Wägital-Flysch et autres flyschs penniques en Suisse Central : stratigraphie, sédimentologie et comparaisons

Autor(en): **Winkler, Wilfried / Wildi, Walter / Stuijvenberg, Jan van**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **78 (1985)**

Heft 1

PDF erstellt am: **23.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-165641

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv.	Vol. 78	No 1	Pages 1–22	Bâle, avril 1985

Wägital-Flysch et autres flyschs penniques en Suisse Centrale
Stratigraphie, sédimentologie et comparaisons[1])

Par WILFRIED WINKLER[2])[3]), WALTER WILDI[2]), JAN VAN STUIJVENBERG[2])[4])
et CHRISTIAN CARON[2])

RÉSUMÉ

Le Wägital-Flysch en Suisse Centrale, d'origine pennique, comporte des termes allant du Campanien (éventuellement du Santonien supérieur?) jusqu'à l'Eocène moyen. Les sédiments crétacés sont des turbidites d'un cône à chenaux, installé dans une fosse sous-marine. Ils comportent des conglomérats, des arénites, des pélites et des calcaires fins à Helminthoïdes («Alberese»). Au Tertiaire, des faciès détritiques semblables à ceux du Crétacé indiquent une forte sédimentation durant le Paléocène supérieur et l'Eocène moyen, alors que des faciès plus fins indiquent une baisse de l'activité sédimentaire au Paléocène inférieur et à l'Eocène inférieur. L'analyse pétrographique des arénites amène à la distinction de cinq populations de minéraux légers, dont l'apparition est liée à des directions de courant caractéristiques. Du Maastrichtien élevé à l'Eocène moyen, les différents termes du Wägital-Flysch peuvent être corrélés avec le Gurnigel–Schlieren-Flysch, d'origine sud-pennique, tant sur la transversale étudiée qu'à l'ouest de celle-ci. Cette corrélation est confirmée par les association de minéraux lourds, notamment à grenat, qui sont très semblables dans le Wägital-Flysch, dans le Gurnigel–Schlieren-Flysch ainsi que dans le Trepsen-Flysch, et les Flyschs Rhénodanubiens. Pour le Campanien et le Maastrichtien, ces derniers peuvent être considérés comme équivalents latéraux du Wägital-Flysch. Les flyschs de la Nappe de la Sarine et de la Nappe des Dranses (Préalpes supérieures) sont comparables avec le Wägital-Flysch par leur âge et leur faciès. Associations de minéraux lourds et directions des paléocourants indiquent cependant des sources différentes pour le matériel des deux types de flysch. Les flyschs nord-penniques du Niesen et du Prättigau se distinguent du Wägital-Flysch tant par leur stratigraphie que par leur composition.

ABSTRACT

The penninic Wägital-Flysch in Central Switzerland is of Campanian (possibly late Santonian) to middle Eocene age. Upper Cretaceous channelized fan or trench turbidites are composed of conglomerates, arenites, pelites and fine-grained limestone with Helminthoid trace fossils ("Alberese"). Similar detrital facies of upper Paleocene and middle Eocene age indicate a high sedimentation activity, whereas fine bedded arenites and pelites indicate low sedimentation during the early Paleocene and the early Eocene. Within the arenites five light mineral populations are associated with distinct sediment transport directions. The Maastrichtian to middle Eocene sediments of the Wägital can be correlated with the sediments of the same age in the Gurnigel–Schlieren-Flysch of south-penninic origin. This is confirmed by the garnet bearing heavy mineral associations which are very similar in the Wägital-Flysch and in the Gurnigel–Schlieren-Flysch. This spectrum is also typical for the Trepsen-Flysch and the Rhenodanubian Flysch. From the Campanian to the Maastrichtian the deposits of the Rhenodanubian Flysch trough can be considered as lateral equivalents of the Wägital-Flysch. Similarities

---

[1]) Projet Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique no 2.486-0.82 (requérant: Ch. Caron).

[2]) Institut de Géologie, Pérolles, CH–1700 Fribourg.

[3]) Adresse actuelle: Geologisches Institut der Universität, Bernoullistrasse 32, CH–4056 Basel.

[4]) Adresse actuelle: Colombi, Schmutz, Dorthe SA, Kirchstrasse 22, CH–3097 Liebefeld.

also exist between the Wägital-Flysch and the flysch sediments of the Sarine and the Dranses nappes (Prealps). However, the paleocurrent directions and the heavy mineral composition indicate different source areas for the flysch arenites in Western and Central Switzerland. The north-penninic Niesen-Flysch and the Prättigau-Flysch differ from the Wägital-Flysch by their stratigraphy and their mineral composition.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Alter des Wägital-Flysches in der Zentralschweiz ist Campanian (evtl. oberes Santonian) bis mittleres Eozän. Die turbiditischen Sedimente der Oberkreide wurden in einem Tiefseegraben, auf einem Fächer mit Kanälen, abgelagert. Sie umfassen Konglomerate, Arenite, Pelite and feinkörnige Kalke mit Helminthoiden («Alberese»). Ähnliche detritische Faziestypen weisen auf eine starke Sedimentation während des oberen Paleozäns und des mittleren Eozäns hin, während feinere Faziestypen im unteren Paleozän und im unteren Eozän eine Abschwächung der Sedimentationstätigkeit anzeigen. Die petrographische Analyse der Arenite führt zur Unterscheidung von fünf Leichtmineralpopulationen, deren Auftreten mit unterschiedlichen Sedimenttransportrichtungen in Verbindung gebracht werden kann. Vom oberen Maastrichtian bis zum mittleren Eozän kann der Wägital-Flysch mit dem südpenninischen Gurnigel–Schlieren-Flysch korreliert werden, und zwar sowohl im bearbeiteten Querschnitt als auch im Westen desselben. Diese Korrelation wird bestätigt, durch die stark Granat führenden Schwermineralspektren in beiden Flyschen. Ähnliche Spektren finden sich auch im Trepsen-Flysch und in den Rhenodanubischen Flyschen. Diese können im Campanian und im Maastrichtian als laterale Äquivalente des Wägital-Flysches betrachtet werden. Ähnlichkeiten finden sich auch zwischen den Flyschen der Dranses-Decke und der Saane-Decke der Präalpen und dem Wägital-Flysch. Schwermineralspektren und Strömungsmarken zeigen allerdings, dass die zwei Flyschzonen nicht durch dieselbe Quelle mit terrigenem Material beliefert wurden. Die nordpenninischen Flysche (Niesen-Flysch, Prättigau-Flysch) unterscheiden sich vom Wägital-Flysch sowohl in bezug auf ihre Stratigraphie wie auch in bezug auf ihre Zusammensetzung.

1. Introduction

Du Léman à l'ouest, au lac des Quatre-Cantons à l'est, des flyschs sud-penniques (CARON 1976), d'âge Maastrichtien supérieur à Eocène moyen, constituent une zone continue d'affleurements le long de la bordure nord des Alpes: Flyschs des Voirons (VAN STUIJVENBERG 1980), des Fayaux (VAN STUIJVENBERG et al. 1976) et du Niremont (MOREL 1980), Gurnigel-Flysch (VAN STUIJVENBERG 1979) et Schlieren-Flysch (WINKLER 1983, 1984). En continuant vers l'est, ce schéma est modifié, d'une part du fait de la disparition du Schlieren-Flysch et, d'autre part, par l'apparition du Wägital-Flysch, comprenant une série épaisse du Crétacé supérieur (KRAUS 1932; LEUPOLD 1943) et une série – moins épaisse – du Paléogène (WINTER 1956; FREI 1963).

Pour WINTER (1956) et FREI (1963), les termes les plus anciens du Wägital-Flysch seraient du Turonien, alors que KUHN (1972) leur attribue un âge Campanien. Une lacune est postulée par KUHN (1972) pour le Maastrichtien supérieur, le Paléocène et l'Eocène inférieur. A tous les niveaux, mais de préférence au Crétacé supérieur, on trouve, associés à des turbidites terrigènes, des calcaires fins à Helminthoïdes (faciès «Alberese» ou «Hellstätt»).

Par sa composition et sa position, le Wägital-Flysch peut constituer un jalon important pour la reconstitution paléogéographique des Alpes Centrales:

— Tertiaire: Pour FREI (1963), les séries tertiaires du Wägital-Flysch et du Schlieren-Flysch présentent une composition semblable, mais non identique; la partie tertiaire du Wägital-Flysch pourrait en conséquence représenter un équivalent oriental (et terminal?) des flyschs penniques de type Gurnigel–Schlieren.

— Crétacé supérieur: Les faciès calcaires à Helminthoïdes rappellent les Flyschs Rhénodanubiens entre le Liechtenstein et Vienne à l'est (ALLEMANN 1957, VON RAD 1972, HESSE 1972, OBERHAUSER 1980), et, à l'ouest, les Flyschs à Helminthoïdes liguro-piémontais des Préalpes (Nappe Supérieure, CARON 1972, FLÜCK 1973) et des Alpes Occidentales (KERCKHOVE 1969, LANTEAUME 1962); une continuité de ces bassins peut être envisagée (CARON et al. 1981, HOMEWOOD 1983).
— La lacune postulée par KUHN (1972) entre les séries crétacées et tertiaires pose le problème de la nature du contact entre les deux: lacune sédimentaire, contact tectonique ou erreur de datation.

Le travail dont les résultats sont présentés ici a été entrepris dans l'optique de contribuer à une réponse aux questions posées ci-dessus. Dans le but d'éclaircir les contradictions biostratigraphiques entre FREI (1963) et KUHN (1972), on a tenté une redatation des séries par le nannoplancton. L'étude lithostratigraphique et sédimentologique de terrain a été complétée par l'analyse pétrographique des arénites. Ces données sont assemblées dans une étude comparative avec les flyschs penniques voisins (chapitres 8 et 9).

2. Cadre géologique

Le front de l'édifice alpin de la transversale d'Einsiedeln est caractérisé par une zone d'écailles tectoniques complexe (fig. 1). En partant de la Molasse Préalpine charriée, on trouve, du nord vers le sud, et tectoniquement du bas vers le haut (FREI 1963, HANTKE et al. 1967, KUHN 1972):

— le Trepsen-Flysch d'âge Crétacé supérieur (OCHSNER 1969), fortement tectonisé;
— un premier ensemble à pendage sud de la «Einsiedler Schuppenzone» associé à des wildflyschs de type Habkern;
— Le Wägital-Flysch, écaillé et à plis isoclinaux à la base de l'unité;
— un deuxième ensemble de la «Einsiedler Schuppenzone», recouvert par du wildflysch de type Habkern;
— la nappe helvétique du Drusberg;
— le wildflysch de Habkern (Iberg-Mélange de BAYER 1982), supportant du Schlieren-Flysch d'âge Tertiaire, ainsi que des éléments du Crétacé terminal qui peuvent être considérés comme termes de base du Schlieren-Flysch (FREI 1963). Ces flyschs ont été distingués du Schlieren-Flysch comme «Windegg-Flysch» par TRÜMPY (in HANTKE & TRÜMPY 1964) et HANTKE et al. (1967); on n'adoptera cependant pas cette subdivision ici (chapitre 8);
— des écailles de la Klippen-Decke reposent sur le Schlieren-Flysch;
— la zone ophiolitique d'Arosa et des témoins de la Zone Austro-alpine Supérieure constituent le sommet de l'édifice (TRÜMPY 1967).

Les Klippes des Mythen et de la Rotenflue, situées plus à l'ouest, se placent au-dessus de la Einsiedler Schuppenzone; les affleurements ne permettent cependant pas de certitude absolue à ce sujet.

Entre Schwyz à l'ouest et la vallée de la Linth à l'est, le Wägital-Flysch constitue les affleurements les plus étendus dans cette zone à flyschs.

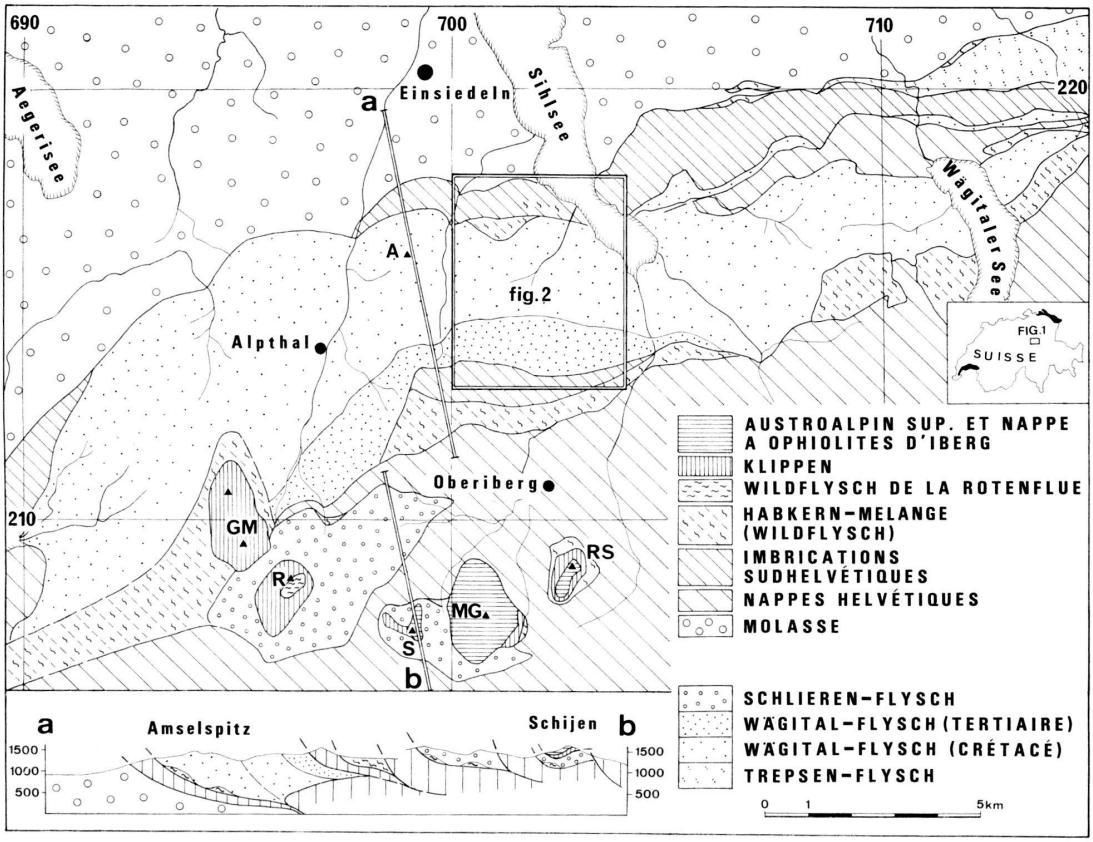

Fig. 1. Esquisse géologique de la Suisse Centrale au sud d'Einsiedeln (d'après HANTKE et al. 1967) et coupe géologique schématique.
A: Amselspitz; GM: Grosser Mythen; MG: Mördergruebli; RS: Roggenstock; R: Rotenflue; S: Schijen.

3. Biostratigraphie du Wägital-Flysch

Prémisse: Les nannofossiles analysés ici proviennent en grande partie de pélites turbiditiques et, plus rarement, de pélites hémipélagiques. La datation des séries tertiaires repose sur la zonation de MARTINI (1971), déjà utilisée et discutée par VAN STUIJVENBERG (1979), MOREL (1980) et WINKLER (1983). Pour le Crétacé supérieur, nous nous référons à SISSINGH (1977) et à PERCH-NIELSEN (1979). Comme le matériel traité doit être considéré en grande partie comme remanié et resédimenté, seule la première apparition des espèces peut être utilisée pour la datation des séries.

Séries d'âge crétacé

Le tableau 1 montre la composition de quelques échantillons à nannoflores riches (la suite stratigraphique est respectée dans la mesure du possible sur ce tableau: position géographique des échantillons: fig. 2).

Les échantillons no 2–7 sont caractérisés par la présence de *Lucianorhabdus cayeuxi* d'âge santonien et plus jeune. La coexistence avec *Aspidolithus* sp. et *Phanolithus obscurtus* nous fait pencher vers un âge campanien ou plus jeune (SISSINGH 1977, PERCH-NIELSEN 1979). Le Santonien supérieur ne peut cependant être exclu.

Certains échantillons comportent les formes marqueurs du Campanien: *Bukryaster hayii*, *Orastrum campanensis* et *Ceratolithoides aculeus*. Les échantillons 2, 4 et 5 proviennent d'affleurements attribués au Turonien par FREI (1963).
Nos analyses confirment cependant l'âge sénonien supérieur proposé par KUHN (1972), les faunes du Turonien étant remaniées ici.

Arkhangelskiella cymbiformis apparaît dès le début du Maastrichtien (évtl. au Campamien supérieur). Cette espèce montre une croissance au cours du Maastrichtien. De rares individus de *A. cymbiformis* d'un diamètre moyen de moins de 9 µm se trouvent dans les échantillons no 8–10 (tabl. 1) et de nombreux individus de 9–13 µm de diamètre caractérisent les échantillons no 11–14. Ce dernier groupe est donc probablement du Maastrichtien élevé, ce qui est confirmé par la présence de *Markalius inversus*, *Litthraphidites quadratus* et *Nephrolithes frequens*. En revanche, on retiendra l'absence de *Micula murus* et de *Micula prinsii*.

En accord avec KUHN (1972), nous considérons donc la partie crétacée du Wägital-Flysch comme étant du Campanien (évtl. du Santonien supérieur) et du Maastrichtien. Les associations de nannofossiles de la limite Crétacé/Tertiaire n'ont pas été trouvées.

Séries d'âge tertiaire

Les datations des séries d'âge tertiaire se réfèrent principalement à la zonation de MARTINI (1971; voir aussi VAN STUIJVENBERG 1977; WINKLER 1983). Aucune coupe de terrain continue n'étant connue à l'affleurement, nous avons procédé à une cartographie biostratigraphique d'un secteur choisi (fig. 2), où toutes les zones de nannofossiles ont pu être mises en évidence.

D'après nos résultats, les séries d'âge tertiaire superposées aux séries d'âge crétacé du Plattentobel et du Gross Runs peuvent être considérées comme étant complètes et continues du Danien jusqu'à l'Eocène moyen. L'hypothèse de FREI (1963) se trouve

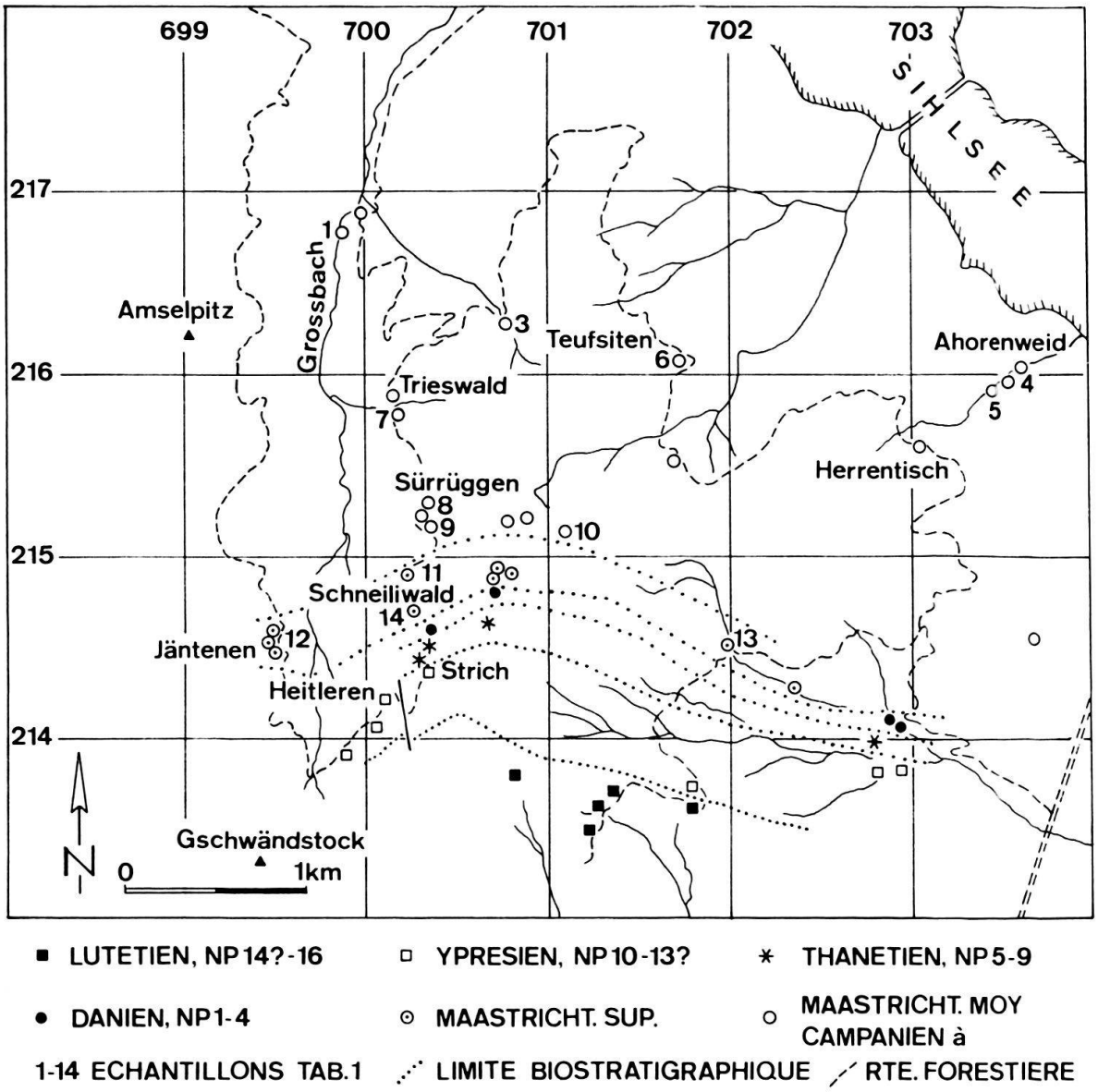

Fig. 2. Carte biostratigraphique du Wägital-Flysch au sud-ouest du Sihlsee.

ainsi confirmée, alors que la lacune sédimentaire postulée par KUHN (1972) peut désormais être considérée comme inexistante. La limite Crétacé/Tertiaire (non affleurante) se place stratigraphiquement plus bas et géographiquement plus au nord que ne l'indiquent HANTKE et al. (1967).

Autres datations

Dans la partie inférieure de la coupe du Schlierenbach (coord. 710.850/216.810), des nannoflores du Maastrichtien supérieur ont été déterminées. Les séries d'âge tertiaire du Wägital-Flysch de la partie inférieure du Zwäckentobel (coord. 696.910/210.350) sont essentiellement de l'Eocène moyen.

Tableau 1: *Répartition des espèces de nannoplancton dans les séries d'âge crétacé du Wägital-Flysch.*

	Campanien-Maastrichtien moyen										Maastrichtien supérieur			
	1. Wi 1566/1569	2. Wi 1657	3. Wi 1681	4. Wi 1643	5. Wi 1652A	6. Wi 1668	7. Wi 1684	8. Wi 1574/1575	9. Wi 1687	10. VS 7.10.78/2	11. VS 5.10.78/44,45	12. VS 10.7.78/41,42	13. VS 18.8.78/23,26	14. VS Wäg 80/27,29
Arkhangelskiella cymbiformis > 9 µ											x	x	x	x
Arkhangelskiella cymbiformis < 9 µ								x	x	x				
Aspidolithus sp.	x	x		x	x	x	x	x	x					x
Aspidolithus parcus									x					
Biscutum constans									x					
Braarudosphaera bigelowii								x	x					
Bukryaster hayii				x										
Ceratolithoides aculeus	x		x						x	x				
Chiastozygus sp.				x			x				x			
Chiastozygus amphipons												x		
Cretarhabdus sp.				x				x						
Cribrosphaerella ehrenbergii	x		x	x	x		x	x	x	x	x		x	x
Cylindralithus sp.				x	x									
Eiffellithus sp.	x	x		x		x	x	x	x		x		x	x
Eiffellithus eximius				x	x			x	x					
Eiffellithus turriseiffeli			x	x	x	x		x	x		x		x	x
Eprolithus sp.								x						
Eprolithus floralis								x						
Gartnerago obliquum					x									
Glaukolithus compactus									x					
Glaukolithus diplogrammus				x									x	
Glaukolithus fessus								x						
Kamptnerius magnificus								x	x					
Lapideacassis sp.								x						
Lithastrinus grillii				x				x						
Lithastrinus moratus								x						
Lithraphidites quadratus													x	
Lucianorhabdus sp.				x	x	x		x	x	?			x	x
Lucianorhabdus cayeuxii		x	x	x	x	x	x	x	x				x	x
Lucianorhabdus maleformis		x			x	x			x					
Lucianorhabdus quadrifidus								x	x					
Markalius inversus								?			x	x		
Marthasterites furcatus					x			?						
Microrhabdulus sp.									x			x		
Microrhabdulus decoratus									x	x	x			
Micula decussata	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nannoconus sp.								x	x					
Nephrolithes frequens													x	x
Orastrum campanensis				x										
Phanulithus sp.		x		x				x						
Phanulithus obscurus				x		x	x	x	x	x			x	
Phanulithus ovalis				x	x	x		x	x					
Prediscosphaera sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Prediscosphaera cretacea				x	x	x		x		x	x	x	x	x
Prediscosphaera grandis				x									x	
Reinhardtites sp.		x						x						x
Reinhardtites anthophorus				x	x	x			x					?
Reinhardtites levis									x					
Stradneria crenulata				x	x				x	x		x		x
Thoracosphaera sp.			x				x	x	x			x	x	
Tranolithus phacelosus				x	x			x						
Watznaueria sp.	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Watznaueria barnesae			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Zeugrhabdotus sp.								x						
Zygodiscus sp.					x			x			x			

4. Lithostratigraphie du Wägital-Flysch

Les descriptions ci-dessous seront limitées aux meilleurs affleurements rencontrés. La nomenclature utilisée pour la classification des faciès turbiditiques est celle de MUTTI & RICCI LUCCHI (1975). Par commodité, on maintiendra la subdivision traditionnelle du flysch en séries d'âge crétacé et séries d'âge tertiaire.

Séries d'âge crétacé

Affleurements (fig. 2 et 3):

- Malosentobel entre 1160 et 1180 m d'altitude (coord. 696.250/213.250),
- Jäntenen (coord. 699.500/214.530).
- Grossbach entre 1020 et 1060 m d'altitude,
- suite de route forestière entre Ijenruns et Schneiliwald, Trieswald (entre coord. 700.100/215.870 et coord. 700.160/215.650), affleurement Sürrüggen (coord. 700.310/215.250),
- route forestière Buchegg–Hummel, affleurement Herrentisch (coord. 703.130/215.550), affleurement Teufsiten (coord. 701.800/216.050),
- Ahorenweidbach entre 1000 et 1050 m d'altitude (en amont de coord. 703.550/215.950),
- Schlierenbach (coord. 710.850/216.810).

Au sein des séries d'âge crétacé, des alternances sont constituées par trois types de séquences lithologiques:

1. Arénites calcaires à grain fin, en petits bancs et en bancs moyens, et pélites; faciès D et C_2 de MUTTI & RICCI LUCCHI (1975), les membres T_e des cycles de BOUMA (1962) sont souvent des calcaires micritiques de type «Alberese» ainsi que des calcaires silteux gris-bleu à patine jaunâtre; le faciès G est formé par des couches hémipélagiques calcareuses de teinte verdâtre. Affleurements: Ahorenweidbach à 1000 m d'altitude, route forestière près du Herrentisch, Sürrüggen vers le centre de l'affleurement.
2. Faciès dominé par des pélites turbiditiques grises (T_e) d'une épaisseur allant jusqu'à 2 m, avec de minces niveaux sableux, à grain fin, à la base des turbidites (membres de BOUMA $T_{c,f}$, faciès D_3). Vers le haut, ces pélites passent à des marnes grisâtres à verdâtres (faciès G). Affleurements: Ahorenweidbach à partir de 1050 m d'altitude, Grossbach entre 1040 et 1050 m d'altitude.
3. Faciès terrigène à gros bancs d'arénites à grain moyen à grossier et de microconglomérats (faciès C_1, C_2, D_{1-2}). Des cycles «thinning/fining-upward» montrent des amalgamations de base; plus rarement, on observe des cycles «thickening/coarsening-upward». Les pélites sont réduites au sein de ces cycles, mais le faciès (3) se trouve souvent associé au faciès (2) à plus grande échelle. Affleurements: Malosentobel, Herrentisch, Teufsiten, Grossbach entre 1030 et 1050 m d'altitude, Schlierenbach.

Par endroits, on observe en outre des arénites glauconieuses et des conglomérats grossiers avec une matrice silteuse (Grossbach à 1020 m d'altitude). Des conglomérats à matrice sableuse ont été observés à Jäntenen et au Grossbach entre 1050 et 1060 m d'altitude. Ces conglomérats sont associés au faciès (3) décrit ci-dessus.

L'épaisseur des séries d'âge crétacé est estimée à 800 à 1000 m.

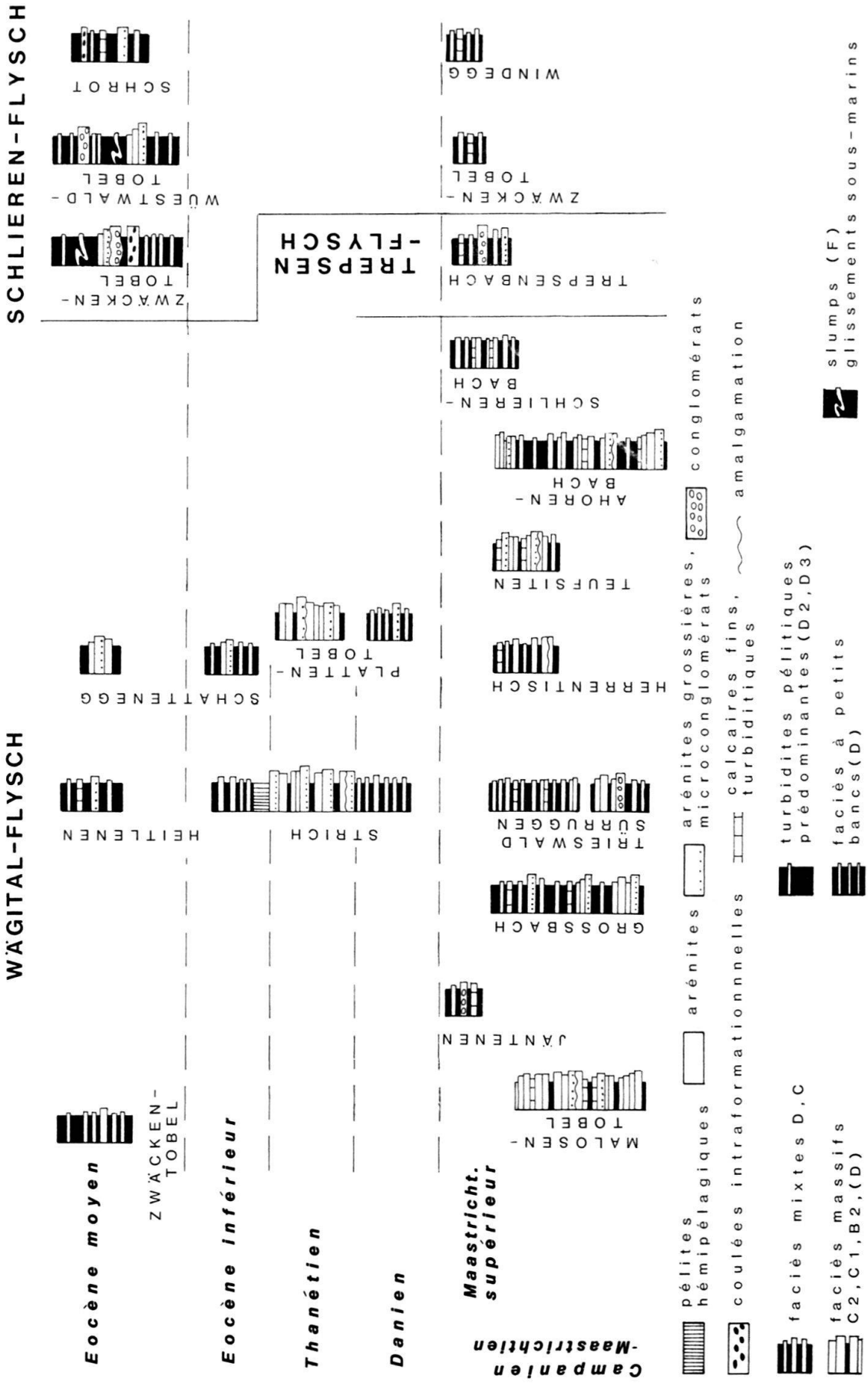

Fig. 3. Logs stratigraphiques (échelle temps) du Wägital-Flysch, du Trepsen-Flysch et du Schlieren-Flysch de la transversale d'Einsiedeln (localisation, voir texte).

Séries d'âge tertiaire

Affleurements (fig. 2 et 3):

— route forestière, pente orientale du Gross Runs, entre Schneiliwald et Heitleren (entre coord. 700.320/214.570 et 700.080/214.160),
— Nidlaubach, Plattentobel et Schatteneggen,
— Zwäckentobel (coord. 696.540/210.820 à coord. 696.910/210.350).

Danien: De petits bancs turbiditiques à grain fin à moyen, avec une proportion variable de pélites (faciès D_{1-3} de MUTTI & RICCI LUCCHI 1975) sont associés avec des silts et argiles verdâtres hémipélagiques qui peuvent atteindre 10 à 20 m d'épaisseur. Plus rarement, on trouve des arénites quartzitiques glauconieuses («Ölquarzite») ainsi que des conglomérats. Les pélites turbiditiques sont pauvres en carbonate.

Thanétien: Des séquences de 5 à 10 m d'arénites en gros bancs, à grain moyen à grossier, prédominent. Les surfaces inférieures des bancs montrent des traces d'érosion. Tant que les affleurements permettent d'en juger, les bancs s'organisent en cycles «thickening-upward» (faciès B_1, C_{1-2} de MUTTI & RICCI LUCCHI 1975). Les petits bancs turbiditiques et les pélites sont de moindre importance. La série mesure environ 50 m d'épaisseur.

Eocène inférieur: Au début de l'Eocène, un changement radical des faciès turbiditiques et pélitiques vers des séquences à petits bancs peut être observé (faciès D). Ce faciès alterne avec des pélites vertes et rouges du faciès G (op. cit.). Dans l'affleurement du Strich (coord. 700.280/214.300), un niveau de bentonite jaune se trouve intercalé dans la série (éch. no Wi 1382). L'argile est composée de 65% d'illite, de 30% de montmorillonite et de 2% seulement de kaolinite et de chlorite. L'analyse chimique (Dr G. Galetti, Institut de Minéralogie, Fribourg) révèle des teneurs élevées en TiO_2 (6,23%), Al_2O_3 et en P_2O_5, ainsi qu'en zirconium et en cuivre. Ces analyses démontrent la ressemblance avec les niveaux de bentonite de même âge dans le Gurnigel-Flysch et le Schlieren-Flysch (WINKLER 1983, 1984). Au sommet des séries de l'Eocène inférieur, des arénites grossières en bancs épais alternent avec des pélites grises.

Eocène moyen: Des marnes turbiditiques grises (faciès D_{2-3}) alternent avec de petites séquences de turbidites arénitiques (faciès D_1, C_2, C_1). Par endroits, des bancs sableux, issus de «debris flow», remanient des débris d'arénites et de pélites. Le top des turbidites peut être formé par des micrites calcaires de type «Alberese».

L'épaisseur des séries d'âge tertiaire est de 500 m au moins.

5. Pétrographie des arénites du Wägital-Flysch

5.1 Minéraux légers

Un échantillonnage a été fait sur des arénites de grain moyen, provenant de bancs à empreintes de courant orientées. Les comptages sur lame ont été faits d'après la classification de DICKINSON (1970) (méthode d'analyse: MOORE 1979; ZUFFA 1980; WINKLER 1983, 1984). Les types de grains suivants ont été distingués:

— Grains stables
  1. Quartz monocristallin (Q_m): individus simples ou composés, dont les subgrains ont une taille supérieure à 63 µm.

2. Quartz polycristallin (Q_p): grains composés, à subgrains de moins de 63 µm.
3. Quartz tectonique (T_Q): comme 2, avec texture parallèle.
4. «Chert» (C): grains de silex ou radiolarite.

— Feldspaths

5. Plagioclase (P), albite incluse.
6. Feldspath potassique (K).

— Fragments lithiques instables, à grains fins de moins de 63 µm

7. Tectonite à quartz et mica (T_{QM}): agrégats de grains avec quartz, mica (muscovite, biotite, p.p. chloritisée) et parfois plagioclase.
8. Mica polycristallin (M_p): agrégats de mica blanc ou biotite.
9. Fragments volcaniques/hypabyssaux (L_{vh}): matrice volcanique ou porphyrique, parfois à phénocristaux.
10. Fragments sédimentaires (L_s): fragments de dolomies, calcaires, etc., extrabasinaux.

Les triangles (fig. 4) représentent les associations suivantes:

Q–F–L:	(1+2+4) – (5+6) – (3+7+8+9+10)
Q_m–F–L_t:	(1) – (5+6) – (2+3+4+7+8+9+10)
Q_p–L_{vh}–L_{sm}:	(2+4) – (9) – (3+7+8+10)
Q_m–P–K:	(1) – (5) – (6)
L_{vh}–L_s–L_m:	(9) – (4+10) – (2+3+7+8)

Le triangle Q–F–L montre que les arénites peuvent être classées avec les «arénites feldspathiques à débris lithiques» de FÜCHTBAUER & MÜLLER (1970). Les variations de la teneur en quartz sont importantes, ne dépassant cependant que rarement les 70%. Le triangle Q_m–F–L_t montre que les fragments siliceux fins, le quartz polycristallin et le quartz tectonique n'ont que peu d'importance.

La plupart des arénites ne comportent que des plagioclases (triangle Q_m–P–K), le coefficient P/F étant égal à 1,0. Seuls deux échantillons provenant des séries d'âge crétacé du Wägital-Flysch comportent une proportion importante de feldspath potassique (P/F = 0,84 et 0,59).

Les diagrammes Q_p–L_{vh}–L_{sm} et $L_{vh} - L_s - L_m$ (fig. 4) permettent la distinction de 3, respectivement de 4 groupes d'échantillons d'après la composition des débris lithiques. Ces associations se répartissent de façon régulière sur toutes les séquences sans distinction de l'origine (unité structurale et position géographique) ni de l'âge, mais une dépendance des directions de courant est évidente (fig. 5 et chapitre 6).

Les observations microscopiques montrent que les arénites n'ont pas dépassé le stade de la diagenèse.

5.2 Minéraux lourds

Des analyses de minéraux lourds du Wägital-Flysch ont été faites dans le passé par WOLETZ (1964) et par GASSER (1967) qui ont mis en évidence des spectres à grenat, à apatite, zircon, tourmaline et minéraux du groupe TiO_2. Dans le but de corréler ces données avec la stratigraphie, nous avons refait un nombre limité d'analyses dans les

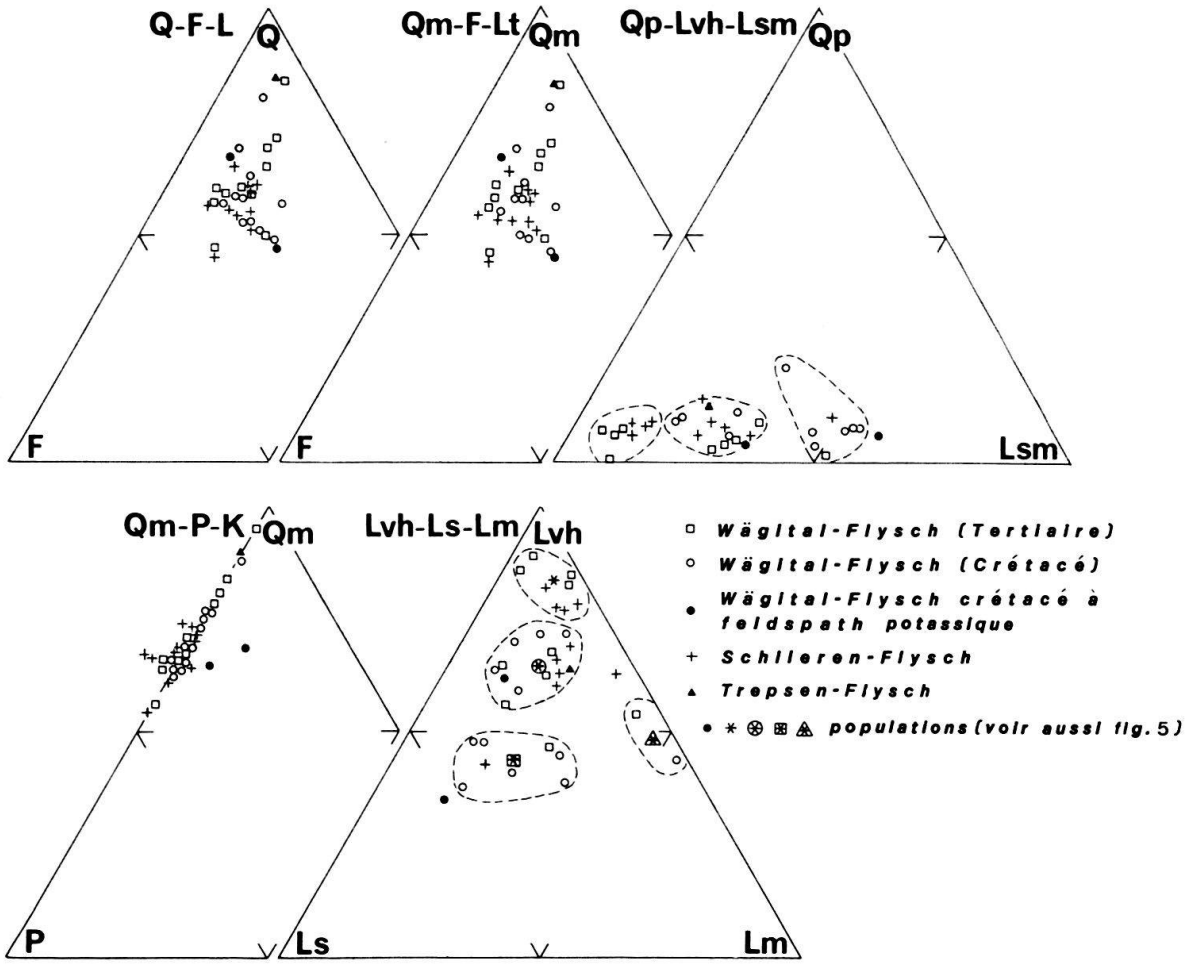

Fig. 4. Minéraux légers, triangles de DICKINSON (1970); composition des arénites des flyschs de la transversale d'Einsiedeln.

niveaux d'âge crétacé et tertiaire (tabl. 2; méthodes de préparation et d'analyse, voir WINKLER 1983). Les résultats obtenus confirment, avec quelques nuances, les anciennes données:

— Pour tous les auteurs, le grenat constitue un élément important au sein des spectres.
— Les analyses de GASSER (1967) et de WOLETZ (1964) indiquent une présence très massive de l'apatite. Les chiffres quelque peu plus bas de nos analyses s'expliquent probablement par un comptage «conservatif», ne tenant compte que des grains déterminables optiquement sans ambiguïté.
— Un nombre élevé de grains corrodés à relief fort ne peut être déterminé optiquement de façon correcte; ces minéraux appartiennent cependant très probablement au groupe TiO_2.
— Les minéraux accessoires (staurotide, hornblendes, spinelles) sont très rares.

6. Les directions de transport et leur relation avec la pétrographie sédimentaire du Wägital-Flysch

Les directions des courants de turbidité et les linéations sédimentaires mesurées sur le terrain ont été pivotées dans le plan horizontal autour d'un axe correspondant à la

Tableau 2: *Associations de minéraux lourds dans le Wägital-Flysch et comparaison avec d'autres flyschs sud-penniques. Ech. = échantillon; Gr = grenat; Ap = apatite; Tu = tourmaline; Zi = zircon; TiO_2 = rutile, brookite, anatase, grains corrodés à haut relief, d'attribution incertaine.*

	Ech.	Gr	Ap	Tu	Zi	TiO_2	autres
Wägital-Flysch	Wi 1381	1	7	37	17	38	0
Tertiaire	Wi 1383	9	9	26	25	28	3
	Wi 1621	9	6	19	34	23	2
	Wi 1624	19	0	29	19	33	0
	Wi 1633	0	6	14	49	31	0
	Wi 1642	39	1	21	12	27	0
	moyenne	13	5	25	26	30	1
Wägital-Flysch	Wi 1563	28	12	22	21	12	5
Crétacé	Wi 1573	16	9	24	17	32	2
	Wi 1658	6	0	21	52	20	1
	Wi 1661	77	6	5	6	6	0
	Wi 1685	29	13	26	15	17	0
	moyenne	31	8	20	22	17	2
Wägital-Flysch							
d'après GASSER (1967)	?	55	31	6	6	2	
d'après WOLETZ (1964)	8 éch.	27	19	7	39	8	
Basaler Schlieren-Flysch, Sternenegg	Wa 171	3	18	23	48	7	1
	Wa 174	12	9	22	36	21	0
	Wa 176	2	4	33	34	27	0
Trepsen-Flysch	Wa 178	6	2	28	47	17	0
	Wa 180	62	9	6	1	20	2
Gurnigel-Flysch							
(VAN STUIJVENBERG, 1979)							
Tertiaire	27 éch.	20	8	34	22	9	7
Maastrichtien	6 éch.	30	5	30	20	11	4
Flyschs Rhénodanubiens							
(v.RAD, 1972)							
Zementmergel Ob.-Bayern	4 éch.	35	8	28	27	2	0
Hällritz Allgäu	6 éch.	40	21	14	15	3	7
Nappe Supérieure, Préalpes							
Flysch à Helminthoïdes (FLÜCK, 1973)	53 éch.	2	6	37	39	14	2
Flyschs de la Sarine (CARON et al., 1980, modifié d'après FLÜCK, 1973)	14 éch.	4	4	39	35	14	4

direction des couches. Aucun autre effet tectonique n'a été pris en compte. Les résultats des mesures sont reportés en fonction de la pétrographie sédimentaire (minéraux légers) dans la figure 5.

Pour les séries d'âge crétacé du Wägital-Flysch, nous confirmons la prédominance de courants dirigés vers le nord-est, déjà proposée par FREI (1963). Dans les séries d'âge tertiaire, en revanche, les courants dirigés vers l'ouest et le nord prédominent. Les courants dirigés vers le sud dans les séries d'âge crétacé du Schlierenbach (HSÜ 1960) se trouvent également dans les termes du Danien du Wägital-Flysch au Plattentobel.

La figure 5 indique une liaison directe entre la composition des arénites et les directions des courants, tant pour les séries du Crétacé que pour celles du Tertiaire; plusieurs sources de composition différente ont donc participé à la constitution du Wägital-Flysch.

7. Milieu de dépôt et modèle sédimentologique pour le Wägital-Flysch

On démontrera (chapitre 9) les affinités stratigraphiques, pétrographiques et sédimentologiques entre le Wägital-Flysch d'une part et le Gurnigel–Schlieren-Flysch d'autre part. Les différences pétrographiques entre ces flyschs sont cependant toujours assez significatives et les variations des directions de courant sont telles (WINKLER 1984) qu'il faut admettre l'existence de plusieurs cônes sédimentaires dans un même bassin, et de plusieurs sources de composition géologique semblable, mais non identique, au bord de ce bassin. Les directions de transport du matériel gréseux sont souvent déviées dans le sens de l'allongement du bassin (fig. 5). Ceci pourrait indiquer un dépôt du Wägital-Flysch sur un cône allongé, installé dans un bassin profond étroit (un «trench»?), d'orientation est–ouest, tel que l'a proposé WINKLER (1983) pour le Schlieren-Flysch.

Dans l'optique de MUTTI (1979), l'ensemble des turbidites du Wägital-Flysch est caractérisé par une haute efficacité de transport.

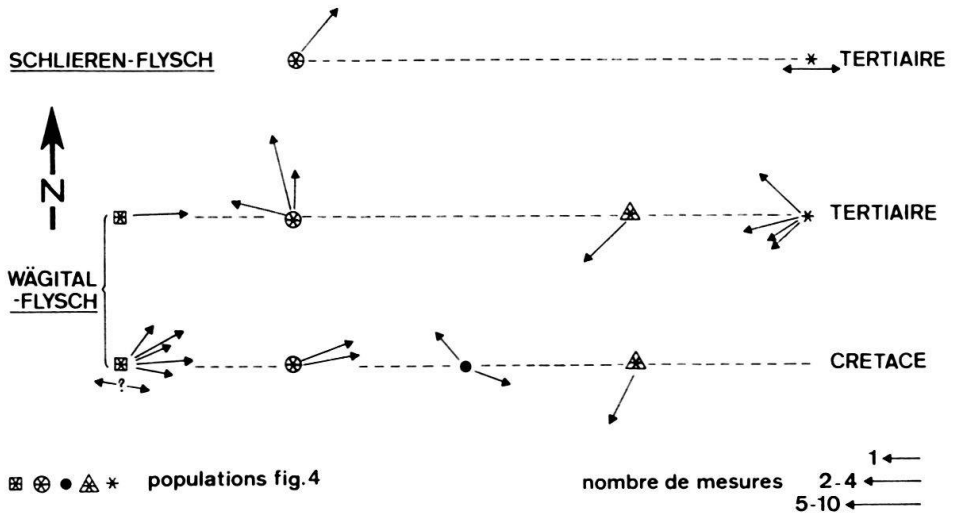

Fig. 5. Directions de transport sédimentaire dans le Wägital-Flysch et le Schlieren-Flysch de la transversale d'Einsiedeln en fonction de la pétrographie des arénites.

Trois types de faciès ont été décrits ci-dessus (chapitre 4) dans les séries d'âge crétacé du Wägital-Flysch. Ces sédiments peuvent être interprétés, d'après le modèle de MUTTI & RICCI LUCCHI (1975), comme des dépôts d'un «channelized fan», d'un cône de haute maturité (HOMEWOOD & CARON 1982). Pourtant, aucune progradation et aucune polarité proximale–distale nette n'ont pu être démontrées. Le domaine avec la sédimentation la plus active du secteur étudié se trouve dans le Malosentobel, où l'on observe une prédominance de remplissages de chenaux.

Au cours du Tertiaire, des faciès à petits bancs et à granulométrie fine au Danien et à l'Eocène inférieur, alternent avec des faciès chenalisés plus grossiers au Thanétien et à l'Eocène moyen. Etant donné l'isochronie de ces faciès, des Voirons du Wägital (chapitre 9), nous expliquons les variations de l'activité sédimentaire par des soulèvements dans l'arrière-pays, liés à l'activité tectonique.

8. Autres flyschs penniques de la transversale du Wägital

8.1 Le Schlieren-Flysch de la transversale du Wägital

Les faciès sédimentaires du Windegg-Flysch de TRÜMPY (in HANTKE & TRÜMPY 1964) correspondent à ceux de la série de Hellstätt, à la base du Gurnigel-Flysch (VAN STUIJVENBERG 1979). Ceci est confirmé par la continuité entre les niveaux d'âge crétacé terminal et les niveaux d'âge tertiaire à la Sternenegg (voir ci-dessous). En conséquence, il nous paraît logique de revenir à la conception de FREI (1963) qui reliait les termes de la Windegg à la base du Schlieren-Flysch.

Biostratigraphie

Le Schlieren-Flysch des environs de l'Ibergeregg a été daté dans de nombreux points du Maastrichtien et de l'Eocène:

— Zwäckentobel: Des séries d'âge éocène (coord. 697.050/209.620, NP 15 pour un échantillon) se trouvent liées par écaillage à des séries d'âge maastrichtien (coord. 696.930/209.520, à 1290 m d'altitude).
— Wüestwald (entre coord. 699.200/209.930 et 699.000/209.860): On n'a daté que l'Eocène.
— Isentobel (près de Schrot): Des faunes caractéristiques des zones NP 13–14 de l'Eocène inférieur ont été trouvées à 1400 m d'altitude (coord. 699.850/207.200) et des assemblages de la zone NP 15 (Eocène moyen) à 1460 m d'altitude (coord. 699.930/207.030).
— Chemin Müsliegg–Stäglerenegg (nord de la Rotenflue): L'Eocène est daté dans plusieurs points.
— A l'ouest de la Sternenegg, un échantillon prélevé dans le Schlieren-Flysch basal (Windegg-Flysch de TRÜMPY, in HANTKE & TRÜMPY 1964, et de HANTKE et al. 1967) nous a fourni en lame mince une faune tertiaire à débris de Nummulites et de Discocyclines, avec des Rugoglobigérines remaniées du Maastrichtien (coord. 699.375/206.880, à 1470 m d'altitude, éch. Wa 176). Le Maastrichtien supérieur est daté par nannofossiles dans des calcaires fins provenant de la partie supérieure du même affleurement (éch. Wa 175).

— Häretzblätztobel (entre coord. 699.350/210.390 et coord. 699.130/210.610): Maastrichtien supérieur.

Dans le Schlieren-Flysch, la découverte de la zone NP 15 indique la présence de niveaux quelque peu plus jeunes que ne le prétendait FREI (1963) et des niveaux également plus jeunes que ceux que nous avions datés dans le Schlieren-Flysch plus à l'ouest (WINKLER 1983). Des séries de même âge (et plus jeunes) sont cependant citées par VAN STUIJVENBERG (1979, 1980), WEIDMANN et al. (1976) et par MOREL (1980) dans le Gurnigel-Flysch, et par WINKLER (1983) dans les écailles basales du Schlieren-Flysch.

Lithostratigraphie et sédimentologie

Affleurements (fig. 2 et 3)

— Wüestwaldtobel, entre 1310 et 1400 m d'altitude (coord. 699.200/209.930 à coord. 699.000/209.860).
— Häretzblätztobel entre 1350 et 1400 m d'altitude (coord. 699.350/210.390 à coord. 699.130/210.610).
— Zwäckentobel entre 1260 et 1300 m d'altitude (coord. 697.000/209.760 à coord. 696.900/209.370).
— Près de Schrot (coord. 699.850/207.200 à 699.930/207.030).

Niveaux d'âge maastrichtien supérieur: Dans le Häretzblätztobel, les séries affleurantes sont constituées par des sédiments à petits bancs d'arénites à grain fin et à pélites (faciès D_{1-3} de MUTTI & RICCHI LUCCHI 1975). Dans le Zwäckentobel, les séries éocènes, décrites par FREI (1963), sont associées tectoniquement à des couches du Maastrichtien supérieur, comportant des calcaires de type «Alberese».

Dans les affleurements (assez mauvais) de la Windegg, on observe des séries turbiditiques à petits bancs et des calcaires blonds d'Alberese.

Niveaux d'âge tertiaire: Les faciès sont pélitiques, marneux, à teintes gris-sombre (faciès D_3 et D_2), et à slumping (faciès F). Ce faciès se trouve en alternance avec de petites séquences d'arénites (faciès C_{1-2}, D_1). Des conglomérats, par endroits en bancs épais à matrice sablo-silteuse et à «ball-structures», se trouvent soit à la base, soit au sein des séquences d'arénites (faciès A_2). Cette association indique une sédimentation en milieu de «fan» chenalisé. Les populations de minéraux légers (fig. 4) et lourds (tabl. 2) cadrent bien avec les populations rencontrées dans le Wägital-Flysch. Le Schlieren-Flysch de ce secteur montre essentiellement des directions de courant orientées vers le NNE et des linéations sédimentaires d'orientation E–W (fig. 5).

8.2 Le Trepsen-Flysch

On n'a pas étudié systématiquement le Trepsen-Flysch d'OCHSNER (1969), dont les affleurements sont très discontinus. Quelques données de pétrographie sédimentaire indiquent cependant une parenté avec le Wägital-Flysch (fig. 4, tabl. 2).

9. Comparaisons avec les flyschs penniques d'autres régions

9.1 Relations entre le Wägital-Flysch et le Gurnigel–Schlieren-Flysch à l'ouest de la transversale du Wägital

Malgré l'état de déformation du Wägital-Flysch, on peut admettre que celui-ci comporte une série plus ou moins continue allant du Campanien (ou du Santonien

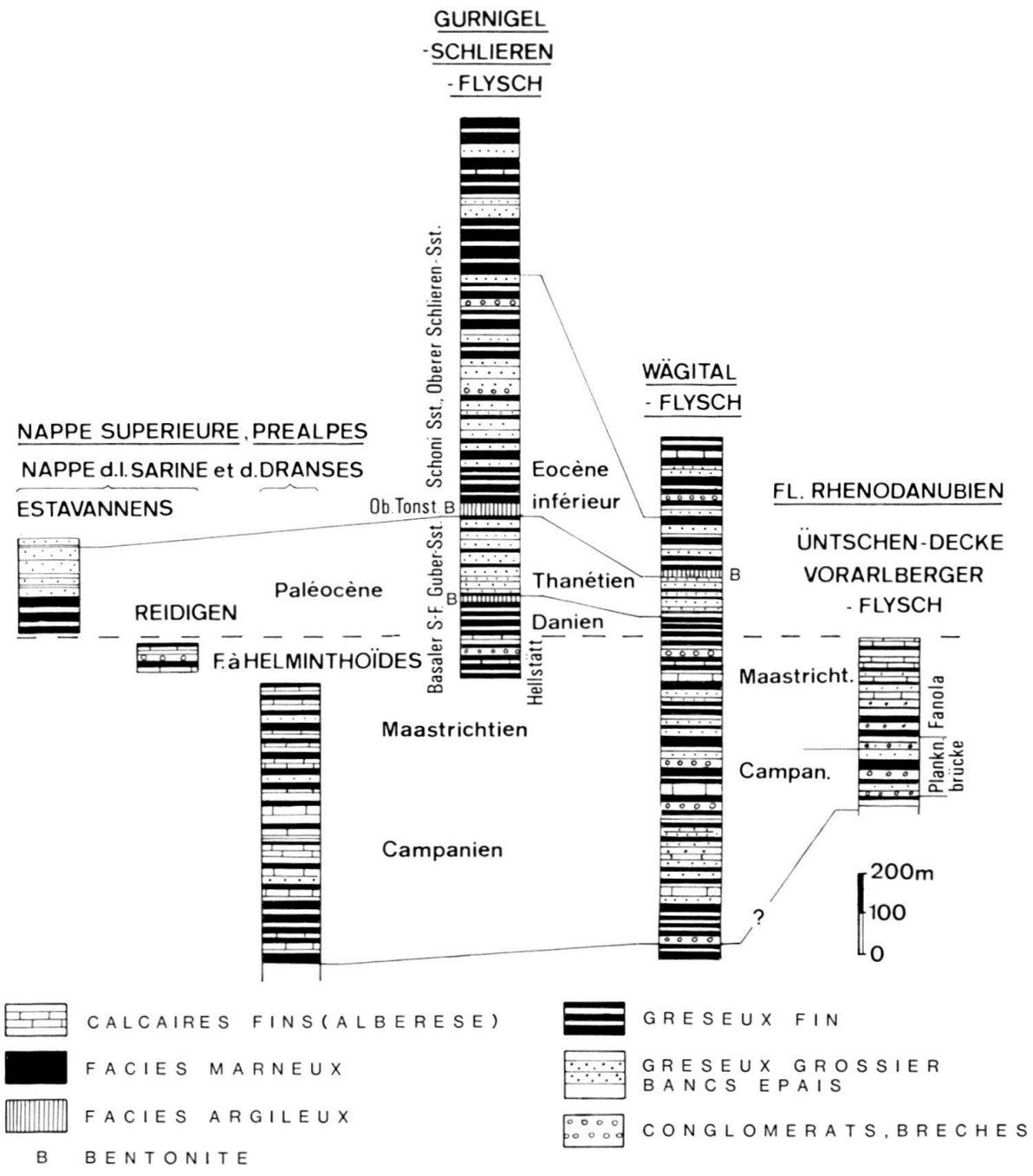

Fig. 6. Logs comparatifs schématiques du Wägital-Flysch avec le Gurnigel-Schlieren-Flysch, avec les flyschs de la Nappe Supérieure des Préalpes et les séries de l'Üntschendecke au Liechtenstein.

supérieur?) à l'Eocène moyen; les séries du Gurnigel–Schlieren-Flysch vont du Maastrichtien supérieur à l'Eocène moyen. Si l'on fait abstraction de différences dans l'épaisseur des séries, les faciès sédimentaires sont très proches dans les deux types de flysch du Crétacé terminal à l'Eocène (fig. 6):

— Maastrichtien supérieur: Des séries de type Hellstätt (VAN STUIJVENBERG 1979) ou «Unterer Basaler Schlieren-Flysch» (WINKLER 1983) apparaissent dans les deux flyschs.

— Danien: Les turbidites à petits bancs du Wägital-Flysch correspondent au «Oberer Basaler Schlieren-Flysch» (WINKLER 1983). Les «Untere Tonstein-Schichten» du Schlieren-Flysch (op. cit.) ne sont pas connues dans le Wägital-Flysch, ainsi que dans certains secteurs du Gurnigel-Flysch (VAN STUIJVENBERG 1979; WINKLER 1984).
— Thanétien: Les séries correspondantes sont la séquence à prédominance d'arénites en gros bancs dans le Wägital-Flysch et le Gubersandstein dans le Gurnigel–Schlieren-Flysch.
— Eocène inférieur et moyen: Dans toutes les unités, on trouve une séquence de type «Obere Tonstein-Schichten» à turbidites, en petits bancs alternant avec des argilites hémipélagiques vertes. Le Wägital-Flysch comporte en outre des lits de bentonites au même niveau stratigraphique que le Gurnigel–Schlieren-Flysch (WINKLER 1984). Toutes les séries se terminent avec le même type de séquence à caractère alternativement plus pélitique ou plus sableux.

Les recherches pétrographiques sur les arénites montrent une composition semblable pour le Wägital-Flysch et le Gurnigel–Schlieren-Flysch, et ceci pratiquement indépendamment de l'âge des séries considérées: spectres de minéraux lourds à grenat (tabl. 2) et populations de minéraux légers identiques (fig. 4).

Le fonctionnement des systèmes sédimentaires était donc sensiblement le même dans le Wägital-Flysch et dans le Gurnigel–Schlieren-Flysch du Maastrichtien élevé à l'Eocène moyen; en conséquence, nous considérons ces deux flyschs comme des équivalents latéraux, issus du même bassin.

9.2 Comparaison du Wägital-Flysch avec les Flyschs Rhénodanubiens

Les flyschs penniques entre le Rhin et le Danube vont du Crétacé inférieur au Maastrichtien ou au Paléogène (SCHNABEL 1980).

On retrouve certains caractères du Wägital-Flysch dans la Planknerbrücke-Serie (Campanien–Maastrichtien inférieur) de l'Üntschendecke du Liechtenstein et du Vorarlberg (fig. 6; BLASER 1952; ALLEMANN 1957; KALLIES 1961): conglomérats et brèches, arénites en bancs épais, pélites et calcaires fins. L'absence d'une étude comparative précise de la pétrographie des arénites et conglomérats entre le Wägital-Flysch et la Planknerbrücke-Serie interdit cependant pour le moment des corrélations définitives.

Au Maastrichtien supérieur, les flyschs comportent peu de conglomérats dans la Fanola-Serie de l'Üntschendecke, alors que l'on en trouve autant qu'au Campanien dans le Wägital-Flysch. Les épaisseurs indiquées à la figure 6 pour la Planknerbrücke-Serie et la Fanola-Serie, augmentent vers le nord pour atteindre 1000 m, respectivement 1500 m.

Dans les flyschs bavarois, les séries d'âge campanien et maastrichtien sont celle des Zementmergel et celle de Hällritz (FREIMOSER 1972, HESSE 1972, VON RAD 1972). Ces sédiments sont cependant dépourvus de matériel terrigène grossier.

Une corrélation entre les sédiments du Crétacé supérieur du Wägital-Flysch à l'ouest et les Flyschs Rhénodanubiens à l'est du Rhin s'impose pour les associations de minéraux lourds, qui comportent toujours une proportion importante de grenat (tabl. 2).

C'est par une étude adéquate des Flyschs d'Amden et de Wildhaus, ainsi que par une étude des conglomérats de tous les flyschs de part et d'autre du Rhin, que l'on peut espérer trouver une réponse satisfaisante au sujet d'une liaison possible entre Wägital-Flysch et Flysch Rhénodanubiens (HERB 1962).

9.3 Comparaison du Wägital-Flysch avec les flyschs de la Nappe des Dranses et de la Nappe de la Sarine dans les Préalpes

La comparaison du Wägital-Flysch avec le Flysch à Helminthoïdes du même âge dans la Nappe Supérieure des Préalpes montre un certain nombre de similitudes, mais également des différences notables (fig. 6).

Les similitudes sont évidentes quant au faciès d'ensemble, à l'âge des flyschs crétacés, à la présence de calcaires de type «Alberese» (ou «Hellstätt» ou «Reidigen»), et aux caractères stratonomiques des termes du Maastrichtien supérieur et du Paléocène.

Les différences principales sont les suivantes:

— Soubassement: Un complexe de base pélitique bariolé, d'âge non prouvé, constitue la base stratigraphique du Flysch à Helminthoïdes des Préalpes (CARON 1972), alors que l'on ne connaît pas de faciès comparable, ni de terme antérieur au Campanien dans le Wägital-Flysch.
— Campanien–Maastrichtien moyen: Le Flysch à Helminthoïdes des Préalpes (Nappe des Dranses; CARON 1972, MATTER et al. 1980, WILDI, travail en cours) est composé d'un matériel plus fin que le Wägital-Flysch; les conglomérats sont exceptionnels (poudingues de Colerin près du Biot, dans les Préalpes chablaisiennes; CARON 1972). Les spectres de minéraux lourds du Flysch à Helminthoïdes ne comportent du grenat que comme minéral accessoire (FLÜCK 1973), alors que l'on en trouve en moyenne plus de 30% dans le Wägital-Flysch.
— Maastrichtien supérieur–Paléogène: Les lambeaux de flysch constituant la Nappe de la Sarine (CARON 1972) sont peut épais, et leur âge ne dépasse guère le Paléocène (CARON et al. 1980). Les spectres de minéraux lourds montrent par rapport au Wägital-Flysch des différences de même ordre que ceux du Flysch à Helminthoïdes. Les quelques directions de paléocourants sont du nord vers le sud.

Il est, à notre avis, probable que le Wägital-Flysch et les flyschs de la Nappe des Dranses et de la Nappe de la Sarine se sont déposés latéralement dans le même bassin. Les rares directions des paléocourants mesurées et la pétrographie sédimentaire indiqueraient cependant, au Crétacé au moins, une source principale située au nord, pour le matériel terrigène des Flyschs à Helminthoïdes préalpins, alors que la source principale du Wägital-Flysch se situait au sud du bassin de dépôt.

9.4 Comparaison du Wägital-Flysch avec les flyschs nord-penniques

On peut exclure dès maintenant toute corrélation du Wägital-Flysch avec les flyschs nord-penniques certains, dont il se distingue par la stratigraphie, par la stratonomie et par la minéralogie (WILDI, en préparation); le fait le plus marqué étant l'absence du grenat dans tous les flyschs nord-penniques antérieurs à l'Eocène moyen (Prätigau-

Flysch: THUM & NABHOLZ 1972; Engadine: THUM 1969; Niesen-Flysch: ACKERMANN 1984; Sardona-Flysch: WILDI, en préparation).

10. Conclusions

Le Wägital-Flysch est d'âge Campanien à Eocène moyen. Même si les nannofossiles de la limite Crétacé/Tertiaire n'ont pas pu être trouvés, les données de terrain ainsi que les analyses pétrographiques nous font admettre une continuité de la série.

Du Maastrichtien élevé à l'Eocène moyen, le Wägital-Flysch peut être corrélé avec le Gurnigel–Schlieren-Flysch, de provenance sud-pennique, dont il ne se distingue que par une épaisseur moindre.

Une corrélation nous paraît également possible entre les termes d'âge Crétacé supérieur du Wägital-Flysch et leurs équivalents dans les Flyschs Rhénodanubiens (faciès et pétrographie). Des similitudes évidentes (faciès, âge) militent en faveur de liens génétiques entre le Wägital-Flysch d'une part et les flyschs de la Nappe des Dranses et de la Nappe de la Sarine dans les Préalpes d'autre part. Les directions des paléocourants et la pétrographie des arénites suggèrent cependant que le matériel terrigène des deux types de flysch pourrait provenir de deux sources différentes.

En conclusions, le Wägital-Flysch en Suisse Centrale constitue un jalon fort intéressant entre les Flyschs à Helminthoïdes préalpins et le Gurnigel–Schlieren-Flysch à l'ouest et les Flyschs Rhénodanubiens à l'est. Les recherches en cours devraient apporter des informations complémentaires permettant d'exploiter les conséquences paléogéographiques découlant de ces résultats.

Remerciements

Les analyses biostratigraphiques présentées ci-dessus ont été contrôlées par Dr K. Perch-Nielsen (Zürich); nous l'en remercions, ainsi que Dr G. Galetti (Fribourg) qui a bien voulu effectuer l'analyse chimique des bentonites. Ce travail doit beaucoup aux discussions menées avec le Dr P. Homewood (Fribourg). Le manuscrit a été lu et critiqué par le Prof. D. Bernoulli (Bâle), Dr P. Homewood et le Prof. R. Trümpy (Zürich).

Nous remercions également Mme F. Mauroux qui a dactylographié avec beaucoup de soin la version définitive.

BIBLIOGRAPHIE

ACKERMANN, A., (1984): Le Flysch de la Nappe du Niesen – Thèse Univ. Fribourg, inédit.

ALLEMANN, F. (1957): Geologie des Fürstentums Liechtenstein (südwestlicher Teil), unter besonderer Berücksichtigung des Flyschproblems. – Jb. hist. Ver. Liechtenstein *56*.

BAYER, A. A. (1982): Untersuchungen im Habkern-Mélange («Wildflysch») zwischen Aare und Rhein. – Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich [N. F.] *240*.

BLASER, R. (1952): Geologie des Fürstentums Liechtenstein, Geologie des nördlichen Gebietes. – Hist. Ver. Liechtenstein.

BOUMA, A. H. (1962): Sedimentology of some flysch deposits. – Elsevier, Amsterdam–New York.

CARON, C. (1972): La Nappe Supérieure des Préalpes: subdivisions et principaux caractères du sommet de l'édifice préalpin. – Eclogae geol. Helv. *65*/1, 57–73.

— (1976): La nappe du Gurnigel dans les Préalpes. – Eclogae geol. Helv. *69*/2, 297–308.

CARON, C., HESSE, R., KERCKHOVE, C., HOMEWOOD, P., STUIJVENBERG, J. VAN, TASSE, N., & WINKLER W. (1981): Comparaison préliminaire des flyschs à Helminthoïdes sur trois transversales des Alpes. – Eclogae geol. Helv. *74*/2, 369–378.

CARON, C., HOMEWOOD, P., MOREL, R., & STUIJVENBERG, J. VAN (1980): Témoins de la Nappe du Gurnigel sur les Préalpes Médianes: une confirmation de son origine ultra-briançonnaise. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. *69*/1, 64–79.

DICKINSON, R.W. (1970): Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. – J. sediment. Petrol. *40*/2, 695–707.

FLÜCK W. (1973): Die Flysche der praealpinen Decken im Simmental und Saanenland. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *146*.

FREI R. (1963): Die Flyschbildungen in der Unterlage von Iberger Klippen und Mythen. – Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich [N.F.] *14*.

FREIMOSER, M. (1972): Zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Faziesentwicklung der Südostbayrischen Flyschzone und des Ultrahelvetikums zwischen Bergen/Obb. und Salzburg. – Geologica bavar.- *66*, 7–91.

FÜCHTBAUER H., & MÜLLER G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine – Schweizerbart, Stuttgart.

GASSER, U. (1967): Erste Resultate für die Verteilung von Schwermineralen in verschiedenen Flysch-Komplexen der Schweiz. – Geol. Rdsch. *56*, 300–308.

HANTKE R., & TRÜMPY, R. (1964): Bericht über die Exkursion A der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in die Schwyzer Alpen. – Eclogae geol. Helv. *57*, 609–618.

HANTKE, R., u. Mitarb. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50000. – Vjschr. natf. Ges. Zürich *112*/2, 91–122.

HERB, R. (1962): Geologie von Amden mit besonderer Berücksichtigung der Flyschbildung. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *114*.

HESSE R. (1972): Lithostratigraphie, Petrographie und Entstehungsbedingungen des bayrischen Flysches: Unterkreide – Geologica bavar. *66*, 148–222.

HOMEWOOD, P. (1983): Palaeogeography of alpine flysch. – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. *44*, 169–184.

HOMEWOOD, P., & CARON, C. (1982): Flysch of the Western Alps. In: Hsü, K.J. (Ed.): Mountain building processes (p. 157–168). – Academic Press, London.

Hsü, K.J. (1960): Paleocurrent structures and paleogeography of the Ultrahelvetic Flysch basins, Switzerland. – Bull. geol. Soc. Amer. *71*, 577–610.

KALLIES, H.B. (1961): Geologie des Bregenzer Waldes beidseits der Bregenzer Ach in der Umgebung von Schoppernau. – Jb. geol. Bundesanst. Hannover *78*.

KERCKHOVE, C. (1969): La «zone du flysch» dans les nappes de l'Embrunais–Ubaye (Alpes occidentales). – Géol. alp. (Grenoble) *45*, 5–204.

KRAUS, E. (1932): Über den Schweizer Flysch. – Eclogae geol. Helv. *25*, 39–129.

KUHN, J.A. (1972): Stratigraphisch-mikropaläontologische Untersuchung in der Äusseren Einsiedler Schuppenzone und im Wägitaler Flysch E und W des Sihlsees (Kt. Schwyz). – Eclogae geol. Helv. *65*/3, 485–553.

LANTEAUME, M. (1962): Contribution à l'étude des Alpes maritimes franco-italiennes. – Thèse Univ. Paris.

LEUPOLD W. (1943): Neue Beobachtungen zur Gliederung der Flyschbildungen der Alpen zwischen Reuss und Rhein. – Eclogae geol. Helv. *35*/2, 247–291.

MARTINI, E. (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. – Proc. IInd plankt. Conf. Roma (1970), p. 749–785.

MATTER, A., HOMEWOOD, P., CARON, C., RIGASSI, D., STUIJVENBERG, J. VAN, WEIDMANN, M., & WINKLER, W. (1980): Flysch and Molasse of Western and Central Switzerland. Geology of Switzerland, Part B: Geological Excursions, p. 261–293. – Wepf, Basel–New York.

MOORE, G.F. (1979): Petrography of subduction zone sandstones from Nias Island, Indonesia. – J. sediment. Petrol. *49*/1, 71–84.

MOREL, R. (1980): Géologie du Massif du Niremont (Préalpes romandes) et de ses abords. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. *69*/2.

MUTTI E. (1979): Turbidites et cônes sous-marins profonds. In: HOMEWOOD, P. (Ed.): Sédimentation détritique (p. 353–419). – 3e Cycle Romand en Sciences de la Terre, Univ. Fribourg.

MUTTI E., & RICCI LUCCHI, F. (1975): Turbidite facies and facies associations. In: MUTTI E., PAREA, G.C., RICCI LUCCHI, F., et al.: Examples of turbidite facies associations from selected formations of the Northern Apennines (p. 21–36). – Guide of excursion 11, IXth int. Congr. Sedimentol. Nice 1975.

OBERHAUSER, R. (ed. 1980): Der geologische Aufbau Österreichs. – Springer-Verlag, Wien–New York.

OCHSNER, A. (1969): Linthebene. – Geol. Atlas der Schweiz, 1:25000, Atlasblatt *53*.

PERCH-NIELSEN, K. (1979): Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between North-Sea and the Mediterranean. – Aspekte der Kreide Europas, IUGS Ser. A, *6*, p. 223–272, Stuttgart.

RAD, U. VON (1972): Zur Sedimentologie und Fazies des Allgäuer Flysches. – Geologica bavar. *66*, 92–147.

SCHNABEL W. (1980): Kreide und Alttertiär der Schichtfolge des Flysches der nördlichen Ostalpen. In: OBERHAUSER, R. (Ed.): Der geologische Aufbau Österreichs, Abb. 42. – Springer-Verlag, Wien–New York.

SISSINGH, W. (1977): Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. – Geol. en Mijnb. *56*/1, 37–66.

STUIJVENBERG, J. VAN (1979): Geology of the Gurnigel area (Prealps, Switzerland). – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *151*.

— (1980): Stratigraphie et structure de la Nappe du Gurnigel aux Voirons, Haute-Savoie. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. *69*/1, 80–96.

STUIJVENBERG, J. VAN, MOREL, R., & JAN DU CHÊNE, R. (1976): Contribution à l'étude du flysch de la région des Fayaux (Préalpes externes vaudoises). – Eclogae geol. Helv. *69*/2, 309–326.

THUM, I. (1969): Neuere Daten zur Geologie des Unterengadiner Fensters (unter besonderer Berücksichtigung der Schwermineralanalysen). – Mitt. geol. Ges. Wien *62*, 55–77.

THUM, I., & NABHOLZ, W. (1972): Zur Sedimentologie und Metamorphose der penninischen Flysch- und Schieferabfolgen im Gebiet Prättigau–Lenzerheide–Oberhalbstein. – Matér. Carte géol. Suisse [N.S.] *144*.

TRÜMPY, R. (1967): Oberiberg–Schwyz. – Geologischer Führer der Schweiz. H. 7. 558–563. – Wepf, Basel.

WEIDMANN M., MOREL, R., & STUIJVENBERG, J. VAN (1976): La Nappe du Gurnigel entre la Baye de Clarens et la Veveyse de Châtel. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. *65*/3, 182–196.

WINKLER, W. (1983): Stratigraphie, Sedimentologie und Sedimentpetrographie des Schlieren-Flysches (Zentralschweiz). – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *158*.

— (1984): Palaeocurrents und petrography of the Gurnigel–Schlieren flysch: a basin analysis. – Sediment. Geol. *40*, 169–189.

WINTER J. (1956): Geologische Untersuchungen in den Flyschbildungen zwischen Alptal und Aubrig (Kt. Schwyz). – Diplomarb. Geol. Inst. ETH. Zürich (inédit).

WOLETZ, G. (1964): Tabellen mit Schwerenmineralanalysen aus dem Ostalpenraum. – Manuskr., Wien.

ZUFFA, G.G. (1980): Hybrid arenites: their composition and their classification. – J. sediment. Petrol. *50*/1, 21–29.

Manuscrit reçu le 28 septembre 1984
Révision acceptée le 30 octobre 1984