Géologie Alpine, t. 48, 1972, p. 5-40

Le domaine pennique externe entre Bourg-Saint-Maurice (Savoie) et la frontière italo-suisse

(Bilan des connaissances actuelles sur ce secteur de la zone des Brèches de Tarentaise)

par Pierre ANTOINE

RÉSUMÉ. — Cette note résume et synthétise les résultats obtenus au cours d'un travail récent. Elle concerne la zone des Brèches de Tarentaise dans son ensemble et expose les principales questions abordées : situation paléogéographique de la série ophiolitique « du Versoyen », âge et sédimentogenèse du Flysch de Tarentaise, position de l'unité du Petit-Saint-Bernard. etc.

Les diverses unités constituant la zone sont examinées rapidement sur le plan stratigraphique et tectonique.

L'évolution géodynamique de la zone des Brèches de Tarentaise entre le Trias et le Crétacé supérieur est ensuite analysée et replacée dans le contexte alpin général. La notion de géosynclinal valaisan, la signification de la zone subbriançonnaise dans les Alpes du Nord, les problèmes chronologiques soulevés par les différences d'âge des divers flyschs de Tarentaise sont examinés tour à tour.

ABSTRACT. — The present paper summarizes and synthetizes the results being obtained from a recent work. It deals with the « Brèches de Tarentaise facies belt » considered as a whole and mainly treats of following problems : the paleogeographical location of ophiolites bearing Versoyen formation, the age and sedimentogenesis of the « Flysch de Tarentaise » formation, the paleogeographical location of the Petit Saint Bernard tectonic unit, etc.

The various tectonic units constituting the belt are swiftly examined from both a stratigraphic and tectonic point of view.

Geodynamical evolution of the « Brèches de Tarentaise » facies belt from Triassic to upper Cretaceous is then analysed, and replaced into the general alpine context. The notion of « Valais geosyncline », the meaning of « subbriançonnais facies belt » in the Northern Alps, the chronological problems which arise when considering the differences in ages of the different sorts of « Flysch » formations in Tarentaise, are then examined by turns.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.

1. *Préliminaire.*
2. *Motivation des recherches.*
3. *Localisation géographique du sujet.*
4. *Historique des recherches.*
5. *Schéma structural adopté.*

CHAPITRE Ier. — LES UNITÉS DE MOÛTIERS ET DU ROIGNAIS VERSOYEN, OSSATURE DE LA ZONE DES BRÈCHES DE TARENTAISE.

1. *Aspect stratigraphique.*

A) Les terrains antérieurs à l'individualisation du bassin crétacé de Tarentaise (le substratum du « Flysch »).

1) Le Carbonifère.

2) Le Permien :

a) Unité de Moûtiers ;

b) Unité du Roignais Versoyen.

3) Le Trias.

4) Le Lias.

5) Conclusion.

B) Le bassin crétacé de Tarentaise.

1) Introduction.

2) L'ensemble antéflysch :

a) Préambule important ;

b) Démonstration de l'existence d'une série litho logique antérieure au « Flysch de Tarentaise » :

b 1) Les coupes du domaine externe de l'unité du Roignais Versoyen,

b 2) Les coupes du domaine médian,

b 3) Conclusion ;

c) Le soubassement du « Flysch » de Tarentaise sur la marge interne de l'unité du Roignais Versoyen :

c 1) Position structurale de la série du Versoyen,

c 2) Vérification à l'aide de quelques coupes,

c 3) La série du Versoyen : un ensemble volcano sédimentaire,

c 4) Age de la série du Versoyen,

c 5) Conclusions relatives à la série du Versoyen.

3) Le « Flysch » ou série détritique de Tarentaise :

a) Rappel de quelques généralités ;

b) La formation basale ;

c) Les schistes noirs à quartzites verts ;

d) Le Flysch ;

e) Age de la formation détritique de Tarentaise.

2. *Résumé structural.*

A) Unité de Moûtiers et zone des écailles frontales.

B) Unité du Roignais Versoyen.

CHAPITRE II. — APERÇU GÉNÉRAL SUR LES UNITÉS VOISINES.

1. *Les unités helvétiques et ultrahelvétiques.*
2. *L'unité de Ferret.*
3. *L'unité du Petit-Saint Bernard.*

A) Résumé stratigraphique.

B) Résumé structural.

4. *L'unité de Salins.*

A) Résumé stratigraphique.

B) Résumé structural.

5. *Unité de la Pierre Avoi.*

A) Aperçu stratigraphique.

B) Données structurales.

6. *Unité des Cols.*

A) Résumé stratigraphique.

B) Aperçu structural.

7. *L'unité de la Grande Moendaz* (= *Digitation de la Grande Moendaz*).

CHAPITRE III. — SYNTHÈSE GÉNÉRALE.

1. *Corrélations probables entre les unités étudiées.*

A) Les deux groupes d'unités structurales.

B) Principaux problèmes de corrélation.

a) Cas des unités du Petit-Saint-Bernard et de Salins.

b) Cas de l'unité de Ferret.

C) Schéma paléogéographique proposé.

2. *Evolution paléogéographique et géodynamique de la Zone des Brèches de Tarentaise.*

A) Evolution paléogéographique.

a) Fin de l'époque hercynienne.

b) Au Trias.

c) Au Lias.

d) Au Dogger Malm.

e) Au Crétacé inférieur et moyen.
f) Au Crétacé supérieur.

B) Evolution géodynamique.

a) La période préparoxysmale.
b) La période paroxysmale.

3 *Comparaison avec les domaines voisins : Quelques conséquences sur le schéma général de l'orogenèse dans les Alpes occidentales du Nord.*

A) Schéma évolutif d'ensemble.

a) Similitude évolutive entre zone briançonnaise et zone des Brèches de Tarentaise.

b) Rôle de charnière de l'unité du Niélard.

c) L'anomalie subbriançonnaise.

B) Influence des remarques précédentes sur la conception de l'orogenèse des Alpes occidentales du Nord.

a) La notion de géosynclinal valaisan dans les Alpes occidentales.

b) Révision de la notion de subbriançonnais dans les Alpes occidentales du Nord.

c) La tectonique arvinche et le problème de l'âge des Flyschs en Tarentaise.

INTRODUCTION

1. Préliminaire.

Depuis les travaux de R. BARBIER (1948) qui créa le terme de Zone des Brèches de Tarentaise, aucun auteur ne s'est intéressé de façon synthétique à la prolongation de la zone vers le Nord-Est, en France et en Italie dans le haut Val d'Aoste. Il s'agissait là, à vrai dire, d'un domaine déjà bien étudié par de nombreux auteurs de nationalités différentes (suisses, italiens, français). En fait, par leur diversité même, tous ces travaux présentaient un caractère disparate. Dégager les traits caractéristiques et originaux de l'évolution orogénique de cette petite portion de l'arc des Alpes occidentales devenait difficile. Cet effort de synthèse me fut proposé comme sujet de recherche, et il vient de faire l'objet d'un mémoire présenté récemment (P. ANTOINE, 1971). Objectif par nécessité, ce texte s'efforce de présenter des faits observés susceptibles d'être considérés comme établis. Il s'en trouve évidemment alourdi, mais il était indispensable de réunir en un ensemble unique la plupart des données anciennes et nouvelles concernant la région étudiée. Ce procédé m'a paru intéressant à deux points de vue : préparer dans les meilleures conditions les interprétations nouvelles avancées (en disjoignant dans toute la mesure du possible la part de l'interprétation de celle des faits observés), servir enfin de base de départ à des travaux ultérieurs.

La présente note doit être considérée d'une part comme un résumé de mes recherches passées (je laisserai dans l'ombre l'essentiel des descriptions pour ne retenir que les résultats majeurs), mais d'autre part elle est déjà influencée sur certains points par des travaux poursuivis actuellement au Sud-Ouest de mon domaine d'étude (recherches encore inédites de MM. FUDRAL et COLLART).

2. Motivation des recherches.

Les auteurs suisses, notamment R. TRUMPY, ont souligné depuis longtemps en Suisse centrale et orientale l'existence de deux géosynclinaux encadrant l'axe géanticlinal briançonnais. Le caractère eugéosynclinal de ces deux domaines (piémontais = interne ; valaisan = externe) est marqué par la présence d'ophiolites. Celles-ci sont, à vrai dire, plus abondantes dans le bassin piémontais.

Si ce géosynclinal piémontais est familier aux géologues alpins français et italiens, le devenir vers le Sud-Ouest du géosynclinal valaisan reste très discuté. Inexistant jusqu'à la transversale de la Maurienne, les seules formations qui peuvent lui être rapportées plus au Nord correspondent géométriquement à la zone des Brèches de Tarentaise de R. BARBIER (ancien flysch de l'Embrunais de H. SCHOELLER, 1929) rangée néanmoins par cet auteur dans le subbriançonnais. La position structurale et l'origine paléogéographique de la série ophiolitique du Versoyen aux confins franco-italiens à l'Ouest du col du Petit-Saint-Bernard pose alors un problème. Selon les conceptions couramment admises en France il y a encore une dizaine d'an-

nées, cette série ophiolitique peut représenter un lambeau exotique issu du géosynclinal piémontais pincé secondairement entre la zone briançonnaise et les unités plus externes. Les auteurs suisses, par contre, y voient tout simplement la preuve que le géosynclinal valaisan se prolonge bien jusqu'en France. La résolution de ce dilemme fut le point de départ de mes recherches. Pour y parvenir il fallait tout d'abord refondre les nombreux travaux antérieurs dans un schéma cohérent d'ensemble, par un travail de cartographie détaillée. La carte synthétique devient dans ce cas « un outil pour comprendre », suivant l'expression de F. ELLENBERGER.

Les résultats obtenus m'ont conduit à réviser la notion de zone subbriançonnaise dans les Alpes du Nord, à modifier notablement le découpage paléogéographique et structural classique, et à proposer un schéma nouveau d'évolution géodynamique.

Ce schéma, exposé en conclusion, s'il donne une explication à certains des problèmes posés (âge et origine de la série du Versoyen, âge des Flyschs de Tarentaise, précisions sur le concept de géosynclinal valaisan), soulève d'autres questions d'intérêt général sur les confins de la zone ultra-dauphinoise qui donnent actuellement matière à d'intéressantes recherches.

3. Localisation géographique du sujet (fig. 1 et 2).

Le terrain étudié débute, au Sud, au niveau de Bourg-Saint-Maurice (Savoie), puis se développe en direction de Courmayeur et de Pré-Saint-Didier (Val d'Aoste, Italie), pour s'arrêter à la frontière italo-suisse entre le col Ferret et le col du Grand-Saint-Bernard.

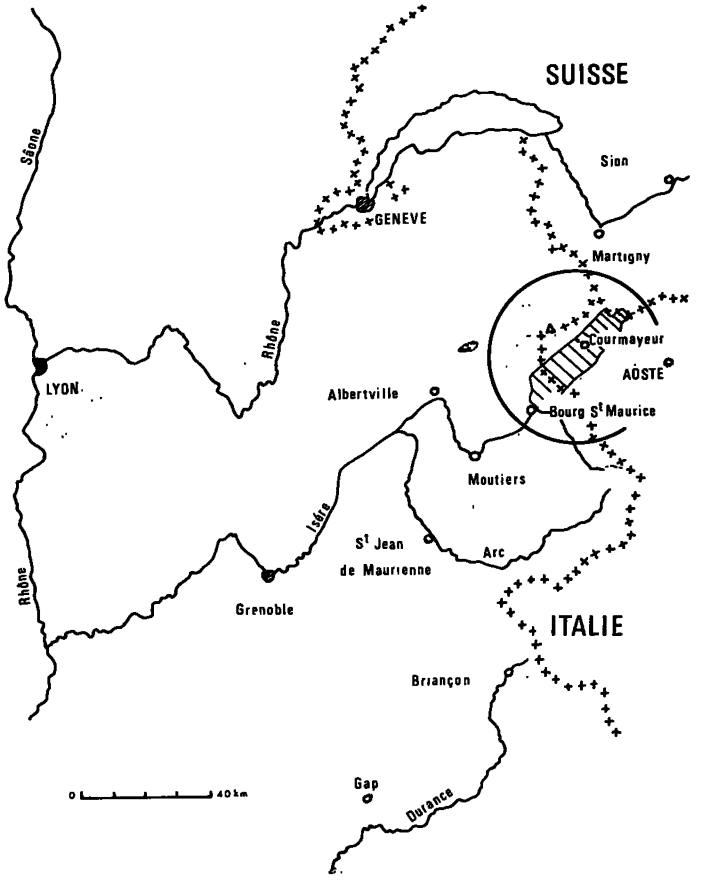


Fig. 1. — Situation de la région étudiée dans les Alpes occidentales.

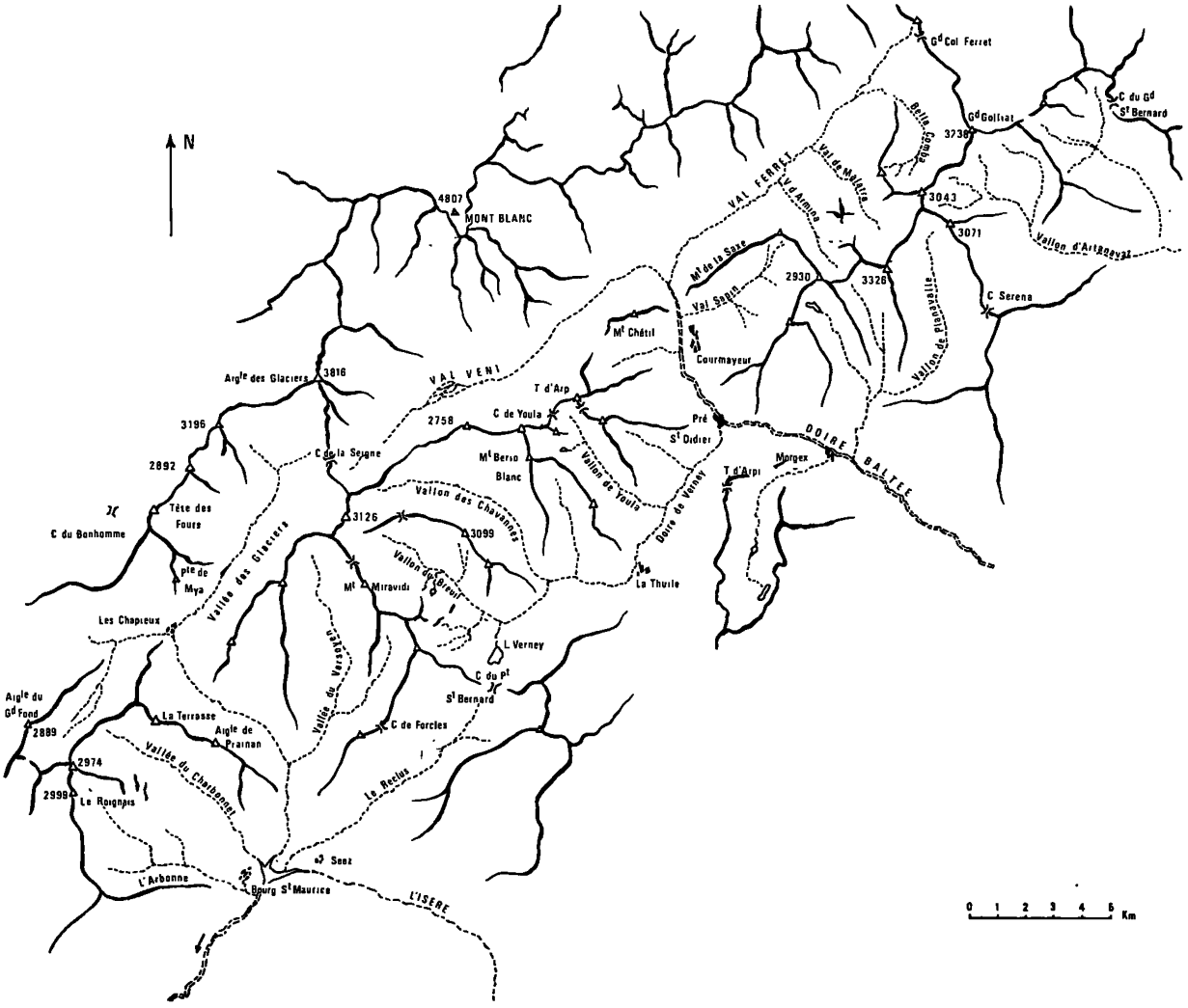


Fig. 2. — Schéma orohydrographique de la région étudiée.

4. Historique des recherches.

J'ai exposé dans le détail l'évolution récente des recherches et des idées sur la zone des Brèches de Tarentaise (P. ANTOINE, 1971), je n'y reviendrai pas ici. Je me bornerai à reproduire le tableau schématisant les idées des principaux auteurs sur le découpage paléogéographique du domaine pennique externe dans le secteur étudié (tableau I). Ce tableau montre bien la difficulté de l'attribution paléogéographique des zones du Versoyen et du Petit-Saint-Bernard, responsable de leur « dispersion » sur le tableau synthétique.

TABLEAU I

Récapitulation des subdivisions tectoniques admises par les divers auteurs entre la région de Moûtiers et le Valais.

Localisation et auteur	Au Sud de l'Isère R. BARBIER 1948	ZONE INTERMEDIAIRE H. SCHOELLER 1929	G. et P. ELTER (1960 - 1964)	R. BARBIER 1951	R. ZÜLAUF 1964	Val Ferret suisse et valais R. TRUMPY 1955	
GRANDES SUBDIVISIONS TECTONIQUES — Nappe des Brèches de Tarentaise	Digitation de Moûtiers	Nappe de l'Embrunais	Digitation de Moûtiers	Digitation de Moûtiers	digitation de Ferret Digitation de Moûtiers Digitation de la Pierre Avoi Digitation du Versoyen	Ecailles basales Série inf. Série moy. Série sup. Zone de Ferret Ecailles Pierre Avoi Mt Fourchon Digit. Versoy. Brèches de Tarentaise	DOMAINE VALAISAN
	Faisceau de Salins	Zone briançonnaise		Faisceau de Salins			
Nappe du Pas du Roc	Digitation de la Grande Moendaz		Zone du Petit Saint-Bernard s. str.		Zone du Petit Saint-Bernard s. str.	Zone du Petit Saint-Bernard s. str.	SUBBRIANÇONNAIS
	Digitation du Perron des Encombres						
	Zone des gypses	Zone houillère + Zone du Petit-Saint-Bernard ?	Zone des gypses	Zone des gypses	Zone des gypses	Zone des gypses	
Z. Briançonnaise	Zone houillère (non métamorphique)		Permo-carbonifère non métamorphique	Permo Carbonifère	Zone axiale Carbonifère (Permo C. non mét)	Zone axiale Carbonifère (Permo C. non mét.)	BRIANÇONNAIS
			Permo carbonifère métamorphique (Ruitor)		Nappe du Grand Saint-Bernard (Permo C. métam.	Nappe du Grand Saint-Bernard	
Z. Piémont	Klippe du Mont Jovet	Klippe du Mont Jovet + Zone du Petit Saint Bernard ?	Zone du Versoyen	Zone du Petit Saint-Bernard			PIEMONTAIS

5. Schéma structural adopté.

Les principales unités définies et utilisées dans la présente note sont résumées d'Ouest en Est :

— *Zone delphino-helvétique et ultrahelvétique :* Pas de subdivision.

— *Zone « intermédiaire »* : Unité de Ferret.

— *Zone des Brèches de Tarentaise :* Unité de Moûtiers ; Unité du Roignais-Versoyen ; Unité du Petit-Saint-Bernard ; Unité de la Pierre-Avoi ; Unité de Salins, des cols.

— *Zone Subbriançonnaise :* Nappe du Pas du Roc ; Zone des Gypses.

— *Zone briançonnaise :* Zone houillère.

CHAPITRE PREMIER

LES UNITÉS DE MOUTIERS ET DU ROIGNAIS VERSOYEN, OSSATURE DE LA ZONE DES BRÈCHES DE TARENTAISE *

L'unité de Moûtiers et surtout celle du Roignais Versoyen constituent dans le secteur étudié la majeure partie de la zone des Brèches de Tarentaise dans sa conception classique. Nous les prendrons donc comme base de référence en ce qui concerne les problèmes stratigraphiques et structuraux.

1. Aspect stratigraphique.

L'accent a été mis depuis longtemps par H. SCHOELLER d'abord, puis très nettement par R. BARBIER, sur les caractères spéciaux de la série stratigraphique de la zone des Brèches de Tarentaise. Ceux-ci se résument à la succession dans le temps d'une évolution de type cordillère, suivie de l'établissement d'un bassin intra-orogénique à dépôts de type flysch. Pour souligner cette dualité nous distinguerons clairement ces deux phases dans leurs conséquences stratigraphiques. Nous opposerons ainsi dans ce qui suit *le « substratum »*, à *la série détritique de Tarentaise.*

A) *Les terrains antérieurs à l'individualisation du bassin crétacé de Tarentaise (le substratum du « Flysch »).*

1) LE CARBONIFÈRE.

Cet étage est essentiellement connu dans l'unité de Moûtiers (carbonifère à anthracite de la Combe de la Nova signalé par H. SCHOELLER), ainsi que dans les écailles frontales qui lui font suite vers le Nord-Est. Les faciès en sont très banaux, constitués de grès gris, parfois quartziteux, plus ou moins grossiers, de pélites, de schistes noirs. En l'absence de tout critère paléontologique, l'attribution au Carbonifère résulte en général de considérations lithostratigraphiques (situation inférieure au Permo-Trias) ou structurale.

2) LE PERMIEN.

Le faciès des schistes verts et violets de la Bagnaz, considérés comme classiques dans la zone des Brèches de Tarentaise à la suite des travaux de R. BARBIER (1943-1948), *n'est pas représenté dans le secteur étudié.*

a) *Unité de Moûtiers.*

Les bonnes coupes de la partie inférieure de la série triasique sont rares. Nous mentionnerons celles du versant Nord du Massif de la Pointe de Mya (au Nord des Chapieux) et celle des Pyramides Calcaires (haut Val Veni).

Sur ces deux coupes on voit passer les quartzites werféniens assez rapidement vers le bas à un ensemble parfois épais de quartzites phylliteux verdâtres, très schisteux, parfois conglomératiques (aspect œillé). Ces quartzites renferment sporadiquement des cordons de galets de quartz blancs et roses dont la taille peut atteindre plusieurs centimètres.

Cette formation quartzitique, qui par son faciès rappelle franchement le Permo-Trias de maintes régions alpines, passe (en continuité ?) au Carbonifère (Pyramides Calcaires, Versant Est du massif de la Pointe de Mya). *Il nous a paru raisonnable de l'attribuer à un Permien tardif* (Néopermien de J. FABRE, 1958).

b) *Unité du Roignais Versoyen.*

Le soubassement antétriasique n'apparaît pas dans les grandes boutonnières anticlinales du vallon des Glaciers entre les Chapieux et Bonneval.

* Ce titre est conservé, car il répond à l'esprit général du travail résumé ici. Actuellement il serait sans doute différent, car j'ai tendance à restreindre le terme Zone des Brèches de Tarentaise aux seules unités comprises géographiquement entre la digitation du Niélard de R. BARBIER et l'unité de Moûtiers telle que je l'ai délimitée (P. ANTOINE, 1970).

J'ai par contre été conduit à attribuer au Permien les fameuses écailles de « gneiss » de la Pointe Rousse, à proximité du Petit-Saint-Bernard. Il s'agit en fait de roches leucocrates dont le chimisme est celui d'un granite calco-alcalin (P. ANTOINE, 1971), et qui dérivent probablement d'anciennes rhyolites ou d'anciens tufs rhyolitiques. Dans le champ du métamorphisme alpin, ces roches ont pris le faciès de leptynites.

Ces leptynites sont étroitement associées à des faciès plus sombres, verdâtres, d'aspect micaschisteux, d'origine sédimentaire probable (anciens grauwackes). Leur association très étroite à des quartzites phylliteux verdâtres bien typiques constitue un des arguments pour leur rattachement au Permien.

3) LE TRIAS.

Les seules coupes correctes se rencontrent *aux Pyramides Calcaires et dans le massif de la Pointe de Mya.*

La succession des termes est celle du Trias alpin sous sa forme classique avec de bas en haut :

Quartzites inférieurs blancs attribués au Werfénien.

Schistes noirs et violets à passées dolomitiques (Suprawerfénien).

« Trias jaune » : Ensemble très lité de calcaires dolomitiques sombres et de dolomies noires à patine jaune, débutant par les classiques calcaires vermiculés. Le « Trias jaune » est attribué à l'Anisien par comparaison avec les séries briançonnaises de Vanoise.

« Trias gris » : Beaucoup plus massif, il est formé essentiellement de calcaires gris zonés, marmorisés, de dolomies cendrées, de brèches dolomitiques intraformationnelles. Le « Trias gris » est attribué au Ladinien par analogie de faciès avec les séries briançonnaises correspondantes datées.

Le Trias supérieur : Il présente les classiques niveaux d'évaporites, gypses et cargneules. Les argilites bariolées sont très peu fréquentes. Par contre des faciès bréchiques ne sont pas rares qui peuvent être attribués raisonnablement au Trias supérieur (Pyramides Calcaires, Vallée du Charbonnet).

4) LE LIAS.

Dans le domaine externe (unité de Moûtiers, zone des écailles frontales) règne le classique faciès des calcaires marmoréens gris clair du type Etroits du Ciaix.

Dans le domaine interne (vallée du Charbonnet), on voit apparaître des faciès un peu plus variés comportant de bas en haut des calcschistes tendres, des calcaires spathiques gris foncé à bivalves, des calcschistes à entroques (pentacrines).

Des découvertes récentes, hors du secteur étudié ici, montrent qu'il existe en certains points de la zone des Brèches de Tarentaise, et contrairement aux idées généralement admises, des schistes noirs du Lias supérieur. Ces schistes surmontent des faciès calcschisteux à ammonites et bélemnites très semblables aux calcschistes à pentacrines de la vallée du Charbonnet que nous venons de mentionner.

Il paraît donc très possible qu'en cette localité, comme sur presque toutes les coupes de séries liasiques de la région, ne soient représentés que des termes du Lias inférieur et moyen.

5) CONCLUSION.

Notre colonne stratigraphique du « substratum » s'arrêtera, pour l'instant, avec le Lias supérieur. La présence de Dogger est à peu près certaine dans l'unité de Moûtiers au Sud de la région étudiée ici (découvertes récentes encore inédites dans le massif du Grand Fond par R. BARBIER, J. DEBELMAS, P. ANTOINE, S. FUDRAL). Dans l'unité du Roignais Versoyen, nous montrerons au paragraphe suivant que le Dogger est sans doute présent dans le soubassement de la série du Versoyen. Ailleurs, il n'est pas connu. Le Malm n'a jamais été signalé nulle part.

L'ensemble des terrains qui constituent le « substratum » de la série crétacée de Tarentaise montre donc de façon générale des faciès déposés en eau peu profonde, ainsi que de fréquentes tendances à l'émersion, le tout s'achevant sur une lacune probable du Malm. Il manque cependant *dans le secteur étudié* les faciès de brèches d'écroulement si caractéristiques des zones de cordillères (J. DEBELMAS, 1957).

Pour cette raison je me borne à constater que du Trias au Malm inclus, la région étudiée a été soumise à des mouvements positifs (discontinus) des fonds marins, entraînant parfois des émersions, sans que l'on puisse vraiment invoquer une ancienne cordillère (celle-ci existe indubitablement, mais plus au Sud-Ouest).

B) *Le bassin crétacé de Tarentaise.*

1) INTRODUCTION.

Au début du Crétacé (?) nous assistons à une transgression sur le domaine précédent, préalablement exondé. Dans un premier temps, au cours d'une période de calme sédimentaire relatif, se produisent de fortes manifestations volcaniques sous-marines. Celles-ci présentent la particularité de se localiser dans un bassin encore peu profond et d'annoncer sans doute le deuxième temps de l'évolution du domaine marin, à savoir la subsidence. La conséquence de l'enfoncement des fonds, ainsi que la persistance de zones d'apport relatiment proches, sera le dépôt d'un faciès « Flysch » dont les caractères, très incertains au début de l'évolution, iront peu à peu en s'affirmant.

L'exposé ci-après respecte ces deux grandes périodes de l'évolution du domaine marin en Tarentaise septentrionale et distingue l'ensemble antéflysch (premier temps) et les formations du bassin du « Flysch » de Tarentaise (deuxième temps).

2) L'ENSEMBLE ANTÉFLYSCH (fig. 3).

a) *Préambule important.*

Ce paragraphe expose la plupart des résultats nouveaux obtenus par les recherches récentes sur la zone des Brèches de Tarentaise. Il est donc fondamental d'en bien saisir l'importance et, pour cela, il est nécessaire de préciser la démarche suivie.

Dans un premier stade j'ai pu mettre en évidence une série sédimentaire nouvelle formant en quelque sorte le soubassement *stratigraphique normal* du Flysch de Tarentaise. L'existence de cette série est assez évidente dans le haut vallon du Torrent des Glaciers ainsi qu'aux Pyramides Calcaires. Par contre des ensembles déjà connus mais interprétés différemment (Schistes du Passage de la Brebis entre Crêt Bettex et la vallée du Charbonnet) lui sont rattachés.

De proche en proche je suis alors conduit à envisager *la généralisation à la quasi-totalité de l'unité du Roignais Versoyen du concept nouveau d'un ensemble stratigraphique unique passant progressivement vers le haut au Flysch de Tarentaise.*

Dans un second stade je démontre que *l'énigmatique série ophiolitique du Versoyen* doit être rattachée à cet épisode sédimentaire précoce. Des coupes nouvelles sont fournies, montrant le passage *stratigraphique* de la série ophiolitique du Versoyen à la formation basale du Flysch de Tarentaise. Enfin la confirmation de cette liaison primaire de la série ophiolitique avec le Flysch de Tarentaise est fournie par l'étude structurale d'ensemble de la zone.

Ainsi dans l'unité du Roignais Versoyen les dépôts à faciès flysch se trouvent-ils précédés par *un épisode très particulier* caractérisé par une sédimentation relativement pauvre, mais accompagnée d'abondantes émissions ophiolitiques sous-marines.

Le terme « d'ensemble antéflysch » employé ici pour désigner les diverses formations lithologiques déposées ou mises en place à cette époque se trouve ainsi justifié.

b) *Démonstration de l'existence d'une série lithologique antérieure au « Flysch » de Tarentaise.*

b1) *Les coupes du domaine externe de l'unité du Roignais Versoyen :*

— *Aux Pyramides Calcaires* (haut Val Veni).

C'est dans le petit massif des Pyramides Calcaires (haut Val Veni) que la meilleure démonstration de l'existence d'un ensemble lithologique antéflysch est fournie.

La coupe suivante peut, en effet, être relevée sur le versant Sud Est de la Pyramide méridionale (de bas en haut) :

1. Le Calcaire marmoréen gris-bleu qui forme la Pyramide méridionale. Les derniers bancs présentent une ancienne surface « lapiazée », colmatée par un faciès de calcaires bioclastiques roux.
2. Un premier niveau de brèches et microbrèches encroûtant la surface précédente (épaisseur : 10 m).
3. Une passée de schistes gris de fer luisants (épaisseur : 1,50 m).
4. Un niveau de brèches à éléments décimétriques (épaisseur : 2 m).
5. Des schistes gris de fer, tendres, luisants (épaisseur : 2 m).

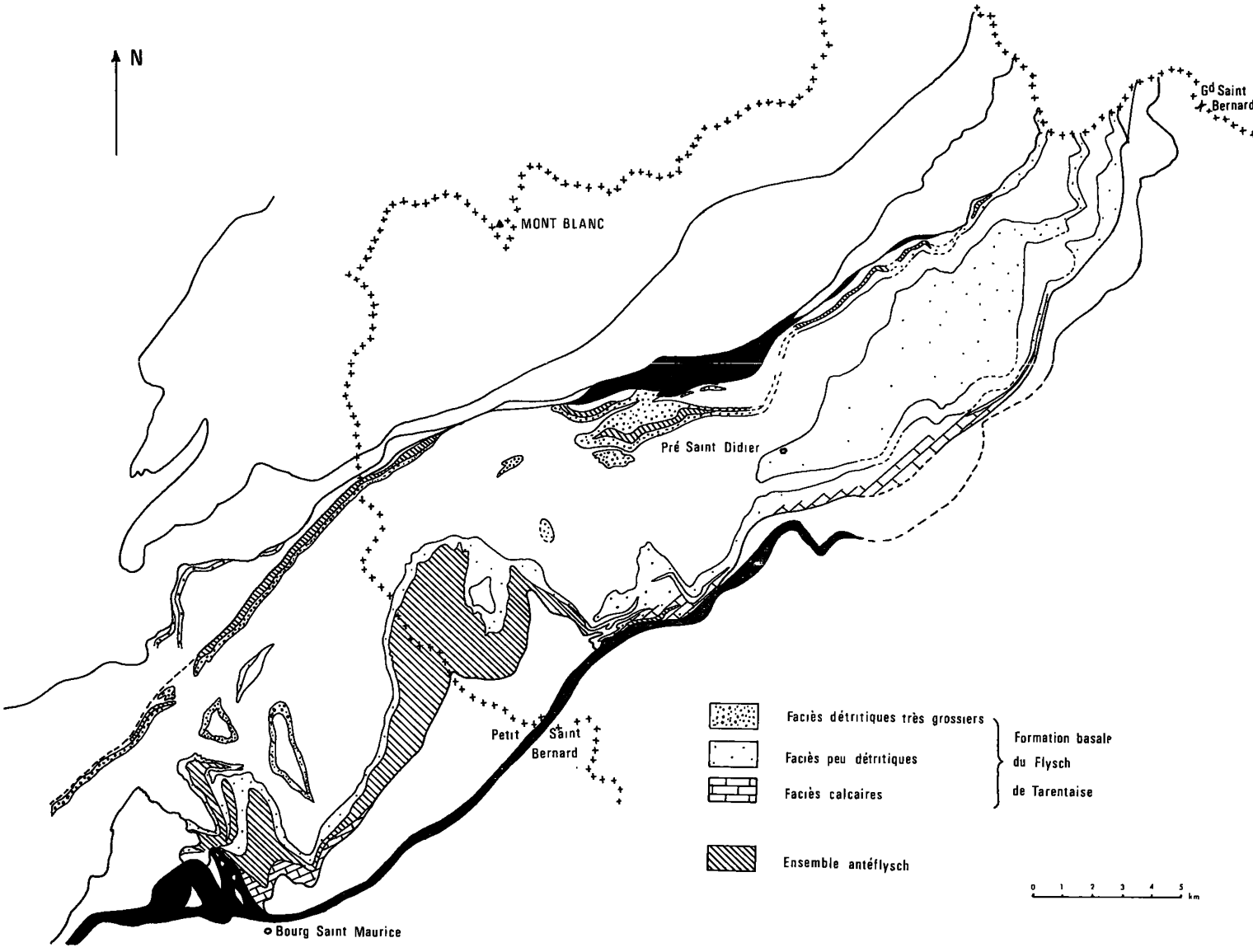


Fig. 3. — Carte schématique (pour l'unité du Roignais Versoyen) des affleurements de l'ensemble antéflysch et de la formation basale du Flysch. Pour cette dernière, on a esquissé les variations du degré de clasticité du sédiment.

6. Des niveaux gréseux et microbréchiques (épaisseur : 4 m ?).
7. Une épaisse série de schistes noirs calcschistes et grès fins (épaisseur : 120 à 130 m).
8. Les calcaires microbréchiques et conglomérats en gros bancs appartenant à la formation basale du « Flysch ».

— *Les coupes de la rive gauche du torrent des Glaciers.*

Des coupes similaires, bien qu'en général moins complètes, existent tout au long de la bordure occidentale de l'unité du Roignais Versoyen entre le col de la Seigne et les Chapieux (col de la Seigne, ravin de la Chail, ruisseau de la montagne de la Seigne, ravin du Grand Pra, ravin du Creux du Regnoux, base du Plan Lombard). Ces coupes montrent la persistance de l'ensemble sédimentaire mis en évidence aux Pyramides Calcaires.

b2) *Les coupes du domaine médian :*

J'entends ici par domaine médian, le « corps » de l'unité à l'exclusion de ses bordures. Les rares coupes correctes montrant le soubassement stratigraphique du « Flysch » de Tarentaise se rencontrent au Sud de la Doire Baltée.

Deux cas peuvent se produire :

— L'ensemble antéflysch est absent, et dans ce cas la formation basale du « Flysch » repose en discordance sur des formations du substratum ; par exemple dans les anticlinaux du Pont Saint-Antoine et de Crêt Bettex dans la vallée du torrent des Glaciers. Nous avons ainsi la preuve d'un certain cloisonnement du bassin par des zones probablement émergées.

— L'ensemble antéflysch existe, mais il avait été interprété différemment. Il en va ainsi au col de Youla au Sud-Ouest de Courmayeur et au Passage de la Brebis au Nord-Nord-Ouest de Bourg-Saint-Maurice. Dans les deux cas c'est la compréhension de la structure qui permet de rétablir l'interprétation correcte.

b3) *Conclusion :*

Toutes les coupes ci-dessus prouvent qu'il existe bien réellement *sous* le Flysch de Tarentaise un ensemble stratigraphique dont l'existence avait été jusqu'alors partiellement méconnue (excepté de R. Zulauf, 1964).

c) *Le soubassement du « Flysch » de Tarentaise sur la marge interne de l'unité du Roignais Versoyen.*

c1) *Position structurale de la série du Versoyen :*

Dans tout ce qui suit j'appelle série du Versoyen l'ensemble des terrains volcaniques et sédimentaires qui constituent *l'ancienne zone du Versoyen* (G. et P. Elter, 1957) *ou digitation du Versoyen* (R. Zulauf, 1964).

Je vais tout d'abord anticiper les quelques résultats de l'étude structurale qui m'ont fourni les arguments géométriques démontrant sa liaison stratigraphique avec l'ensemble lithologique du « Flysch » de Tarentaise.

Lorsque l'on considère la carte géologique (fig. 4), on constate que la série du Versoyen est toujours en contact avec la même formation, à savoir les calcaires, microbrèches et conglomérats de la base du « Flysch ». Cette concordance remarquable est assez frappante. Elle paraît peu compatible avec l'existence d'un profond clivage tectonique entre les deux ensembles.

Mais il y a mieux. La carte (fig. 4) montre clairement que, sur toute la bordure interne de l'unité du Roignais Versoyen, la série lithostratigraphique du Flysch de Tarentaise est renversée.

Or H. Loubat (1968) a pu montrer que la série du Versoyen, qui surmonte l'édifice, est elle-même, en général, en position renversée.

La probabilité est alors très forte pour que l'ensemble ait été renversé en bloc et que, par conséquent, la série du Versoyen représente en fait le soubassement stratigraphique du « Flysch » de Tarentaise. *La série du Versoyen doit donc être considérée très exactement comme équivalente de l'ensemble antéflysch tel que défini ci-dessus.*

De minutieuses observations le long de la totalité du contact m'ont montré que cette règle ne souffrait pas d'exception.

c2) *Vérification à l'aide de quelques coupes :*

Il convenait de vérifier si, à l'échelle restreinte du contact proprement dit, les faits d'observations étayaient ce qui n'était encore qu'une hypothèse de travail.

Les meilleures coupes à cette fin se rencontrent sur le versant Nord de l'Aiguille de Prainan, dans la basse vallée du Versoyen, entre les Echines et

le Tigny (au Nord de Bourg-Saint-Maurice), dans le vallon du Breuil (Italie).

Toutes montrent un passage en général insensible des schistes noirs accompagnant les ophiolites aux sédiments carbonatés du « Flysch » de Tarentaise par l'intermédiaire d'un niveau plus ou moins développé de « schistes gris ».

c3) *La série du Versoyen : un ensemble volcano-sédimentaire :*

La série du Versoyen est caractérisée par l'association de plus en plus étroite, vers les termes supérieurs de la série, de faciès sédimentaires et d'effusions magmatiques.

— *Les faciès sédimentaires.*

Les schistes. — Le *faciès banal de schistes noirs* a été sommairement étudié sur le plan chimique (P. ANTOINE, 1971). La constitution en est assez homogène sur toute l'étendue du bassin. La contamination du sédiment originel par des produits magmatiques n'est appréciable qu'au voisinage des coulées.

La zone de transition au flysch est marquée par la présence d'un faciès spécial de *schistes gris*

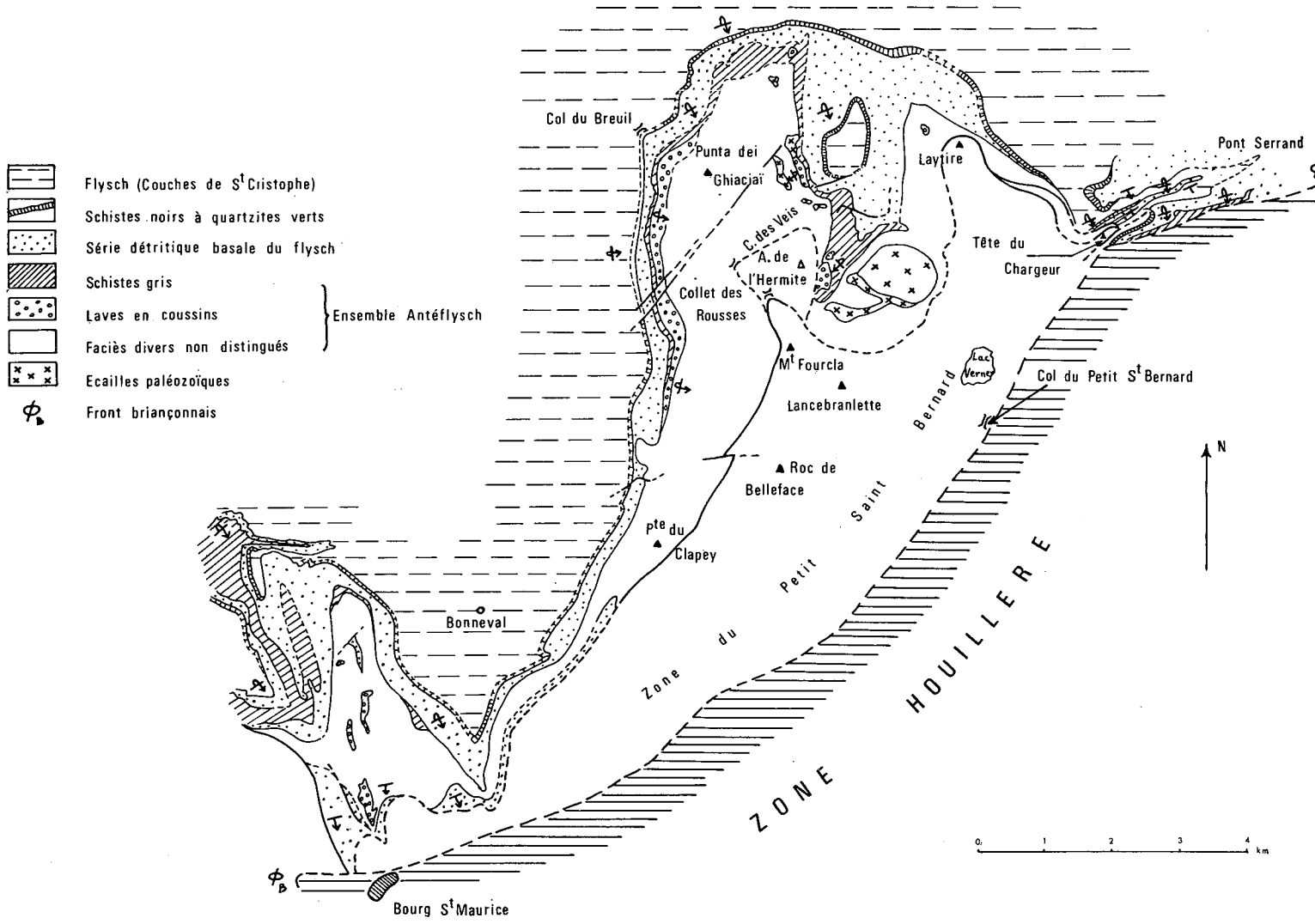


Fig. 4. — Feston du Breuil. Répartition des laves en coussins et du faciès des schistes gris ainsi que leurs relations avec la série sous-jacente (renversée) du « Flysch ».

beaucoup plus riches en carbonates. Dans certains cas on peut rencontrer de *véritables niveaux carbonatés* au sein des schistes gris.

Les microbrèches et conglomérats. — Des faciès microbréchiques ou finement conglomératiques peuvent se rencontrer en divers points (spécialement à l'Aiguille de Prainan). De nombreux vestiges organiques ont été décelés dans ces faciès détritiques, malheureusement sans conséquences pratiques pour la chronologie.

— *Les faciès volcaniques.*

H. Loubat (1968) a montré que l'édifice volcanique du Versoyen était constitué d'une séquence allant de sills massifs et très épais à la base du complexe, à des sills plus minces au sommet. Les derniers niveaux, très nettement interstratifiés avec des faciès sédimentaires, montrent de beaux exemples de laves en coussins (malgré un métamorphisme de la zone des schistes verts). Les ultimes niveaux volcaniques montrent en général une désagrégation des coussins qui donne naissance à une forme particulière de conglomérats. La séquence s'achève alors par des schistes noirs. Avec les schistes gris sus-jacents, puis les niveaux carbonatés de la base du « Flysch », débute une autre séquence sédimentaire.

Soulignons la constance « cartographique » de la présence des laves en coussins au voisinage de la base du « Flysch » de Tarentaise (fig. 4), ce qui renforce l'idée d'une liaison primaire entre les deux formations.

Un faciès particulier de brèches, *la brèche du Miravidi,* a pu être interprété comme une brèche d'explosion. Son apparition dans les niveaux terminaux de l'édifice indique que la diminution de la pression de l'eau permettait alors les phénomènes de dégazéification brutaux. D'autres indications ont même permis de supposer que, lors des dernières manifestations volcaniques, la profondeur ne devait pas excéder 200 m.

Sur le plan chimique les ophiolites du Versoyen dérivent d'un magma de composition basaltique andésitique avec parfois une tendance à la spilitisation.

— *Le soubassement de la série du Versoyen.*

Dans la vallée du Charbonnet il paraît probable que la série ophiolitique repose directement sur le substratum liasique, voire triasique.

Dans le secteur vallon de Beaupré - Aiguille de l'Hermitte, la série du Versoyen repose sur un conglomérat à éléments de calcaires liasiques. Des lambeaux de ce conglomérat sont emballés par place dans les ophiolites massives. L'âge de ce conglomérat est présumé Lias supérieur Dogger. Enfin il semble bien qu'à la Pointe Rousse (Petit-Saint-Bernard), la série du Versoyen transgresse directement les leptynites permiennes.

c4) *Age de la série du Versoyen :*

Aucune découverte paléontologique précise n'ayant pu être faite, la datation est indirecte et approchée. La mise en place du complexe ophiolitique s'est opérée dans une fourchette de temps comprise entre le Malm (inclus) et le Sénonien (exclu). La probabilité la plus forte est pour l'instant en faveur du Crétacé inférieur et moyen.

c5) *Conclusions relatives à la série du Versoyen :*

La série ophiolitique du Versoyen appartient à l'ensemble antéflysch. En Tarentaise donc, le dépôt du Flysch s'est trouvé précédé au Crétacé inférieur et moyen (?) par une période d'activité magmatique en milieu marin. Le cortège ophiolitique, bien que montrant l'association serpentinite, gabbros, diabase, n'est guère comparable aux termes de références que l'on peut trouver dans le domaine Mésogéen (Zone piémontaise, Hellenides, Turquie par exemple). Il est frappant de constater l'extrême réduction, voire l'absence des ultramafites qui normalement devraient y être prépondérantes. La faible profondeur du bassin sédimentaire, siège de ce magmatisme, constitue également une autre caractéristique marquante. Il paraît dès lors très probable que les effusions volcaniques du Versoyen ont cheminé vers la surface, temporairement et localement, lors des premières tensions prémonitoires de la subsidence très active du bassin de Tarentaise au Crétacé supérieur. Ces considérations suffiraient à distinguer radicalement la série ophiolitique du Versoyen des ensembles ophiolitiques de la zone piémontaise pour lesquels, rappelons-le, une interprétation « océanique » commence à être avancée.

3) Le « Flysch » ou série détritique de Tarentaise.

a) *Rappel de quelques généralités.*

Le terme général de flysch fut introduit pour la première fois en Tarentaise par H. Schoeller

(1929) pour désigner la puissante formation détritique qui couronne la série stratigraphique. Cet auteur a également distingué au sein de cet ensemble une séquence de termes lithologiques bien distincts, caractéristique d'une très vaste région, puisqu'elle est connue jusqu'en Valais où les auteurs suisses (R. TRUMPY et ses élèves) lui ont donné des noms locaux. L'équivalence est indiquée dans le tableau ci-dessous :

Ensembles sédimentaires	H. SCHOELLER	R. TRUMPY
Série détritique de Tarentaise ou Flysch de Tarentaise.	Flysch. Schistes noirs à quartzites verts. Conglomérats de base.	Couches de Saint Christophe. Couches des Marmontains.
Ensemble antéflysch.	Non distingué.	Couches de l'Aroley. Couches de la Peula. Couches de la Vatse.

J'ai donné, dans ma thèse, mon opinion sur la validité du terme flysch, que j'estime approprié aux seules couches de Saint-Christophe. J'ai également exposé dans le détail la méthodologie adoptée pour l'étude de ces séries sédimentaires particulières. Je me bornerai ici à rappeler les principales conclusions au niveau de chacun des trois grands ensembles lithologiques.

b) *La formation basale* (Conglomérats de base, Couches de l'Aroley).

La formation basale du « Flysch » de Tarentaise peut être caractérisée par *ses importantes variations de faciès* (tableau II) et, dans une certaine mesure, d'épaisseurs. Des faciès conglomératiques grossiers sont localisés au Sud-Ouest de la zone étudiée (entre les Pyramides Calcaires et les Chapieux). Il s'agit de conglomérats polygéniques où prédominent les éléments d'origine triasique (le cristallin n'est que très rarement représenté).

Peu à peu, en se déplaçant vers l'Est et le Nord-Est, la clasticité de la phase détritique diminue alors qu'augmente la proportion de calcaire pur, voire même parfois de niveaux schisteux. Ce type de faciès correspond à l'Aroley des auteurs suisses.

Enfin, sur la marge interne de la zone, ne subsiste plus qu'un faciès *carbonaté* de calcaires en fines plaquettes, accidenté parfois de rares passées microbréchiques.

Une étude détaillée de ces diverses variations de faciès m'a permis de localiser une source d'apports vers le Sud-Ouest de la zone étudiée, et d'après les auteurs suisses une seconde source possible au Nord Est. En ce qui concerne la première, je l'avais primitivement située vers le haut fond d'Hautecour (R. BARBIER, 1948). Des études très récentes montrent qu'il ne peut en être ainsi pour des raisons tout à la fois structurales et paléogéographiques. Je pense maintenant que cette zone d'apport doit plus probablement coïncider avec le secteur Portetta Rocheboc au Nord d'Aime.

Remarquons enfin que l'étude sédimentologique de la formation basale indique un mode de mise en place très proche de celui admis pour certains faciès molassiques (divagation de courants chargés, sur des zones d'épandage sous-marin, à profondeur relativement faible).

c) *Les schistes noirs à quartzites verts* (Couches des Marmontains).

La formation des schistes noirs à quartzites verts présente, en moyenne, un faciès beaucoup plus constant que la précédente. De ce point de vue elle fournit un repère précieux tout à la fois pour établir la polarité des ensembles lithologiques du Flysch, et pour prouver la continuité de la formation basale malgré son ubiquisme.

Lithologiquement il s'agit d'une série sédimentaire schisteuse accidentée de bancs quartziteux en proportion variable. Il est frappant de constater la très grande richesse en silice (et l'extrême pauvreté, voire l'absence de carbonates), ce qui oppose nettement les couches des Marmontains à la formation basale. Ceci indique un changement assez brusque dans la nature du matériel atteint par l'érosion sur les bordures du bassin marin (il s'agit probablement de l'attaque du socle permotriasique siliceux après décapage de la couverture carbonatée du Trias moyen et du Lias).

L'examen de la stratonomie porte à penser qu'il s'est produit également un changement dans la localisation géographique des zones d'apport. Celles-ci seraient principalement situées au Nord-Est de la zone étudiée.

TABLEAU II

Formation basale de la série détritique de Tarentaise.
Récapitulation des résultats des coupes mesurées.

	DOMAINE EXTERNE								DOMAINE MEDIAN							DOMAINE INTERNE				
Numéro des coupes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Clastic shale ratio : D/S	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	14	12,6	20,6	8,9	45	2,9	127	5,5	12,6	5,35	∞	∞
Rapport détritique/ calcaire D/C	∞	∞	∞	7,5	0,14	0,18	0	0,39	1,07	2,5	460	2	∞	1,2	0,45	0,38	0,56	0	0	0
Classe moyenne d'épaisseur des bancs Cl m	1	2-3	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	6	6	6	6	6
Banc moyen : Bm (en mètres)	3,2	0,70	1,2	1,2	0,20	0,14	0,16	0,17	0,19	0,16	0,92	0,86	1,1	0,26	0,22	0,12	0,27	0,02	0,018	0,04
Longueur de la coupe	24,70	8,51	8,42	12,59	5,72	2,63	5,04	2,24	7,01	15,40	29,50	28,43	17,64	11,75	7,02	7,75	10,52	2,00	1,62	1,60
Nombre de bancs mesurés	8	12	7	10	28	19	31	13	37	92	32	33	16	43	31	62	39	103	90	37

Dénomination des coupes

1 = Rive gauche du Torrent des Glaciers
2 = Pyramides Calcaires cote 2240 m
3 = Pyramides Calcaires
4 = Mont Fortin
5 = Grande Rochère
6 = Pas-entre-Deux-Sauts
7 = Haut Vallon de Malatra
8 = " " " (mont Chichet)
9 = Chemin du mont Nix (1re barre)
10 = " " " (2e barre)
11 = Base du versant est du mont Nix
12 = Pont Saint-Antoine
13 = Ruisseau de Pra Bozon
14 = Chemin de Morge à Liconi
15 = Anticlinal de Pré Saint-Didier
16 = Planavalle
17 = Testa d'Arpy
18 = Mont du Parc
19 = Carrières de Villair
20 = Rantin.

d) *Le Flysch* (Couches de Saint-Christophe).

L'ensemble terminal de la série détritique de Tarentaise présente des caractères qui l'opposent nettement aux deux formations précédentes.

Sa puissance tout d'abord, 600 à 900 mètres, est l'indice d'une subsidence active. Son faciès à l'échelle macroscopique permet de la qualifier de flysch (bien qu'avec certaines réticences).

Dans ce cas il s'agit d'un flysch particulier, où prédomine *nettement le carbonate de calcium* (CO_3Ca ne représente jamais moins de 50 % de la totalité du faciès).

Les variations latérales de faciès sont mineures. Le faciès flysch s'installe d'emblée sur une vaste zone et reste indifférent aux causes ayant entraîné des variations dans les ensembles précédents. Ceci

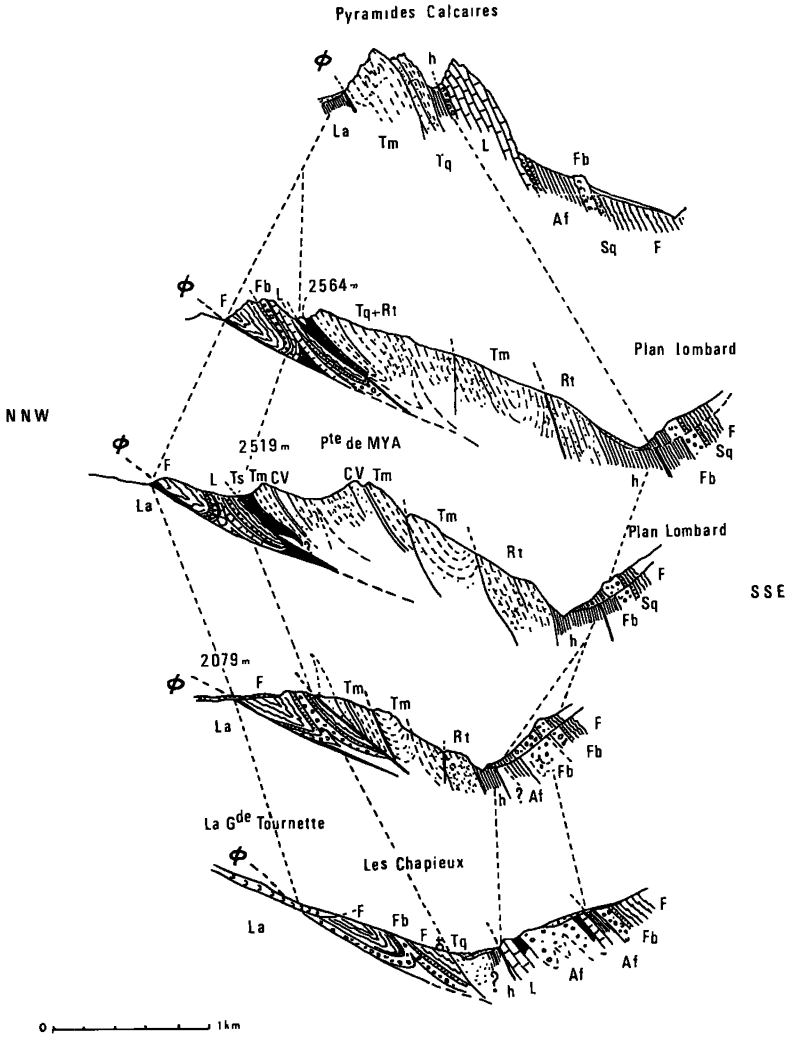


Fig. 5. — Coupes en serie de l'unité de Moûtiers entre les Pyramides Calcaires et le Massif de la Pointe de Mya.

F, Couches de Saint Christophe (flysch) ; Sq, Couches des Marmontains ; Fb, Formation basale du Flysch ; Af, Ensemble antéflysch ; L, Lias (type Villette) ; Ts, Trias supérieur ; Tm, Trias moyen calcarodolomitique ; Tq + Rt, Trias inférieur + néopermien ; h, Carbonifère ; La, Lias autochtone (dauphinois) ; Ø, Front pennique.

traduit à l'évidence une extension du bassin et une homogénéisation des conditions paléogéographiques.

Selon la verticale, par contre, il paraît se produire une évolution négative qui pourrait indiquer (tout au moins pour l'unité du Roignais Versoyen) une tendance à la fermeture du bassin.

e) *Age de la formation détritique de Tarentaise.*

Cette question est controversée depuis longtemps. De rares découvertes de foraminifères (P. ANTOINE, 1965-1971) me permettent d'envisager un âge crétacé supérieur pour le « Flysch » de Tarentaise dans son ensemble. L'âge de la formation basale paraît devoir s'échelonner du Turonien supérieur au Sénonien terminal inclus (?). Les couches des Marmontains et de Saint-Christophe appartiendraient alors au Maestrichtien et peut-être au Paléocène.

Des découvertes très récentes (S. FUDRAL, inédit) dans la région Portetta Rocheboc paraissent confirmer dans les grandes lignes l'attribution au Crétacé supérieur. L'hypothétique passage du Crétacé au Tertiaire au sein du Flysch de Tarentaise envisagé par R. BARBIER et R. TRÜMPY paraît peu probable. Il semble maintenant que l'on doive s'orienter vers une solution structurale et paléogéographique au problème posé par la différence d'âge entre le flysch du Niélard (Nummulitique) et le Flysch de Tarentaise (Crétacé supérieur).

2. Résumé structural.

A) *Unité de Moûtiers et zone des écailles frontales.*

L'unité de Moûtiers dans sa nouvelle définition (P. ANTOINE, 1970) n'est véritablement représentée au niveau de la région étudiée ici que par le petit massif de la Pointe de Mya. Elle vient se terminer en biseau à la Pyramide Calcaire septentrionale. Au-delà, vers le Nord-Est, il ne subsiste plus qu'un chapelet d'écailles jalonnant sa disparition progressive entre le haut Val Veni et le Pas entre deux Saut. Ceci définit *la zone des écailles frontales.*

L'unité de Moûtiers et la zone des écailles frontales prolongent certaines des unités structurales distinguées par H. SCHOELLER dans la Combe de la Nova (et actuellement étudiées par S. FUDRAL). Leur style tectonique est caractérisé par un empilement de plis (les synclinaux sont mieux conservés) à flancs très étirés, fréquemment rompus (fig. 5). Parfois le déracinement est pratiquement total et l'unité de Moûtiers par exemple « flotte » par endroit sur l'autochtone (Pointe de Mya).

Dans la zone des écailles frontales, ce style est poussé au maximum. La fragmentation des séries (en fait le plus souvent des cœurs de synclinaux triasiques) est très facilitée par l'existence de deux niveaux fissiles : le Carbonifère et le Trias supérieur. Le style isoclinal sans charnières visibles finit par prévaloir.

B) *Unité du Roignais Versoyen* (fig. 6 et 6 *bis*).

L'unité du Roignais Versoyen était jadis considérée comme un très puissant monoclinal de Flysch de Tarentaise (ce qui conduisait entre autres conséquences à donner à ce dernier une épaisseur considérable).

J'ai pu établir de façon plus précise la structure de cette vaste zone. Il s'agit en réalité d'un méga-synclinorium flanqué de deux zones plissées et écaillées à valeur anticlinale (ramenant à la surface l'ensemble antéflysch).

La zone anticlinale externe, qui n'apparaît pas continue à la bordure occidentale de la zone, n'offre qu'un intérêt structural limité.

La zone anticlinale interne, par contre, présente de ce point de vue une importance capitale. Constituée d'un faisceau de plis qui se relaient « en festons », elle peut être suivie de Bourg-Saint-Maurice à la frontière italo-suisse, où elle est fortement étirée. L'un des plis anticlinaux (enveloppe de « Flysch » de Tarentaise, cœur formé par la série du Versoyen) s'exagère soudain à partir de Bourg-Saint-Maurice en direction du Nord-Est. Déversé vers le Nord-Ouest, il ne présente plus à l'heure actuelle que son flanc inverse couché à l'horizontale donnant une structure d'allure cartographique très particulière : *le feston du Breuil.* Le contour externe de la série du Versoyen (qui correspond à peu de chose près à celui du feston lui-même), y était interprété, il n'y a guère, comme le contact anormal basal de l'unité du Versoyen (G. et P. ELTER, 1957).

En Italie on voit la structure « rentrer peu à peu dans l'ordre » et le feston du Breuil disparaître au niveau de la Tête du Chargeur (au Sud de la Thuile), où il est relayé par d'autres plis d'extension moindre, *mais dont certains montrent encore*

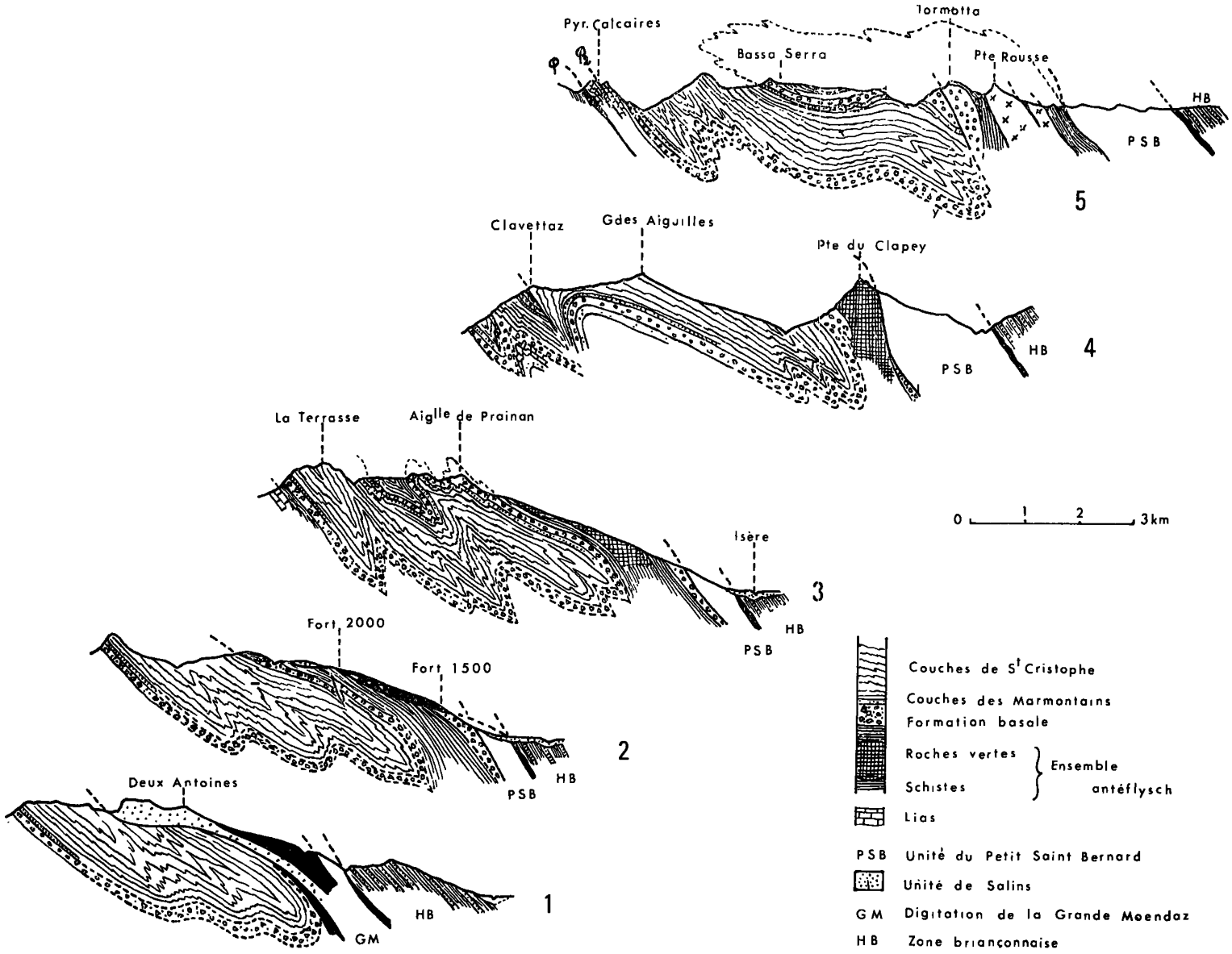


Fig. 6. — Coupes structurales en série de l'unité du Roignais Versoyen entre l'Isère et la Doire Baltée.

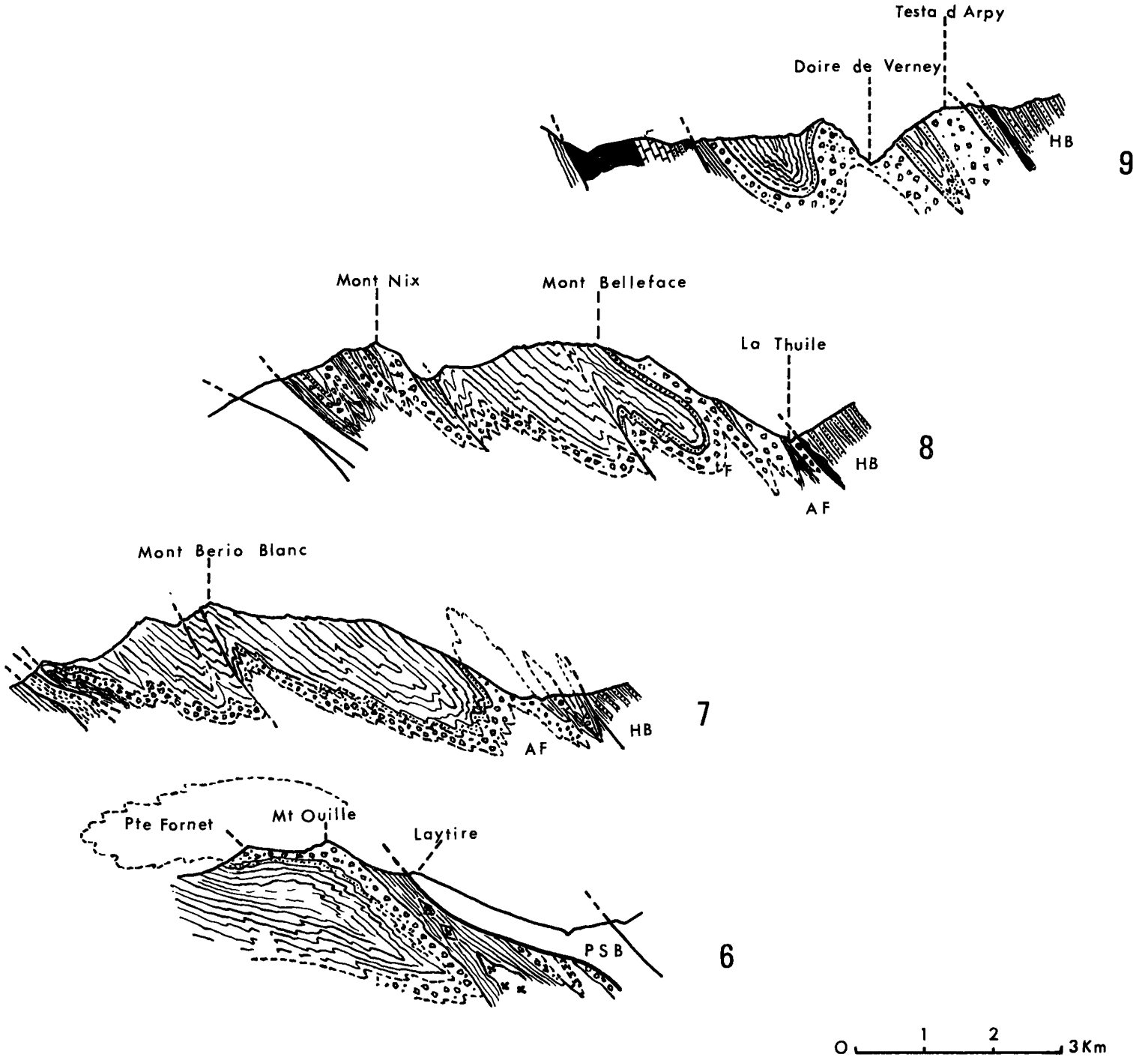

Testa d Arpy
Doire de Verney
HB
9
Mont Nix
Mont Belleface
La Thuile
F
HB
AF
8
Mont Berio Blanc
AF
HB
7
Pte Fornet
Mt Ouille
Laytire
PSB
6
O
1
2
3 Km

Fig. 6 (*suite*).

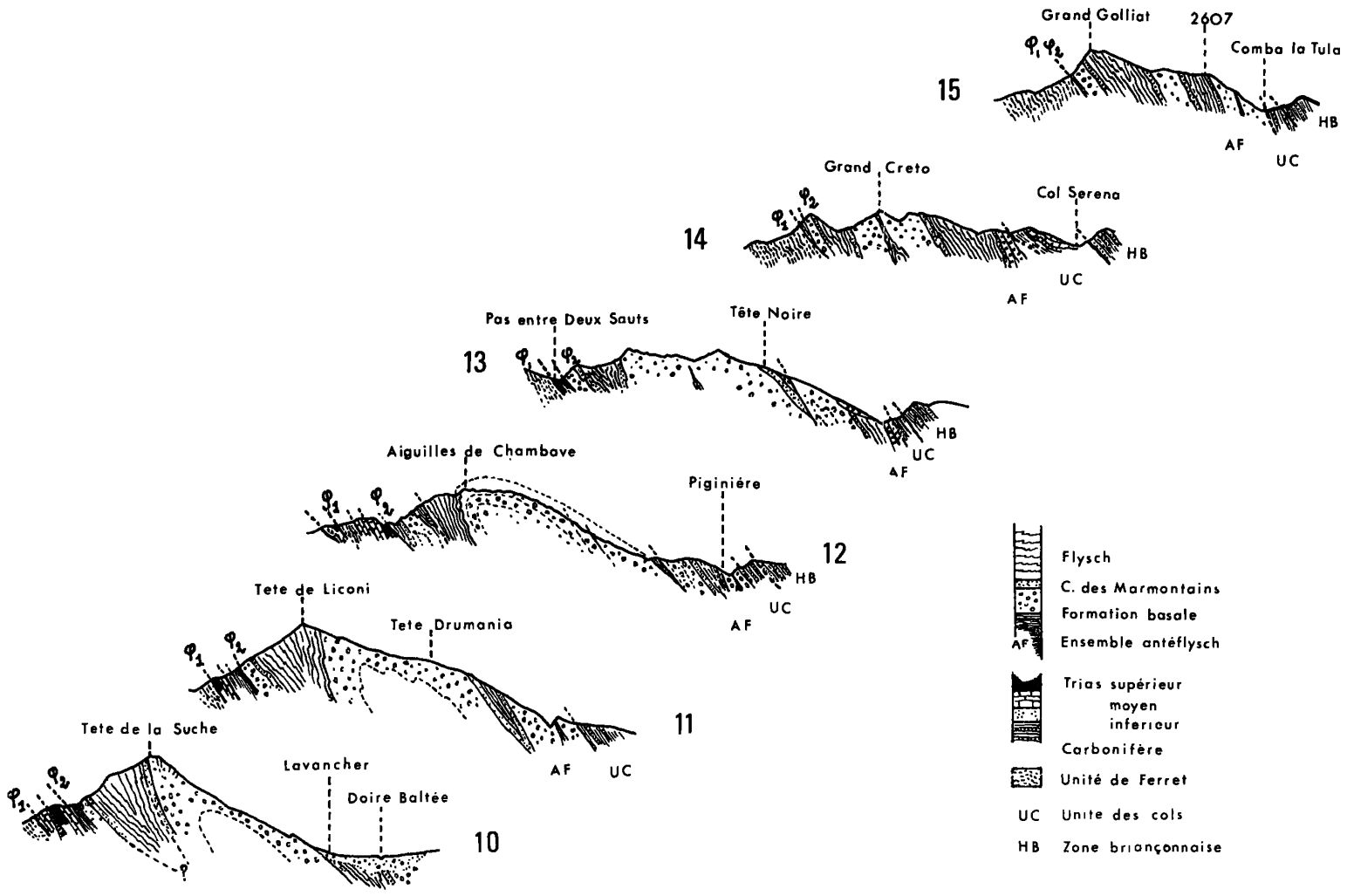


Fig. 6 *bis*. — Coupes structurales en série de l'unité du Roignais Versoyen entre la Doire Baltée et la frontière italo-suisse.

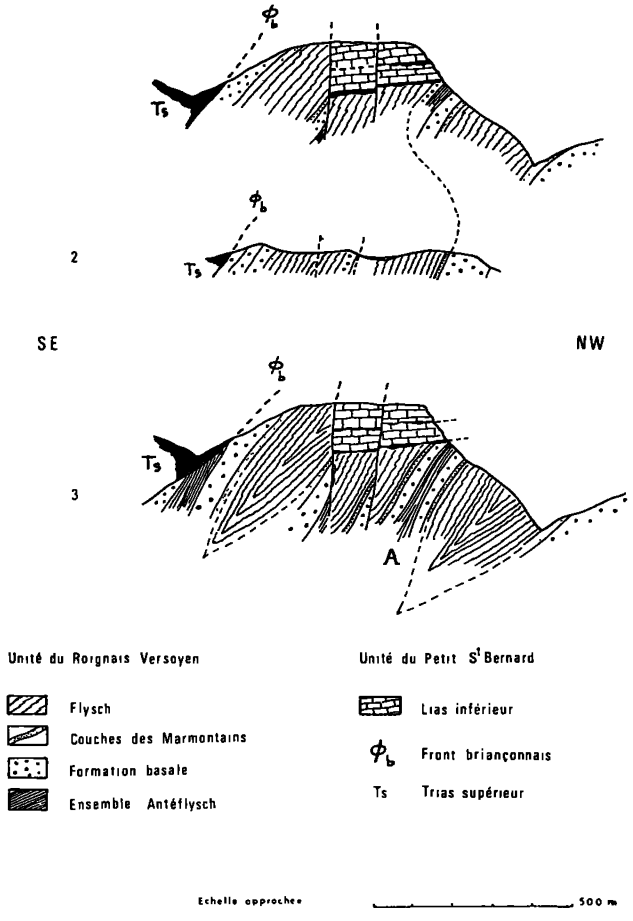


Fig. 7. — Coupes prises à la Tête du Chargeur.

en leur cœur des vestiges de la série du Versoyen (fig. 7). Cette disposition reste très typique jusqu'au-delà de la Doire Baltée, sur le versant Est du vallon de Planavalle entre l'Alpe de Casa Bianca et le Costone di Mezzodi.

Indiquons, pour terminer, que la phase majeure de plissement s'est accompagnée de phénomènes de métamorphisme qui ont affecté la totalité de l'unité du Roignais Versoyen aussi bien que ses voisines. La gradation de ce métamorphisme est faible (greenschist facies), et la présence de glaucophane, dans le cas particulier, n'est pas à mettre en relation avec des conditions de fortes pressions.

Très tardivement un certain coulissage dirigé selon l'axe des structures a provoqué l'apparition d'un réseau peu dense de décrochements obliques très difficile à mettre en évidence au sein du flysch.

L'étude structurale de l'unité du Roignais Versoyen s'est donc avérée déterminante pour préciser l'origine de la série du Versoyen. Non seulement elle permet de réfuter nettement l'existence d'une « digitation du Versoyen », mais elle réduit à néant une interprétation erronée de celle-ci donnée un peu trop audacieusement par R. Zulauf (1964) de Moûtiers (!) au Valais.

CHAPITRE DEUXIÈME

APERÇU GÉNÉRAL SUR LES UNITÉS VOISINES

Dans cette seconde partie je vais examiner rapidement une à une les unités structurales voisines, tant du point de vue stratigraphique que tectonique, afin de dégager leurs traits les plus caractéristiques. La référence aux faits établis dans l'unité du Roignais Versoyen est constante, même si elle n'est pas soulignée.

1. Les unités helvétiques et ultrahelvétiques.

Ces unités appartiennent à la couverture parautochtone, voire totalement décollée, du massif cristallin externe du Mont-Blanc. Elles ne sont citées ici que pour mémoire, car elles n'interviennent pas au niveau des conclusions générales.

2. L'unité de Ferret.

Il s'agit de *l'unité la plus externe du domaine pennique au Nord de la Doire Baltée* (dans le secteur étudié). Cette unité est représentée presque uniquement par une formation « flyschoïde » carbonatée et gréseuse, *les schistes de Ferret.* Ces schistes étaient considérés par les auteurs suisses comme caractéristiques d'une zone Sion - Val Ferret ou Sion - Courmayeur tenue pour plus ou moins équivalente de celle des « Flyschs de Tarentaise ».

R. TRUMPY (1951-1954) introduisit trois subdivisions au sein de l'épaisse série des schistes de Ferret : les séries inférieures, moyennes et supérieures de Ferret. Un de ses élèves (R. ZULAUF, 1964) montra que les deux termes supérieurs correspondaient en fait à la séquence du « Flysch de Tarentaise » dont ils étaient le prolongement.

A l'heure actuelle la notion de schistes de Ferret doit donc être restreinte à la seule *série inférieure* de Ferret au sens de R. TRUMPY.

« Stratigraphiquement » au-dessus d'un Trias supérieur à cargneules, dolomies ankéritiques et dolomies albitisées, argilites, vient une série de schistes noirs d'âge parfaitement inconnu. Vers le haut, ces schistes noirs passent peu à peu à la formation « flyschoïde » carbonatée, gréseuse et schisteuse, des schistes de Ferret. Ces derniers présentent maintes analogies avec les couches de Saint-Christophe de l'unité du Roignais Versoyen ; pour l'instant cependant leur âge est inconnu.

3. L'unité du Petit-Saint-Bernard.

L'unité du Petit-Saint-Bernard, au sens actuel du terme (G. et P. ELTER, 1957), correspond à un court feston tectonique qui prend naissance en France au niveau de Bourg-Saint-Maurice et qui se termine brusquement en Italie, à la Tête du Chargeur.

A) *Résumé stratigraphique.*

La coupe synthétique peut en être reconstituée comme suit (de bas en haut) :

Trias supérieur : Dolomies jaunes (noriennes ?), cargneules. Des termes du Trias moyen existent probablement sous forme d'écailles au sommet de Laytire.

Rhétien : Représenté très classiquement par des dolomies jaunes et brunes alternant avec des bancs minces de calcaire cristallin noir (Petit-Saint-Bernard, Tête du Chargeur). Des vestiges de lumachelle à *Avicula contorta* ont été trouvés à la Tête du Chargeur.

Lias inférieur (Hettangien ?) : Calcaires marmoréens massifs, gris bleuté, à zones siliceuses irrégulières de teinte ivoirine.

Lias moyen (?) : Série épaisse (800 à 1 000 mètres ?) de calcschistes légèrement gréseux, à bélemnites, de l'Alpe de Verney.

Lias supérieur : Les calcschistes précédents sont surmontés par des schistes noirs tendres, argileux, très fissiles, qui dessinent des bandes synclinales (Pointe du lac Sans Fond, versant Est de Lancebranlette et lac Verney). L'hypothèse d'un âge liasique supérieur paraît être la plus satisfaisante.

Stratigraphiquement, l'unité du Petit-Saint-Bernard montre des affinités avec la zone des Brèches de Tarentaise pour les termes inférieurs (du Trias au Lias inférieur) ; par contre l'épaisse série attribuée au Lias moyen et supérieur constitue apparemment une anomalie.

Enfin l'absence complète des termes post-liasiques paraît bien indiquer que ceux-ci, quels qu'ils aient été, se sont trouvés expulsés tectoniquement.

B) *Résumé structural.*

L'unité du Petit-Saint-Bernard affecte une structure d'ensemble synclinale qui n'est assez perceptible que vers son extrémité Nord-Est. Sa surface basale est une surface de décollement au niveau du Trias supérieur. Quelques écailles jalonnent le contact anormal, à Laytire et vers la Tête du Chargeur. Diverses observations, et en particulier la structure de la Tête du Chargeur (fig. 7), tendent à indiquer que le décollement de l'unité du Petit-Saint-Bernard s'est produit postérieurement au début du plissement de l'unité plus externe du Roignais Versoyen.

4. L'unité de Salins.

Cette nouvelle unité correspond tout à la fois au développement, dans la région étudiée, du « faisceau de Salins » de R. BARBIER (1948) et à la « bande occidentale de Houiller » de H. SCHOELLER (1929).

A) *Résumé stratigraphique.*

Il n'existe aucune bonne coupe synthétique des terrains constituant l'unité. Il est possible cependant d'établir de bas en haut, par fragments, la succession suivante :

Carbonifère : Se présente sous deux faciès. Le mieux développé est celui, banal, de schistes noirs alternant avec des niveaux gréseux fins parfois psammitiques. L'autre est le faciès des conglomérats du Grand Châtelet parallélisé par J. FABRE (1958) avec l'assise de Courchevel du Stéphanien moyen de la zone houillère briançonnaise.

Permien : N'a pas été reconnu avec certitude. Il semble avoir disparu de façon générale au cours des clivages intenses lors du paroxysme.

Trias : Une bonne coupe du Trias existe au Roc de l'Enfer au Nord-Nord-Ouest de Bourg-Saint-Maurice (P. ANTOINE, 1964). Elle permet de reconnaître au-dessus *des quartzites werféniens,* la vire schisteuse dite *suprawerfénienne, l'Anisien* et *le Ladinien. Le Trias supérieur* est représenté soit par des évaporites, soit par des brèches polygéniques et des schistes noirs.

Lias : Calcaires marmoréens blancs, très massifs, complètement azoïques.

Les terrains post-liasiques : Au-dessus des calcaires blancs vient une série relativement épaisse de schistes brunâtres renfermant quelques passées microbréchiques. Le contact de cette formation avec la précédente est sans doute stratigraphique, mais aucune datation précise n'a pu être fixée pour l'instant.

B) *Résumé structural.*

De verticales dans la région de Moûtiers, les lames de terrains qui forment l'unité de Salins passent à l'horizontale au Nord de Bourg-Saint-Maurice où elles donnent une véritable nappe de recouvrement (fig. 6, coupes n°s 1 et 2). La structure y est alors caractérisée par un clivage général au toit du Carbonifère, entraînant la quasi-disparition du Permien. La couverture mésozoïque, qui s'est trouvée traînée et fragmentée lors du paroxysme (probablement au passage des unités subbriançonnaises expulsées vers les Préalpes), forme actuellement les petits massifs structuralement disparates du secteur des Deux Antoine.

En rive droite de la vallée du Charbonnet, entre les forts 2 000 et 1 500 (ouvrages de la Plate et du Truc), on peut observer la cicatrice basale de l'unité de Salins (cicatrice des forts). Constituée d'un amas considérable de cargneules, elle renferme cependant des « blocs klippes » arrachés non seulement à *l'unité du Roignais Versoyen,* mais aussi à *l'unité du Petit Saint-Bernard.* Ceci paraît bien indiquer que l'unité de Salins est d'origine plus interne que les deux précédentes.

5. Unité de la Pierre Avoi.

Cette unité a été définie comme « digitation de la Pierre Avoi » (sous-entendu de la nappe des Brèches de Tarentaise) par R. TRUMPY en Suisse, dans le petit chaînon qui domine au Sud la vallée

du Rhône, entre le Levron et Verbier, et culminant à la Pierre Avoi.

Cette nouvelle unité n'occupe qu'une superficie extrêmement restreinte de la région étudiée ici, sur les confins italo-suisses. J'en résume ci-après brièvement les principaux caractères.

A) *Aperçu stratigraphique.*

Les termes inférieurs au Trias moyen ne sont pas connus.

Trias moyen : Dolomies grises et calcaires dolomitiques.

Trias supérieur : Brèches grises polygéniques à éléments de Trias moyen (*Brèches de la Pierre Avoi*). Ces brèches ont été datées à la Pierre Avoi même, par leur position entre le Trias moyen et un Lias daté (R. TRUMPY, 1951-1954).

Lias : Calcaire siliceux roux, plus schisteux à la base (?), plus calcaire vers le sommet (?).

Série post-liasique : Les auteurs suisses subdivisent classiquement la série post-liasique en deux ensembles :

— *La série conglomératique* (d'âge inconnu) : formée d'une alternance de niveaux de conglomérats, de schistes et de calcschistes, elle est comparée à la formation basale du Flysch de Tarentaise. Latéralement, en Suisse, elle renferme des niveaux de brèches à éléments énormes comparés, eux, à la Brèche du Grand Fond ;

La série schisto-quartzitique (d'âge inconnu) : la formation précédente est en général surmontée par un nouvel ensemble où, cette fois-ci, prédomine un matériel siliceux sous forme de schistes gréseux ou de grès feuilletés. On peut cependant noter encore la présence, à plusieurs niveaux, de passages de calcschistes gréseux. Les niveaux conglomératiques ou microbréchiques ont par contre disparu. La série schisto-quartzitique est comparée par R. TRUMPY aux Couches des Marmontains du Flysch de Tarentaise.

B) *Données structurales.*

L'unité de la Pierre Avoi, disparaissant très vite en territoire italien, n'offre qu'une structure isoclinale, laminée et écaillée, très mal déchiffrée pour l'instant.

6. Unité des Cols.

Cette unité est la plus interne du domaine étudié. Géographiquement elle s'étend des environs de La Thuile (Val d'Aoste) à la frontière italo-suisse. Sa définition exacte, sa situation paléogéographique sont très incertaines. R. ZULAUF en faisait l'essentiel de sa « digitation du Versoyen ». Pour les auteurs italiens il s'agit d'une simple duplicature au front de la zone houillère briançonnaise. Les auteurs français, quant à eux, l'ont ignorée jusqu'à présent...

De très grosses difficultés tant stratigraphiques que structurales font que la question n'est pas résolue pour l'instant, faute d'une chronologie correcte. Je me suis surtout efforcé de proposer un cadre (l'unité des Cols) dont la valeur peut du reste être contestée (on peut admettre ou non le « monolithisme » de l'unité). Puis analysant les faciès et leurs rapports visibles, j'ai proposé *une hypothèse* pour garnir le cadre ainsi défini. Le résumé qui suit n'est finalement qu'une hypothèse de travail destinée au progrès de nos connaissances sur les confins orientaux du domaine valaisan.

A) *Résumé stratigraphique.*

L'étude détaillée de nombreuses coupes permet de constater les faits suivants : les terrains constituant l'unité des Cols peuvent se diviser en deux ensembles, antétriasiques et post-triasiques.

Le groupe des terrains antétriasiques peut se partager entre des faciès (peu développés) attribuables avec quelque raison au *Permien,* et des faciès (beaucoup mieux représentés) attribuables au Permo-Carbonifère sinon au seul Carbonifère.

Le groupe des terrains post-triasiques, qui n'est représenté avec certitude qu'à la coupe du Mont Rotzo au Sud du col du Grand-Saint-Bernard, montre essentiellement des faciès gréso-carbonatés à microbrèches. Enfin mentionnons bien entendu la présence des vestiges triasiques écaillés qui permettent la distinction.

Par ailleurs il existe également des faciès dont l'attribution reste incertaine. Au premier rang d'entre eux figurent des « faciès verts » qui paraissent se partager entre d'anciens faciès *volcano-sédimentaires* métamorphisés. Il semble bien que ces faciès verts puissent exister indifféremment dans l'un ou l'autre des deux groupes majeurs

(ceci est pratiquement établi pour le groupe des terrains post-triasiques qui renferme des faciès ovarditiques).

La juxtaposition étroite des terrains post-triasiques et des terrains antétriasiques est un des traits caractéristiques de l'unité des Cols. Il est en général très difficile de préciser sur le terrain si les contacts sont tectoniques ou stratigraphiques.

L'absence, sur la plupart des coupes, des terrains intermédiaires, triasiques ou liasiques, est assez frappante (en particulier pour le Lias qui n'a jamais pu être identifié).

Ceci m'a conduit à *l'hypothèse* d'une importante phase de dénudation post-triasique précédant le dépôt des faciès gréso-carbonatés à microbrèches.

Nos deux ensembles « stratigraphiques » majeurs seraient alors probablement discordants selon un schéma assez classique pour la région.

B) *Aperçu structural.*

La répartition cartographique des ensembles lithostratigraphiques précédents suggère une structure synclinale d'ensemble pour l'unité des Cols, ce qui rappellerait bien le style de la plupart des unités voisines. Cette structure synclinale présente malgré tout un échelonnement des faciès dans le sens de la structure qui pourrait résulter d'un coulissage tardif dans cette direction.

7. L'unité de la Grande Moendaz (= digitation de la Grande Moendaz).

Il s'agit là de l'une des unités majeures définies par R. Barbier dans le domaine subbriançonnais (s. str.) entre l'Arc et l'Isère.

Si l'unité de la Grande Moendaz peut être suivie (avec difficulté il est vrai) au Nord-Est de Moûtiers jusque vers Notre-Dame-du-Pré, sa prolongation vers Bourg-Saint-Maurice, voire au-delà, est très incertaine.

Pour G. et P. Elter (1957), l'unité du Petit-Saint-Bernard en marquerait justement un des témoins possibles. Si cela est stratigraphiquement possible, structuralement et malgré des apparences très favorables, c'est beaucoup plus douteux (voir ci-après chapitre III).

En définitive je n'attribue, et encore avec prudence, à l'unité de la Grande Moendaz qu'un énorme bloc klippe emballé dans la zone des gypses des gorges de l'Arbonne au Nord de Bourg-Saint-Maurice (au confluent du ruisseau du Dard).

On observe là un fragment de coupe débutant au Trias supérieur et se poursuivant par une série liasique (Lias inférieur calcaire, Lias moyen formé de calcschistes et de schistes). Les faciès observés et l'abondance relative des fossiles permettent de rapprocher ces terrains de ceux décrits par R. Barbier à la Grande Moendaz.

CHAPITRE TROISIÈME

SYNTHÈSE GÉNÉRALE

1. Corrélations probables entre les unités étudiées.

A) *Les deux groupes d'unités structurales.*

Les descriptions précédentes permettent de classer les unités étudiées en deux groupes : celles dont la série stratigraphique est complète (ou pratiquement complète) et celles dont la série est tronquée (fig. 8).

Au premier groupe appartiennent les unités de Moûtiers et du Roignais Versoyen. J'ai également tendance à y rattacher celles de la Pierre Avoi et des Cols (avec doute).

Au second groupe appartiennent : les unités du Petit-Saint-Bernard et de Salins.

L'unité de Ferret doit être classée un peu à part. Elle est assez proche cependant du premier groupe.

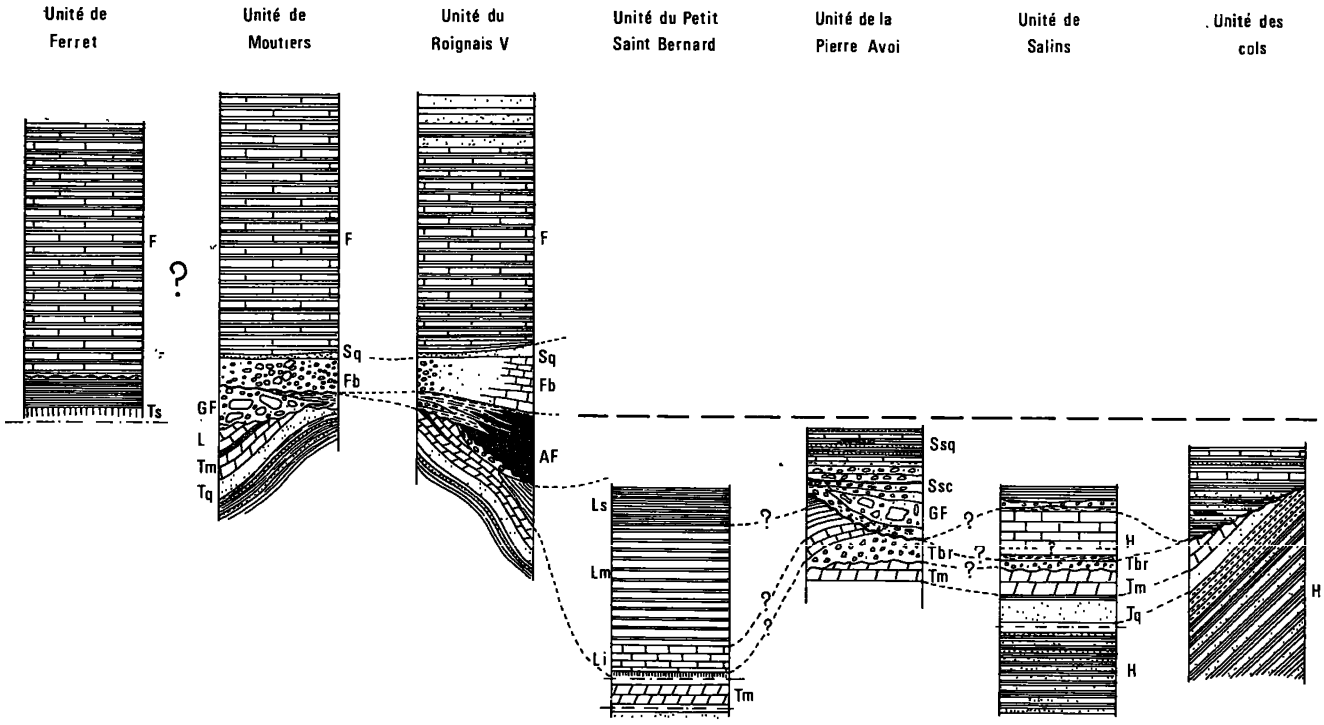


Fig. 8. — Tableau comparatif des séries stratigraphiques des diverses unités de la zone des Brèches de Tarentaise.

AF, Ensemble antéflysch ; F, Flysch (Couches de Saint Christophe) ; Fb, Formation basale du Flysch ; GF, Brèches du Grand Fond ; H, Carbonifère ; L, Lias ; Ls, Lias supérieur ; Lm, Lias moyen ; Li, Lias inférieur ; Sq, Couches des Marmontains ; Ssq, série schisto-quartzitique ; Ssc, série schistoconglomératique ; Ts, Trias supérieur ; Tbr, Trias supérieur bréchique ; Tm, Trias moyen ; Tq, Trias inférieur

B) *Principaux problèmes de corrélation.*

Les principaux problèmes sont posés par les unités du second groupe (dont les séries sont incomplètes, ce qui ne facilite pas les choses).

a) *Cas des unités du Petit-Saint-Bernard et de Salins.*

— *Unité du Petit-Saint-Bernard :* Cette unité, dont l'origine a été très controversée, est intercalée apparemment entre l'unité du Roignais Versoyen et la « zone houillère briançonnaise ».

L'existence d'écailles appartenant à l'unité du Petit-Saint-Bernard, coïncées dans la cicatrice tectonique « des forts » entre les unités de Salins et du Roignais Versoyen, révèle une réalité différente.

Ce fait nouveau très important permet de réfuter l'hypothèse de l'équivalence entre les unités du Petit-Saint-Bernard et de la Grande Moendaz (la première étant externe et la seconde interne par rapport à l'unité de Salins).

Le rattachement de l'unité du Petit-Saint-Bernard à la zone des Brèches de Tarentaise paraît la solution la plus raisonnable.

— *Unité de Salins :* Cette unité montre dans notre région une série stratigraphique où prédominent les terrains carbonifères. La série mésozoïque est malheureusement incomplète, surtout en ce qui concerne les termes post-liasiques.

Sa position, très interne, pousse à la comparer avec des unités plus septentrionales comme celles des Cols et de la Pierre Avoi.

L'unité des Cols présente une succession de terrains assez similaires avec un grand développement de termes carbonifères, et des termes post-triasiques épars et peu développés.

L'unité de la Pierre Avoi par contre, qui présente certaines affinités avec l'unité du Roignais Versoyen, est peut-être également assez proche, par certains de ses termes inférieurs, de l'unité du Petit-Saint-Bernard.

Il paraît pour l'instant raisonnable d'admettre que le domaine paléogéographique originel de l'unité du Petit-Saint-Bernard était intermédiaire entre celui des unités du Roignais Versoyen et de la Pierre Avoi. Par contre les unités de Salins et des Cols (et peut-être, à un degré moindre, de la Pierre Avoi) paraissent mieux correspondre à une zone interne de haut fond (et de cordillère ?) séparant plus ou moins le domaine valaisan de la zone subbriançonnaise proprement dite.

b) *Cas de l'unité de Ferret.*

Il est difficile à mon sens de rattacher cette unité à la zone des Brèches de Tarentaise, bien que les auteurs suisses y voient un élément du domaine valaisan. Sa position me paraît plus vraisemblablement de transition entre le domaine ultrahelvétique et la zone des Brèches de Tarentaise.

C) *Schéma paléogéographique proposé.*

La figure 9 résume de façon très schématique la disposition primitive des diverses unités. Celles-ci sont représentées par un trait plein supporté par une ligne horizontale représentant de façon théorique le socle cristallin avant déformation. Les pointillés représentent les « relais paléogéographiques » actuellement disparus.

Les transversales (1) et (2) correspondent dans l'ordre aux régions situées au Nord de la Doire

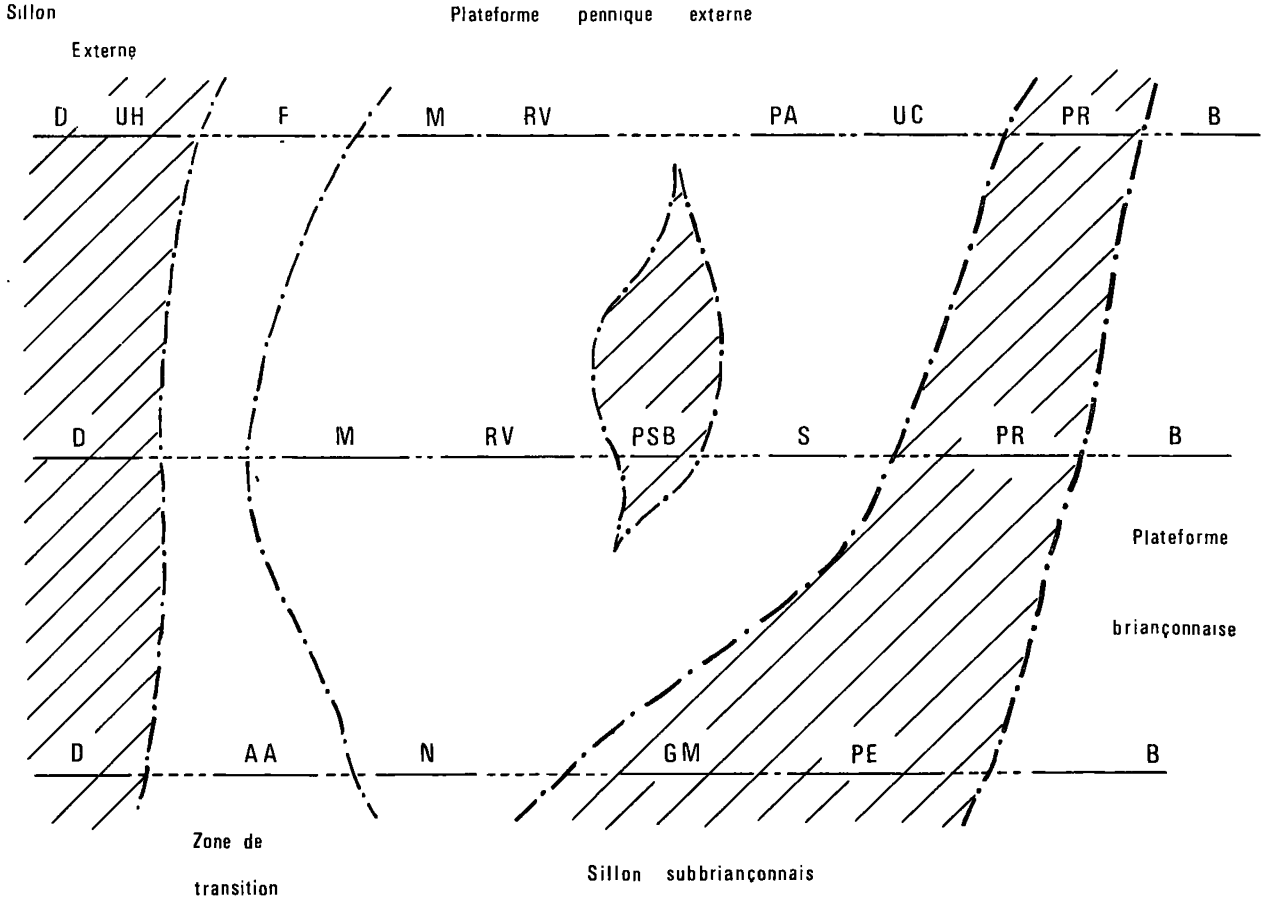


Fig. 9. — Répartition paléogéographique des principales unités qui constituent la zone des Brèches de Tarentaise dans les secteurs étudiés.

Baltée et à la région de Bourg-Saint-Maurice. La transversale (3) interprétée d'après les travaux de R. BARBIER (1948), prise entre l'Arc et l'Isère, est donnée à titre de comparaison.

2. Evolution paléogéographique et géodynamique de la zone des Brèches de Tarentaise.

A) *Evolution paléogéographique* (fig. 10).

a) *Fin de l'époque hercynienne.*

La zone correspond alors très probablement à un domaine de transition entre deux aires de subsidence inégale (zone alpine externe et géosynclinal archaïque de F. ELLENBERGER).

b) *Au Trias.*

Le caractère de transition se maintient entre les zones non subsidentes correspondant à la couverture des actuels massifs cristallins externes et le domaine briançonnais.

Notre région ne présente alors qu'une subsidence faible s'annulant et se transformant en mouvements positifs au Trias supérieur (faciès bréchiques et lagunaires).

c) *Au Lias.*

La tendance positive se maintient et nous voyons s'instaurer un régime de mer peu profonde dans laquelle se déposent des calcaires zoogènes. En certains points cependant subsistent des sillons (zone du Petit-Saint-Bernard).

Au Dogger Malm.

L'existence de niveaux appartenant à cette période n'a jamais été démontrée avec certitude dans la région étudiée ici. Dans de nombreux cas leur absence est prouvée sans que l'on puisse faire la part exacte des lacunes et des érosions antécrétacées.

Le Dogger existe très probablement (découvertes récentes : P. ANTOINE, R. BARBIER, J. DEBELMAS, S. FUDRAL, 1972, dans le massif du Grand Fond, précisant les attributions assez vagues de H. SCHOELLER). Le conglomérat du Collet des Rousses peut également, nous l'avons dit, remonter à cette période.

Par contre nous n'avons aucune preuve (directe ou indirecte) que le Malm ait jamais existé.

En résumé, la tendance à l'exhaussement des fonds marins débutant par place au Trias supérieur se poursuit et s'accentue au Lias et au Dogger pour aboutir, probablement au Malm, à une émersion généralisée.

e) *Au Crétacé inférieur et moyen.*

Au Crétacé inférieur et moyen nous assistons à une légère reprise de la subsidence et à un retour timide de la mer sur la partie interne de la zone étudiée. Il s'agit là du début d'individualisation du bassin crétacé de Tarentaise.

La sédimentation est d'abord très pauvre, les aires de sédimentation sont cloisonnées par des rides résiduelles (Pont Saint-Antoine, Crêt Bettex). Vers l'Ouest et le Sud-Ouest l'émersion se prolonge certainement (absence probable du Crétacé inférieur et moyen dans l'unité de Moûtiers ainsi que dans celle du Niélard plus au Sud).

Vers l'Est, par contre, si la profondeur n'augmente guère, la subsidence est plus forte. Cette mobilité du fond s'accompagne de fissures de distension qui livrent passage à des montées magmatiques. Celles-ci s'épanchent tout d'abord dans les sédiments meubles. Les épanchements se rapprochent peu à peu du fond marin et finissent par s'effectuer en eau libre. Il se forme alors des laves en coussins et des brèches d'explosion. Cet ensemble volcano-sédimentaire constitue notre série du Versoyen.

Nous ignorons l'extension vers l'Est du bassin de Tarentaise à cette époque. Les témoins devraient en être recherchés vers l'unité du Petit-Saint-Bernard, mais nous avons vu que les termes correspondants n'y existent plus.

Vers le Nord-Est, le bassin marin donne l'impression de se fermer assez rapidement. En Valais, en effet, les couches de la Peula et de la Vatse de R. TRUMPY, équivalentes de notre ensemble antéflysch, deviennent très détritiques (conglomérats, microbrèches, grès).

Toujours dans cette direction, mais plus à l'Est, les unités de la Pierre Avoi et des Cols nous fournissent de nouveaux éléments. Rappelons le schéma général établi à leur propos (en particulier pour la première nommée) : au-dessus d'un substratum allant du Trias au Dogger probable (à la Pierre Avoi), repose une série détritique constituée

d'un ensemble conglomératique basal et d'une série schisto-quartzitique à *ovardites*.

L'ensemble conglomératique basal renferme, aux lacs Fenêtre, une brèche à éléments géants parallélisée par R. TRUMPY avec la brèche du Grand Fond de H. SCHOELLER.

Par ailleurs l'auteur suisse voit dans l'ensemble conglomératique tout entier un équivalent de ses couches de l'Aroley (formation basale du Flysch de Tarentaise). Or, au Grand Fond (et nous en avons des preuves plus convaincantes depuis peu), les brèches à blocs géants sont bien d'âge jurassique.

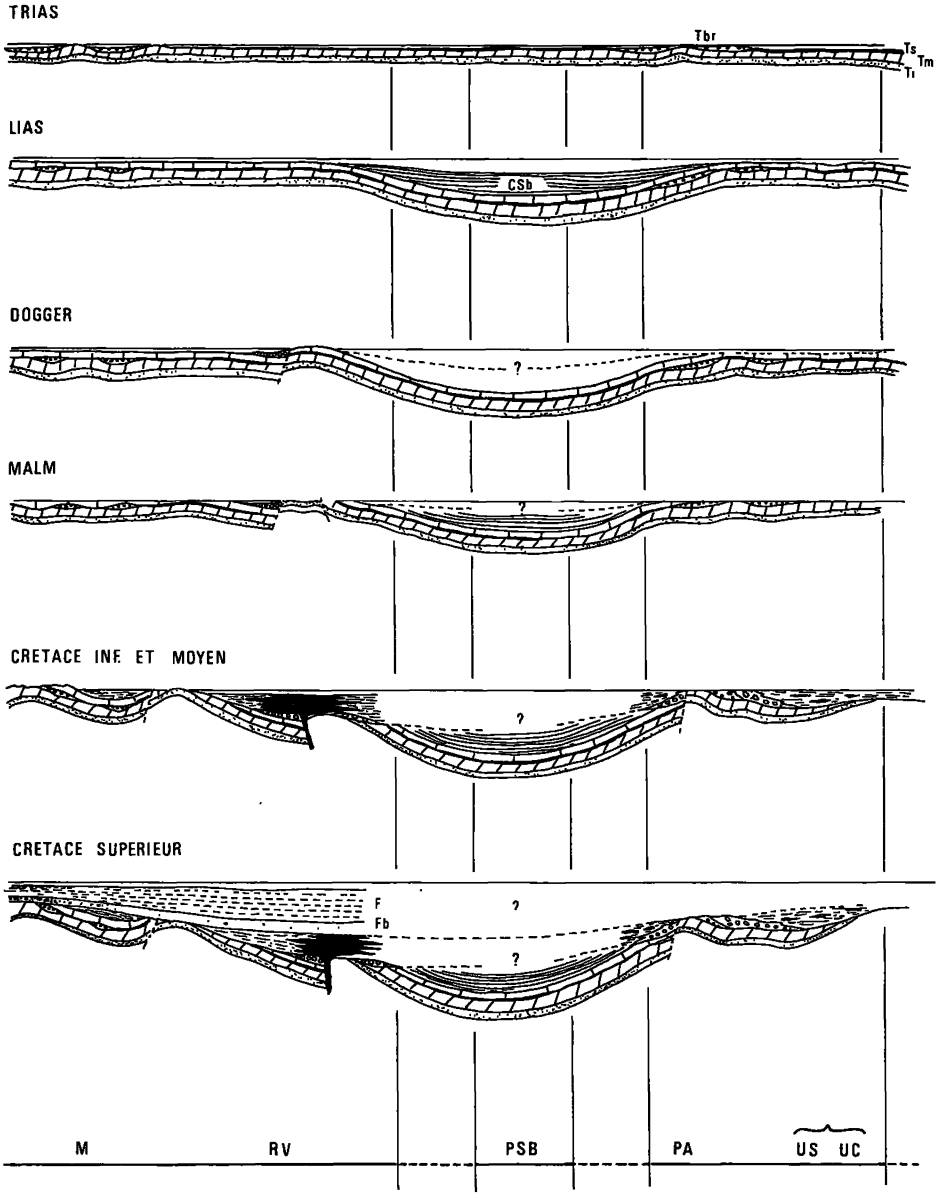


Fig. 10. — Evolution paléogéographique de la région étudiée du Trias au Crétacé.

Tbr, Brèches du Trias supérieur ; Ts, Trias supérieur évaporitique ; Tm, Trias moyen ; Ti, Trias inférieur ; csb, calcschistes du Lias moyen (unité du Petit-Saint Bernard) ; F, Flysch ; Fb, Formation basale.

Le parallèle établi par R. TRUMPY ne peut être dès lors admis. La série conglomératique de la Pierre Avoi peut alors fort bien représenter le Dogger, voire le Malm et non l'Aroley.

Dans ces conditions, la série schisto-quartzitique pourrait être considérée comme l'équivalent de notre ensemble antéflysch, ce qui donnerait une explication satisfaisante à la présence des ovardites. Ces dernières représenteraient alors l'homologue exact, quoique de moindre développement, des émissions sous-marines du Versoyen.

Cette hypothèse soulève cependant un problème d'importance. Qu'est devenue, dans ce cas, l'épaisse formation détritique qui devrait surmonter, comme dans l'unité du Roignais Versoyen, l'ensemble antéflysch à ophiolites ? A-t-elle été érodée, ou bien expulsée tectoniquement ? Dans ce cas, ne peut-on entrevoir là une possibilité d'origine pour certains flyschs actuellement déracinés et charriés sur le domaine externe (flysch du Niesen notamment) ?

f) *Au Crétacé supérieur.*

Le début du Crétacé supérieur voit s'instaurer, comme à peu près partout ailleurs dans les Alpes occidentales, une *sédimentation carbonatée.* Celle-ci est un peu spéciale, car elle débute par des faciès détritiques qui vont passer peu à peu à un faciès que l'on peut finalement qualifier de flysch.

L'époque du dépôt de la formation basale est caractérisée par la persistance de dorsales plus ou moins émergées alimentant les formations conglomératiques. Les variations en plan de la clasticité permettent de localiser une zone principale d'apport au Sud-Ouest de la région étudiée, et une autre probable au Nord-Est, du côté du Valais.

En ce qui concerne la première, et sur la base des travaux de H. SCHOELLER, je l'avais localisée dans la région d'Hautecour. J'ai indiqué plus haut qu'il n'en est rien et que la source doit maintenant être rapprochée de ma région d'étude (secteur Portetta - Aiguille du Grand Fond ?).

Le dépôt des couches des Marmontains constitue un « accident siliceux » dans le processus sédimentaire. Tout se passe comme si les conditions paléogéographiques changeaient rapidement (ce qui se comprend bien dans le cadre d'une paléotopographie peu marquée des zones émergées et des bassins marins). Il est probable que, par suite d'une inversion des tendances positives, les anciennes dorsales aient cessé de fonctionner alors qu'était offert à l'érosion un socle permo-carbonifère siliceux situé au Nord-Est de ma région d'étude (zones de l'unité des Cols ?).

Le dépôt des couches de Saint-Christophe correspond, nous l'avons dit, à un retour de la sédimentation à dominante carbonatée accompagné sans doute d'une extension considérable du bassin. Le faciès du flysch terminal est en effet très homogène sur toute la région étudiée, totalement indépendant des anciennes « dorsales » alors complètement submergées.

Sur certaines coupes, et en particulier au niveau de la vallée actuelle de la Doire Baltée, les derniers niveaux visibles actuellement prennent par endroit des faciès quasi molassiques. Il y a peut-être là un indice de fermeture du bassin...

B) *Evolution géodynamique.*

Sur le plan géodynamique, la zone des Brèches de Tarentaise montre une évolution continue du Trias jusqu'au paroxysme alpin inclus. Deux grandes périodes peuvent être individualisées : la période préparoxysmale et la période paroxysmale.

a) *La période préparoxysmale.*

Elle est caractérisée par des mouvements verticaux au niveau du socle avec une tendance positive du Trias au Malm, puis négative du Crétacé inférieur au Paléocène. A partir du Crétacé on peut considérer qu'il s'agit de la phase majeure de sédimentogenèse.

b) *La période paroxysmale.*

La chronologie ne peut, pour l'instant, en être établie de façon précise et sûre. Il s'agit, dans l'ensemble, d'une phase de déformations tangentielles qui s'est probablement développée avec une série de maxima relatifs jusqu'au paroxysme entre le Paléocène et le Sannoisien. Elle est responsable de l'architecture actuelle du matériel précédemment élaboré.

La phase majeure est responsable en outre du développement général d'un métamorphisme léger (greenschist facies). Postérieurement à elle, d'autres déformations moins intenses (serrage Est-Ouest probable) et coulissage axial ne se sont pas traduites par une nouvelle cristallogenèse.

3. Comparaison avec les domaines voisins. Quelques conséquences sur le schéma général de l'orogénèse dans les Alpes occidentales du Nord.

A) *Schéma évolutif d'ensemble.*

J'ai résumé dans un tableau (fig. 11) l'évolution géodynamique de la zone des Brèches de Tarentaise traduite en mouvements positifs ou négatifs du socle comparée à celle des secteurs paléogéographiques voisins.

Quelques constatations intéressantes quant à l'évolution orogénique des Alpes occidentales du Nord se dégagent immédiatement.

a) *Similitude évolutive entre zone briançonnaise et zone des Brèches de Tarentaise.*

Cette similitude, frappante, est valable pour la période s'étendant du Trias supérieur au Malm. Au-delà, l'individualisation du bassin Crétacé de Tarentaise, qui conduit à la notion de géosynclinal valaisan, marque une certaine différence de comportement.

b) *Rôle de charnière de l'unité du Niélard.*

L'unité du Niélard (R. BARBIER, 1948), la plus externe de la zone des Brèches de Tarentaise, participe tout à la fois sur le plan évolutif, de la zone des Brèches de Tarentaise pour son « subs-

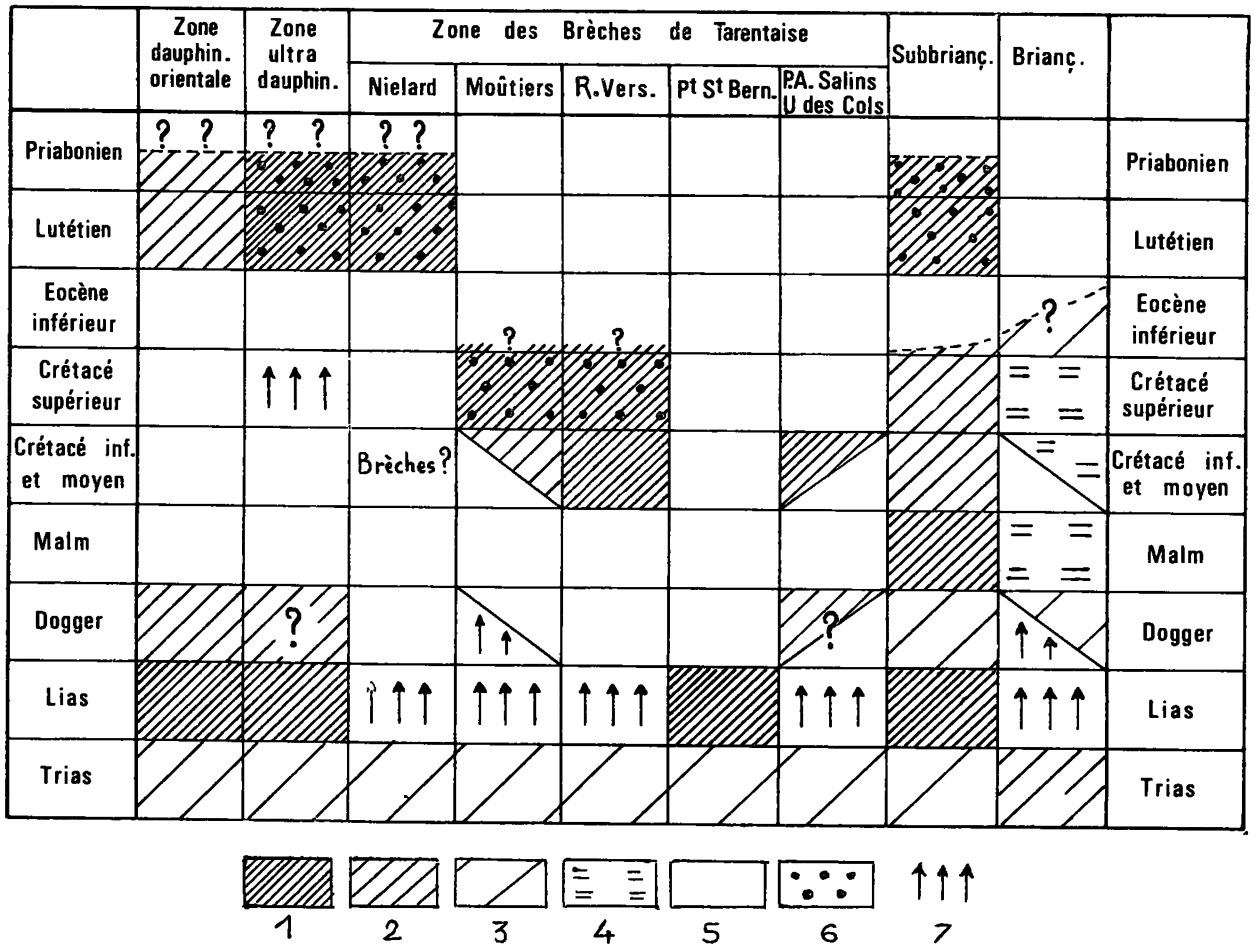


Fig. 11. — Tableau de l'évolution sédimentaire du domaine compris entre les massifs cristallins externes et le Briançonnais.

Les figurés expriment l'intensité de la subsidence : 1, Forte ; 2, Modérée ; 3, Faible ; 4, Nulle ; 5, Lacune ; 6, Faciès flysch ; 7, Tendance à la surrection.

tratum » (jusqu'au Malm) et de la zone plus externe des Aiguilles d'Arves (ultradauphinois), au Crétacé et au Tertiaire. Cette remarque permet d'émettre quelques hypothèses intéressantes sur lesquelles je reviendrai plus loin.

c) *L'anomalie subbriançonnaise.*

La zone subbriançonnaise dans son acception actuelle (R. TRUMPY, 1955 ; R. BARBIER et J. DEBELMAS, 1966) présente dans la région étudiée ici une évolution relativement complexe. Sur le plan évolutif elle peut être comparée à la zone dauphinoise pour les termes inférieurs de sa série stratigraphique (du Lias au Malm inclus) ; l'évolution au Crétacé la rapproche par contre par ses faciès lithologiques de la zone briançonnaise (marbres en plaquettes). Enfin ses flyschs tertiaires permettent de la paralléliser avec les zones externes des Aiguilles d'Arves et du Niélard.

Ainsi la notion d'un subbriançonnais, domaine de transition entre zone dauphinoise et zone briançonnaise (définition classique, des confins méridionaux de la Tarentaise à l'Ubaye), doit-elle être nuancée dans les Alpes du Nord, ainsi que nous le montrerons ci-après.

B) *Influence des remarques précédentes sur la conception de l'orogénèse des Alpes occidentales du Nord.*

a) *La notion de géosynclinal valaisan dans les Alpes occidentales.*

Le terme de géosynclinal valaisan créé par E. HAUG (1909-1925) a été remis en honneur par R. TRUMPY pour désigner l'entité paléogéographique où se sont déposées les séries épaisses et monotones des Bündnerschiefer des Grisons, du flysch du Prättigau ainsi que nos « Flyschs » de Tarentaise et de Ferret. La terminologie actuelle, assez vague, tend à assimiler plus ou moins la zone des Brèches de Tarentaise et le domaine valaisan.

J'ai pu montrer qu'en Tarentaise il n'était pas question de définir un quelconque géosynclinal avant le Crétacé supérieur, malgré la présence des ophiolites singulières du Versoyen.

Bien au contraire, la période échelonnée du Trias supérieur au Crétacé inférieur correspond dans notre région à une véritable plate-forme, assez mobile certes, mais dont la tendance positive ne se dément que rarement.

Ce n'est qu'à partir du Crétacé supérieur que l'on peut envisager l'individualisation d'un « géosynclinal » par effet de renversement de subsidence.

Pour souligner cette évolution caractéristique, j'ai proposé le terme de *plate-forme pennique externe* pour désigner la zone des Brèches de Tarentaise durant la première partie (la plus longue) de son histoire.

Cette dénomination nouvelle veut marquer dans mon esprit l'analogie nette relevée entre l'évolution de la plate-forme briançonnaise et celle de la zone des Brèches de Tarentaise qui n'étaient finalement séparées paléogéographiquement que par le « sillon » subbriançonnais.

Dans cette nouvelle optique, l'existence du géosynclinal valaisan apparaît comme un épisode limité dans le temps au seul Crétacé et dont la réalité va en s'accentuant de la Tarentaise aux Grisons. A la limite, et bien que des travaux soient encore en cours sur les secteurs méridionaux, on peut considérer que le géosynclinal valaisan vient se fondre vers le Sud dans la plate-forme pennique externe, et qu'il perd dès lors toute individualité. Il paraît donc a fortiori illusoire de vouloir en retrouver l'équivalent au Sud du Pelvoux.

b) *Révision de la notion de subbriançonnais dans les Alpes occidentales du Nord.*

Le paragraphe précédent met l'accent sur la situation paléogéographique singulière de la zone subbriançonnaise, intercalée entre la plate-forme pennique externe (large de 30 à 50 km ? en Savoie) et la plate-forme briançonnaise large de 50 à 100 km (J. DEBELMAS, M. LEMOINE, 1964).

Cette disposition, la nature des sédiments qui remplissent le sillon subbriançonnais l'apparentent alors de façon assez frappante aux sillons moins importants, mais d'évolution très analogue, décrits à maintes reprises sur la plate-forme briançonnaise même par un certain nombre d'auteurs comme M. LATREILLE, M. LEMOINE, J. DEBELMAS.

L'examen du devenir de ce sillon subbriançonnais vers le Nord-Est renforce la valeur de la comparaison. En effet, les travaux des auteurs suisses montrent bien que le sillon subbriançonnais disparaît définitivement quelque part en Suisse centrale, au niveau du lac des Quatre-Cantons. La série des Mythen, d'affinité briançonnaise marquée, serait en effet pour R. TRUMPY *externe* au subbriançonnais.

Nous assisterions ainsi à la fermeture du sillon subbriançonnais entre un « seuil » externe (= seuil des Mythen) et des unités plus internes correspondant à notre zone briançonnaise (fig. 12).

Au-delà vers l'Est, la plate-forme pennique externe se fondrait à la plate-forme briançonnaise pour ne former qu'un seul ensemble « géanticlinal » dont les ultimes témoins sont les nappes de Schams, Falknis, et Sulzfluh des Grisons.

Ainsi donc, *dans notre région,* nous voyons se modifier complètement la signification paléogéographique de la « zone subbriançonnaise ». D'un domaine de transition entre fosse externe (dauphinoise) et géanticlinal médian (briançonnais), elle devient pratiquement un simple sillon accidentant un « géanticlinal » médian pris dans un sens très large. Une telle zone plus souple peut alors être considérée comme un véritable « joint tectonique » entre deux parties d'un ensemble rigide. Ceci permet de comprendre mieux les conséquences extrêmes de la phase tangentielle paroxysmale, entraînant l'expulsion d'une partie du joint vers les zones externes de l'orogène (Préalpes).

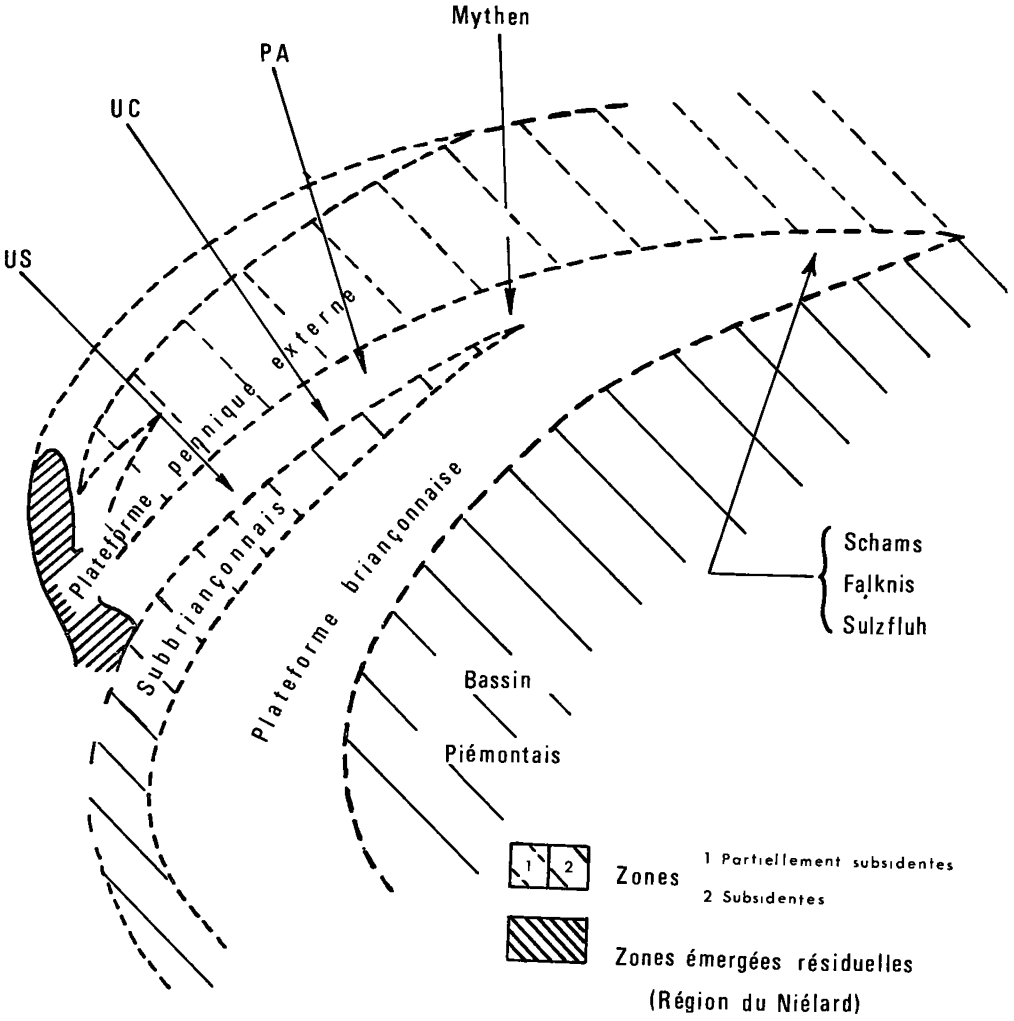


Fig. 12. — Esquisse paléogéographique de la portion de l'arc alpin nord occidental correspondant à la zone des Brèches de Tarentaise et au domaine valaisan (au Crétacé supérieur).
En tiretés, les manifestations « récentes » de la subsidence. En blanc, les zones de plates-formes persistantes.
P.A., Unité de la Pierre Avoi ; U.C., Unité des Cols ; U.S., Unité de Salins.

c) *La tectonique arvinche et le problème de l'âge des Flyschs en Tarentaise.*

Le problème posé par la différence d'âge du Flysch du Niélard (Nummulitique) et des Flyschs de Tarentaise (Crétacé supérieur) n'est pas pour l'instant résolu complètement, mais nous entrevoyons une ébauche de solution.

Une série de faits paléogéographiques marquants doit être soulignée ici. Nous noterons tout d'abord l'absence du Crétacé supérieur dans les unités du Niélard, des Aiguilles d'Arves ainsi que dans la zone dauphinoise orientale comme l'a clairement établi R. BARBIER. A cette époque, vers l'intérieur se déposaient les « Flyschs » de Tarentaise. Par contre au Nummulitique se déposent d'une part le Flysch du Niélard et le puissant flysch des Aiguilles d'Arves, d'autre part les flyschs subbriançonnais. Entre les deux domaines, soit dans la majeure partie de la zone des Brèches de Tarentaise, nous n'avons aucune preuve qu'il se soit déposé quoi que ce soit à cette époque.

La différence d'âge mentionnée ci-dessus peut alors s'expliquer de la façon suivante :

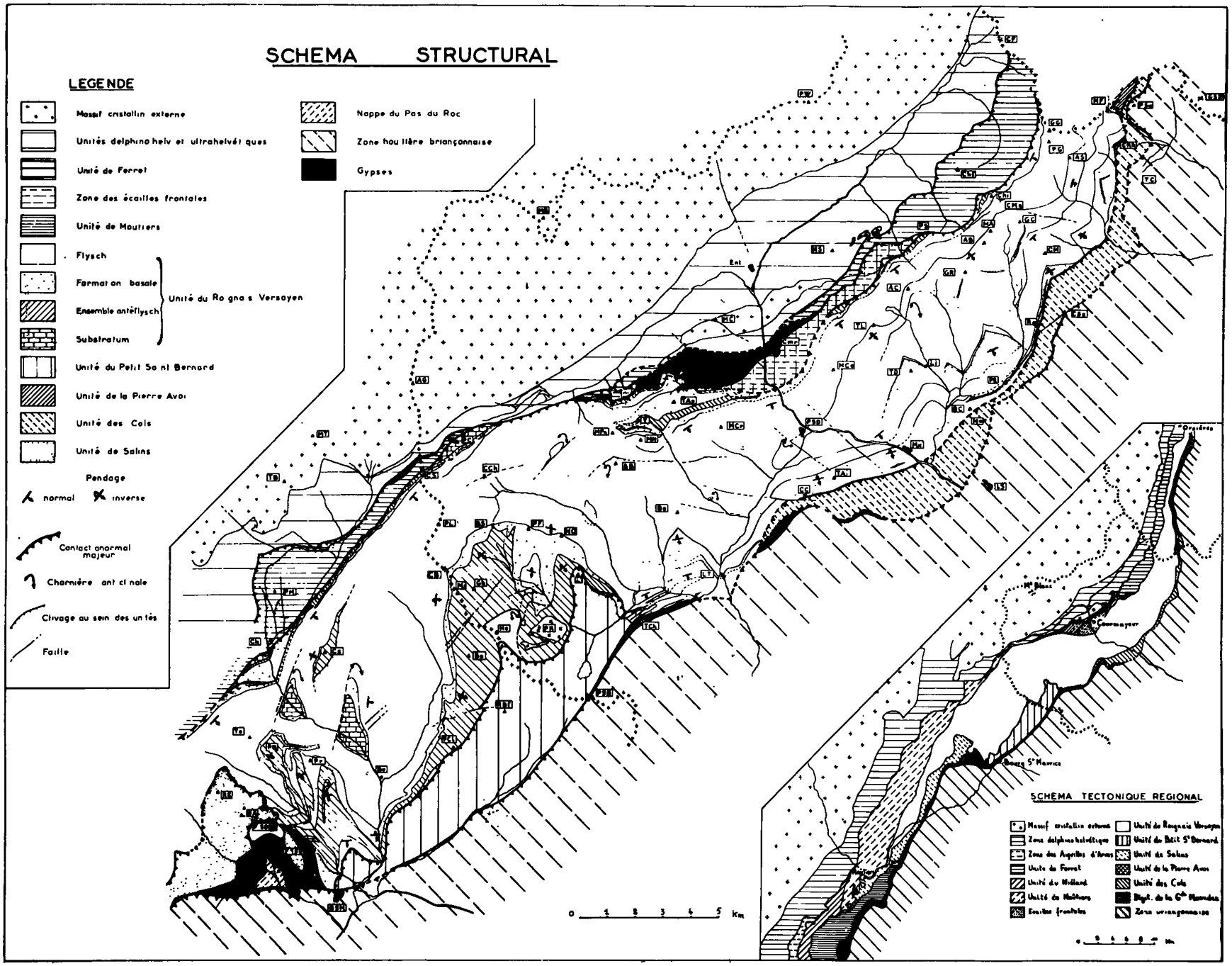
— Les « Flyschs de Tarentaise » (unités de Moûtiers, du Roignais Versoyen, ainsi que ceux, hypothétiques, des unités plus internes de la Pierre Avoi, des Cols et de l'unité de Salins) proviennent essentiellement de l'individualisation au Crétacé supérieur d'un bassin marin accidenté encore au début de son évolution d'une série de cordillères et de sillons. La marge externe du bassin reste émergée au Crétacé supérieur et à l'Eocène inférieur. C'est le cas dans les zones du Niélard et des Aiguilles d'Arves. Dans l'unité de Moûtiers, par contre, si l'Eocène inférieur est inconnu, le Crétacé supérieur existe ; à cette époque la limite externe du bassin marin dépassait le domaine de l'unité de Moûtiers sans que l'on puisse préciser mieux.

— Une tendance à l'émersion apparaît à l'Eocène inférieur (?) sur la quasi-totalité de la zone des Brèches de Tarentaise, alors que plus à l'Est débute la sédimentation des flyschs subbriançonnais.

— Au Lutétien enfin, une inversion de subsidence intense affecte les domaines paléogéographiques correspondant à l'unité du Niélard et à la zone des Aiguilles d'Arves, ainsi qu'à la zone dauphinoise orientale. Le dépôt du flysch se poursuit dans le « sillon » subbriançonnais. Nous assistons ainsi au dépôt de flyschs lutétiens dans des secteurs subsidents encadrant une zone des Brèches de Tarentaise peut-être émergée.

La différence d'âge entre les flyschs du Niélard et ceux de Tarentaise s'expliquerait alors simplement par le fait que les bassins marins ne se seraient pas individualisés en même temps par le biais d'un quelconque « cylindrisme », comme le supposent plus ou moins les hypothèses avancées jusqu'à maintenant.

Au contraire, les effets d'une onde orogénique précoce, se déplaçant probablement du Nord-Est vers le Sud-Ouest (et atteignant son intensité maximum dans la zone des Aiguilles d'Arves (tectonique arvinche), aurait radicalement isolé le bassin du Niélard de ceux de Tarentaise entre le Crétacé supérieur et l'Eocène. Au Lutétien, la région du Niélard devait très probablement être considérée, non plus comme appartenant à la zone des Brèches de Tarentaise, mais comme une dépendance du bassin ultradauphinois des Aiguilles d'Arves.


SCHEMA STRUCTURAL
LEGENDE
Massif cristallin externe
Unités delphino helv et ultrahelvétiques
Unité de Ferret
Zone des écailles frontales
Unité de Moutiers
Flysch
Formation basale
Ensemble antéflysch
Substratum
Unité du Rogna s Versoyen
Unité du Petit Saint Bernard
Unité de la Pierre Avoi
Unité des Cols
Unité de Salins
Pendage
normal
inverse
Contact anormal majeur
Charnière anticlinale
Clivage au sein des unités
Faille
Nappe du Pas du Roc
Zone houillère briançonnaise
Gypses
0 1 2 3 4 5 Km
SCHEMA TECTONIQUE REGIONAL
Massif cristallin externe
Zone delphino helvétique
Zone des Aiguilles d'Arves
Unité de Ferret
Unité du Midland
Unité de Moûtiers
Ecailles frontales
Unité de Rougnais Versoyen
Unité du Petit St Bernard
Unité de Salins
Unité de la Pierre Avoi
Unité des Cols
Dépôt. de la 6ème Nappe
Zone houillère
Courmayeur
Bourg St Maurice

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Ne sont indiqués ci-après que les ouvrages fondamentaux cités dans le texte. Pour la bibliographie détaillée, le lecteur est prié de se référer à la thèse P. ANTOINE (1971) citée ci-dessous en référence.

ANTOINE (P.) (1965). — Sur l'existence du Crétacé supérieur daté dans la nappe des Brèches de Tarentaise au Nord des Chapieux (Savoie) (*C. R. Acad. Sc.*, t. 261, p. 3640-3642).

ANTOINE (P.) (1968). — Sur la position structurale de la « zone du Versoyen » (Nappe des Brèches de Tarentaise, sur les confins franco-italiens) (*Géol. Alpine*, Trav. Lab. Géol. Grenoble, t. 44, p. 6-26).

ANTOINE (P.) (1970). — Une nouvelle subdivision dans le domaine valaisan, en Tarentaise et dans le haut Val d'Aoste (*C. R. Acad. Sc.*, t. 270, p. 1548-1551).

ANTOINE (P.) (1971). — La zone des Brèches de Tarentaise entre Bourg-Saint-Maurice (vallée de l'Isère) et la frontière italo-suisse (*Mém. Lab. Géol. Grenoble*, n° 9, 367 p.).

BARBIER (R.) (1943). — L'âge des schistes de la Bagnaz (*C. R. S. G. F.*, n° 3, p. 22 23).

BARBIER (R.) (1948). — Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère (*Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*).

BARBIER (R.) (1951 *c*). — La prolongation de la zone subbriançonnaise de France, en Italie et en Suisse (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 29, p. 3-46).

BARBIER (R.), TRUMPY (R.) (1955). — Sur l'âge du Flysch de la zone des Brèches de Tarentaise (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. V, p. 207-216).

BARBIER (R.), DEBELMAS (J.) (1966). — Réflexions et vues nouvelles sur la zone subbriançonnaise au Nord du Pelvoux (Alpes occidentales) (*Géol. Alpine*, Trav. Lab. Géol. Grenoble, t. 42, p. 97-107).

DEBELMAS (J.) (1957). — Quelques remarques sur la conception actuelle du terme de « cordillère » dans les Alpes internes françaises (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), t. VII, p. 463 474).

DEBELMAS (J.), LEMOINE (M.) (1964). — La structure tectonique et l'évolution paléogéographique de la chaîne alpine d'après les travaux récents (*L'information scientifique*, n° 1, 33 p.).

ELTER (P.) (1954). — Etudes géologiques dans le Val Veni et le vallon du Breuil (Petit-Saint Bernard) (*Thèse*, Publ. du Lab. de Géologie de l'Université de Genève, nouvelle série, n° 66, 39 p.).

ELTER (P. et G.) (1957. — Sull'esistenza, nei dintorni del Piccolo San Bernardo, di un elemento tettonico riferibile al ricoprimento del Pas du Roc (*Ren. dell'Accad. Naz. dei Lincei*, 8e série, vol. XXII, fasc. 2, p. 181-187).

ELTER (G. et P.) (1965). — Carta geologica della regione del Piccolo San Bernardo (versante italiano). Note illustrative. Publication du Centre pour l'étude géologique et pétrographique des Alpes, XXXV, 53 p.

FABRE (J.) (1958). — Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et Tarentaise (Alpes de Savoie) (*Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, n° 2, 317 p.).

HAUG (E.) (1909). — Les géosynclinaux de la chaîne des Alpes pendant les temps secondaires (*C. R. Acad. Sc.*, t. 148, n° 24, p. 1637-1639).

HAUG (E.) (1925). — Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 25, p. 97-244).

LOUBAT (H.) (1968). — Les ophiolites de la zone du Versoyen (*Thèse*, Arch. Sc. Genève, n° 2, fasc. 3, p. 265-457).

SCHOELLER (H.) (1929). — La nappe de l'Embrunais au Nord de l'Isère (*Bull. Carte Géol. Fr.*, n° 75, t. 33 ; *Thèse*, 422 p.).

TRUMPY (R.) (1951). — Sur les racines helvétiques et les « Schistes lustrés » entre le Rhône et la vallée de Bagnes (région de la Pierre Avoi) (*Ecl. Géol. Helv.*, vol. 44, n° 2, p. 338).

TRUMPY (R.) (1954). — La zone de Sion - Courmayeur dans le haut Val Ferret valaisan (*Ecl. Geol. Helv.*, vol. 44, n° 2, p. 338).

TRUMPY (R.) (1955). — Remarques sur la corrélation des unités penniques externes entre la Savoie et le Valais et sur l'origine de la nappe des Préalpes (*Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), V, p. 217-231).

ZULAUF (R.) (1964). — Zür Geologie der penninnischen Zonen nördlich der Dora Baltea im oberen Val d'Aosta (Italien) (*Thèse*, Zürich, 150 p.).

Laboratoire de Géologie
de l'Université de Grenoble.
(Laboratoire de Géologie Alpine,
associé au C.N.R.S.)