontée du niveau de la mer (VON DER BORCH et al. 1982). Les pentes sont généralement faibles ( $< 2^\circ$ ).

*Le Flysch de Seron* représente un épisode de progradation de sédiments du talus sur les sédiments du bassin. Le matériel grossier montre que l'apport sédimentaire est considérable et certainement dû à une activité tectonique maximale sur la marge sud du bassin. La progradation du talus se fait lors d'un niveau marin relativement bas. Les pentes varient entre  $2^\circ$  et  $4^\circ$ .

*Le Flysch du Chesselbach* constitue un système de cône alimenté depuis la marge nord du bassin.

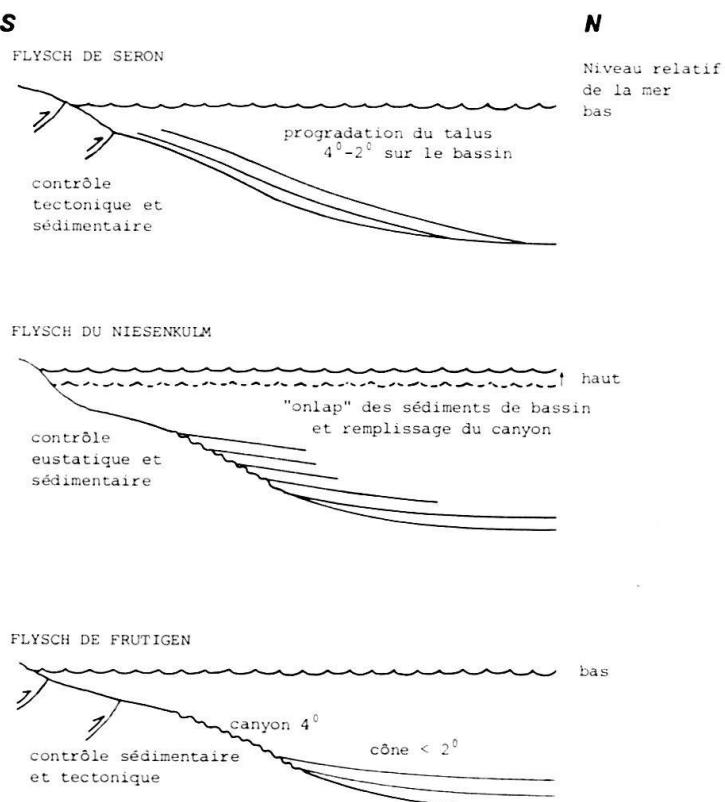


Fig. 14. Contrôle de sédimentation, évolution des environnements et pentes du bassin du Flysch du Niesen.

### 6.2 Dimensions du canyon

A l'extrême occidentale de la nappe (Aigremont, Colline des Champs, La Forclaz), le Flysch crétacé, complet mais d'épaisseur fortement réduite, scelle une éraillure kilométrique creusée dans le substratum. Connaissant l'épaisseur du soubassement et la géométrie du contact soubassement/flysch, il est possible de reconstituer de façon approximative la profondeur et la largeur du canyon. Les affleurements du contact soubassement/flysch entre le Sépey et Les Moëlles constituent le versant occidental du canyon, large de 3 km. La largeur totale serait ainsi de 6 km et la profondeur maximale de 400 m. Ces ordres de grandeur sont inférieurs à ceux des canyons actuels ou fossiles décrits dans la littérature (SHEPHARD & DILL 1966; VON DER BORCH et al. 1982).

### 6.3 Bathymétrie et paléoécologie

Des pélites argileuses avec foraminifères à test agglutiné constituent le sédiment hémipelagique dans tout le Flysch de Frutigen, dans le Flysch du Niesenkulm et dans la séquence de progradation de la partie inférieure et occidentale du Flysch de Seron. Ces séries turbiditiques étaient donc déposées sous la CCD («Carbonate Compensation Depth») dans un milieu marin profond (BROUWER 1965, HESSE & BUTT 1976, WINKLER & STUIJVENBERG 1982, WINKLER 1983). Les niveaux hémipelagiques sont difficiles à discerner dans la partie orientale du Flysch de Frutigen. D'épaisseur millimétrique, ils sont présents de façon discontinue. Les foraminifères agglutinés, très rares ou alors mal conservés dans la plupart des échantillons, comprennent: *Ammodiscus* sp., *Rzehakina* sp., *Glomospira* sp., *Rhabdammina* sp., *Haplophragmoides* sp.

Dans le Flysch de Seron, aucun niveau pélitique n'a pu être mis en évidence. Est-ce qu'il s'agit d'une fluctuation bathymétrique? Est-ce dû à la vitesse de sédimentation? L'augmentation plus ou moins graduelle de la teneur en boue carbonatée lors de la sédimentation du Flysch du Niesenkulm est probablement due à une variation du niveau eustatique (fig. 13).

Des traces d'organismes fouisseurs n'apparaissent que de façon sporadique dans le Flysch de Frutigen (helminthoïdes, chondrites et «terriers» centimétriques indéterminés), et dans le Flysch de Seron (chondrites), mais elles sont très répandues dans le Flysch du Niesenkulm (helminthoïdes et chondrites, McCONNEL 1951, p. 33 et 43).

Ces traces fossiles font partie de la «*Nereites Association*» (SEILACHER 1967, CRIMES et al. 1981): milieu profond ou turbiditique distal. Ces indications confirment l'interprétation des niveaux hémipelagiques, mais ne donnent pas plus de précisions.

### 6.4 Contrôle tectonique du bassin

L'apport massif et soudain de matériel détritique grossier peu mature, le relief accentué de la marge sud du bassin enregistré dans le canyon, la profondeur du bassin au-dessous de la CCD, et enfin la variation des faciès sédimentaires et leur évolution indiquent une situation tectonique active du bassin du Niesen. La géométrie des faciès du Flysch du Niesen, ainsi que l'évolution des directions des paléocourants (d'une direction S-N dans le Flysch de Frutigen à une direction SW-NE dans le Flysch de Seron) montrent une orientation E-W du bassin. L'évolution pétrographique du Flysch du

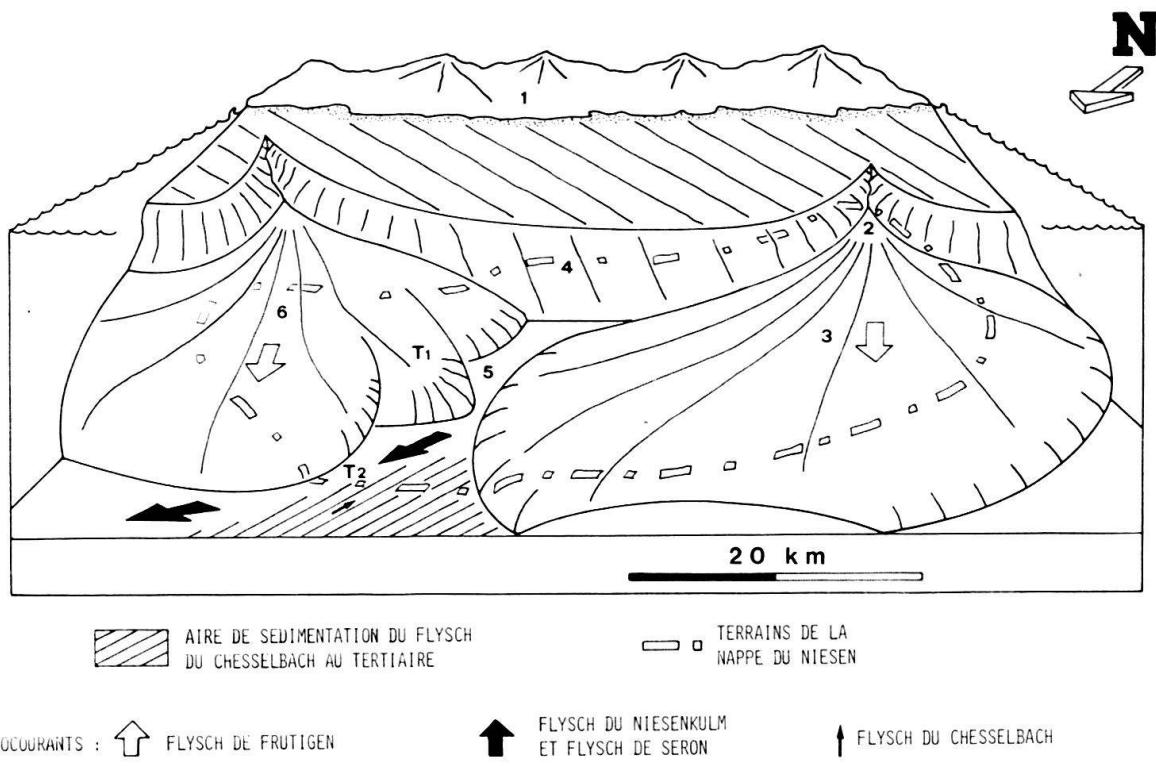


Fig. 15. Esquisse simplifiée du bassin du Flysch du Niesen vu depuis le nord: 1. Arrière-pays: socle et couverture sédimentaire. 2. Canyon occidental. 3. Cône interne occidental. 4. Talus. 5. Bassin. 6. Cône interne oriental. Provenance possible du Flysch du Tauben:  $T_1$ ,  $T_2$ .

Niesen démontre que successivement de nouvelles parties de l'arrière-pays sont soumises à l'érosion.

Le tarissement des sources de matériel terrigène de la marge sud et l'apparition d'une source au nord du bassin (Flysch du Chesselbach) impliquent la migration de l'activité tectonique vers le nord.

La formation du bassin et la sédimentation du Flysch du Niesen étaient déterminées par des paléostructures et une tectonique synsédimentaire, soit d'accidents coulissants, soit convergente (HOMWOOD 1977, HOMWOOD & CARON 1982, HOMWOOD 1983, KELTS 1981, LEMOINE 1983). Il en résultait un bassin dont l'allongement était parallèle à la direction des accidents ou des plans de chevauchements (W-E). Le soulèvement et l'érosion d'un bloc méridional alimentait le bassin au nord. Le matériel traversait par des canyons la marge sud du bassin. L'activité tectonique durant le Maastrichtien est reflétée par une diversification pétrographique du matériel terrigène. Au Tertiaire, la tectonique affecte la marge nord du bassin et alimente le Flysch du Chesselbach. La sédimentation du Flysch du Niesen se fait dans un bassin marin profond, en général sous la CCD. Des fluctuations du niveau relatif de la mer influencent les faciès sédimentaires et l'évolution des environnements.

## 7. Origine paléogéographique du Flysch du Niesen

ARGAND (1911) et LUGEON (1914) attribuent la nappe du Niesen au domaine paléogéographique nord-pennique. Dans la transversale des Préalpes romandes, HOMWOOD (1974) montre la similitude de composition entre les conglomérats crétacés du Niesen et

les conglomérats tertiaires du Flysch ultrahelvétique du Meilleret. Il propose la relative proximité de ces deux bassins. Grâce à ces données, nous pouvons situer le bassin du Flysch du Niesen immédiatement au sud de l'Ultrahelvétique.

Les relations paléogéographiques entre le Flysch du Niesen et la zone nord-pennique interne doivent être discutées au sud-ouest de notre région d'étude, dans la zone de Sion–Courmayeur qui passe à la zone des Brèches de Tarentaise (Savoie).

### 7.1 *L'unité de Moûtiers* (fig. 16)

Depuis Brigue vers l'ouest, le domaine nord-pennique se subdivise en plusieurs unités tectoniques (BARBIER & TRÜMPY 1955, ANTOINE 1971, BURRI & JEMLIN 1983). Au sud-ouest de Courmayeur, l'unité de Moûtiers et ses écailles frontales (ANTOINE & BARBIER 1978) se trouvent en position externe par rapport aux autres unités de la zone Sion–Courmayeur.

Au nord de Moûtiers, ANTOINE & BARBIER (1978) subdivisent l'unité de Moûtiers en quatre zones de composition différente:

- *La zone du Quermoz* comprend du Permien, du Lias, une série jurassique bréchique, puis une série conglomératique d'âge crétacé présumé, surmontée d'un flysch d'âge tertiaire éventuel. La zone du Quermoz se trouve en contact tectonique avec la zone dauphinoise orientale au nord-ouest. Elle ne comprend donc plus la trilogie valaisanne s.s. (Aroley–Marmontais–St-Christophe).
- *La zone de HauteCour* se distingue par un noyau cristallin, constitué de différentes roches métamorphiques: micaschistes, gneiss et prasinite (MICHEL 1957), avec une couverture sédimentaire allant du Houiller au Lias, surmontés d'une série détritique crétacée à affinité valaisanne, parfois en contact érosif direct sur le cristallin.
- *La zone des Etroits de Siaix* se compose de Trias, de schistes liasiques et d'une série détritique d'âge crétacé, à affinité valaisanne.
- *La zone de Villette* est constituée de Trias, de Lias et d'une série détritique crétacée, d'affinité valaisanne.

La zone de HauteCour est interprétée par BARBIER (1948) comme un haut-fond; c'est la «Cordillère tarine» qui est supposée se prolonger vers le nord-est. Selon ANTOINE & BARBIER (1978), le haut-fond de HauteCour, supportant par transgression un flysch d'âge crétacé supérieur, subdivise l'unité de Moûtiers en une partie externe, avec flysch jurassique (FUDRAL 1973) et flysch crétacé sans affinité valaisanne (zone du Quermoz), et une partie plus interne à flysch crétacé d'affinité valaisanne seulement. La zone du Quermoz montre plus d'analogies avec la nappe du Niesen qu'avec toutes les unités valaisannes classiques.

### 7.2 *Comparaisons pétrographiques entre le Flysch du Niesen et les flyschs de la zone de Tarentaise*

Une tournée de terrain avec P. Antoine en 1983, nous a permis de récolter des échantillons que nous avons analysés selon les méthodes appliquées au Flysch du Niesen:

- Le spectre des minéraux lourds du Flysch jurassique de l'unité de Moûtiers (Brèche du Grand-Fond) est, par sa prédominance de rutile, tout à fait comparable à celui du Flysch jurassique de la nappe du Niesen au Sépey.

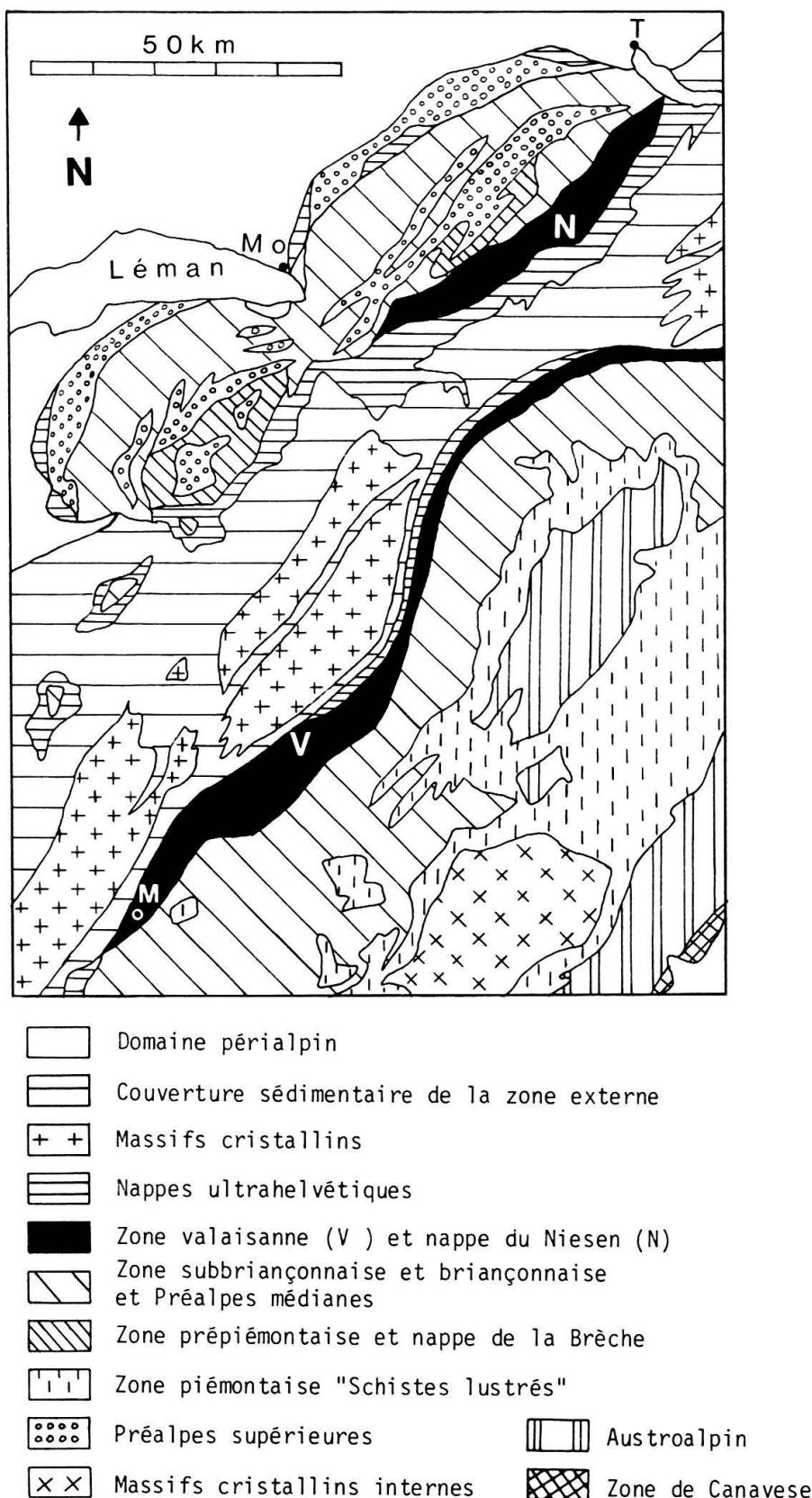


Fig. 16. Situation géographique et géologique de la nappe du Niesen par rapport à la zone valaisanne interne d'après KERCKHOVE (1979). M = Moûtiers, Mo = Montreux, T = Thun.

— Le Flysch crétacé de l'unité valaisanne plus interne du Roignais–Versoyen montre un spectre de minéraux lourds relativement stable dans les couches d'Arolley, spectre comprenant plus d'instables dans les couches de St-Christophe.

Dans le Flysch crétacé de la zone du Quermoz, l'évolution d'un spectre de minéraux stables à la base vers un spectre de minéraux instables au sommet est plus accentuée et comparable à l'évolution observée dans le Flysch du Niesen. Le spectre de minéraux lourds et la composition des congolomérats au sommet du Flysch crétacé du Quermoz ressemblent fortement au Flysch de Seron de la nappe du Niesen.

La comparaison pétrographique Niesen/Tarentaise permet de mettre en évidence la similitude, d'une part, entre les flyschs jurassiques de l'unité de Moûtiers et de la nappe du Niesen, et d'autre part entre le flysch crétacé des zones externes de l'unité de Moûtiers (Quermoz et la partie nord du massif du Grand-Fond) et le gros du Flysch du Niesen, également d'âge crétacé. Cette étude confirme les subdivisions de l'unité de Moûtiers, proposées par ANTOINE & BARBIER (1978). Le massif cristallin de Hautecour comprend des roches comparables aux «Schistes de Casanna». En conclusion, ce massif peut être considéré comme un seuil du domaine valaisan, influençant la composition pétrographique des flyschs jurassique et crétacé plus externes. Ces considérations permettent d'envisager une origine paléogéographique commune en un sillon Niesen–Quermoz de direction E–W, fortement subsident à la fin du Mésozoïque.

### 7.3 Comparaison pétrographique des Flyschs du Niesen et de l'Ultrahelvétique

L'échantillonnage des grès et des congolomérats des Flyschs éocènes du Meilleret (en compagnie de P. Homewood) et du Höchst (FERRAZZINI 1981) a permis la comparaison des minéraux lourds et des galets de ces flyschs ultrahelvétiques avec ceux du Niesen.

Le spectre des minéraux lourds des échantillons gréseux, dominés par les «stables», est similaire à celui du Flysch du Chesselbach. Le spectre des échantillons conglomératiques ressemble à celui du Flysch de Seron.

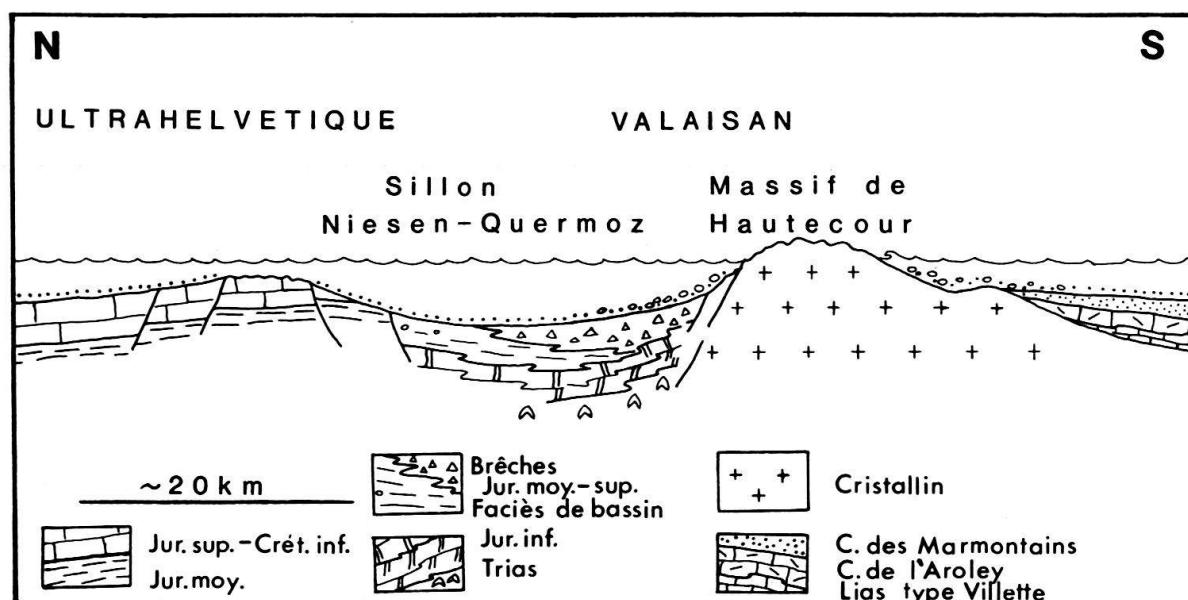


Fig. 17. Coupe paléogéographique N–S au Crétacé supérieur (pas d'échelle verticale).



Fig. 18. Conglomérat à base érosive avec turbidite gréseuse sus-jacente. Flysch de Frutigen en position inverse, route du Sépey.

La composition des conglomerats du Flysch du Meilleret ressemble au Flysch de Seron par les fragments lithiques volcaniques et au Flysch du Chesselbach par les éléments bioclastiques de plate-forme (foraminifères benthiques, algues calcaires). Une telle association de fragments bioclastiques apparaît aussi dans la nappe ultrahelvétique interne du Sex Mort (FERRAZZINI 1981; S. Anatrà, comm. orale 1984), et plus à l'est, dans la partie tertiaire du flysch ultrahelvétique du Sardona (RÜEFLI 1959).

Ces observations nous permettent de confirmer l'existence d'un seuil entre le domaine ultrahelvétique et le domaine valaisan (LEUPOLD 1942, HOMEWOOD 1974). Durant l'Eocène, ce seuil alimente le flysch ultrahelvétique immédiatement au nord et la partie tertiaire du Flysch du Niesen au sud avec du matériel terrigène riche en fragments lithiques sédimentaires de plate-forme.

## 8. Conclusion

Cette étude avant tout sédimentologique et pétrographique du Flysch du Niesen décrit la sédimentation turbiditique sur un glacis escarpé, dans un bassin marin profond de direction E-W. La dynamique était contrôlée par des accidents de direction W-E. Durant le Crétacé terminal, une intense activité tectonique provoquait une alimentation importante de matériel détritique terrigène depuis la marge sud du bassin. Au Tertiaire (Paléocène-Eocène), le bassin était alimenté depuis le seuil ultrahelvétique au nord.



Fig. 19. Conglomérat à galets dispersés dans matrice sableuse, surface supérieure convexe. Flysch de Frutigen en position inverse, route du Sépey.

La comparaison du Niesen avec les unités valaisannes de la zone de Tarentaise (région de Moûtiers) permet de mettre en évidence une zone valaisanne externe. Celle-ci correspond pour l'essentiel au sillon Niesen–Quermoz, séparé des zones valaisannes internes au sud par le seuil de Hautecour («Cordillère tarine», BARBIER 1948) et limité au nord par le seuil ultrahelvétique (LEUPOLD 1942, HOMEWOOD 1974, ANATRÀ 1985).

La notion de sillon Niesen–Quermoz permet de concevoir une position paléogéographique de la zone du Quermoz en continuité latérale avec celle de la nappe du Niesen. Les positions actuellement différentes de ces deux unités tectoniques est le résultat de la déformation oligo-miocène alpine.

### Remerciements

Je suis heureux de remercier ici mes directeurs de thèse, MM. Prof. C. Caron et Dr P. W. Homewood. Dr P. W. Homewood m'a aimablement mis à disposition les résultats de ses recherches sur le Flysch du Niesen dans le cadre du projet FN 2.1690-74, tout en suivant mon travail de près et d'un œil attentif. Pour leur aide lors des déterminations paléontologiques, de l'analyse pétrographique, ainsi que de l'étude tectonique et paléogéographique, je remercie: Mme Prof. M. Caron, Mme Dr K. Perch-Nielsen, Prof. L. Pugin, Dr W. Winkler, Dr R. Plancherel, Prof. P. Antoine, Prof. M. Burri, Dr G. Galetti, Prof. M. Maggetti, Dr H. Maurer, M. S. Anatrà. Je remercie particulièrement Dr W. Wildi pour les discussions et conseils qui ont rendu possible cette version résumée du travail. Je relèverai le mérite de F. Mauroux et D. Cuennet pour leur précieuse collaboration technique et leur inlassable disponibilité.

Ma gratitude va à tous mes camarades d'étude de l'Institut de Géologie et Paléontologie de l'Université de Fribourg. Finalement, un grand merci à mes parents auxquels est dédié ce travail, qui m'ont encouragé à entreprendre des études universitaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANATRÀ, S. (1986): Les Faciès pélagiques de l'Ultrahelvétique entre Arve et Simme. – Thèse Univ. Fribourg.
- ANDRAU, E. W. K. (1929): La géologie du Pic Chaussy et ses abords (Alpes vaudoises). – Amsterdam D. B. Centen's Uitgevers Maatschappij.
- ANTOINE, P. (1971): La zone des Brèches de Tarentaise entre Bourg-St-Pierre (Vallée de l'Isère) et la frontière italo-suisse. – Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble 9.
- ANTOINE, P., & BARBIER, R. (1978): Idées nouvelles sur la structure de la région de Moûtiers (Savoie). – Géol. alp. (Grenoble) 54, 5–14.
- ARBENZ, K. (1947): Geologie des Hornfliuhgebietes (Berner Oberland). – Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] 89.
- ARGAND, E. (1911): Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales. Essai de carte structurale, 1:50 000 (pl. I, carte spéciale, no 64) et profils (pl. II). – Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] 27.
- BADOUX, H., & HOMEWOOD, P. (1978): Le soubassement de la nappe du Niesen dans la région du Sépey (Alpes vaudoises). – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 353/74, 15–23.
- BARBIER, R. (1948): Les zones ultradauphinoises et subbriançonnaises entre l'Arc et l'Isère. – Mém. Serv. Carte géol. France, p. 212–228.
- BARBIER, R., & TRÜMPY, R. (1955): Sur l'âge du Flysch de la zone des Brèches de Tarentaise. – Bull. Soc. géol. France 6/5, 207–216.
- BORNHAUSER, M. (1929): Geologische Untersuchung der Niesenkette. – Mitt. natf. Ges. Bern 1928, 33–114.
- BOUMA, A.H. (1962): Sedimentology of some flysch deposits. – Elsevier, Amsterdam, New York.
- BROUWER, J. (1965): Agglutinated Foraminiferal Faunas from some Turbiditic Sequences (I/II). – Proc. (k.) nederl. Akad. Wetensch. (B) 68/5, 309–334.
- BURRI, M., & JEMLIN, L. (1983): Notice explicative de la feuille Sembrancher 1325, feuille 77 de l'Atlas géologique de la Suisse. – Comm. géol. suisse.
- CONNE, J. M. (1974): Géologie de la région du Pic Chaussy. – Trav. diplôme, Univ. Lausanne (inédit).
- CRIMES, T. P., GOLDRING, R., HOMEWOOD, P., VAN STUIJVENBERG, J., & WINKLER, W. (1981): Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurnigel and Schlieren Flysch (Cretaceous–Eocene), Switzerland. – Eclogae geol. Helv. 74/3, 953–996.
- DICKINSON, W. R. (1970): Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. – J. sediment. Petrol. 40/2, 695–707.
- DICKINSON, W. R., & SUCZEK, C. A. (1979): Plate tectonics and sandstone composition. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 63, 2164–2182.
- FERRAZZINI, B. (1981): Zur Geologie des Ultrahelvetikums zwischen Adelboden und Lenk, Berner Oberland. – Diss. Univ. Bern.
- FOLK, R. L. (1962): Spectral subdivision of limestones types. In: HAM, W. E. (Ed.): Classification of carbonate rocks (p. 62–84). – Mem. amer. Assoc. Petroleum Geol. 1.
- FUDRAL, S. (1973): Contribution à l'étude de l'unité de Moûtiers (zone des Brèches de Tarentaise) entre le Vallon du Torrent du Cornet Darêches et le Hameau des Chapieux (Savoie). – Thèse 3e cycle, Univ. sci. méd. Grenoble.
- GHIBAUDO, G. (1981): Deep-sea fan deposits in the Macigno Formation (Middle upper Oligocene) of Gordana Valley, Northern Apennines, Italy. – J. sediment. Petrol. 51/3, 1021–1026.
- GRAHAM, S. A., & BACHMANN, S. B. (1983): Structural controls on submarine-fan geometry and internal architecture: Upper La Jolla Fan System, offshore Southern California. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 67/1, 83–96.
- HESSE, R. (1973): Flysch-Gault und Falknis-Tasna-Gault (Unterkreide): Kontinuierlicher Übergang von der distalen zur proximalen Flyschfazies auf einer penninischen Trogebene der Alpen. – Geologica et Palaeontologica, SB-2, 1–90.
- HESSE, R., & BUTT, A. (1976): Paleobathymetry of Cretaceous turbidite basins of the East Alps relative to the calcite compensation depth. – J. Geol. 84/4, 505–533.
- HISCOCK, R. N. (1980): Depositional framework of sandy midfan complexes of Tourella Formation, Ordovician, Quebec. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 64/7, 1052–1077.
- HOMEWOOD, P. (1974): Le Flysch du Meilleret (Préalpes romandes) et ses relations avec les unités l'encadrant. – Eclogae geol. Helv. 67/2, 349–401.
- (1977): Ultrahelvetic and North-Penninic Flysch in the Prealps: A general account. – Eclogae geol. Helv. 70/3, 627–641.
- (1983): Palaeogeography of Alpine Flysch. – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 44, 169–184.

- HOMEWOOD, P., ACKERMANN, T., ANTOINE, P., & BARBIER, R. (1985): Sur l'origine de la nappe du Niesen et la limite entre les zones ultrahelvétique et valaisanne. – *C.R. Acad. Sci. Paris, Géol. struct.*
- HOMEWOOD, P., & CARON, C. (1982): Flysch of the Western Alps. In: HSÜ, K.J. (Ed.): *Mountain Building Processes* (p. 157–168). – Academic Press, London.
- KELLING, G., HOLROYD, J. (1978): Clast size, shape, and composition in some ancient and modern fan gravel. In: STANLEY, D.J., & KELLING, G. (Ed.): *Sedimentation in submarine canyons, fans and trenches* (p. 138–159). – Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania.
- KELTS, K. (1981): A comparison of some aspects of sedimentation and translational tectonics from the Gulf of California and the Mesozoic Tethys, Northern Penninic Margin. – *Eclogae geol. Helv.* 74/2, 317–338.
- LEMOINE, M. (1983): Rifting and early drifting: Mesozoic Central Atlantic and Ligurian Tethys. Reprint from SHARIDAM, R. E., GRADSTEIN, F. M., et al.: *Init. Rep. Deep Sea Drill Proj.* 76.
- LEUPOLD, W. (1942): Neue Beobachtungen zur Gliederung der Flyschbildungen der Alpen zwischen Reuss und Rhein. – *Eclogae geol. Helv.* 35/2, 247–291.
- LOMBARD, A. (1949): Les récurrences lithologiques du sommet du Niesen et leur interprétation. – *Eclogae geol. Helv.* 42, 426–434.
- (1971): La nappe du Niesen et son flysch. – *Matér. Carte géol. Suisse* [n.s.] 141.
- LOWE, D. R. (1982): Sediment gravity flows: II. Depositional Models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. – *J. sediment. Petrol.* 52/1, 279–297.
- LUGEON, M. (1902): Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. – *Bull. Soc. géol. France* (4) 1, 723–825.
- (1914): Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes et sur leur signification. – *C.R. Acad. Sci. Paris* 159, 685–686.
- (1938): Quelques faits nouveaux dans les Préalpes internes vaudoises (Pillon, Aigremont, Chamossaire). – *Eclogae geol. Helv.* 31/1, 1–20.
- LUGEON, M., & ANDRAU, E. W. K. (1927): Sur la subdivision du Flysch du Niesen dans la région du Pic Chaussy. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 56/219, 289–295.
- MC CONNEL, R. B. (1951): La nappe du Niesen et ses abords entre les Ormonts et la Sarine. – *Matér. Carte géol. Suisse* [n.s.] 95.
- MC CONNEL, R. B., & DE RAAF, M. (1929): Communication préliminaire sur la géologie de la nappe du Niesen entre le Sépey et la Lenk et sur la Zone Submédiaine. – *Eclogae geol. Helv.* 22/2, 95–112.
- MICHEL, R. (1957): Etude pétrographique des schistes cristallins de la feuille Moûtiers au 50 000e. – *Bull. Serv. Carte géol. France* (B) 252/55, 167–180.
- MIDDLETON, G. V., & HAMPTON, M. A. (1973): Sediment gravity flows: Mechanics of flow and deposition. In: MIDDLETON, G. V., & BOUMA, A. H. (Ed.): *Turbidites and deepwater sedimentation* (p. 1–38). – Soc. econ. Paleont. Mineral. (pac. Sect.), short course no 1, Anaheim.
- MUTTI, E., FONNESCU, F., RAMPONE, G., & SONNINO, M. (1981): Channel-fill and associated overbank deposits in the Eocene Hecho Group, Aiusa–Boltana Region (South-Central Pyrenees). – *Abstr. 2nd IAS europ. Reg. Meet. Bologna*.
- MUTTI, E., & RICCI LUCCI, F. (1972): Le torbiditi dell'Apennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies. – *Mem. Soc. ital.* 11, 161–199.
- NAYLOR, M. A. (1981): Debris-flow (olistostromes) and slumping on a distal passive continental margin: the Palombini limestone – shale sequence of the northern Apennines. – *Sedimentology* 28, 837–852.
- NILSEN, T. H., MOORE, T. E., BROSGE, W. P., & DUTRO, J. T. (1981): Sedimentology and stratigraphy of the Kanayut Conglomerate and associate units, Brooks Range, Alaska. – US Dept. of Interior, Geol. Surv., Menlo Park, California, Open-file Rep. 81–506.
- NORMARK, W. R. (1970): Growth patterns of deep sea fans. – *Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol.* 54, 2170–2195.
- PIPER, D. J. W. (1978): Turbidite muds and silts on deep-sea fans and abyssal plains. In: STANLEY, D. J., & KELLING, G. (Ed.): *Sedimentation in submarine canyons, fans and trenches* (p. 163–176). – Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.
- PLANCHEREL, R. (1979): Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. Implications cinématiques et dynamiques. – *Eclogae geol. Helv.* 72/1, 145–214.
- RAAF, M. DE (1934): La géologie de la nappe du Niesen entre la Sarine et la Simme. – *Matér. Carte géol. Suisse* [n.s.] 8.
- RICCI LUCCI, F. (1975): Depositional cycles in two turbidite formations of Northern Apennines (Italy). – *J. sediment. Petrol.* 45/1, 3–43.
- RÜEFLI, W. H. (1959): Stratigraphie und Tektonik des eingeschlossenen Glarner Flysches im Weisstannental. – *Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich* (C) 75.

- SEILACHER, A. (1967): Bathymetry of trace fossils. – *Marine Geol.* 5, 413–428.
- SHEPHERD, F.P., & DILL, R.F. (1966): Summary characteristics and dimensions of submarine canyons. In: WHITAKER, J.H. (Ed.): *Submarine canyons and deep-sea fans* (p. 123–155). – *Benchmark Pap. Geol.* 24. Dowden, Hutchinson & Ross Inc.
- STRECKEISEN, H. (1976): To each plutonic rock its proper name. – *Earth-Sci. Rev.* 12/1, 1–35.
- STUIJVENBERG, J., VAN (1979): Geology of the Gurnigel area (Prealps, Switzerland). – *Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] 151.*
- SURLYK, F. (1975): Fault controlled marine fan-delta sedimentation at the Jurassic–Cretaceous Boundary, East Greenland. – 9th int. Congr. Sedimentol. Nice, p. 305–311.
- VALLONI, R., & MAYNARD, J.B. (1981): Detrital modes of recent deep-sea sands and their relation to tectonic setting: a first approximation. – *Sedimentology* 28, 75–83.
- VON DER BORCH, C.C., SMIT, R., & GRADY, A.E. (1982): Late Proteroporic submarine canyons of Adelaide geosyncline, South Australia. – *Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol.* 66/3, 332–347.
- WALKER, R.G. (1978): Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps. – *Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol.* 62/6, 932–966.
- WEIDMANN, M., HOMEWOOD, P., CARON, C., & BAUD, A. (1976): Réhabilitation de la «Zone Submédiane» des Préalpes. – *Eclogae geol. Helv.* 69/2, 265–277.
- WENTWORTH, C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. – *J. Geol.* 30, 377–392.
- WILCOX, R.E., HARDING, T.P., & SEELY, D.R. (1973): Basic wrench tectonics. – *Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol.* 57/1, 74–96.
- WINKLER, W. (1983): Stratigraphie, Sedimentologie und Sedimentpetrographie des Schlieren-Flysches. – *Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] 158.*
- WINKLER, W., & VAN STUIJVENBERG, J. (1982): Flysch-type agglutinated foraminifera and the Maastrichtian to Paleogene history of the Labrador and North Seas – Comments. – *Marine Micropaleont.* 7, 359–361.
- ZUFFA, G.G. (1980): Hybrid arenites: their composition and classification. – *J. sediment. Petrol.* 50/1, 21–29.

Manuscrit reçu le 27 février 1986

accepté le 2 août 1986

**Planche**

Esquisse structurale de la nappe du Niesen. Elle ne comprend pas les parties détachées du gros de la nappe à l'ouest (Aigremont–La Forclaz et Chamossaire–Vésevy). Les zones à lentilles mésozoïques infra- et intranappes ne sont pas différenciées et sont comprises dans les figurés «contacts entre unités tectoniques» infranappe et «chevauchement intranappe». Les tracés des profils de la figure 3, A–A' à H–H', sont également figurés.

## Abréviations

|     |                      |
|-----|----------------------|
| PC  | Pic Chaussy          |
| OB  | Corne des Brenleires |
| Ch  | Châtillon            |
| Ta  | Tarent               |
| Pa  | Para                 |
| C   | Cape au Moine        |
| PI  | Palette              |
| B   | Blattistand          |
| W   | Walighürli           |
| Wi  | Wittenberghorn       |
| F   | Fürggen spitze       |
| Sf  | Staldenflüe          |
| Wp  | Hohi Wispile         |
| Wg  | Wasserngrat          |
| Gi  | Giferspitze          |
| F1  | Floeschhorn          |
| A   | Albrist              |
| G   | Gsür                 |
| R   | Raufluhorn           |
| Ss  | Chirgellischibe      |
| Gs  | Gairischibe          |
| M   | Maenniflue           |
| Chi | Cheibehorn           |
| L   | Lauenenhorh          |
| Li  | Linterhorn           |
| H   | Hohniesen            |
| T   | Tschipparellenh      |
| St  | Standhorn            |
| D   | Drunengalm           |
| Fb  | Fromberghorn         |
| N   | Niesen               |

## Signes conventionnels

- Limite lithologique observée
- Limite lithologique présumée
- Pendage des couches
- Couche verticale
- Couche horizontale
- Couche renversée
- Faille observée
- Faille présumée
- Pendage de faille
- Charnière de pli avec sens du plongement
- Charnière horizontale
- Contact entre unités tectoniques observé
- Contact entre unités tectoniques présumé
- Chevauchement intranappe observé
- Chevauchement intranappe présumé
- ▲ Sommet

|                       |
|-----------------------|
| Flysch du Chesselbach |
| Flysch de Seron       |
| Flysch du Niesenkuim  |
| Flysch de Frutigen    |
| Flysch du Tauben      |

