

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 91 (1998)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Découverte de foraminifères planctoniques paléogènes dans la zone de Sion-Courmayeur à Sion (Valais, Suisse)  
**Autor:** Bagnoud, Alexandre / Wernli, Roland / Sartori, Mario  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-168433>

### **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:** 09.02.2026

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

# Découverte de foraminifères planctoniques paléogènes dans la zone de Sion-Courmayeur à Sion (Valais, Suisse)

ALEXANDRE BAGNOUD<sup>1</sup>, ROLAND WERNLI<sup>1</sup> & MARIO SARTORI<sup>1</sup>

*Key words:* Planktonic foraminifers, Paleogene, Pierre Avoi unit, Sion-Courmayeur zone, Valais domain, lower Penninic, Alps, Sion, Switzerland

## RESUME

Dans la région de Sion, l'unité valaisanne de la Pierre Avoi forme la bordure interne de la zone de Sion-Courmayeur. Elle est formée d'olistolites de tailles métriques à hectométriques intercalés dans des séquences de coulées de débris et de turbidites qui évoluent progressivement d'une composition calcaro-siliceuse vers une composition siliceuse et pélitique. Localement sa base comprend des schistes noirs à nodules de manganèse. Tous ces sédiments ont été déposés au pied d'une marge active, dans une fosse alimentée en matériel détritique par la zone houillère externe et sa couverture en cours de structuration. Comme la plupart des flyschs de la zone Sion-Courmayeur, l'unité de la Pierre Avoi n'était pas datée.

Un échantillon de schistes noirs siliceux à débris de radiolaires intercalés entre des bancs turbiditiques calcaires a fourni des foraminifères planctoniques silicifiés en formes dégagées. Cette association de microfossiles en partie remaniée comprend des formes de l'Albien-Aptien jusqu'au Paléogène. Les espèces les plus jeunes, autochtones ou remaniées, couvrent l'intervalle allant de l'Eocène moyen (partie supérieure) à l'Oligocène inférieur (?).

Cette datation micropaléontologique a des implications importantes sur les modèles cinématiques des Alpes nord-occidentales.

## ABSTRACT

The lack of paleontological data concerning some important Alpine sedimentary formations makes more uncertain the paleogeographic and kinematic reconstructions.

The Sion-Courmayeur zone is a complex unit of imbricated and folded sediments derived paleogeographically from the Valais domain. Its metamorphosed flysch-type sedimentary content is poorly dated.

Along the Sion-Brig segment, this zone only comprises the internal Roignais and Pierre Avoi units. The first one shows a monotonous thin bedded calcareous flysch (St-Christophe beds) lying on the internal Helvetic Series. The overlying Pierre Avoi unit comprises at its base a thin level of black shales bearing polymetallic nodules and is followed by a 500–700m thick accumulation of turbidites, debris flow deposits and olistostromes. While the calcareous clastic material predominates at the base of this coarse-grained detri-

tal succession, the siliciclastic fraction becomes progressively predominant toward the top. Blocks and megablocks are widespread and derive from a Briançonnais Mesozoic cover as well as from Permo-Carboniferous coal measures, both probably located in the external Zone Houillère. It seems likely that the Pierre Avoi sedimentary chaotic formation was deposited within a subduction trench collecting the coarse detritic material from the crustal accretionary prism where the external Zone Houillère suffered detachment and imbrication. The Roignais and Pierre Avoi metasediments were finally subducted underneath, imbricated, ductily folded and suffered a greenschists metamorphic overprint.

Neither the St-Christophe flysch nor the Pierre Avoi unit were dated, although radiolarian debris were found in the latter. They were generally considered as Cretaceous in age according to the presumed early Cretaceous age of the pre-flysch beds.

Thin sections of samples from the interbedded black or grey schists within both St-Christophe and Pierre Avoi turbidites all yielded radiolarian debris preserved in thin radiolaria-rich laminae. Unfortunately they did not resist the fluorhydric attack. One sample from the middle part of the Pierre Avoi unit, however, yielded free tests of silicified planktonic foraminifers. This microfossil association comprises reworked species ranging in age from Albien-Aptian to Paleogene. The youngest species, autochthonous or reworked, range from late middle Eocene to early Oligocene (?).

According to the sedimentological proximal depositional context, this dating probably applies to the entire Pierre Avoi unit, but does not clarify the age of the underlying St-Christophe flysch, which should be in tectonic contact with the previous unit.

Nevertheless, these new micropaleontological data constrain the timing of subduction of the European plate under the Briançonnais basement units accreted within the crustal prism in front of the Adria backstop. Trench deposits such as the Pierre Avoi mélange (Valais domain, late middle Eocene-early Oligocene ?), the Ultrahelvetic supra-flysch mélange (late Eocene-early Oligocene) and the Helvetic supra-flysch mélange (early Oligocene) document the forward propagation of the Paleogene subduction front.

These new data also set the propagation of the Piemonte accretionary prism (mainly the Prealps units): this pile of nappes had not overthrust the most external part of the Zone Houillère at late middle Eocene-early Oligocene (?) time. At this time the Briançonnais Zone Houillère was not buried but furnished the Valais trench basin with coarse detritic material.

<sup>1</sup> Université de Genève, Département de géologie et paléontologie, 13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4

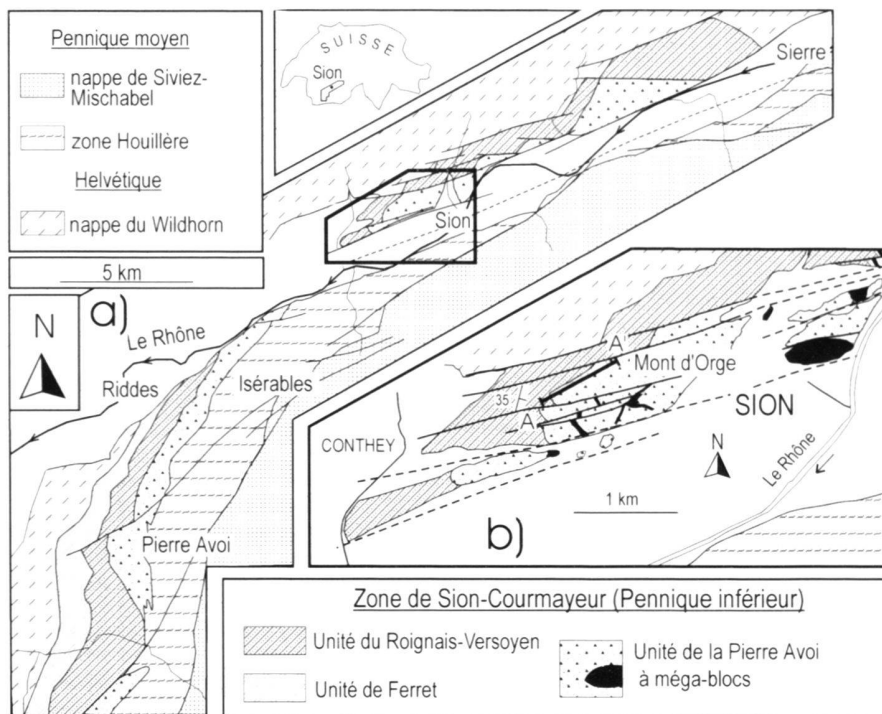


Fig. 1a. Contexte tectonique et subdivision de la zone de Sion-Courmayeur du Val de Bagnes à Sierre.

1b. Carte géologique simplifiée de la région de Sion avec localisation du profil lithostratigraphique A-A' de la figure 2b.

## 1. Introduction

Bien que les unités issues du domaine nord-pennique, ou valaisan, soulignent une coupure majeure de l'édifice alpin, leur histoire sédimentaire et tectonique n'est encore que très imparfaitement élucidée.

Les questions concernant l'âge des bassins sédimentaires, l'existence et l'extension d'un domaine océanisé ainsi que ses relations avec le domaine piémontais-ligure sont encore chaudement débattues (Trümpy 1980; Antoine 1971; Stampfli 1993; Steinmann 1994; Polino et al. 1990; Stampfli et al. 1998). Alors que les données cartographiques, lithostratigraphiques et structurales ne cessent de s'affiner de la Tarentaise jusqu'aux Grisons, les éléments de datations, paléontologiques ou géochronologiques, restent très pauvres.

Parmi les flyschs qui caractérisent les unités valaisannes internes, comme le flysch de la Tarentaise et les flyschs nord-penniques des Grisons, seule la partie supérieure du flysch du Prättigau est clairement datée, grâce à des nummulites eocènes (Nänny 1948).

La cause principale de cette carence en datations micro-paléontologiques réside dans les recristallisations dynamiques en conditions de métamorphisme épizonales qu'ont subi ces roches.

Dans ces terrains métamorphisés, des restes de micro-faunes ont néanmoins été décrits mais n'ont pas conduit à des déterminations précises (Trümpy 1952; Burri 1958, 1967; Antoine 1965). Burri (1958) avait notamment découvert dans la région de Sion des radiolaires relativement bien préservés

provenant de schistes sombres appartenant à l'unité de la Pierre Avoi. Des études palynologiques détaillées (Weidmann, comm. orale) n'ont pas connu de succès.

Les unités du Roignais-Versoyen et de la Pierre Avoi ont généralement été considérées comme d'âge crétacé en raison de la présence de restes d'orbitolines dans les Couches de l'Aroley.

Dans la foulée d'une nouvelle campagne cartographique réalisée par M. Burri pour l'établissement de la feuille Sion de l'Atlas géologique Suisse, une étude cartographique et micro-paléontologique très détaillée, centrée sur la colline de Mont Orge a été entreprise dans le but de tenter une fois encore de préciser l'âge des flyschs valaisans (Bagnoud 1997).

## 2. Contexte géologique

En Valais central, la zone de Brig-Sion-Courmayeur comporte trois unités principales (fig. 1a).

Dans la partie occidentale, au sud du Rhône, sa base est formée par l'unité de Ferret (Trümpy 1980) qui est composée de fines alternances de schistes et de grès. Cette unité disparaît dans la région de Sion, à moins qu'elle n'y soit confondue avec le flysch fin et monotone des Couches de St-Christophe qui constituent ici l'intégralité de l'unité du Roignais-Versoyen (Antoine 1971). Ce flysch forme l'enveloppe externe d'un anticlinal déversé au nord qui ne laisse apparaître les autres lithologies typiques de cette unité (Couches de l'Aroley et des Mar-montains) qu'au Sud-Ouest d'une charnière située entre

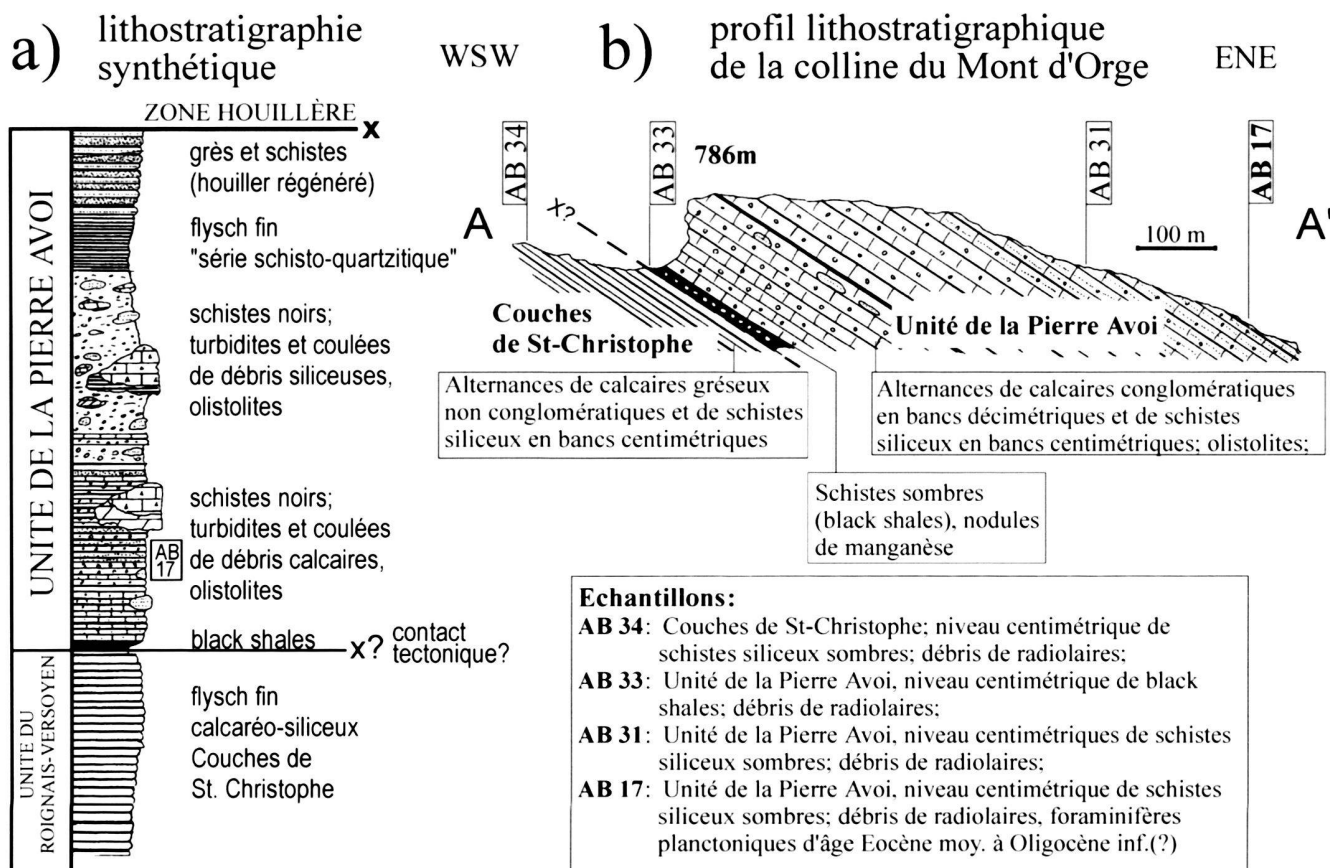


Fig. 2a. Lithostratigraphie synthétique de l'unité de la Pierre Avoi entre Isérables et Sion. Son épaisseur totale est estimée à environ 750 mètres.  
2b. Profil lithostratigraphique de la base de l'unité de la Pierre Avoi le long de l'arête de la colline du Mont d'Orge (localisation fig. 1b). La position de quelques-uns des échantillons de schistes destinés à l'analyse micropaléontologique est indiquée, en particulier celle de l'échantillon AB 17 ayant fourni les foraminifères (Bagnoud, 1997).

Riddes et Isérables (Burri & Jemelin 1983). A cet endroit, l'épaisseur de cette unité remplissée atteint presque 2 km.

**L'unité de la Pierre Avoi** (Trümpy 1952) repose sur les Couches de St-Christophe et affleure largement dans les collines de Sion. Il s'agit d'une unité très hétérogène dont la partie principale consiste en un olistostrome comportant des blocs hectométriques emballés dans une matrice très grossièrement conglomératique représentant des coulées de débris (fig. 2a). Des dépôts plus fins (schistes noirs, turbidites) y sont intercalés. Les coulées de débris évoluent d'un pôle calcaréo-siliceux à la base vers un pôle siliceux et pélitique vers le sommet (fig. 2a). Les blocs, parfois composites, dérivent d'une série à affinité briançonnaise comportant des schistes et des grès houillers, des quartzites, calcaires, dolomies et gypses du Trias, des calcaires liasiques ainsi que des brèches jurassiques (Trümpy 1952; Burri & Jemelin 1983).

La partie supérieure de l'unité de la Pierre Avoi est visible au sud-ouest de Sion. Elle est dominée par un flysch siliceux et pélitique fin (fig. 2a), puis par des grès grossiers qui dérivent

d'une série clastique permo-carbonifère régénérée et qui contiennent des lentilles de schistes et de grès houillers ainsi que de rares blocs calcaires. Le contact chevauchant de la zone Houillère marque la limite supérieure de l'unité de la Pierre Avoi, dont l'épaisseur atteint environ 750 m.

Ces terrains ont subi une déformation polyphasée dans les conditions métamorphiques du faciès des schistes verts. La paragenèse prograde est associée à la première schistosité qui n'est préservée que dans les niveaux pélitiques. Elle est formée de calcite, quartz, mica blanc, biotite, albite et accessoires. La paragenèse rétrograde est associée à la schistosité principale qui est de seconde génération. On y trouve calcite, quartz, mica blanc, albite et accessoires.

Dans la région de Sion, la zone de Sion-Courmayeur est affectée par les décrochements dextres de la zone de fracture Rhône-Simplon (fig. 1b). Ces failles subverticales d'orientation N 070-080 découpent les unités en lanières étroites et imposent de part et d'autre de la vallée du Rhône un rejet horizontal apparent de plus de 6 km.

### 3. Description d'un profil dans la colline du Mont d'Orge

La colline du Mont d'Orge offre d'excellents affleurements de part et d'autre du contact entre l'unité du Roignais-Versoyen et l'unité de la Pierre Avoi (fig. 1b). Elle est toutefois hachée par plusieurs décrochements dextres et des coupes continues ne peuvent être levées qu'au sein des «lanières» découpées par ces failles (Bagnoud 1997).

La partie basale de l'unité de la Pierre Avoi peut être observée en détail dans un profil parallèle à la crête de la colline (A-A' sur fig. 2b, localisation fig. 1b). Les couches de St-Christophe sont surmontées par 10 mètres de schistes noirs à nodules de fer et manganèse (jusqu'à 30 cm de diamètre) qui montrent les caractéristiques des «black shales». Le contact entre les deux lithologies paraît concordant mais il est toujours masqué par des éboulis.

La série à dominante calcaire qui leur fait suite de manière tranchée et dont l'épaisseur atteint 450 mètres est interprétée comme une succession de bancs turbiditiques et de coulées de débris dont la matrice est calcaréo-siliceuse et les éléments principaux de nature calcaire, dolomitique et quartzitique. Des niveaux de schistes siliceux noirs, d'épaisseur centimétrique à décimétrique y sont intercalés par endroits.

Des olistolites, d'extension métrique à hectométrique et d'épaisseur décimétrique à décamétrique (quartzites et dolomies triasiques, brèches jurassiques) sont intercalés dans cette série. Ces blocs sont de nature identique aux éléments détritiques contenus dans les coulées de débris. Ils sont souvent alignés en chapelets et sont encadrés par des niveaux de turbidites cohérents, non dissociés.

Quatorze échantillons de schistes sombres répartis dans l'ensemble des lithologies de la zone de Sion-Courmayeur présentes dans la colline du Mont d'Orge ont été prélevés pour une étude micropaléontologique. Des lames minces ont été fabriquées après imprégnation des schistes. Onze d'entre elles ont révélé des débris de radiolaires, ferruginisés ou pyritisés ou silicifiés, et des spicules de spongiaires. Des attaques à l'acide fluorhydrique ont été effectuées dans l'espoir de dégager ces radiolaires. Les méthodes utilisées se sont révélées infructueuses en raison du type de préservation des tests.

Le traitement de l'échantillon AB 17 a néanmoins conduit à un résultat intéressant. Il provient d'un niveau de schistes soyeux gris-noir d'une épaisseur de 20 centimètres intercalé entre des bancs également décimétriques de conglomérats à matrice calcaire et à éléments polygéniques. Il est situé à l'extrémité orientale de la coupe de la colline du Mont d'Orge (fig. 2b), à proximité de l'extrémité orientale du lac, dans le virage de la ruelle menant en direction du château (coordonnées: 592.450/120.180, altitude: 645m). Le même niveau avait déjà fourni des radiolaires à M. Burri (1958).

### 4. Micropaléontologie de l'échantillon AB17

Environ 200 cm<sup>3</sup> de roches ont été traités à l'acide fluorhydrique 10% dans l'espoir d'y extraire des radiolaires. Mais à

notre grande surprise, les radiolaires ont disparu et le résidu révèle essentiellement des foraminifères planctoniques (Bagnoud 1997). À côté on ne trouve que de rares spicules d'éponges, de très rares débris de radiolaires et quelques foraminifères benthiques. Les coquilles sont toutes de petites tailles comprises entre 100 et 330 µ. La récolte compte environ 300 foraminifères dont les 2/3 sont indéterminables car trop mal conservés. Le reste est déterminable avec sûreté au niveau du genre et quelquefois de l'espèce (fig. 3). Le 80% des individus déterminés appartient au Tertiaire. L'association, très hétérogène comme on le verra ci-après, ne contient que des petits individus généralement silicifiés ce qui est confirmé par l'analyse RX (Edax). D'autres coquilles sont pyritisées, particulièrement les miliolites et les spirillines. Les tests sont presque tous déformés, quelquefois vides, certains complètement aplatis. À cause de la fragilité des coquilles, qui exclut de fréquentes manipulations, il n'a pas été possible de les illustrer sur plusieurs faces dans la figure 3. Des indications supplémentaires se trouvent dans la légende de cette figure.

L'ensemble des coquilles, assez bien calibré granulométriquement, ainsi que l'absence d'espèces muricocarénées comme les *Morozovella*, laisse supposer un tri qui suggère une sédimentation de contourite. Cette hypothèse paraît corroborée par l'analyse des lames minces et de la roche en place.

#### *Foraminifères benthiques:*

Seuls 15 tests de petits foraminifères benthiques ont été récoltés. Ils sont mal conservés, corrodés, déformés, plus ou moins pyritisés et tous inférieurs à 200 µ. On peut reconnaître des *Spirillina*, des miliolites quinqueloculines et des Trochammina douteux. Leur âge est indéterminé.

#### *Foraminifères planctoniques:*

L'association, très hétérogène, comprend des espèces d'âges très divers allant de l'Aptien à l'Oligocène inférieur (?) sans qu'on puisse vraiment les regrouper en faunes d'après la conservation des tests. Pour la taxinomie des espèces et la biostratigraphie on se référera à Toumarkine & Luterbacher (1985) et à Caron (1985).

#### **Aptien-Turonien (hétérogène)**

*Globigerinelloides* spp.  
*Globigerinelloides ferreolensis*?  
*Hedbergella* sp.  
*Hedbergella trocoidea*?  
*Praeglobotruncana* sp.

#### **Campanien-Maastrichtien**

Globotruncanidae mono et bicarénées  
*Globotruncana aegyptiaca*  
*Globotruncana lapparenti* groupe  
*Globotruncana arca*?  
*Globotruncana bulloides*?  
*Globotruncana ventricosa*?



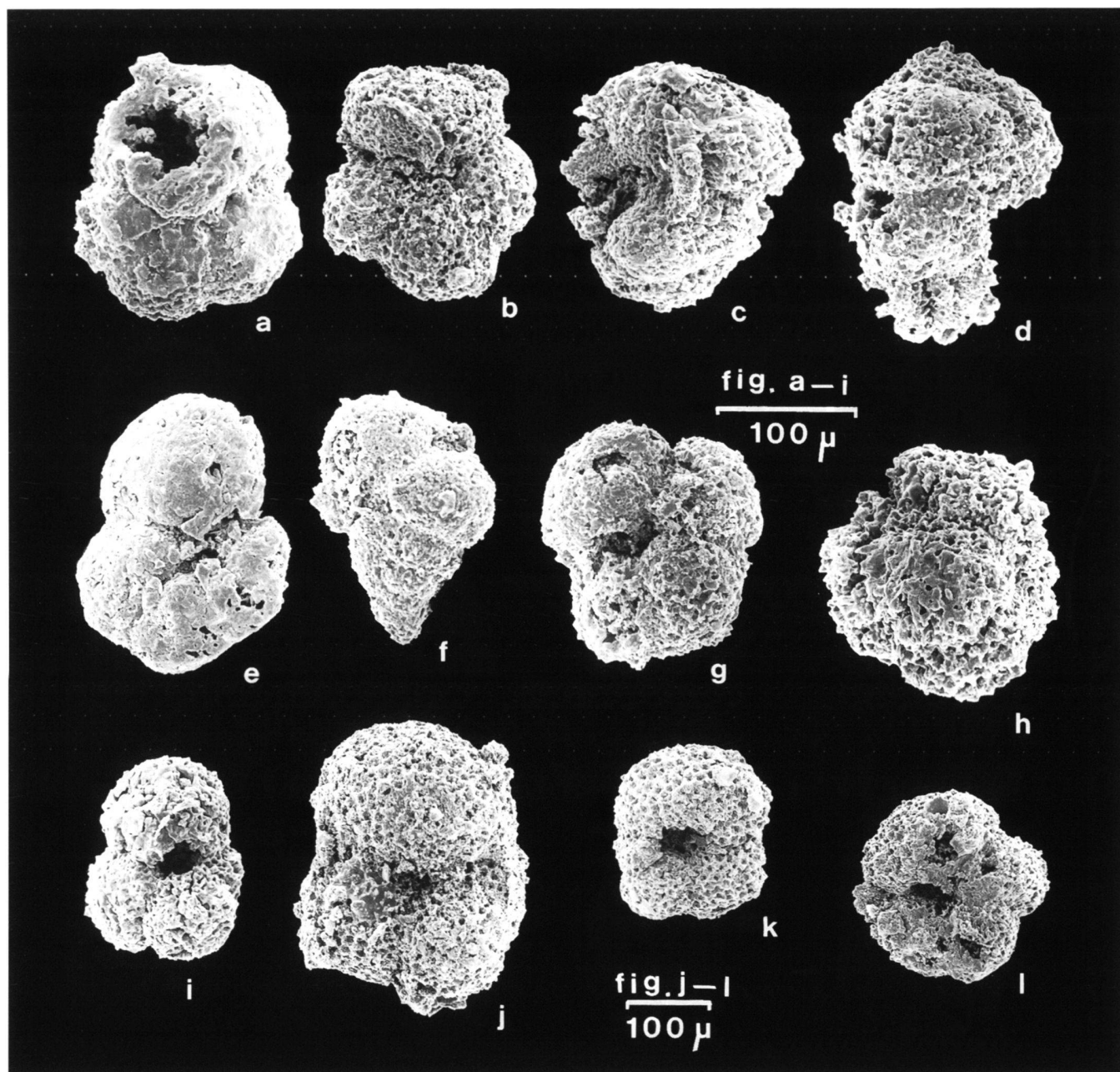


Fig. 3. Foraminifères planctoniques dégagés des schistes sombres intercalés entre les bancs turbiditiques à dominante calcaire de l'unité de la Pierre Avoi. Tous les individus proviennent du même échantillon de roche AB17. Figures a-i = env. 230x, figures j-l = env. 140x.

- a): cf. *Turborotalia* ex gr. *T. cerroazulensis*, forme évoluée, proche de *T. c. cocoaensis*, vue ombilicale, dernière loge éventrée, (la face spirale est quasi plate).
- b): *Acarinina* sp. (proche de *A. pseudotopilensis*), vue ombilicale.
- c): cf. *Acarinina* sp. ex gr. *A. bullbrooki*, vue latérale oblique, tours jeunes (à gauche) corrodés.
- d): cf. *Acarinina* sp. ex gr. *A. bullbrooki*, vue latérale, individus partiellement corrodé sur la face ombilicale (à droite).
- e): *Globanomalina* sp. ex gr. *G. planoconica*, vue ombilicale légèrement oblique. Le test est trochospiralé bas.
- f): *Chiloguembelina* sp., vue latérale.
- g): *Globorotaloides*?, vue ombilicale, bulla absente.
- h): *Globigerinatheka* sp.,
- i): *Globigerina praebulloides*, vue ombilicale.
- j): *Subbotina* cf. *utilisindex*, vue ombilicale.
- k): *Globigerina* sp., proche de *G. ampliapertura*, forme juvénile, vue ombilicale.
- l): *Globorotaloides*?, bulla absente, vue ombilicale.

### Paléocène moyen-Eocène (hétérogène)

*Globanomalina* sp. ex gr. *G. planoconica*  
*Acarinina nitida*?  
*Acarinina pseudotopilensis*?  
*Igorina* (= *Acarinina*) *broedermanni* s.l.  
cf. *Acarinina* sp. ex gr. *A. bullbrookii*  
*Globigerinatheka* sp.

### Eocène moyen terminal-Oligocène (hétérogène)

*Globorotaloides*?  
*Globigerina praebulloidis*  
cf. *Turborotalia* sp. ex gr. *T. cerroazulensis* (forme évoluée à face spirale quasi plate, probablement *T. c. cocoaensis*)  
*Subbotina* cf. *utilisindex*  
*Globigerina* sp. (proche de *G. ampliapertura*) forme juvénile

### Paléogène indéterminé

*Subbotina* spp.  
petites *Acarinina*  
*Chiloguembelina* sp.  
*Catapsydrax* spp.

Le résidu ne contient aucunes *Morozovella*.

La roche est d'âge éocène moyen (partie supérieure) à éocène supérieur (P14–P17) sur cf. *T. cerroazulensis cocoaensis*?, *G. ampliapertura*?, *G. praebulloidis* et *Subbotina* cf. *utilisindex*, et peut-être oligocène (P18–P20) sur les trois derniers taxa qui perdurent à cette époque. Elle peut être plus jeune si tout est remanié.

En lame mince le microfaciès du protolithe devait être une pélite siliceuse très sombre, microlaminée. Certaines de ces microlamines sont riches en radiolaires, d'autres, plus rares, en foraminifères planctoniques silicifiés. Ceci, à côté des caractéristiques générales de la série (présence de schistes noirs à nodules polymétalliques) suggère un milieu de dépôt profond.

### 5. Conséquences sur l'âge de l'unité de la Pierre Avoi

L'association de microfossiles décrite ci-dessus n'a pour l'instant été découverte que dans un seul échantillon. On ne peut considérer comme daté de l'Eo-Oligocène que le flysch calcaire à coulées de débris et à olistolites occupant, dans la colline du Mont d'Orge, la partie inférieure de l'Unité de la Pierre Avoi.

En raison des nombreux décrochements et des moins bonnes conditions d'affleurement présents dans la retombée Est de cette colline, la continuité cartographique avec le flysch siliceux grossièrement conglomératique à mégablocs sus-jacents ne peut pas être strictement démontrée. Cette continuité est néanmoins probable en raison du caractère très progressif du passage des coulées de débris à dominante calcaire vers un pôle de plus en plus siliceux correspondant à l'augmentation du pourcentage de quartzites, de grès et de schistes permo-carbonifères remaniés.

L'unité de la Pierre Avoi constitue un ensemble lithologique hétérogène mais représente une succession de corps sédimentaires caractérisés par les mêmes sources détritiques grossières et les mêmes contextes de dépôt. L'âge éo-oligocène déterminé dans sa partie basale à intermédiaire a de fortes chances de s'appliquer à l'ensemble de l'unité.

### 6. Conséquences sur l'âge des couches de St-Christophe («flysch valaisan»)

Le contact basal de l'unité de la Pierre Avoi sur l'unité du Roignais-Versoyen est plus délicat d'interprétation. Dans la colline de Mont d'Orge, les turbidites et les coulées de débris grossièrement conglomératiques à intercalations pélitiques qui ont été datées sont séparées des couches de St-Christophe sous-jacentes par des schistes noirs à nodules polymétalliques. Les contacts, qui affleurent mal et qui sont partiellement faillés, paraissent néanmoins concordants et l'on pourrait être tenté de les interpréter comme stratigraphiques d'autant plus qu'il existe quelques récurrences de flysch fin de type St-Christophe dans l'unité de la Pierre Avoi. Toutefois à l'échelle de la carte, et particulièrement sur les feuilles géologiques 1:25'000 1305-Morcles (Badoux et al. 1971) et 1325-Sembrancher (Burri et al. 1983), ce contact est légèrement discordant. La base de l'unité de la Pierre Avoi coupe en effet avec un angle faible les plis de seconde génération soulignés par la trilogie valaisanne de l'unité du Roignais-Versoyen. La découverte des foraminifères tertiaires de l'unité de la Pierre Avoi ne permet donc pas de préciser l'âge du «flysch valaisan» (Couches de St-Christophe) et des «formations basales» (Couches de l'Aroley et des Marmontains) de l'unité du Roignais-Versoyen.

Elle donne néanmoins un certain poids aux hypothèses favorisant un âge tertiaire pour ce flysch (Antoine 1965).

### 7. Contexte de dépôt de l'unité de la Pierre Avoi (Eocène-Oligocène?)

L'unité de la Pierre Avoi est formée d'une accumulation de turbidites, de coulées de débris et d'olistolites intercalés entre des dépôts hémipélagiques de type schistes noirs à nodules polymétalliques. Néanmoins, dans la partie sommitale de l'unité, la part exacte des phénomènes purement sédimentaires et la part des processus d'écaillages liés au chevauchement de la zone houillère ne peuvent pas être précisées davantage.

Le contexte paléogéographique retenu pour le dépôt de cette unité est celui d'une fosse marquant la subduction continentale des lithosphères briançonnaise et européenne sous la lithosphère adriatique. Le plan de chevauchement basal (φ dans la fig. 4) permettait la subduction du flysch valaisan et de son substratum à son mur ainsi que le décollement ductile de la partie supérieure de la croûte briançonnaise à son toit. Cette partie décollée et cisailée (Escher & Beaumont 1997) constituait un prisme d'accrétion crustal en cours de structuration (Stampfli et al. 1998). La zone d'imbrication frontale associée à ce décollement crustal affectait la partie externe de la

zone Houillère briançonnaise constituée de sédiments paléozoïques et mésozoïques. Ceux-ci formaient des escarpements sous-marins qui alimentaient en éléments détritiques grossiers l'unité de la Pierre Avoi en cours de sédimentation.

Une autre surface de décollement majeure, plus interne, fonctionnait également à cette époque. Elle permettait le charriage du prisme d'accrétion sédimentaire des futures unités préalpines et de la nappe du Tsaté («schistes lustrés piémontais») sur le prisme d'accrétion crustal ( $\phi$  dans la fig. 4).

## 8. Conséquences sur la cinématique de propagation du front orogénique tertiaire

Les parties sommitales des flyschs briançonnais, valaisans, ultrahelvétiques et helvétiques sont caractérisés par des faciès de mélanges («wildflysch») qui documentent la propagation des fronts orogéniques alpins durant le Tertiaire (Trümpy 1973; Matter et al. 1980). La décroissance régulière vers l'extérieur de la chaîne de l'âge de ces dépôts souffrait d'une irrégularité au niveau du domaine valaisan. Le complexe turbiditique de la nappe préalpine du Niesen, assimilé à une unité valaisanne externe, était principalement pris en compte pour caractériser l'âge (Maastrichtien à Eocène moyen, Ackermann, 1986) à partir duquel ce domaine avait été dominé par les structures compressives alpines. L'âge du flysch à blocs de la Pierre Avoi corrige cette image (fig. 5) en restaurant une régularité apparente de la progression du front orogénique et incite à trouver une alternative à l'interprétation de l'activité d'un dépôt-centre au Maastrichtien-Eocène dans le domaine «valaisan externe».

Cette datation de l'unité de la Pierre Avoi contraint également la position paléogène des futures nappes préalpines. Le prisme d'accrétion sédimentaire issu de la subduction de la Téthys alpine et formant actuellement la nappe des Préalpes supérieures (Gasinsky et al. 1997; Stampfli et al. 1998) a incorporé à sa base les nappes de la Brèche et des Préalpes médianes, décollées sur différents niveaux d'évaporites triasiques. L'ensemble de ce prisme de nappes sédimentaires, dont les plans de décollement basal actifs sont à cette époque ceux de la nappe des Préalpes médianes, ne peut pas encore avoir dépassé la zone houillère interne, patrie des Préalpes médianes plastiques (Escher et al. 1997) à l'Eocène-Oligocène (?) (fig. 4).

Elle contraint également l'âge du métamorphisme en faciès schistes verts qu'ont subi les séries valaisannes ainsi que la zone Houillère externe dont l'enfouissement ne peut débuter qu'à partir de cette période.

## 9. Corrélations avec d'autres unités valaisannes internes

Vers l'Ouest, l'unité de la Pierre Avoi se poursuit au moins jusque dans le Val Ferret où elle est relayée par l'unité des Cols. De nombreuses analogies existent entre ces deux unités, tant par la nature des flyschs qu'elles contiennent que par celle des blocs ou écaillés briançonnais que ces flyschs emballent

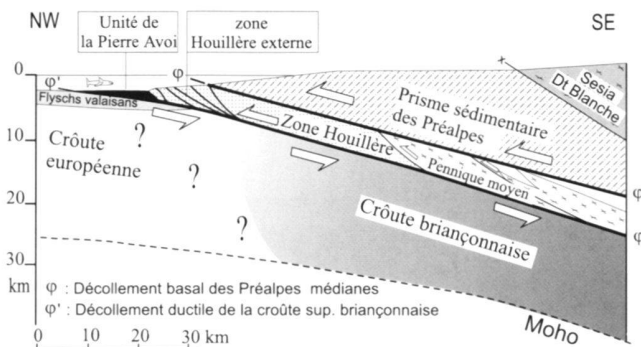


Fig. 4. Profil interprétatif schématisé de la zone de subduction crustale à l'Eocène moyen (partie supérieure)-Oligocène basal (?) sur la transversale du Valais. Le flysch à blocs de l'unité de la Pierre Avoi se dépose dans une fosse au front du prisme d'accrétion crustal. Deux zones de décollement majeures permettent respectivement: -  $\phi'$ : la subduction des lithosphères briançonnaise et européenne sous la partie superficielle de la croute briançonnaise décollée (nappes de socle du pennique moyen); -  $\phi$ : le décollement des Préalpes médianes et le transport des unités préalpines superposées par dessus ces socles. Partiellement d'après Stampfli et al. (1998).

(Antoine 1971). Il est donc vraisemblable que leur âge soit apparenté.

Vers l'Est, l'unité de la Pierre Avoi peut être suivie jusqu'en aval de Viège (Visp) où les failles de la ligne Rhône-Simplon et les plis associés aux zones de cisaillement ductiles bouleversent l'agencement structural prévalant plus à l'Ouest. A Viège, une unité chaotique comportant des blocs ou des écaillés briançonnaises de même nature que ceux de la Pierre Avoi occupe une position structurale semblable, entre la zone de Visperterminen (Zone Houillère) et l'unité du Roignais-Versoyen. Sa richesse en blocs ou écaillés de roches vertes (serpentinites, laves en coussins ...) la distingue de l'unité de la Pierre Avoi classique, raison pour laquelle elle a parfois été assimilée plutôt au «Versoyen» (Jeanbourquin & Burri 1989). Une comparaison plus serrée avec l'unité de la Pierre Avoi devra néanmoins être tentée puisqu'il est désormais établi que la bordure interne des unités valaisannes peut être occupée par un flysch à olistolites marquant l'avancée du front d'accrétion pennique à l'Eo-Oligocène.

Si cette connexion pouvait être établie, elle appellerait tout naturellement d'autres corrélations avec des unités à blocs également situées en bordure interne des flyschs valaisans (ou «nord-penniques») et dont la nature des éléments détritiques grossiers est toujours comparable (avec un contenu en roches vertes très variable). La zone de Fäldbach intercalée entre le flysch valaisan et la nappe du Monte Leone à l'Est du Col du Simplon (Leu 1986) ainsi que les mélanges de Areau-Bruschghorn et de Martegnas (Schmid et al. 1990), intercalés entre le flysch nord-pennique et les nappes briançonnaises externes de Schams, par exemple pourraient potentiellement représenter des dépôts de front de prisme tertiaire apparentés à ceux de l'unité de la Pierre Avoi.



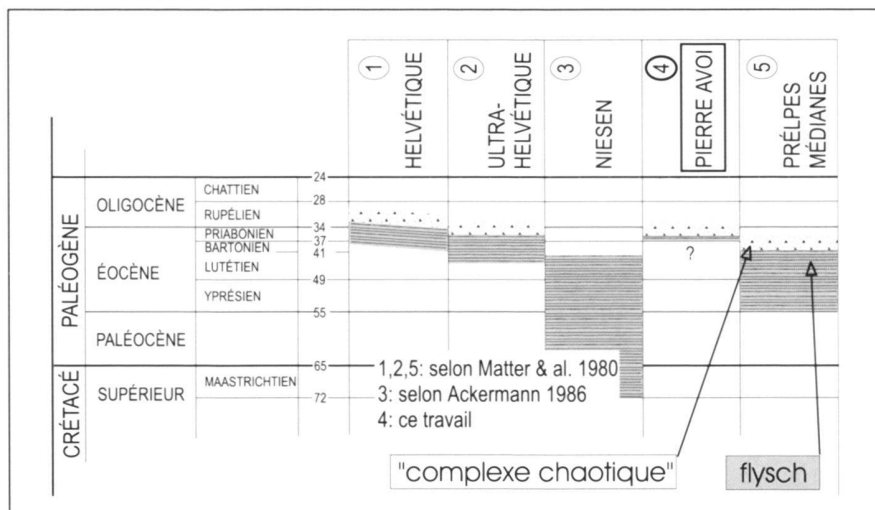


Fig. 5. Age des «complexes chaotiques» surmontant les flyschs briançonnais, valaisans, ultrahelvétiques et helvétiques. La datation de l'unité de la Pierre Avoi fournit un repère supplémentaire dans la progression de la fosse de subduction relativement à la plaque plongeante. Le flysch du Niesen n'appartient pas sédimentologiquement et chronologiquement à ce type de dépôts. Chronostratigraphie d'après Berggren & al. (1995).

## 10. Conclusions

La découverte de foraminifères planctoniques d'âge éocène moyen (partie supérieure) à oligocène basal (?) dans les schistes de l'unité de la Pierre Avoi permet de dater la partie médiane de cette unité. Ces schistes sont intercalés entre des turbidites, des coulées de débris et des olistostromes déposés dans une fosse liée à la subduction du domaine valaisan (nord-pennique) et de son substratum sous une partie de la croûte briançonnaise décollée et incorporée au prisme d'accrétion crustal. Cette datation fournit un point d'accrochage précieux aux modèles cinématiques décrivant la progression des différents fronts de chevauchements intra-penniques et donne un âge maximal pour les transformations métamorphiques subies par le flysch valaisan et les unités briançonnaises externes. L'âge d'une grande partie de ce flysch valaisan (unité du Roignais-Versoyen) reste toutefois inconnu.

Cette découverte devrait donner une nouvelle impulsion aux recherches micropaléontologiques dans les terrains à métamorphisme épizonal. Les implications de chacune des très rares nouvelles découvertes de ce type sont en effet décisives dans le choix des très nombreux modèles géodynamiques disponibles.

## Remerciements

Plusieurs personnes nous ont fait bénéficier de leur expérience ou nous ont apporté une aide technique: le Prof. M. Burri et le Dr. P. Kindler sur le terrain, le Prof. P. Baumgartner pour les techniques d'extraction, le Dr. R. Martini pour les prises de vue au MEB, M. Massera pour les tirages photographiques et le Prof. G. Stampfli pour l'analyse des conséquences paléogéographiques. Nous les remercions tous très chaleureusement.

Notre gratitude va également aux Profs. H. Luterbacher (Tübingen) et I. Premoli-Silva (Milan) pour leur lecture critique et constructive du manuscrit.

Ce travail a profité du soutien financier du Fonds national suisse de la recherche scientifique dans le cadre du projet n° 21-37335.93 (Prof. J. Charollais et R. Wernli).

## BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN, A. 1986: Le flysch de la nappe du Niesen. *Eclogae geol. Helv.* 79, 641-684.
- ANTOINE, P. 1965: Sur l'existence de Crétacé supérieur daté dans la nappe des brèches de Tarentaise au Nord des Chapieux (Savoie). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 261 (3 novembre 1965), Groupe 9, p. 3640-3642.
- 1971: La zone des brèches de Tarentaise entre Bourg-St-Maurice (Vallée de l'Isère) et la frontière italo-suisse. *Mém. Géol. Grenoble* 9, 367p.
- BADOUX, H., BURRI, M., GABUS, J.H., KRUMMENACHER, D., LOUP, G. & SUBLET, P. 1971: Atlas géologique de la Suisse feuille 1305, Dent de Morcles. *Comm. géol. Suisse*.
- BAGNOUD, A. 1997: Etude géologique de la zone Sion-Courmayeur (pennique inférieur) dans la région sédunoise (Valais, Suisse). *Dipl. Dpt Géol. Paléont., Univ. Genève*, inédit.
- BERGGREN, W.A., KENT, D.V., SWISHER III, C.C. & AUBRY, M.-P. 1995: A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *Soc. Econ. Paleont. Min., spec. publ.* 54, 129-212.
- BURRI, M. 1958: La zone de Sion-Courmayeur au Nord du Rhône. *Mat. Carte géol. Suisse N.S.* 105, 1-45.
- 1967: Prolongation de la zone de Sion dans le Haut-Valais. *Eclogae geol. Helv.* 60/2, 614-617.
- BURRI, M. & JEMELIN, L. 1983: Atlas géologique de la Suisse, notice explicative de la feuille 1325, Sembrancher. *Com. Géol. Suisse*.
- BURRI, M., JEMELIN, L., OULIANOFF, N., AYRTON, S., BLANC, P., GRASMÜCK, K., KRUMMENACHER, D., VON RAÜMER, J.F., STALDER, P., TRÜMPY, R., & WUTZLER, B. 1983: Atlas géologique de la Suisse, feuille 1325, Sembrancher. *Comm. géol. Suisse*.
- CARON, M. 1985: Cretaceous planktic foraminifera. In: *Plankton stratigraphy* (Ed. by BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K.). Cambridge Univ. Press 1, 17-86.
- ESCHER, A. & BEAUMONT, CHR. 1997: Formation, burial and exhumation of basement nappes at crustal scale: a geometric model based on the Western Swiss-Italian Alps. *J. structural Geol.*, 19, 7, 955-974.
- ESCHER, A., HUNZIKER, J.C., MARTHALER, M., MASSON, H., SARTORI, M. & STECK, A. 1997: Geological framework and structural evolution of the Western Swiss-Italian Alps. In: *Deep Structure of the Swiss Alps. Results from NRP 20* (Ed. by PFIFFNER, O.A., LEHNER, P., HEITZMANN, P., MUELLER, S. & STECK, A.). Birkhäuser AG, Basel, 205-222.
- GASINSKI, A., SLACZKA, A. & WINKLER, W. 1997: Tectono-sedimentary evolution of the Upper Prealpine nappe (Switzerland and France): nappe formation by Late Cretaceous-Paleogene accretion. *Geodynamica Acta* 10/4, 137-157.

- JEANBOURQUIN, P. & BURRI, M. 1989: La zone de Sion-Courmayeur dans la région du Simplon. Rapp. géol. Serv. hydrol. géol. nat. 11, 35p.
- LEU, W. 1986: Lithostratigraphie und Tektonik der nordpenninischen Sedimente in der Region Bedretto-Baceno-Visp. *Eclogae geol. Helv.* 79/3, 769–824.
- MATTER, A., HOMEWOOD, P., CARON, C., RIGASSI, D., VAN STUIJVENBEG, J., WEIDMANN, M. & WINKLER, W. 1980: Flysch and Molasse of Western and Central Switzerland. In: *Geology of Switzerland, Part B: Geological Excursions*. Schweiz. Geol. Komm., Wepf & Co., Basel, 334 p.
- NANNY, P. 1948: Zur Geologie der Prättigauschiefer zwischen Rhätikon und Plessur. Mitt. Geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich, Serie C, 30, 1–127.
- POLINO, R., DAL PIAZ, G.V. & GOSSO, G. 1990: Tectonic erosion at the Adria Margin and accretionary processes for the Cretaceous orogeny in the Alps. In: *Deep structure of the Alps*. (Ed. By ROURE, F., HEITZMANN, P. & POLINO, R.). Soc. Géol. de France Mém. 156, Soc. Géol. Suisse Mém. 1, Soc. Geol. Italiana, Vol. spec. 1, 345–367.
- SCHMIDT, S.M., RUCK, P. & SCHREUERS, G. 1990: The significance of the Schams nappe for the reconstruction of the paleotectonic and orogenic evolution of the Penninic zone along the NFP-20 East traverse (Grisons, eastern Switzerland). In: *Deep Structure of the Alps*. (Ed. by ROURE, F., HEITZMANN, P., & POLINO R.). Mém. Soc. géol. France, 156; Mém. Soc. géol. Suisse, 1; Vol. spec. Soc. Geol. Ital., 1, 263–288.
- STAMPELI, G. 1993: Le Briançonnais, terrain exotique dans les Alpes? *Eclogae. Geol. Helv.* 86/1, 1–45.
- STAMPELI, G., MOSAR, J., MARQUER D. & MARCHANT, R. 1998: Subduction and obduction processes in the Swiss Alps. *Tectonophysics*, 296/1–2.
- STEINMANN, M. 1994: Ein Beckenmodell für das Nordpenninikum der Ostschweiz. *Jb. Geol. B.-A.*, 137/4, 675–721.
- TOUMARKINE, M. & LUTERBACHER, H. 1985 : Paleocene and Eocene planktic foraminifera. In: *Plankton stratigraphy* (Ed. by BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K.). Cambridge Univ. Press 1, 87–154.
- TRUMPY, R. 1952: Sur les Racines helvétiques et les «Schistes lustrés» entre le Rhône et la Vallée de Bagnes (Région de la Pierre Avoi). *Eclogae geol. Helv.* 44/2, 338–347.
- 1973: L'évolution de l'orogénèse dans les Alpes Centrales: Interprétation des données stratigraphiques et tectoniques. *Eclogae geol. Helv.* 66/1, 1–10.
  - 1980: *Geology of Switzerland, a guide-book. Part A: An Outline of the Geology of Switzerland*. Schweiz. Geol. Komm., Wepf, Basel, 1–102.

Manuscrit reçu le 26 juin 1998

Révision acceptée le 10 novembre 1998

