



I. Reuber

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GÉOLOGIE
DOCUMENTATION
15, RUE MAURICE GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TÉL. (33) 76 63 59 66
FAX. (33) 76 87 82 43

N° d'ordre 369

THESE

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE POITIERS

(FACULTE DES SCIENCES FONDAMENTALES ET APPLIQUEES)
(Diplôme National - Arrêté du 23 Novembre 1988)
Spécialité

GEOLOGIE

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE 1

Présentée par

INSTITUT DE GÉOLOGIE
DOCUMENTATION

Eric SUTRE

15, RUE MAURICE GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TÉL. (33) 76 63 59 66
FAX. (33) 76 87 82 43

**LES FORMATIONS DE LA MARGE
NORD-NEOTETHYSIENNE ET LES MELANGES
OPHIOLITQUES DE LA ZONE DE SUTURE
DE L'INDUS EN HIMALAYA DU LADAKH,
INDE**

Stratigraphie, tectonique, évolution géodynamique

Tome II

**DESCRIPTION DES COUPES
DEFINITIONS, ANNEXES**

Directeur de thèse Professeur Michel COLCHEN

Soutenue le 28 Septembre 1990 devant la commission d'examen

Jury

Président

M. Colchen Professeur à l'Université de Poitiers

Examineurs

J.P. Bassoullet Chargé de Recherche CNRS, Université de Paris VI
A. Baud Directeur à l'Institut de Géologie de Lausanne
J. Charvet Professeur à l'Université d'Orléans
K. Honegger Docteur en Géologie de l'E.T.H. Zürich
I. Reuber Chargée de Recherche CNRS Université J. Fourier, Grenoble

Rapporteurs

E. Cariou Professeur à l'Université de Poitiers
G.H. Mascle Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

N° d'ordre 369

THESE

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE POITIERS

(FACULTE DES SCIENCES FONDAMENTALES ET APPLIQUEES)

(Diplôme National - Arrêté du 23 Novembre 1988)

Spécialité

GEOLOGIE

Présentée par

Eric SUTRE

**LES FORMATIONS DE LA MARGE
NORD-NEOTETHYSIENNE ET LES MELANGES
OPHIOLITIKES DE LA ZONE DE SUTURE
DE L'INDUS EN HIMALAYA DU LADAKH,
INDE**

Stratigraphie, tectonique, évolution géodynamique

**Tome II
DESCRIPTION DES COUPES
DEFINITIONS, ANNEXES**

Directeur de thèse Professeur **Michel COLCHEN**

Soutenue le 28 Septembre 1990 devant la commission d'examen

Jury*Président***M. Colchen**

Professeur à l'Université de Poitiers

*Examineurs***J.P. Bassoulet**

Chargé de Recherche CNRS, Université de Paris VI

A. Baud

Directeur à l'Institut de Géologie de Lausanne

J. Charvet

Professeur à l'Université d'Orléans

K. Honegger

Docteur en Géologie de l'E.T.H. Zürich

I. Reuber

Chargée de Recherche CNRS Université J. Fourier, Grenoble

*Rapporteurs***E. Cariou**

Professeur à l'Université de Poitiers

G.H. Mascle

Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble



Sommaire du tome II

DESCRIPTION DES COUPES
 CLASSIFICATIONS EMPLOYEES
 ANNEXES
 LISTES DES FIGURES



- INTRODUCTION	307
Chap. I - <u>DESCRIPTION DES COUPES DE NIMALING A LAMAYURU</u>	
1,1 SECTEUR NIMALING-CHILING	319
1,2 SECTEUR CHILING-LAMAYURU	
1,2,1 Vallée de Sunda Chen	349
1,2,2 De la vallée d'Hinju à Lamayuru	367
1,3 VERSANT RIVE GAUCHE DE L'INDUS ENTRE ALCHI GOMPA ET LA YAPOLA	
1,3,1 Transversales du Stakspi La et du Spanting La	393
1,3,2 Coupes entre Lardo Brok et Tar	399
1,3,3 Transversale du Tar La	464
1,3,4 Transversale de la Yapola	501
Chap. II - <u>DESCRIPTION DES COUPES ENTRE MULBEK ET LA SURU</u>	
2,1 REGION DE MULBEK-SERGOL-SAPI LA	
2,1,1 Coupes de référence	521
2,1,2 Coupes entre Shergol et le Sapi La	526
2,2 VALLEE DE LA SURU	
2,2,1 Dispositif structural	545
2,2,2 La Formation de Sapi-Karamba	546
2,2,3 Les Unités du Naktul	549

Chap. III- DEFINITION DES TERMES ET CLASSIFICATIONS EMPLOYEES

3,1 LES MELANGES; DEFINITIONS

3,1,1 Historique 559

3,1,2 Définitions employées 561

3,2 SEDIMENTS DETRITIQUES ET VOLCANO-SEDIMENTAIRES

3,2,1 Classes granulométriques et caractéristiques de forme ... 564

3,2,2 Classification des rudites 566

3,2,3 Classifications pétrographiques 568

3,2,4 Les dépôts volcano-sédimentaires 570

3,3 MOLASSES, FLYSCHS; LEURS PROCESSUS PHYSIQUES DE DEPOT

3,3,1 Molasses 573

3,3,2 Flyschs 574

3,4 AGES ABSOLUS ET AGES RELATIFS

3,4,1 Ages absolus et âges relatifs 580

3,4,2 Echelles employées 581

3,5 LES VOIES DU DETRITISME OPHIOLITIQUE

3,5,1 Exposé du problème 582

3,5,2 Nomenclature des produits du détritisme ophiolitique 583

3,6 MILIEUX DE DEPOT 586

- ANNEXES

Annexe 1 - Analyses granulométrique de sédiments appartenant
aux formations de Skyu et de Chiling, 591

Annexe 2 - Analyse aux rayons X d'argiles provenant de la Formation
de Skyu-Chiling et de la Formation à Blocs d'Urtsi, 599

Annexe 3 - Analyse à la microsonde de la matrice carbonatée d'un
échantillon appartenant à la Formations de Skyu-Chiling, 602

Annexe 4 - Echelles stratigraphiques employées, 606

Annexe 5 - Analyse chimique des roches volcaniques, 609

Annexe 6 - Base de données contenant la description des échantillons, ... 627

Annexe 7 - Bases de données des analyses chimiques et microsonde, 629

Annexe 8 - Corrélations stratigraphiques, 633

Annexe 9 - Imagerie Landsat, 636

Annexe 10- Analyses des minéraux des laves à la microsonde, 637

- LISTE DES FIGURES 655

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

INTRODUCTION

1 - CONTENU ET MODE D'EMPLOI.

Ce second tome contient:

- * La description de toutes les coupes levées sur le terrain:
Nous verrons plus en détail son organisation dans la partie 2 suivante.
- * La définition de termes particuliers
Je placerai ici trois discussions concernant trois thèmes particuliers qu'il convient d'aborder afin que les acceptions des termes employés soient le plus clairement définies:
 - Les mélanges : en existe-t-il une définition ?
 - Ages absolus et âges relatifs: jusqu'à quel point peut-on les comparer ?
 - Les voies du détritisme ophiolitique: essai de typologie des roches détritiques à ophiolites, typologie basée sur leur mode de formation.
- * Les classifications employées:
On y trouvera la définition de tous les termes employés lors des descriptions de coupes, qu'il s'agisse des caractéristiques granulométriques ou des caractéristiques de formes, ou bien des dénominations des roches détritiques.
Les caractéristiques des environnements de dépôts dans les cônes sous-marins seront à consulter lors de la description des turbidites, ou lors des discussions sur les interprétations des rythmes turbiditiques.
- * Les annexes.
dans lesquelles sont regroupées les analyses chimiques et quelques remarques particulières.

2 - DESCRIPTION DES COUPES: MODALITES.

2.1 LEVERS SUR LE TERRAIN

Missions au Ladakh

L'étude de terrain a nécessité 4 missions sur le terrain réparties comme suit:

- 1982: un mois et demi, avec G. Masclé, qui mettait sur leurs terrains de thèse respectifs E. Gilbert et T. Van Haver. Mission à mes frais, avant le DEA, "pour voir".
- 1983 et 1984: deux missions de trois mois chacune, financées par le GRECO.
- 1985: un mois et demi, mission financée par le GRECO pour éclaircir quelques problèmes particuliers apparus suite à la dernière mission.

Choix des itinéraires

Le choix des itinéraires parcourus (carte fig II.1 et II.89) a été uniquement guidé par les impératifs géologiques issus du sujet de l'étude et par les travaux déjà réalisés.

En effet, dans la région étudiée, la logistique et la topographie n'ont pas posé de problèmes insurmontables.

Problèmes de fond topographique

Le seul problème important est venu de l'absence de fond topographique fiable. La seule carte disponible est l'ancienne carte américaine au 1/250 000^{ème} aux courbes de niveau capricieuses.

Ce handicap à partiellement été surmonté par l'emploi de photographies Landsat agrandies, à la limite de la lisibilité, aux alentours du 1/25 000^{ème}.

Les altitudes, mesurées à l'altimètre, sont données à 300 mètres près. Cette incertitude reflète l'amplitude maximum des variations de pression observée entre le matin et le soir, ou lors des changements de temps.

Méthodes de travail

La méthode employée sur le terrain a consisté:

- A lever des coupes dans les fonds des vallées et, quand cela était possible, sur les crêtes.
- A dessiner les panoramas depuis les crêtes, pour pouvoir repérer les échantillons hors coupes ainsi que les contacts stratigraphiques et tectoniques. D'ailleurs, dans la mesure du possible, les limites lithologiques et les bancs repérés ont été

suivis latéralement, car les accidents tectoniques qui recoupent en écharpe la lithologie rendent délicate l'exploitation des coupes seules.

D'une manière générale, les échantillons ont été repérés sur les coupes avec le plus grand soin, dans l'utopique espoir qu'un successeur puisse les situer par rapport à son propre échantillonnage.

Intendance

L'équipe de trek était constituée d'un guide parlant anglais et de horsemen avec leurs bêtes de trait, ces derniers étant engagés en cours de route au fur et à mesure des besoins. Il m'a ainsi été donné de louer tout ce qui peut porter: vache (dzo et dzomo), yack, âne (bumbu), cheval.

D'un point de vue pratique, on notera qu'au cours d'un trek de six semaines sans point de ravitaillement intermédiaire, le poids des échantillons croît beaucoup plus vite que ne décroît celui de la nourriture, pour finir par représenter plusieurs fois le poids initial de celle-ci.

2.2 FORME DE L'EXPOSE

Divisions de l'exposé

La description des coupes sera divisée en deux grands chapitres: la région comprise entre Nimaling et Lamayuru, et la région comprise entre Mulbeck et la rivière Suru.

Cette division se justifie par deux considérations:

- une lacune d'observation due à la présence d'une zone frontalière interdite.
- Les terrains de ces deux zones ont des significations paléogéographiques différentes, bien que des corrélations stratigraphiques existent entre eux.

Méthode de description employée

Les différentes unités seront décrites sous le nom qui leur a été attribué au terme de cette étude, à l'issue des corrélations (cf tome I).

Cette méthode, qui facilite la lecture des coupes, ne doit pas prêter à confusion: les descriptions sont "objectives" et ne doivent rien au découpage stratigraphique qui est postérieur et interprétatif.

Afin de préserver la neutralité de la description, quand l'attribution de terrains à telle ou telle formation sera incertaine, ils seront rangés sous la bannière de l'unité tectonique à laquelle ils appartiennent.

Certains terrains seront dénommés par leur appellation génétique.

Dans ce cas, soit l'interprétation sera triviale et découlera immédiatement de données observables sans ambiguïté sur le terrain (ex:

turbidites Tde de Bouma), soit il sera spécifié explicitement dans le texte qu'il s'agit d'une interprétation.

Ce dernier cas concerne notamment le détritisme ophiolitique et la signification des niveaux carbonatés dans les formations de Skyu-Chiling: on se reportera aux parties qui traitent de ces sujet, dans lesquelles on trouvera les critères de reconnaissance qui président à leur interprétation.

En fait, il s'agit essentiellement de positionner sur les coupes des faciès caractéristiques, que l'échelle des cartes topographiques disponibles ne permet pas de représenter.

Les remarques ou commentaires de portée locale: comparaisons avec les coupes précédentes, interprétations locales etc..., seront incluses dans la description.

L'auteur de chaque coupe a été indiqué. Pour celles que j'ai levées, j'ai également signalé mes accompagnateurs.

Chapitre premier

DESCRIPTION des COUPES de NIMALING à LAMAYURU

- INTRODUCTION	313
1.1 - SECTEUR NIMALING-CHILING	
Généralités	319
1.1.1 Coupe d'Hankor	321
1.1.2 Coupe de la Doltal Chu	327
1.1.3 Coupe d'Omlung Gompa (A, Baud et G, Fuchs)	331
1.1.4 Coupe d'Omlung Gompa (Talon)	332
1.1.5 Coupe de la Latho Chu	333
1.1.6 Coupe de la Latho Chu (C, Talon)	335
1.1.7 Coupe de Skyu-Shingo (G, Fuchs)	335
1.1.8 Coupe de Skyu-Shingo	337
1.1.9 Panorama de la Formation de Skyu-Chiling, rive droite de la vallée de Sumda Chen	340
1.1.10 La Formation de Skyu-Chiling à Chiling	343
1.2 - SECTEUR CHILING-LAMAYURU	
Généralités	347
1.2.1 Vallée de Sumda Chen,	
1.2.1.1 Raccord avec le secteur précédent	349
1.2.1.2 Coupe du Spanting La à Sumda Chen Rivière "P"	351
1.2.1.3 Coupe de la rivière "O"	355
1.2.1.4 Coupe de la rivière "M"	362
1.2.1.5 Coupe de l'arête nord du Konkri La	364

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.2.2 De la vallée d'Hinju à Lamayuru,	
1.2.2.1 Coupe de la vallée "K"	367
1.2.2.2 Coupe de la vallée "J"	368
1.2.2.3 Coupe de la vallée "I"	370
1.2.2.4 Coupe de la vallée "H"	371
1.2.2.5 Coupe de la vallée "G"	372
1.2.2.6 Coupe de la vallée "F"	372
1.2.2.7 Coupe de la vallée de Sorpon Brok	374
1.2.2.8 Coupe en rive droite de la vallée d'Urtsi	377
1.2.2.9 Coupe du versant Ouest de la vallée d'Urtsi	379
1.2.2.10 Entre la crête Ouest de la vallée d'Urtsi et le village de Wanlah	380
1.2.2.11 Coupe au Nord de Wanlah, au début des gorges de la Yapola	382
1.2.2.12 Coupe au NE de Lamayuru Gompa; zone du bloc permien, Bassoullet et al 1978	384
1.2.2.13 Coupe au Nord de Lamayuru Gompa	386
1.3 - VERSANT RIVE GAUCHE DE L'INDUS ENTRE ALCHI GOMPA ET LA YAPOLA	
1.3.1 Transversales du Stakspi La et du Spanting La,	
1.3.1.1 Coupe Saspul-Stakspi La-Chiling	393
1.3.1.2 Coupe Spanting La-Sumda Chen	397
1.3.2 Coupes entre Lardo Brok et Tar,	
1.3.2.1 Zone de disparition des calcaires de Kahlsi; hauts de l'affluent rive gauche de Lardo Brok	399
1.3.2.2 Coupe en rive droite de l'affluent Est de Mongyu ..	407
1.3.2.3 Coupe en rive gauche de l'affluent Est de Mongyu ...	413
1.3.2.4 Coupe en rive droite de la vallée Mongyu - Manlung .	429
1.3.2.5 Coupe en rive gauche de la vallée Mongyu - Manlung .	437
1.3.2.6 Coupes du passage Formation de Mongyu/ Formation des Calcaires de Kahlsi entre Mongyu et Saptá	441
1.3.2.7 Coupe en rive droite de la vallée Saptá-Zum-Tsegar .	444
1.3.2.8 Coupe en rive gauche de la vallée Saptá-Zum-Karalung	449
1.3.2.9 Coupe du versant Est de la vallée d'Hipti	455
1.3.2.10 Coupe du versant Ouest de la vallée d'Hipti	458
1.3.3 Transversale du Tar La	
1.3.3.1 Coupe de Tar à Trespan	464
1.3.3.2 Coupe de Tar à Urtsi	469
1.3.4 Transversale de la Yapola	501

INTRODUCTION

1 - ITINERAIRES.

Les cartes des figures II.1a et II.1b montrent les itinéraires parcourus au cours des quatre missions.

Certaines coupes ont été refaites plusieurs fois, et notamment en équipes pluridisciplinaires, afin d'harmoniser les observations au pied même des problèmes.

On consultera également la carte toponymique de la figure II.3. Elle ne prétend pas régler le problème de translittération en alphabet roman des noms ladakhis. A ce sujet on consultera la thèse de Stutz (1989) qui consacre à ce sujet un chapitre très documenté.

2 - DIVISIONS DU CHAPITRE.

L'idéal aurait été de ne présenter que des coupes continues depuis le batholite jusqu'à la suture. Malheureusement, entre la Yapola et la Zanskar les crêtes ne sont pas partout franchissables: je n'ai donc pas pu raccorder toutes les coupes des vallées de Sumda et d'Hinju à celles du versant rive gauche de l'Indus.

Pour cette raison, j'ai découpé la description des coupes en secteurs géographiques:

Secteur Nimaling-Chiling

Nous y décrirons la bande sud des Mélanges Colorés.

Les formations qui la compose seront individualisées et nous examinerons leurs relations avec les unités des marges sud et nord néotéthysiennes.

Secteur Chiling-Lamayuru

De Lasgo Bridge au Konskri La, nous décrirons la "Formation à Nummulites" et la Formation de Nindam, ainsi que les Formations de la bande sud des Mélanges Colorés.

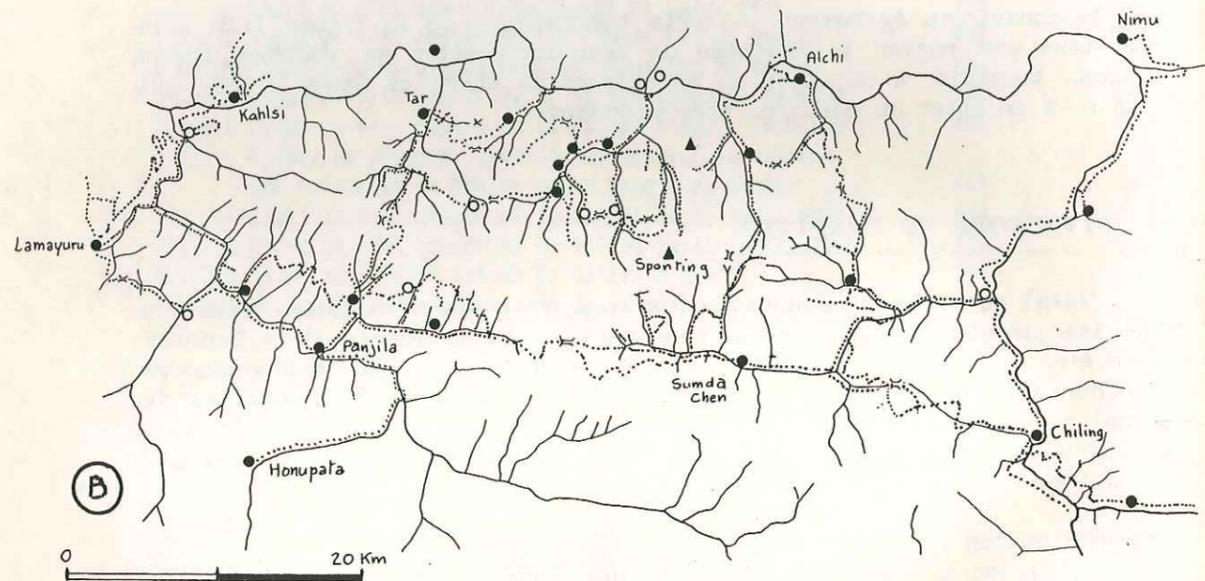
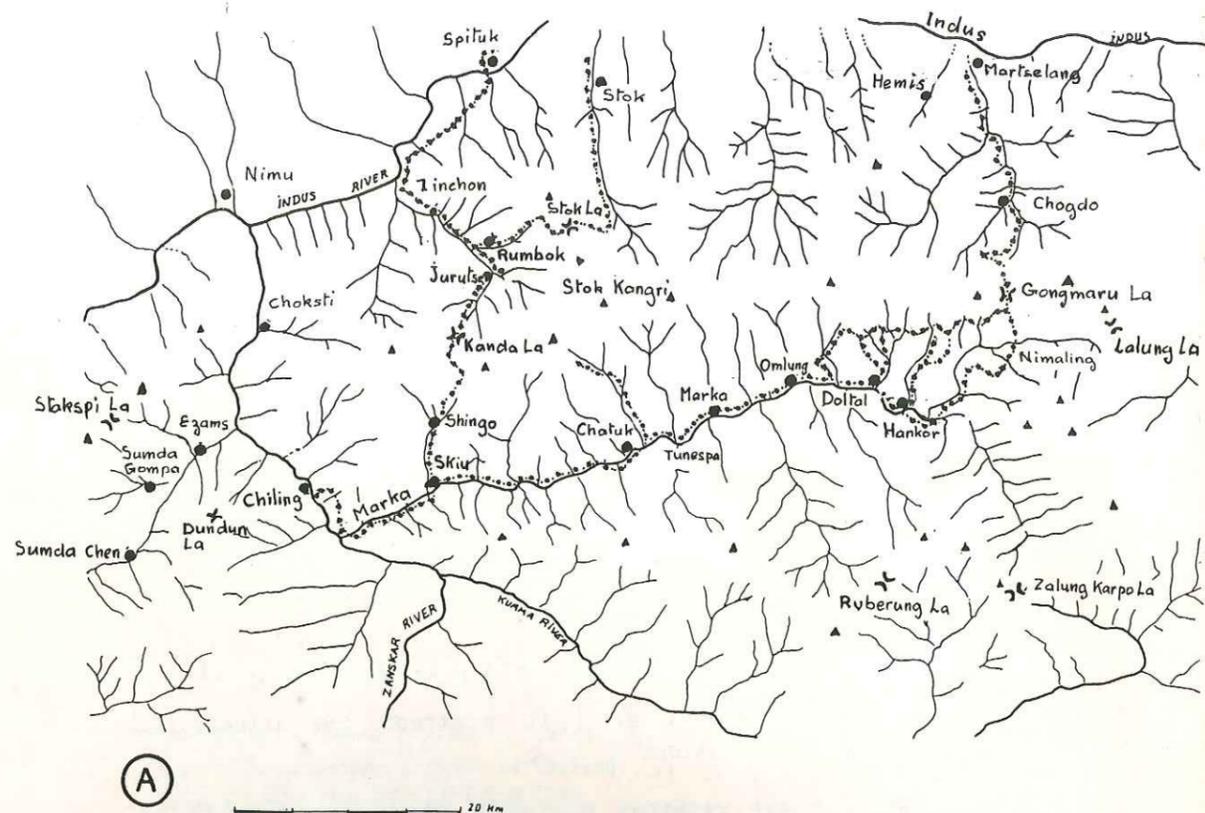


fig. II.1 - Itinéraires entre Lamayuru et Nimaling
 A: entre la Zaskar et Nimaling ;
 B: entre Lamayuru et la Zaskar

Ces coupes nous permettrons d'étudier la discordance d'érosion des formations de Skyu-Chiling sur les sédiments de marge nord.

Secteur du versant rive gauche de l'Indus entre Hémis et la Yapola

Ces coupes nous permettrons de décrire les formations de la marge nord et leur relations avec les terrains de la bande nord des Mélanges Colorés.

Quatre coupes complètes, depuis le batholite jusqu'à la suture, nous permettrons de raccorder ce secteur avec les extrémités Est et Ouest du secteur Chiling-Lamayuru: la coupe du Stakspi La et celle du Spanting La à l'Est, celles du Tar La et de la Yapola à l'Ouest.

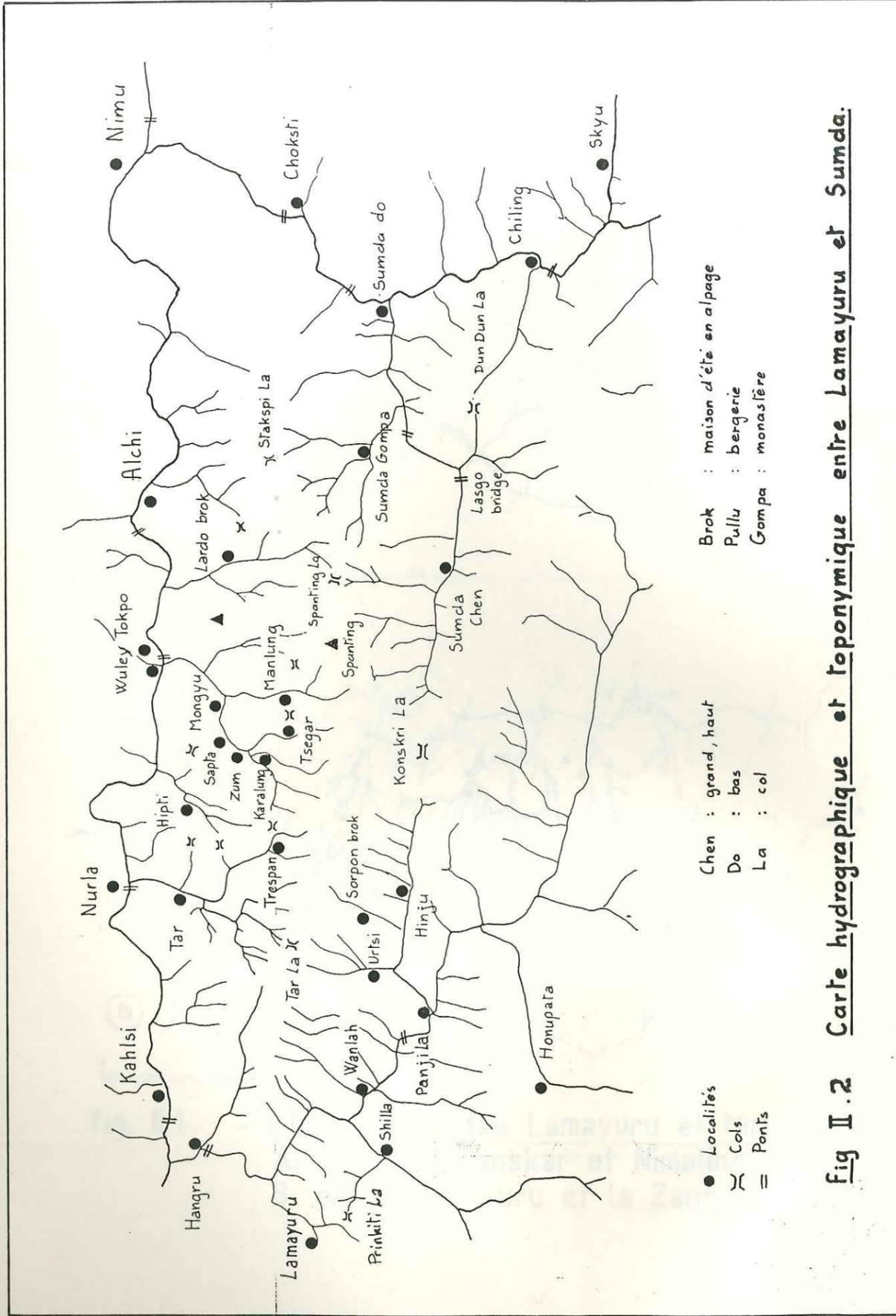
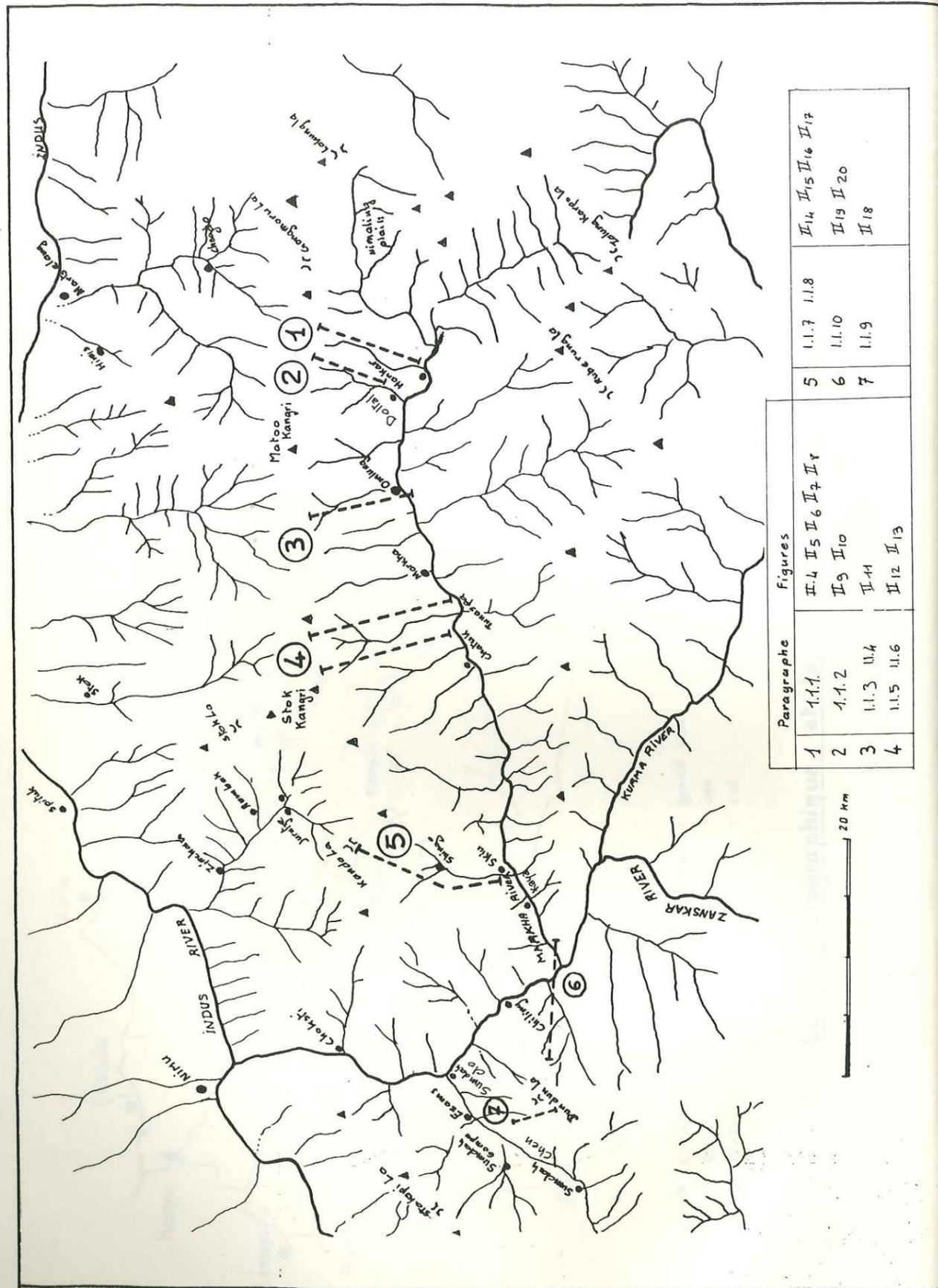


Fig II .2 Carte hydrographique et toponymique entre Lamayuru et Sumda.

Faint, illegible text or bleed-through from the reverse side of the page, possibly containing a table or additional notes.



Paragraphe	1	1.1.1	II.4	II.5	II.6	II.7	II.8	II.14	II.15	II.16	II.17
	2	1.1.2	II.9	II.10				II.19	II.20		
Figures	3	1.1.3	II.41					II.18			
	4	1.1.5	II.4	II.12	II.13						
	5	1.1.7	1.1.8								
	6	1.1.10									
	7	1.1.9									

- 1.1 -
SECTEUR NIMALING-CHILING

- GENERALITES -

Situation géographique.

Les coupes suivantes concernent la partie de la bande sud des Mélanges Colorés située entre le Gongmaru La et le village de Chiling (carte fig. II.1).

Vers l'Est, cette bande de terrain, bien visible sur les scènes Landsat, traverse la rivière Zanskar pour affleurer en rive droite de la vallée de la Marka, juste en dessous de la ligne de crête dominée par le Stock Kangri. Elle disparaît au niveau du Gongmaru La par biseautage tectonique (cf carte I.9 au tome I).

A l'Ouest de la zone décrite, ces terrains forment le sommet qui surplombe au Nord la localité de Chiling.

Elle réapparaît beaucoup plus à l'Est, dans la zone interdite, au niveau des Nidar ophiolites (V.C. Thakur et al. 1983).

Situation des coupes:

Les coupes sont situées sur la carte de la figure II.3.

Problèmes de nomenclature stratigraphique.

Je ne séparerai pas toujours la Formation des Molasses de Chiling décrite par Sterne (1979) de la Formation des Conglomérats de Skyu (ou Skio), au sens de Fuchs (1984).

En effet, les terrains qui les composent sont découpés en unités tectoniques cartographiquement discontinues, elles ne sont pas datées et leurs faciès lithologiques ne sont pas discriminants (puisque semblables): il est donc pour l'instant quelque peu illusoire de vouloir à tout prix les classer dans des formations différentes. De plus on sent bien, par leur lithologie, que ces unités lithostructurales ne font pas partie d'unités stratigraphiques fondamentalement différentes.

Le terme "Groupe de l'Indus" sera pris au sens de Van Haver (1984) et celui "d'anticlinorium de Miru" au sens de Brookfield (1984).

aligner a sens

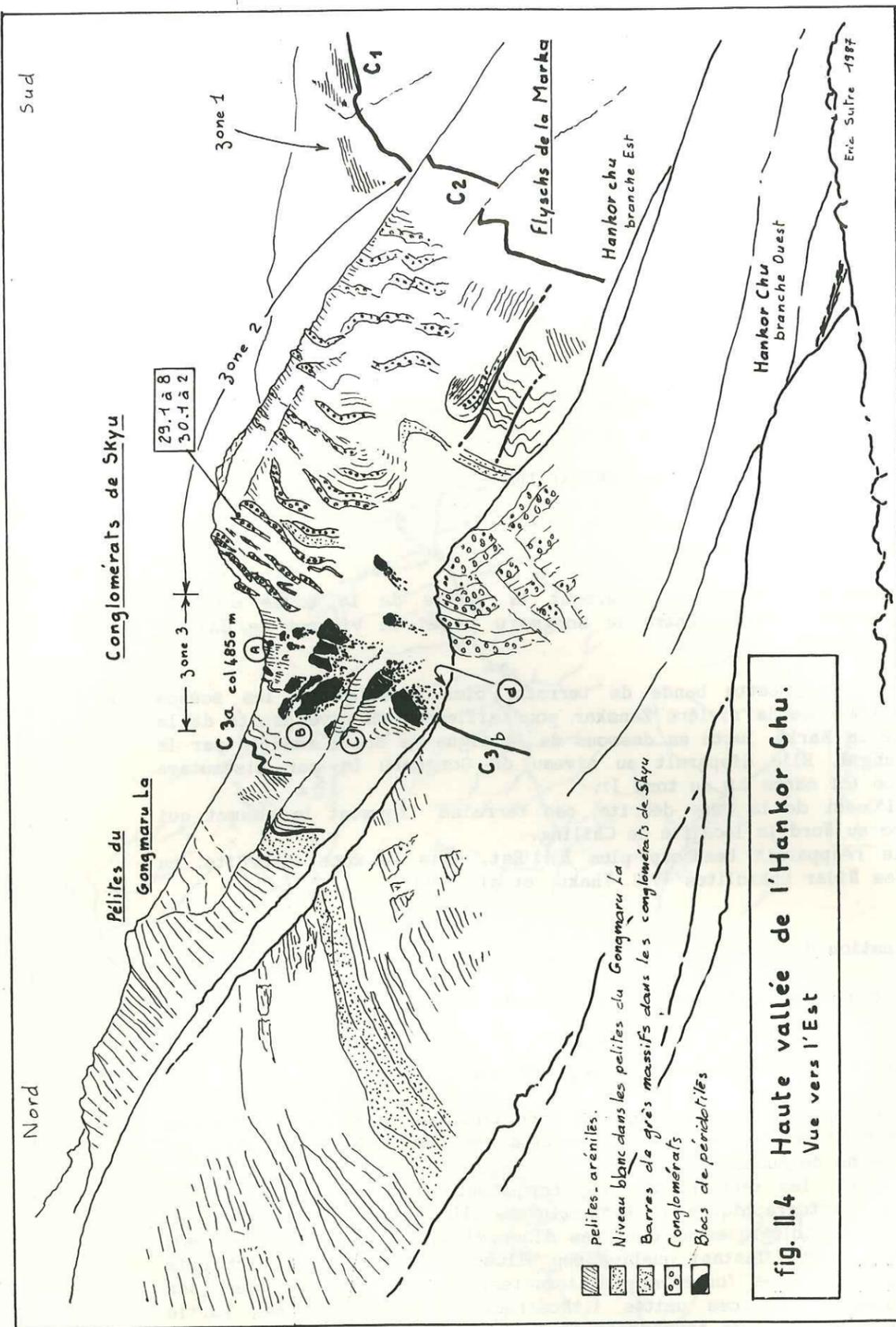


fig. II.4 Haute vallée de l'Hankor Chu.
Vue vers l'Est

1.1.1 - COUPE D'HANKOR

E. Sutre 1983, B. Réginensi et E. Sutre 1984.

Cette coupe est décrite du Sud vers le Nord. Voir la figure générale II.4 et les coupes de détail: fig. II.5 à II.8.

J'ai utilisé un découpage en zones car les relations entre les différents corps sédimentaires sont incertaines.

1.1.1.1 Présentation et tectonique.

Au Sud, la zone 1 de la formation est en contact tectonique (C₂) avec les flyschs de la Marka (équivalents, pour partie, des flyschs de Lamayuru: Steck, Baud, Fuchs). Ce contact est très raide, à l'opposé de C₁, qui est subhorizontal, et qui est peut-être une discordance localement reprise par des failles.

pas clair *

La zone 2 est plissée en plis décamétriques à hectométriques d'axes N 120- SE 35. La schistosité de fracture est en éventail dans les plis. Des cisaillements plats décalent les bancs (fig. II.4 en bas à droite).

La zone 3, au niveau du col, est assez-peu affectée par la tectonique. Par contre les masses de brèche ophiolitique ont joué le rôle de noyaux durs et les bancs qui les entourent sont affectés par des replis.

Au Nord, les relations avec les formations post-ilerdiennes du Groupe de l'Indus ne m'apparaissent pas clairement: il m'est difficile de savoir s'il s'agit d'accidents tectoniques ou de discordances d'érosion.

Ainsi C_{3a}, au col 4850, a-t'il toutes les apparences d'un contact discordant des molasses de Skyu sur les pélites du Gongmaru La, alors qu'en C_{3b} il est tectonique.

1.1.1.2 Description des terrains.

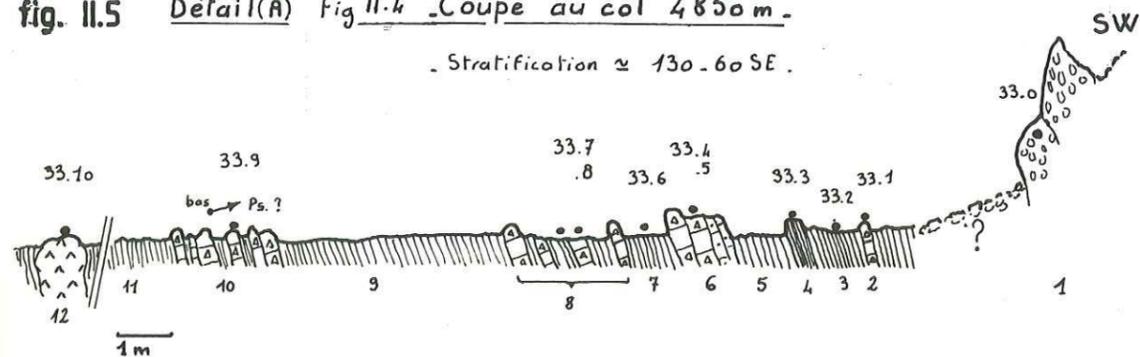
* Sédiments de la zone 1:

il semblerait que des formations conglomératiques rouges sub-horizontales soient en contact discordant ou tectonique avec les flyschs de la Marka (contact C₁) de la fig II.4. A vérifier.

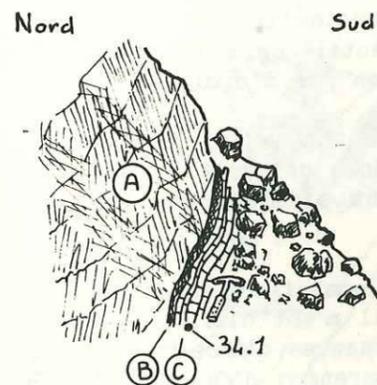
* 6,4

** Sédiments de la zone 2:

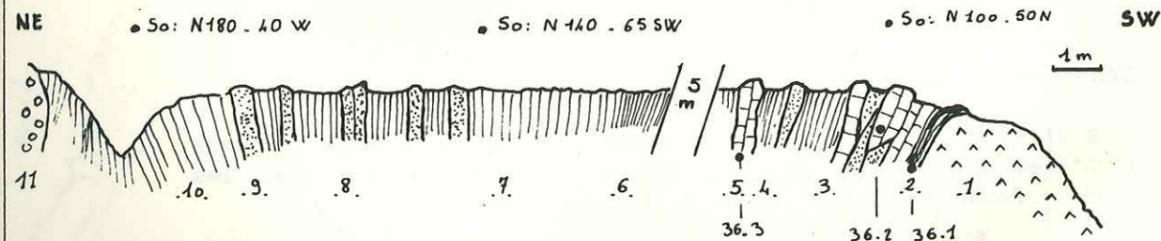
Séquences conglomératiques d'orthoconglomérats argilo-sableux, de rudites à éléments de la taille des granules et des galets, alternant avec des séquences moins grossières de greywackes brunes ou rouges, de bancs lenticulaires de calclithites, de calcaires conglomératiques et de calcaires fins.

fig. II.5 Détail (A) Fig. II.4 Coupe au col 4850 m.

- | | |
|--|--|
| 1 - Conglomérats à matrice calcaire et à galets de péridotites, calcaires illerdiens, laves et greywackes. | 7 - Greywackes vertes & argentées. |
| 2 - Banc de calcaire conglomératiques (granules) | 8 - Calcaires en bancs décimétriques avec galets mous de pélites et détritisme ophiolitique. |
| 3 - 4 - 5 - Pélites et arénites vertes et argentées | 9, 11 - Greywackes vertes. |
| 6 - Calcaires conglomératiques (ϕ max. 7 cm) détritisme ophiolitique - Lamellibranches. | 10 - Calcaire greywackeux & conglomératique |
| | 12 - Bloc d'ophiolites dans des marnes calc. |

fig. II.6 Détail de la base du bloc de péridotite (B) Fig. II.4 (4550 m)

- | |
|---|
| A - Péridotite ou brèche d'ophiolite non altérée et portant une schistosité sub-horizontale. |
| B - Zone humide noire de mélange entre les péridotites altérées et les marnes calcaires. |
| C - Calcaires marneux à lamellibranches, marnes, silts greywackeux à lamines. Détritisme ophiolitique fin (serpentinites et spinelles). |

fig. II.7 Détail de la lithologie au Nord du bloc de péridotite (C) Fig. II.4

- | | |
|--|---|
| 1 - Péridotites et brèche d'ophiolite massive. | 7 - Grès fins à ciment calcaire et pélites calcareuses. |
| 2 - Marnes noires: altération de péridotites | 8 - Calcaires rouges à passées de pélites rouges |
| 3 - Calcaire silteux, finement lité, alternant avec des passées détritiques. | 9 - Shales et grès fins à ciment calcaire |
| 4 - Pélites et greywackes finement litées, couleur rouge. | 10 - Ardoises fines, à lamines, et banes de grès fins |
| 5 - Calcaires à patine jaune-vert. Détritisme ophiolitique fin. | 11 - Conglomérat à galets arrondis: quartziles, grès bruns et verts, passées pélitiques rouges. |
| 6 - Pélites rouges. | |

Les chenaux conglomératiques contiennent des galets de diamètre maximum 25cm. On y trouve:

- Des galets de calcaire à Nummulites et Alvéolines illerdiens (au sens de Blondeau (1986). Voir les faunes dans Baud & al. 1982 et G. Fuchs 1984.
- Des clastes de toutes tailles de péridotites (wehrlites, harzburgites) serpentinisée ou totalement pseudomorphosées par la calcite.
- Des clastes de brèches de la séquence ophiolitique (clastes de brèches marine ophiolitique lithifiées ?).
- Des galets de lave microlithique à baguettes de plagioclase.
- Des quartzites légèrement psammitiques à grains (médium sand) engrenés, nourris. Elles sont assez déformées.
- Des galets de tuffites vertes, fines, à radiolaires, principalement formées de chlorite (verre volcanique dévitrifié ? Sables serpentiniteux marins ?).
- La matrice des conglomérats est une greywacke dans laquelle la chlorite et les matériaux serpentiniteux dominent (voir analyse en annexe 2). La calcite est abondante comme ciment primaire et secondaire. *Vu analyse? - introuvable.*

les arénites et wackes montrent des stratifications obliques et les sables fins des lamines centimétriques parallèles. Ce sont:

- Des greywackes contenant, en moyenne, plus de 20% de chlorite bien cristallisée et de matériaux serpentiniteux, de la calcite primaire ou secondaire, du quartz détritique parfois très immature, aciculaire, du quartz secondaire, du détritisme ophiolitique sous la forme de spinelles et de clastes péridotitiques plus ou moins serpentinisés.
- Des silts fins de composition pétrographique similaire aux greywackes.

Des niveaux carbonatés se rencontrent sous la forme de:

- Calclithites conglomératiques ou de calcaires plus ou moins sableux. Ce type de brèche carbonatée à clastes fréquemment non jointifs, présente parfois un litage interne marqué, ce peuvent être des turbidites lacustres, quand elles sont litées, ou des croûtes calcaires continentales.
- De calcarénites ou calcirudites lacustres ou fluviatiles: ce sont des micro-brèches de calcaire détritique à bioclastes remaniés (nummulites, alvéolines). On consultera les déterminations de faune de G. Fuchs (1984): elles se rapportent à l'Ilerdien.

La matière organique a été recherchée dans les niveaux les plus fins, mais les tentatives d'extraction à l'acide fluorhydrique n'ont pas été couronnées de succès: le culot était constitué de chlorites et de minéraux serpentiniteux.

Au Sud, les séquences grés-pélitiques rouges dominent, marquant des niveaux de plaine alluviale.

Environnement sédimentaire: La présence des niveaux carbonatés, ainsi que les séquences lithologiques, caractérisent des dépôts de piedmont: cônes alluviaux et plaine alluviale à fleuves à chenaux en tresses et lacs temporaires.

*** Sédiments de la zone 3:

Contrastant avec ceux de la zone 2, ils sont principalement formés de bancs décimétriques, rarement métriques, dont l'extension Est-Ouest est kilométrique.

L'extension des bancs, leur épaisseur constante, la présence fréquente de lamines centimétriques parallèles dans les sédiments fins, la présence de lumachelles à lamellibranches dans des niveaux silto-calcaires, l'absence de chenaux lenticulaires, semblent caractériser un environnement lacustre protégé des arrivées détritiques grossières.

Les clastes des ces sédiments détritiques sont de même nature que ceux de la zone 1. La matrice, et/ou le ciment, sont majoritairement carbonatés. En fait, il doit s'agir, comme à Urtsi (cf annexe 3), de dolomie.

Les ortho- et paraconglomérats (diamètre maximum des clastes 10cm, avec un maximum de fréquence entre 3 et 5cm) sont assez rares.

Les greywackes (de la taille des sables), les arénites, les silts et les mudstones argilo-calcaires sont majoritaires.

L'échantillon 33.06 (coupe fig. II.5) provient d'un banc métrique de greywackes vertes à ciment calcaire, dont il représente un des lits centimétriques. L'analyse exposée à l'annexe I montre qu'il s'est déposé dans un environnement de tête de réseau hydrographique.

Les calcaires greywackeux, en bancs décimétriques sont fréquents.

Les calcaires conglomératiques, en bancs pluridécimétriques lenticulaires sont plus rares.

Un banc de calcaire conglomératique est exposé à la figure II.8. On remarquera le banc de base de paraconglomérats, suivi d'orthoconglomérats à litages obliques. Ces calcaires sont interprétés comme des turbidites lacustres (cf discussion Tome I sur les niveaux calcaires de la Formation de Skyu-Chiling).

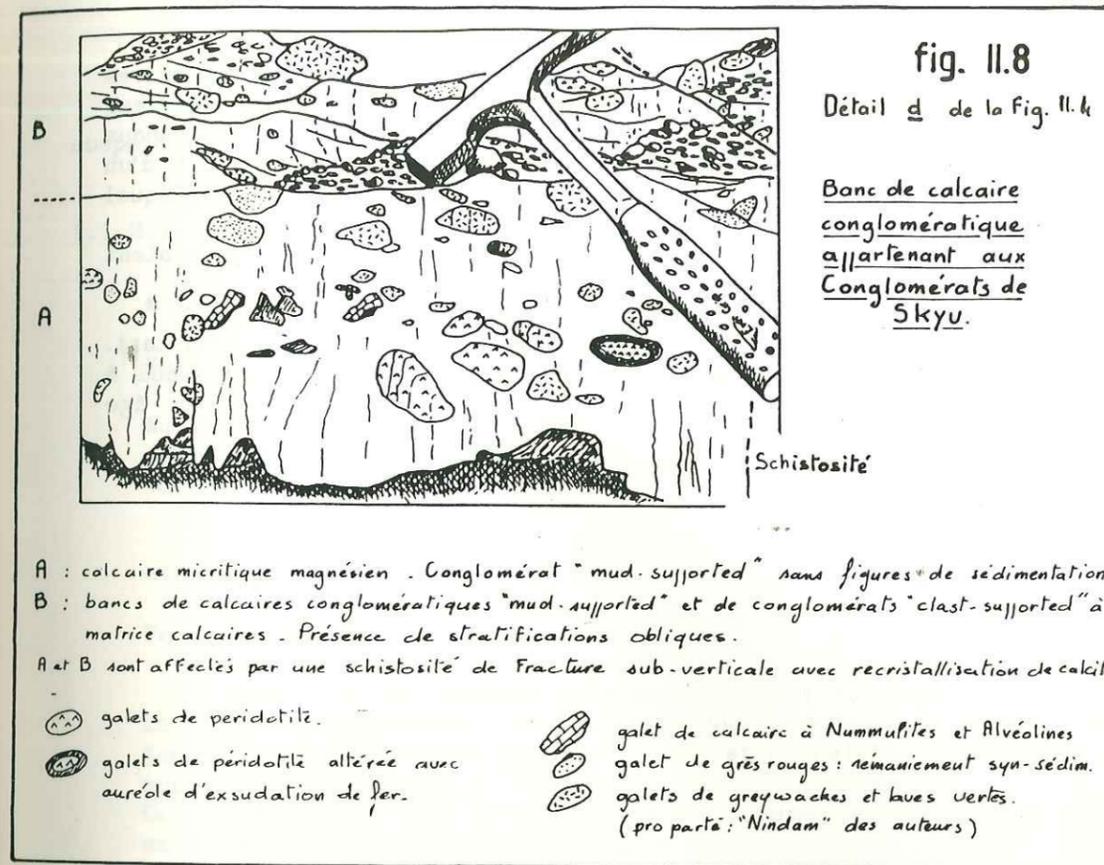
Des masses hectométriques anguleuses de brèche à éléments de la série ophiolitique sont interstratifiés dans cette sédimentation. Les coupes de détail A, B, C et D (fig. II.5 à II.7) donnent un aperçu de l'environnement sédimentaire de ces masses.

Le contact entre ces masses et les sédiments encaissants est très difficile à observer sur les affleurements, car l'eau se concentre à l'interface et altère complètement ceux-ci. Toutefois, un affleurement m'a permis d'observer un contact que l'on peut raisonnablement qualifier de sédimentaire entre une masse de brèche ophiolitique et des silts argilo-greywacko-calcaires lumachelliques à lamines centimétriques bioturbées contenant des spinelles et des serpentinites (détail C, fig. II.6).

Ces masses de brèche ophiolitique sont interprétées comme des olistolites déposés dans un lac et provenant de proches escarpements.

Nature de ces masses ophiolitiques:

Des masses métriques de brèches situées à l'Est du col 4850 (fig. II.4) semblent contenir des brèches de pillows: s'agit-il des pillows post-Maestrichtiens du Mélange d'Omlung (cf coupe II.11) ?



A l'oeil nu, les masses des zones B et C du panorama II.4 sont semble-t-il formées, soit par des péridotites massives, soit par une brèche de péridotite bien lithifiée à matrice détritique péridotitique ou serpentineuse. Ces dernières peuvent être qualifiées de brèches monogéniques ophiolitiques, car formées d'un seul constituant, monogéniques, car il n'y a qu'une seule phase de bréchification, marines, car il est vraisemblable que la bréchification et la lithification se sont produites en milieu océanique. En effet la lithification de ces brèches est beaucoup plus poussée que celle des sédiments continentaux formant l'encaissant des masses.

Nous les distinguerons des brèches monogéniques polygénétiques ("brèches de brèches"); brèches marines monogéniques ophiolitiques lithifiées, elles mêmes bréchifiées et plus ou moins consolidées en ambiance continentale.

1.1.1.3 En résumé.

Les sédiments des zones 2 et 3 sont formés de corps sédimentaires représentant un environnement continental de piedmont: cônes alluviaux débouchants dans une plaine alluviale à fleuve ou torrent à chenaux divagants, lacs temporaires. Les sédiments de la zone 3 témoignent d'un milieu lacustre protégé des arrivées conglomératiques, mais dans lequel glissaient des olistolites de brèche marine ophiolitique.

Certaines masses de brèches à éléments de pillows lavas pourraient dériver des coulées post-Maestrichtiennes du Mélange d'Omlung.

Datations: aucun fossile déterminable n'a été trouvé pour l'instant. La présence de galets de calcaires à nummulites et alvéolines (A. Baud & al. 1982, G. Fuchs 1984) permet seulement de leur attribuer un âge postérieur à l'Ilerdien-Cuisien.

1.1.2 - COUPE DE LA DOLTAL CHU

Sutre 1983, Bénédicte Réginensi et Sutre 1984.

Description de la coupe du Sud vers le Nord. Panorama fig. II.9 et coupe afférente fig. II.10.

1.1.2.1 Description des terrains.

* **Sédiments de la zone 1:**

Formation des flyschs de la Marka (éch. 165.04).

Au Nord de l'échantillon 165.04 (fig. II.9) la Formation de Chiling semble être en discordance d'érosion sur les Flyschs de la Marka (contact C₁).

** **Sédiments de la zone 2:**

Formation de Skyu-Chiling:

Chenaux de conglomérats alternant avec des arénites. Les ortho-conglomérats contiennent des clastes de laves, de turbidites greywackeuses de type Nindam et de galets de calcaires à nummulites et alvéolines. Ces séquences peuvent être interprétées comme faisant partie d'un environnement éluvial et/ou fluvial.

En rive droite, à environ 300 mètres au dessus du torrent, des conglomérats contenant des blocs de péridotite, de marbre et de calcaires sont discordants sur une barre calcaire appartenant aux Flyschs de la Marka.

Ces terrains sont fortement affectés par la tectonique sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

Au Nord, cette écaille est séparée de la zone 3, représentée ici par des conglomérats monogéniques à galets de péridotites, par une faille (C₂ ?)

*** **Sédiments de la zone 3:**

Il existe, au Sud, trois types de contacts:

- Avec les flyschs de la Marka (contact C₁ sur la crête): le contact doit être tectonique, mais plus bas (cf supra, au droit de l'échantillon 165.04) le contact peut être une discordance.
- Avec les sédiments de la zone 2 (contact C₂): localement il est clair qu'il s'agit d'une faille, par endroit il semble probable qu'il y ait une discordance d'érosion de 3 sur 2.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

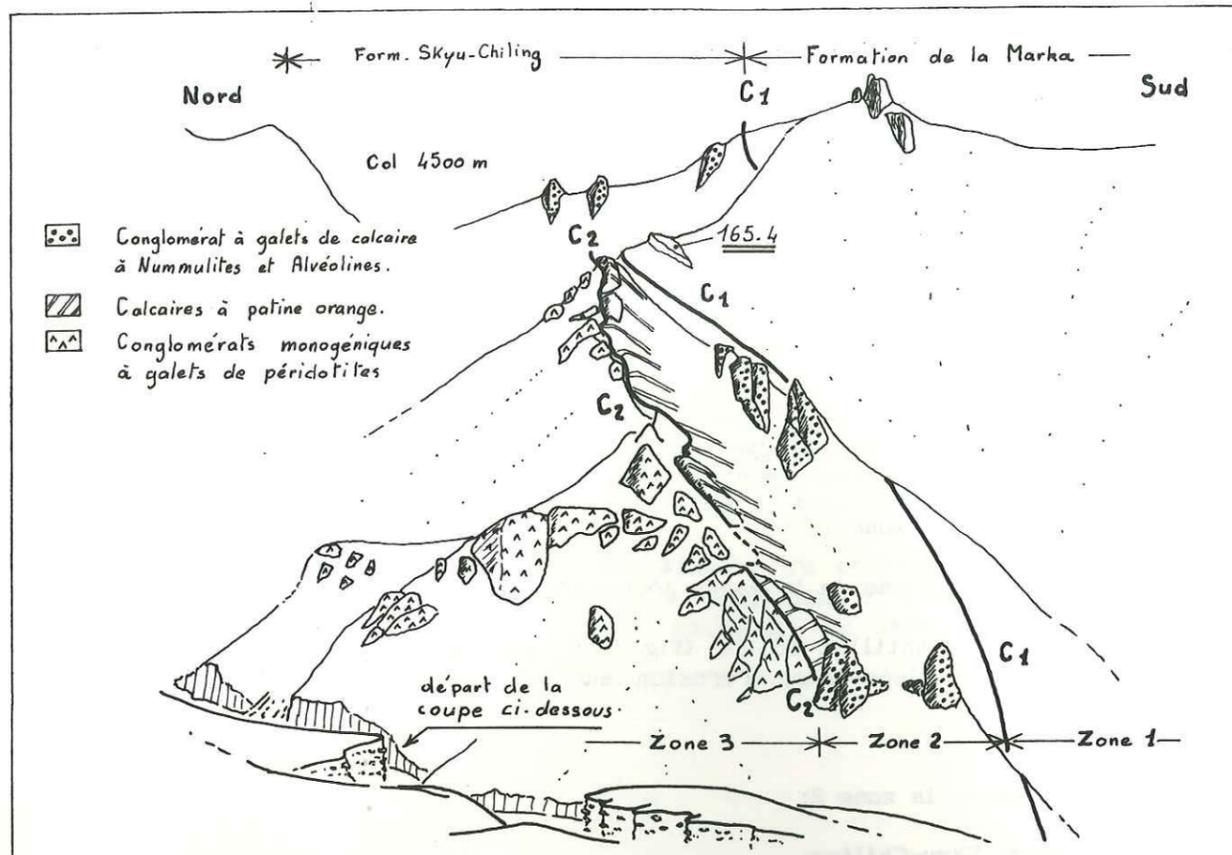


fig. II.9 .Panorama vers l'Est de la Doltal Chu.

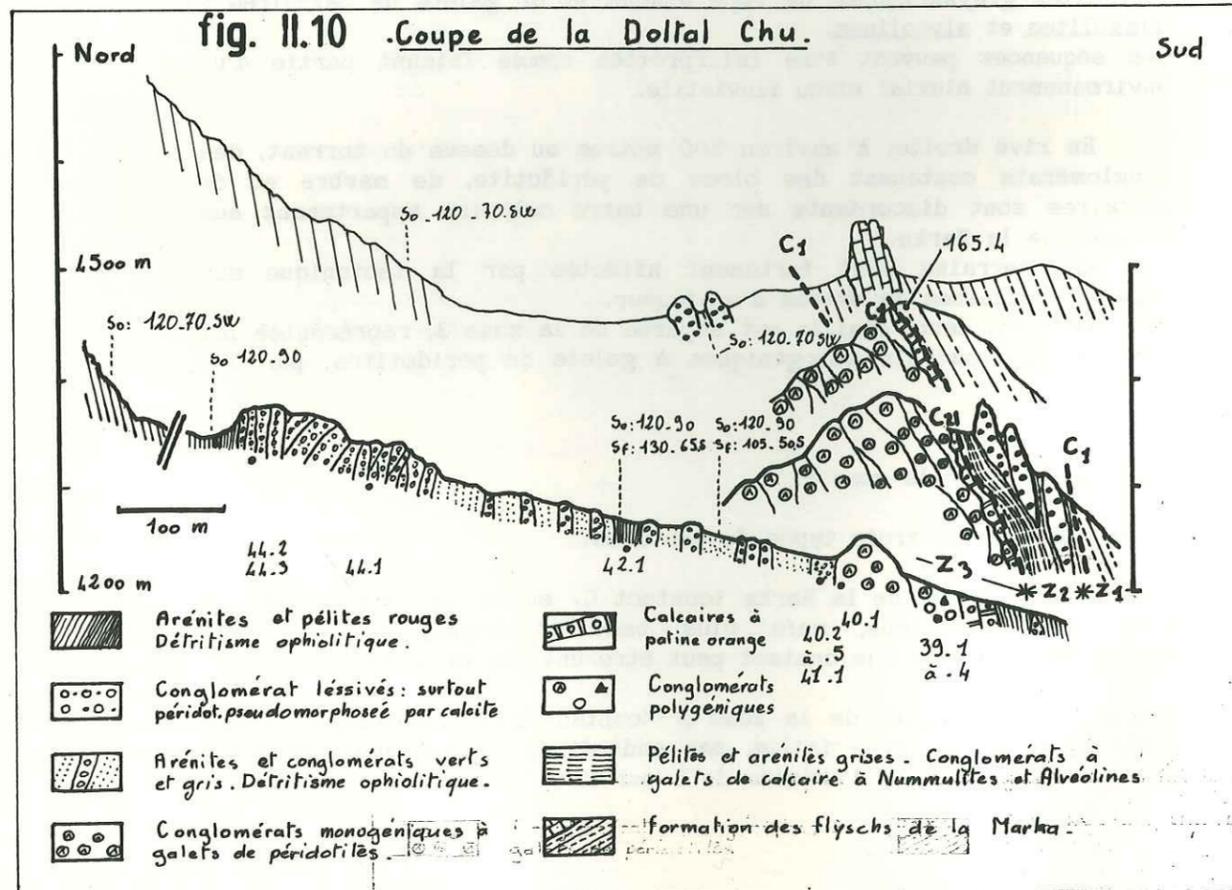


fig. II.10 .Coupe de la Doltal Chu.

Au Nord, je n'ai pas pu observer la nature du contact avec les sédiments de l'anticlinorium de Miru.

Lithologie de la zone 3, description du Sud vers le Nord de la coupe dans le fond de la vallée:

- 1 m environ d'une sorte de calcaire dolomitique parfois conglomératique, il doit s'agir de minéralisations phréatiques précoces se localisant au niveau de C₂.

- 50 à 100 m de conglomérats polygéniques à la base (sur 2 à 10 m) et monogéniques ensuite.

@ les conglomérats polygéniques remanient des clastes de nature similaire à ceux décrits dans la zone 2, avec toutefois une forte proportion de péridotites, tant dans les clastes que dans la matrice.

@ les orthoconglomérats monogéniques contiennent uniquement des galets et blocs arrondis (taille maxi 40cm) de péridotite plus ou moins serpentinisée, dans laquelle les textures primitives et des reliques des minéraux primaires (pyroxènes, spinelles) sont encore très reconnaissables. Ces blocs sont soit des péridotites massives, soit ce que j'interprète comme des brèches marines ophiolitiques lithifiées. La matrice est uniquement constituée de matériel serpentineux, dont la taille va des silts aux granules. Cette matrice est parfois entièrement épigénisée par la calcite ou la dolomie.

Dans ce dernier cas, il faudrait voir s'il ne pourrait pas s'agir d'anciennes ophicalcites.

A l'Ouest, sur la rive droite, ces conglomérats sont organisés en sortes de bancs décamétriques d'extension Est-Ouest kilométrique, plus ou moins granoclassés, dont l'épaisseur totale avoisine 400 m. On peut y trouver quelques rares blocs arrondis (diamètre ≈ 25cm) de calcaire recristallisé. Un des blocs est un morceau de madrépore.

J'interprète ces terrains comme des conglomérats continentaux ophiolitiques polygénétiques, dus à des processus d'érosion continentale tertiaire agissant sur des masses de plancher océanique portant des brèches marines ophiolitiques.

- 400 m environ d'orthoconglomérats et d'arénites.

Ces conglomérats polygéniques contiennent des galets de type Nindam (essentiellement turbidites volcano-sédimentaires), des galets d'ophiolites et du détritisme ophiolitique fin, des galets de remaniement syn-sédimentaire.

L'analyse granulométrique de l'échantillon 42.01 prélevé dans un banc d'arénite rouge (fig. II.10 et annexe I) indique un milieu de dépôt de cours d'eau ou de plaine alluviale, lors d'une phase de décrue.

L'analyse des argiles (annexe II) montre un très faible pourcentage d'interstratifiés très irréguliers: on peut en déduire qu'un climat aride régnait lors de leur dépôt et lors de leur pédogénèse, ce qui est confirmé par l'analyse de l'échantillon 40.05.

Les bancs de conglomérats dans lesquels ont été prélevés les échantillons 44 (fig. II.10) sont d'un type spécial. Il s'agit de

"sieve deposits" (dépôts lavés). Ce sont des conglomérats dont les fines ont été évacuées par la percolation de l'eau: ce sont des dépôts épisodiques, occasionnels, de cône alluvial. Leur nature pétrographique est similaire à celle des autres dépôts, à ceci près que la calcite a épigénisé la majorité des clastes.

1.1.2.2 La tectonique dans la zone 3.

Elle s'exprime ici par une forte schistosité de fracture et par la rotation des clastes dans les conglomérats.

Une vingtaine de mètres au Sud de l'échantillon 42.01, les clastes des conglomérats (de type para- à ortho-, bimodaux) montrent à leur pourtour un cortex de fibres syntectoniques sigmoïdes de calcite. Les clastes de péridotites montrent, de plus, une auréole rouge d'exsudation d'oxydes. La matrice de ces conglomérats est une arénite calcaire.

Ces critères montrent une phase de compression sub-horizontale de direction N 120.

1.1.2.3 En résumé.

-- Dans cette coupe est préservée une discordance d'érosion des conglomérats de Skyu-Chiling sur les Flyschs de la Marka de marge indienne: c'est à ma connaissance, à part à Omlung, le seul endroit entre Nimaling et Lamayuru où cette discordance est visible.

- La présence d'énormes affleurements de conglomérats monogéniques à éléments de péridotites indique la proximité, à l'époque de leur dépôt, d'un relief individualisé dans des ophiolites.

- Les dépôts de la Formation de Skyu-Chiling se sont sédimentés dans des plaines alluviales, très près des têtes de réseaux hydrographiques.

1.1.3 - COUPE D'OMLUNG GOMPA

Description du Sud vers le Nord de la figure II.11 dessinée d'après A. Baud & al. et Fuchs (1984-85), modifiée par moi-même en 1983 pour le Matoo Kangri.

- 1 - Formation des flyschs de la Marka
- C₁ - Contact tectonique.
- 2 - Formation à blocs: calcaires recristallisés interstratifiés avec des laves, matrice pélitique. Voir Baud 1982 et Fuchs 1984,86.
- C₂ - D'après Talon: discordance d'érosion de 3 sur 2.
- 3 - Conglomérats monogéniques à galets de péridotites, arénites et conglomérats polygéniques à détritisme ophiolitique.
- C₃, C₄ - Contacts tectoniques.
- 4 - Molasses rouges tardives de Talon, discordantes sur 5: équivalent des conglomérats de Skyu?
- C₅ - Discordance de 4 sur 5, souvent reprise par la tectonique.
- 5 - Conglomérats post-ilerdien du Groupe de l'Indus.
- C₆ - Discordance d'érosion ? Passage sédimentaire continu ? Il est peu probable qu'il s'agisse d'un accident tectonique.
- 6 - Présence, au sommet du Matho Kangri, de conglomérats à galets de péridotites. Echantillons rapportés par E. Jaillard en 1983.

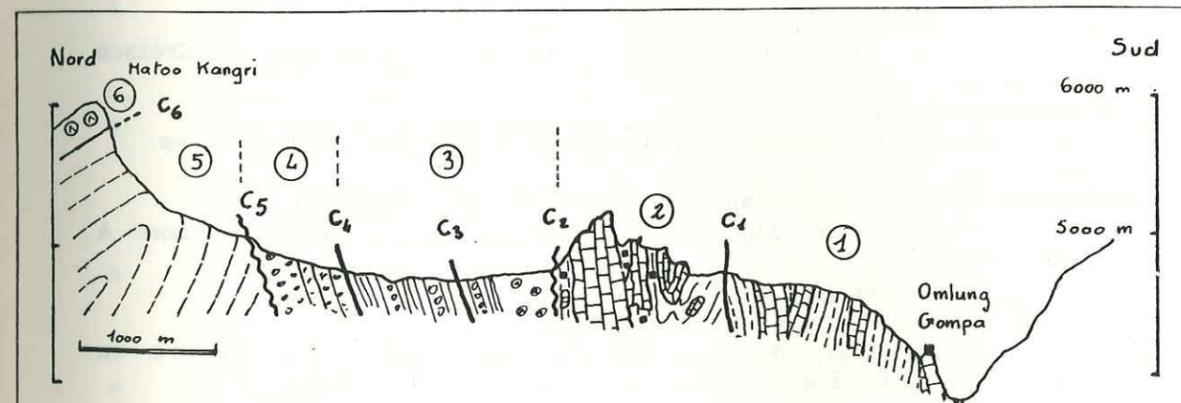


fig. II.11 Coupe d'Omlung Gompa. D'après Fuchs et Baud et al modifié

- Conglomérats monogéniques à galets d'ophiolites non altérées.
- Conglomérats monogéniques à galets d'ophiolites très altérées.
- Calcaires à patine orangée ou jaune, parfois conglomératiques.
- Arénites et conglomérats polygéniques.
- Roches volcaniques interstratifiées dans les marbres d'Omlung.
- Formation des flyschs de la Marka (équivalent Est de la formation de Lamayuru).
- Discordance d'érosion.
- Contact tectonique (ou discordance douteuse).

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

En résumé:

Nous voyons apparaître dans cette coupe, en plus des terrains appartenant à la Formation de Skyu-Chiling, la formation marine 2, caractérisée par l'association de carbonates et de volcanisme.

G. Fuchs (1984-85) l'interprète comme représentant une partie distale des flyschs de la Marka, située dans la zone de transition entre croûte continentale et croûte océanique sur la marge sud-téthysienne.

K. Honegger (in A. Baud & al. 1982) place ces laves alcalines dans ses "Triassic Volcanics" et par conséquent, dans un premier temps, nous pensions rattacher cette série à la Formation de Sapi-Karamba, mais C. Talon, dans sa communication du 6 Octobre 1988 au Colloque Himalaya-Karakoram-Tibet de Lausanne, nous a donné la description suivante, issue de nouvelles observations faites durant l'été 1988:

1.1.4 - COUPE D'OMLUNG GOMPA. C. Talon 1988

Talon individualise une unité stratigraphique nouvelle: l'Unité des "Mélanges" d'Omlung, que l'on peut brièvement décrire de la manière suivante, de bas en haut stratigraphiquement:-

Unité inférieure:

- Harzburgite.
 - Basaltes, radiolarites, brèches, calcaires pélagiques du Crétacé supérieur.
 - Basaltes (pillows)
- L'unité inférieure est affectée de failles syn-sédimentaires.

Unité supérieure, en discordance angulaire sur la précédente:

- Calcaires pélagiques rouges du Maestrichtien supérieur (zone à Mayaroensis).
- Calcaires massifs (Maestrichtien sup, Paléocène ?).
- Basaltes (pillows et hyaloclastites).

La présence de hyaloclastites dans cette unité suggère un milieu de formation moins profond que l'unité inférieure.

Autre faits importants:

- Présence de conglomérats à galets de péridotites sur les formations de l'anticlinorium de Miru: confirmation de l'observation de Jaillard.

- Discordance de conglomérats à péridotites sur les sédiments de marge indienne, ce qui conforterait les observations de la coupe de Doltal.

1.1.5 - COUPE DE LA LATHO CHU

E. Sutre 1983, B. Réginensi & E. Sutre 1984.

Cette rivière est notée Lada Chu sur la carte américaine. Il s'agit d'une mauvaise translittération de "Latho", sorte de petite construction renfermant des reliques (notamment des petits cônes faits de tsampa et de cendres provenant de la crémation des morts). A l'entrée de cette rivière, celles-ci sont décorées de cornes de bouquetins (rgidox), de drapeaux à prières et éclaboussées de teinture ocre.

* Description de la rive gauche, du Sud vers le Nord de la figure II.12 (voir également la coupe de la rive droite, même figure)

- 1 - Flyschs de la Marka.
- C₁ - Contact tectonique.
- 2 - Turbidites vertes, plus ou moins calcaires, en rythmes centimétriques à décimétriques, plissées en plis semblables. Equivalent très probable de la formation à blocs 2 de la coupe d'Omlung ("Mélanges d'Omlung" de Talon ?). Ou bien séries turbiditiques volcanosédimentaires analogues à celles qui affleurent au NNW de Karamba, dans la région du Sapi La ?
- C₂ - Contact tectonique souligné de serpentine.
- 3 - Péridotite massive (wehrlite, harzburgite) non altérée.
- C₃ - Contact tectonique ou discordance ?
- 4 - Arénites et conglomérats à galets de calcaires ilerdiens. De part et d'autre de cette formation, on retrouve les carbonates à patine orangée.
- C₄ - Contact tectonique ?
- 5 - Conglomérats monogéniques à galets de péridotite massive et à galets de brèche d'ophiolites. Matrice de même nature avec pseudomorphose par la calcite. Les galets ne sont pas altérés en profondeur. Ils sont interprétés comme des conglomérats continentaux ophiolitiques polygénétiques.
- 6 - Conglomérats monogéniques identiques à 5, mais très altérés (talcs). Selon les dernières observations de C. Talon, il pourrait s'agir de hyaloclastites avec auréole d'altération, qui appartiendraient à l'unité des "Mélanges" d'Omlung.
- 7 - Wackes et conglomérats à détritisme ophiolitique.

** En résumé:

Jusque-là, nous avons du détritisme ophiolitique monogénique continental, mais nous n'en connaissons pas la source: c'est chose faite dans cette coupe, qui nous montre une masse de péridotite et son auréole détritique associée.

Il semble exister, ici, un autre type de niveau carbonaté: le niveau situé en dessous de C₄ serait assimilable, d'après Talon, à des précipitations chimiques le long d'un accident tectonique. Il en sera discuté au tome I.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

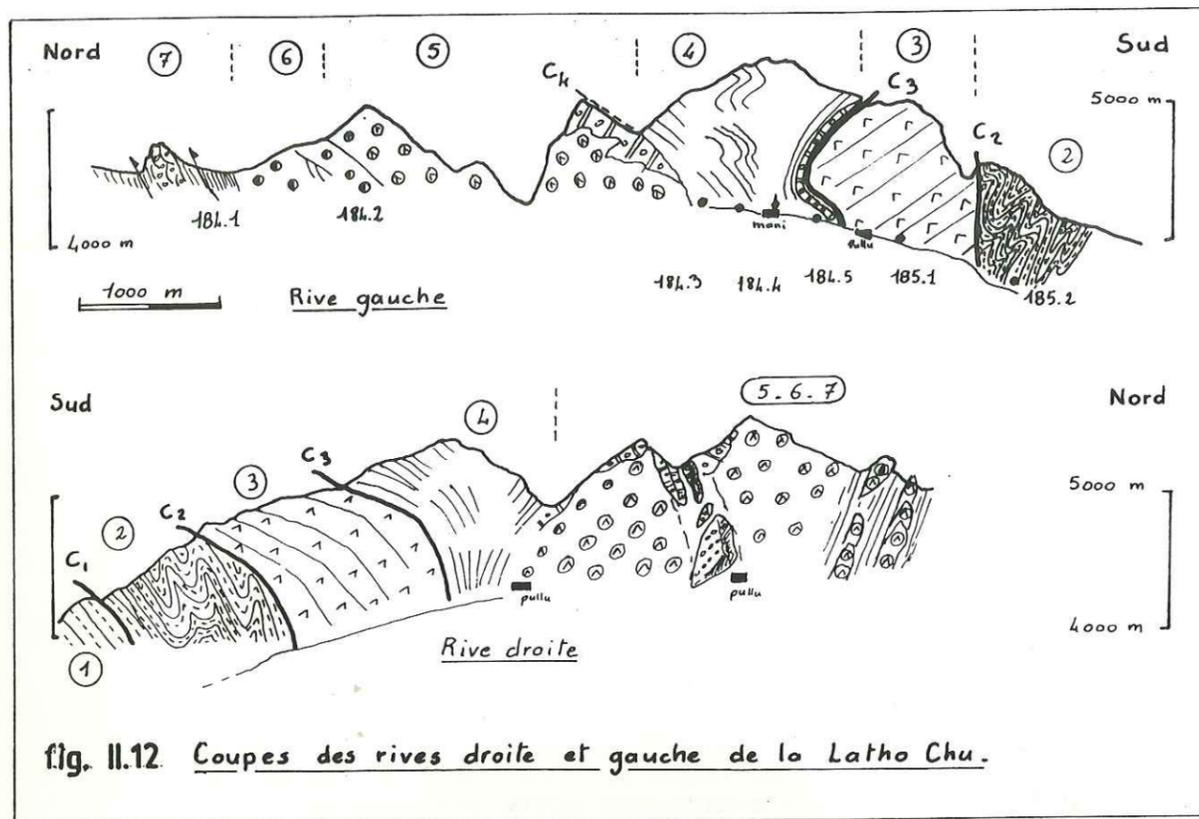


fig. II.12 Coupes des rives droite et gauche de la Latho Chu.

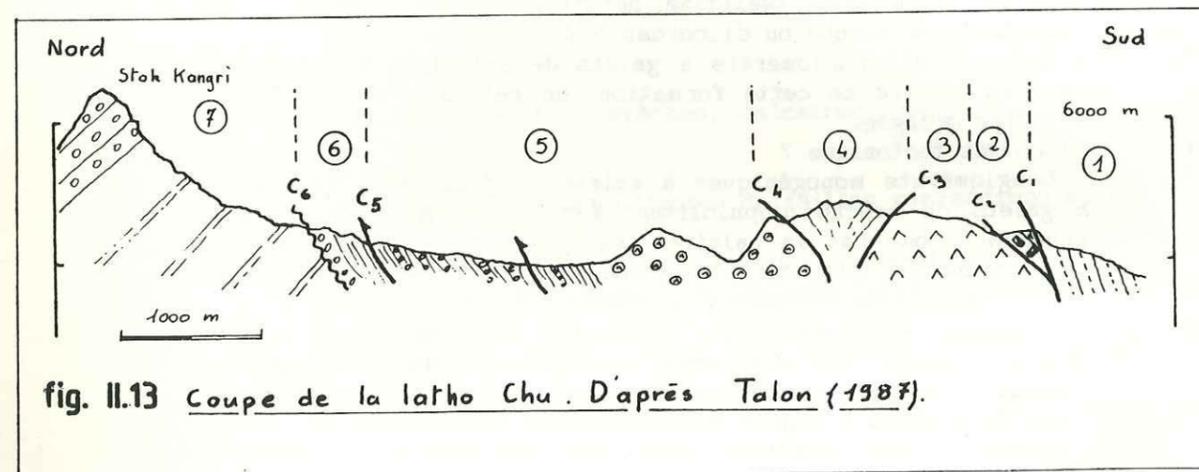
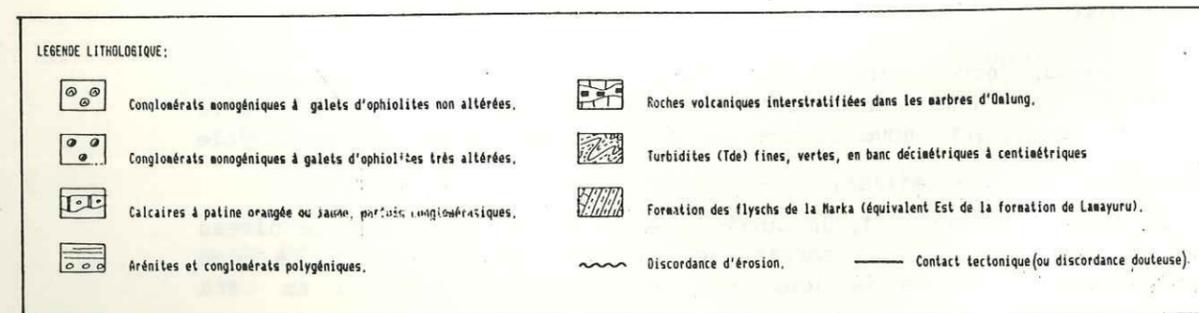


fig. II.13 Coupe de la latho Chu. D'après Talon (1987).



1.1.6 - COUPE DE LA LATHO CHU, C. Talon 1987

Schéma d'après une communication orale de C. Talon à l'himalayan workshop de Nancy, 1987.

* Description du Sud vers le Nord, figure II.13

- 1 - Flyschs de la Marka.
- C₁ - contact tectonique
- 2 - serpentines au contact C₁, puis formation à blocs.
- C₂ - contact tectonique.
- 3 - péridotites massives.
- C₃ - contact tectonique souligné par un niveau carbonaté jaune orangé.
- 4 - Conglomérats continentaux.
- C₄ - contact tectonique souligné par un niveau carbonaté jaune orangé.
- 5 - formations conglomératiques dont la partie Sud est exclusivement à galets de péridotites.
- C₅ - contact tectonique.
- 6 - série conglomératique discordante sur les séries de l'anticlinorium de Miru. Equivalente aux conglomérats de Skyu ?
- C₆ - discordance d'érosion.
- 7 - série de l'anticlinorium de Miru.

** En résumé:

On notera:

- Les contacts par faille entre les unités 4, 5 et 3, que j'interprète pour ma part comme des discordances d'érosion.
- La présence d'une formation à blocs (unité 2): "Mélange d'Omlung" ?
- La discordance C₆ de la Formation de Skyu-Chiling sur les séries de l'anticlinorium de Miru.

1.1.7 - COUPE DE SKYU-SHINGO, G. Fuchs 1984

Les noms de formations et les interprétations sont ceux employés par Fuchs.

* Description du Sud vers le Nord des unités structurales, figure II.14.

- MARGE INDIENNE:

Ce sont les flyschs de la Marka, équivalents Est de la Formation de Lamayuru.

- MARGE TIBETAINE ET CONGLOMERATS D'EPISUTURE:

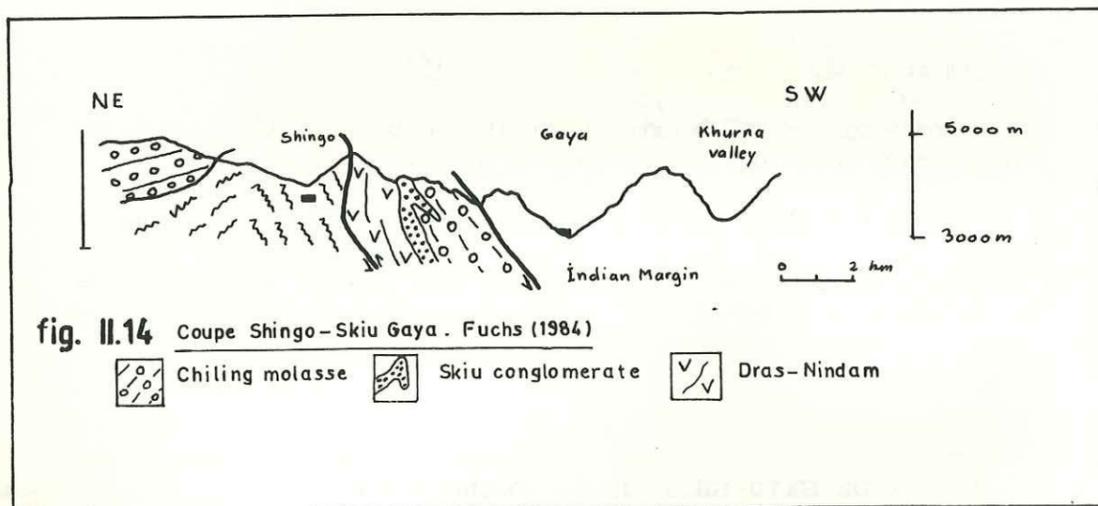
On rencontre, du Nord vers le Sud:

- Le Dras-Nindam: il s'agit des parties distales de la marge nord-téthysienne.
- Les Conglomérats Rouges de Skyu (Fuchs 1985): discordants sur le Dras-Nindam, sont suivis par les Molasses de Chiling définies par Sterne en 1979. Ces molasses sont post-ilerdiennes.
- Les sédiments de l'anticlinorium de Miru:

** En résumé:

On notera la discordance des molasses de Chiling sur les sédiments du Bassin de l'Indus, ainsi que la succession stratigraphique: conglomérats rouges de Skyu puis molasses de Chiling.

Dans l'état actuel des choses, cette distinction ne peut pas être étendue aux autres coupes.



1.1.8 - COUPE DE SKYU-SHINGO

E. Sutre 1983, B. Réginensi & E. Sutre 1984.

S'agissant de la coupe de la rive droite le Nord est à droite, contrairement aux coupes précédentes. Description du Sud vers le Nord, figures II.15 à II.17.

1.1.8.1 Principales unités structurales (fig. II.15).

Aucune différence avec la coupe de Fuchs.

- Les flyschs de la Marka: pélites (à altération argentée) et calcaires. Trois grosses barres de calcaires s'individualisent dans le paysage.
- C₁ contact tectonique.
- Les formations de Skyu et de Chiling: elles seront décrites en détail dans le paragraphe traitant de la figure II.16.
- C₂ discordance des molasses sur les faciés de type Nindam.

- La Formation de Nindam:

Ce sont des turbidites vertes de greywackes en bancs centimétriques à décimétriques. Il s'agit de sédiments appartenant à la marge nord-téthysienne crétacée-ilerdienne: il s'agit du Dras-Nindam de Fuchs.

Elles sont ployées en anticlinal. Dans la partie nord, une faille normale à regard Nord les affecte. Il ne faudrait pas en conclure hâtivement à une phase de distension: nous verrons dans la coupe de Tar-Urtisi qu'elles peuvent s'intégrer dans des systèmes de failles dus à une compression sub-méridienne.

- C₃ contact tectonique probable avec la "Formation à Nummulites" de l'anticlinorium de Miru.

- La Formation à Nummulites: pélites calcaires à gastéropodes et nummulites. En remontant vers le col, les nummulites se rencontrent dès le premier mur à prières en amont de Shingo.

1.1.8.2 Formations de Skyu et de Chiling (fig. II.16).

Bien que des accidents tectoniques mineurs, subparallèles aux limites lithologiques, affectent cette unité, il me semble qu'il s'agit, de C₂ vers C₁, d'une succession stratigraphique continue. La description se fera du plus ancien, au Nord, au plus jeune, au Sud, je reprendrai les divisions de G. Fuchs.

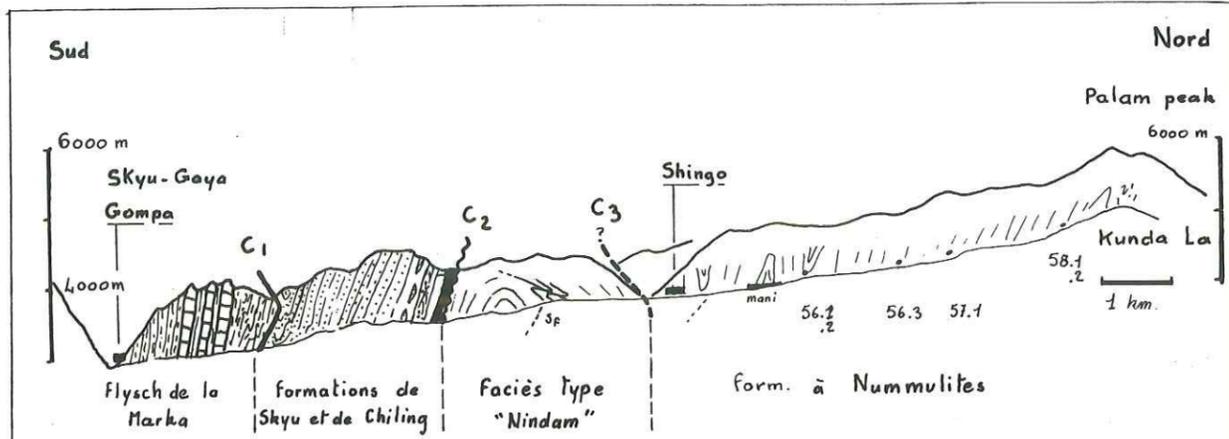


fig. II.15 Coupe Skyu - Kunda La. E. Sutre, 1984. Rive droite.

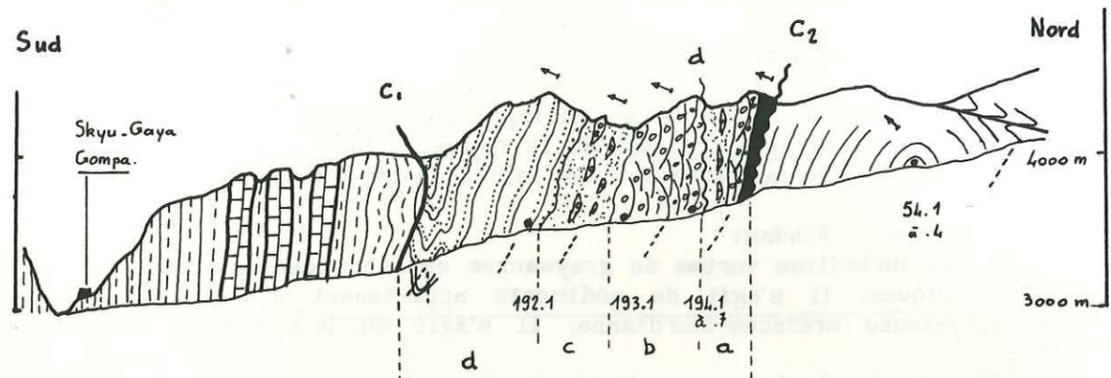


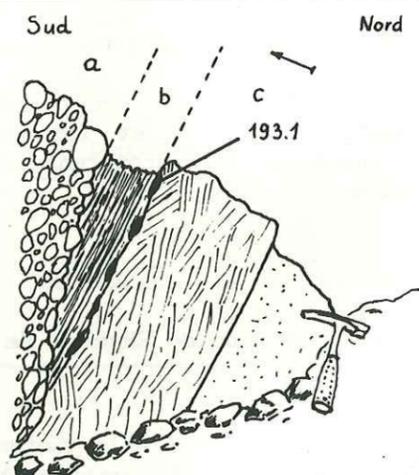
fig. II.16 Détail de la coupe précédente: formations de Chiling et de Skyu.

--- attitude de la schistosité ou de fracture sf
 → haut : polarité sédimentaire

fig. II.17 Détail des bancs au niveau de 193.1.

- C: bancs de greywackes à litages obliques (climbing ripples).
- b: pelites à lamines parallèles
- a: Conglomérats

193.1: échantillons de lamellibranches reposant sur le banc "C"



* Formation des conglomérats de Skyu:

Cette formation semble discordante sur les faciès type Nindam au Nord. Les lettres se rapportent aux subdivisions de la figure II.15.

a - 50 mètres environ de pelites noires, très tectonisées, suivies d'une centaine de mètres de conglomérats rouges. Ensuite, les faciès plus fins dominant (sables, granules) admettant de place en place des chenaux de conglomérats.

a/b - discordance d'érosion de b sur a.

b - barre verte, où les conglomérats grossiers dominent.

c - séquences de plaine alluviale avec chenaux fluviaux divaguants. Une de ces séquences est décrite à la figure II.17. Ce sont: des grès grossiers, surmontés par des grès plus fins à "ripple cross laminations". A leur surface, des lamellibranches non déterminables sont posés sur une sorte de surface durcie. Des pelites noires terminent cette séquence, qu'une décharge conglomératique grossière tronque en biais.

Les conglomérats de Skyu sont donc des faciès de piedmont: cônes alluviaux plus ou moins distaux, plaines alluviales ou lacs. Ils sont discordants sur les faciès de type Nindam appartenant au Groupe de l'Indus. Leur contenu pétrographique varie peu: il s'agit de galets de roches provenant du Batholite situé au Nord (laves ou roches grenues plutoniques), de sédiments appartenant au Groupe de l'Indus. Il me semble qu'une recherche plus poussée sur le terrain permettrait de recueillir des faunes pouvant dater ces formations, et par là même la discordance.

** Formation de Chiling:

d - Série monotone formée d'une alternance de bancs métriques de couleur lie de vin et brun-jaune. Ce sont des pelites, des grès et des conglomérats, dans lesquels on peut observer de nombreuses figures sédimentaires: "climbing ripples", stratifications obliques et diverses figures de base de banc.

Sur la rive droite de la rivière Zanskar, entre le confluent avec la Marka et le pont de câble, on peut trouver, dans cette formation, des galets de calcaires à faune ilerdiennne (fig II.19).

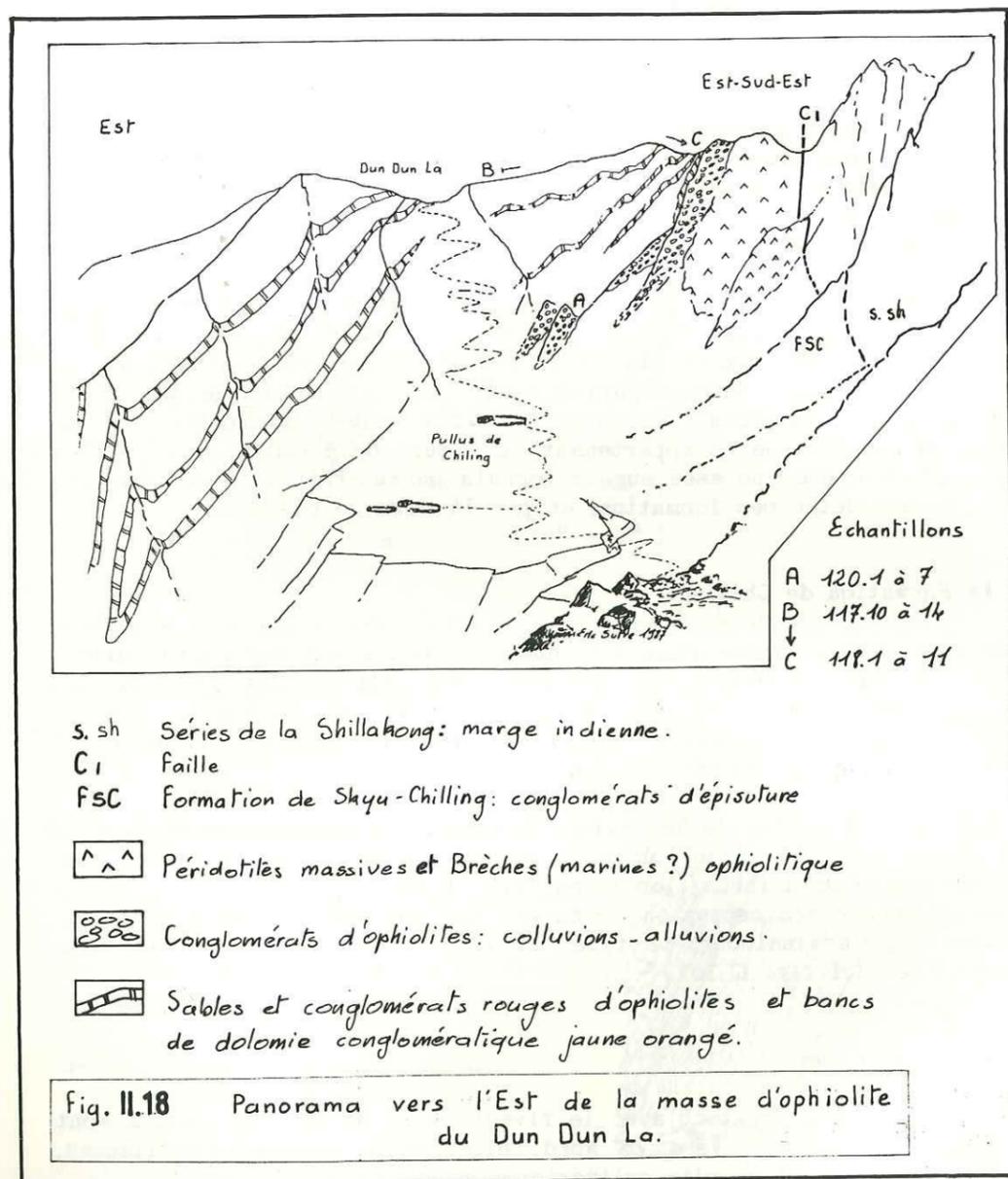
Le milieu de sédimentation a changé: les conglomérats sont en vastes épandages à terminaisons de type "on-lap", plutôt qu'en chenaux bien individualisés (cf fig. II.16).

*** Tectonique:

à proximité du contact avec le flysch de la Marka, les couches sont parallèles à l'accident. Vers le Nord, elles sont intensément plissées, puis les plis évoluent en plis cylindriques plus amples.

1.1.9 - PANORAMA DE LA FORMATION DE SKYU-CHILING
RIVE DROITE DE LA VALLEE DE SUMDA CHEN

E. Sutre, T. Van Haver, E. Gilbert, G. Mascle 1982.
E. Sutre & Colchen 1983.



Description des terrains entre Lasgo bridge et le Dun Dun La (fig. II.18).

Je présenterai uniquement des panoramas de ce secteur: mes données stratigraphiques sont insuffisantes pour donner une coupe. Par contre, j'ai tenté de préciser ponctuellement les relations entre les péridotites et les sables et conglomérats de Skyu - Chiling.

1.1.9.1 Description du panorama.

La figure II.18 montre le panorama du versant Nord-Ouest du Dun Dun La. Du Sud vers le Nord, on rencontre:

* Les formations de marge indienne:

- Calcaires de la série de la Shillakong.
- C1 Contact tectonique équivalent au C1 de la figure II.19. Il sépare les unités de marge indienne des Formations de Skyu-Chiling.

** Les formations de Skyu - Chiling.

Nous retrouvons la bande Sud des Mélanges Colorés que nous avons vue dans la Marka.

Du Sud vers la Nord, de bas en haut dans la formation, on rencontre:

- * Au point C: grosse masse de péridotites bien visible dans le paysage. Péridotites massives ? brèches ophiolitiques lithifiées (brèches marines ophiolitiques) ?
- * Au point C: arène ophiolitique continentale non altérée démantelant cette masse, passant à des colluvions ou alluvions très peu évoluées, monogéniques, de couleur verte à rouge, peu altérées. Matrice de minéraux serpentineux et ciment dolomitique à oxydes rouges.
- * Des lentilles rouges, altérées, de quelque mètres d'épaisseur, de ces mêmes dépôts.
- * Un niveau fréquemment discontinu, décimétrique à métrique de dolomies conglomératiques jaune orangé. Les clastes sont des galets, graviers, granules et sables de péridotite. Les carbonates représentent soit des précipitations dans les sols, soit des niveaux de playa, soit des turbidites lacustres.
- * Plusieurs centaines de mètres de conglomérats et sables rouges. Contenant uniquement des clastes de toutes tailles de péridotites à la base, ils s'enrichissent vers le haut en clastes de turbidites de faciès type Nindam. Ce sont des sédiments lavés de leurs fractions fines, à très forte porosité. Les clastes sont encroûtés de cristaux palissadiques de dolomie. Cette dolomie est très agressive vis à vis des clastes qu'elle pseudomorphose de manière centrifuge. La couleur

rouge des sédiments est due à la couleur des clastes altérés de péridotite, ainsi qu'à des oxydes cristallisés dans la matrice.

Des bancs métriques à décamétriques de dolomie conglomératiques, verticaux, plissés et d'extension kilométrique sont bien visibles dans le paysage: ils soulignent les plis sub-verticaux hectométriques d'axes N 120 plongeant vers l'Est qui affectent toute la formation.

***** Formations de marge tibétaine:**

- Au Nord, dans cette localité, les relations entre les formations précédentes et celles de Nindam ne sont pas encore élucidées; on se reportera à la description de la partie suivante 1.2.2 pour plus de renseignement.

La Formation de Nindam est formée de turbidites fines (Tde) de cône sous marin externe ou turbidites de levées, de débordement de chenal, situées dans le cône moyen (échantillon 116.4 fig. II.45a).

1.1.9.2 Interprétation.

Comme dans la Marka, nous retrouvons ici des masses formées de péridotites massives et surtout de conglomérats péridotitiques monogéniques lithifiés, que j'interprète comme des conglomérats monogéniques monogénétiques sous-marins.

Sur ces masses se développe une auréole détritique continentale monogénique, puis polygénique quand des clastes de la Formation de nindam se mêlent à la sédimentation.

La dolomie est présente dans toute la formation: soit comme ciment venant boucher la porosité, soit comme constituant principal de bancs conglomératiques. Ces bancs de dolomie conglomératique sont interprétés comme des sédiments de playa et des turbidites calcaires lacustres.

Les milieux de dépôts varient depuis l'arène ophiolitique, installée sur la masse ophiolitique elle-même (klippe ? lame tectonique ?), en passant par les colluvions de pente (éch. 120.06 annexe I), jusqu'aux dépôts de plaine alluviale temporairement lacustre, le tout sous un climat aride (cf résultats de l'analyse des argiles en annexe 2, éch. 120.06).

Cette formation, bien visible sur l'image satellite sur laquelle elle apparait très sombre, traverse la rivière Zanskar vers l'Est et se rattache à la formation des conglomérats de Skyu définie dans la coupe du Kanda La.

1.1.10 - LA FORMATION DE SKYU-CHILING à CHILING

E. Sutre, T.Van Haver, E. Gilbert et G. Mascle 1982.
E. Sutre et M. Colchen 1983.
Bénédicte Réginensi & E. Sutre 1984.

Je ne peux donner, ici aussi, qu'un panorama et une description par zone, car le lever de la géométrie des couches nécessiterait à lui seul plusieurs semaines de travail. (fig. II.19 et II.20)

1.1.10.1 Description du panorama du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

*** Séries mézozoïques de marge indienne.**

Seuls les calcaires de l'unité de la Shillakong sont présent: la Formation de Lamayuru n'apparait pas.

*** C1 Contact tectonique vertical.**

On notera que ce contact, depuis Nimaling, n'a pas de pendage bien défini: tantôt il est chevauchant vers le Nord, tantôt vers le Sud, alors qu'ailleurs il est vertical.

*** Formation de Skyu-Chiling:**

- Zone des moulins de Chiling -

La formation, de couleur jaune vert, montre des figures sédimentaires indiquant qu'elle est à l'envers. Elle est composée de:

- Conglomérats à galets de péridotites (relativement rares) plus ou moins altérés, à galets de faciés Nindam, à galets de calcaire (dont calcaires à nummulites), à nombreux clastes de remaniement syn-sédimentaire.
- Sables (greywackes).
- Wackes rares.
- La faune est très rare: il a été uniquement trouvé (station 2 de la figure II.19) des lamellibranches d'eau douce indéterminables. Ils sont similaires à ceux de la coupe du Kanda La (fig. II.17).

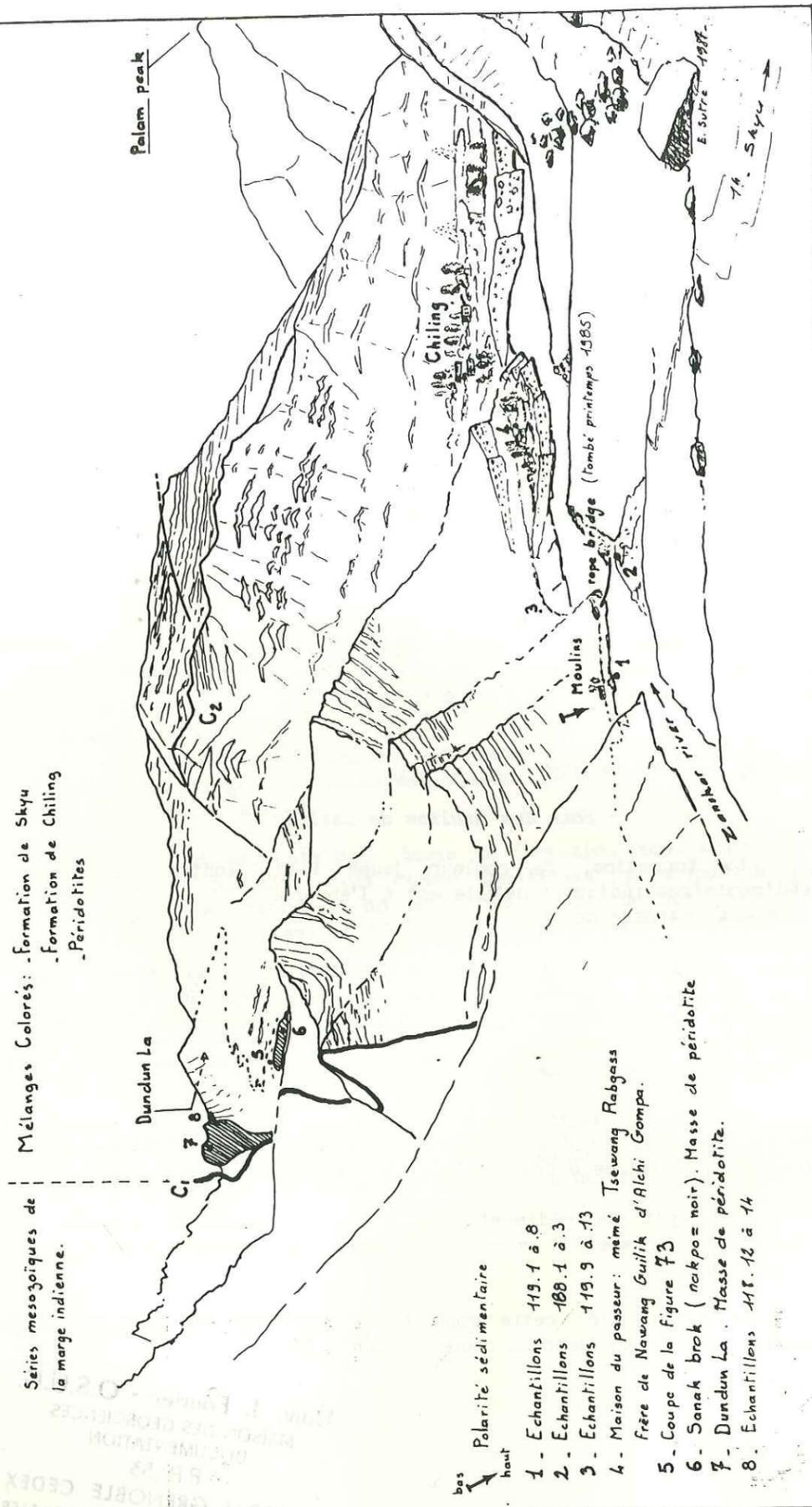
Il s'agit de sédiments de plaine alluviale à fleuves aux chenaux en tresse, il y a peut être des niveaux turbiditiques lacustres.

On peut relier cette zone à la formation de Chiling telle qu'elle est décrite dans la coupe du Kanda La.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

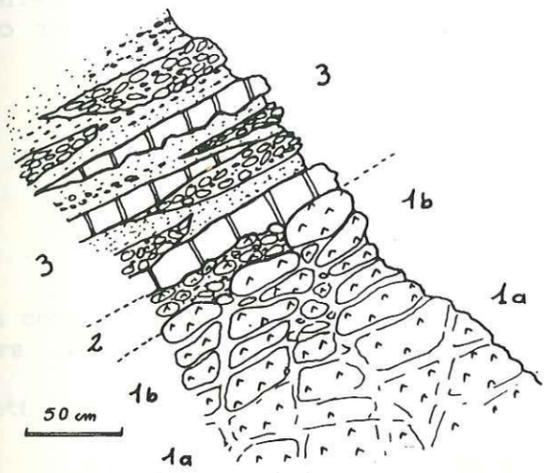
Fig. II.19 . Vue vers le Nord de la vallée de la Zanskar à Chiling, depuis la rive droite de la Zanskar.



- Zone de Sanak Brok -

La masse de péridotites donne son nom au brok situé près de la source (Sanak, de nakpo: couleur noire). Cette masse est un conglomérat péridotitique lithifié à matrice serpentineuse. Ce conglomérat massif est découpé en blocs aux arrêtes arrondies par un réseau de diaclases. On peut l'interpréter comme un conglomérat ophiolitique marin (cf § précédent).

La figure II.20 montre le passage aux sédiments continentaux qui la démantellent.



- 1a - Péridotite massive et/ou brèche (marine ?) ophiolitique lithifiée
- 1b - Arène continentale ophiolitique.
- 2 - Arène ophiolitique à galets altérés.
- 3 - Colluvions / alluvions:

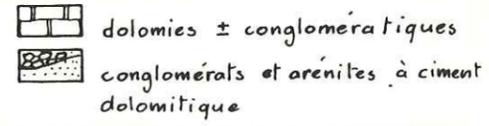


fig. II.20 Démantèlement, en milieu continental, de la masse ophiolitique de Sanak Brok (Chiling)

Latéralement, vers l'Est, sur le versant Nord au dessus de Chiling, les sédiments continentaux doivent leur couleur orangé aux nombreux bancs plurimétriques de dolomie conglomératique. Certains de ces bancs peuvent être interprétés comme des turbidites calcaires lacustres, d'autre comme des niveaux carbonatés de playa.

La grande masse des sédiments est constituée de conglomérats grossiers de cône alluvial proximal.

Ici, la formation de Skyu, si c'est bien d'elle dont il s'agit, montre des passages latéraux de la couleur rouge à la couleur jaune.

Les sédiments continentaux semblent connecter les masses de péridotites du Dun Dun La et de Sanak Brok.

- linéament C2 -

Il sépare les sédiments jaunes du Sud d'avec les sédiments rouges de la crête située au Nord. Faille ? Passage de faciés ? discordance ?

- Formation rouge au Nord de C2 -

Il s'agit du même type de sédiments que ceux du Dun Dun La. C'est la formation de Skyu définie dans la coupe du Kanda La.

1.1.10.1 Interprétation.

L'interprétation est la même que pour la région du Dun Dun La, avec en plus, le problème d'avoir à séparer la formation de Skyu de celle de Chiling. Une coupe dans la rivière Zanskar permettrait de relier cette coupe à celle du Kanda La.

- 1.2 -

SECTEUR CHILING-LAMAYURU

- GENERALITES -

On consultera la carte toponymique et hydrographique de la région à la figure II.2, ainsi que la carte des itinéraires parcourus (figure II.1).

Cette description sera divisée en deux:

- La première partie concernera rive gauche de la vallée de Sumda Chen, depuis Lasgo Bridge jusqu'au Konskri La (cartes fig. II.2 et II.21).
- La seconde partie concernera la vallée d'Hinju, depuis le Konski La jusqu'à Urtsi, nous décrirons également la zone des Mélanges Colorés dans les coupes de la Yapola et de Lamayuru (carte fig. II.32).

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

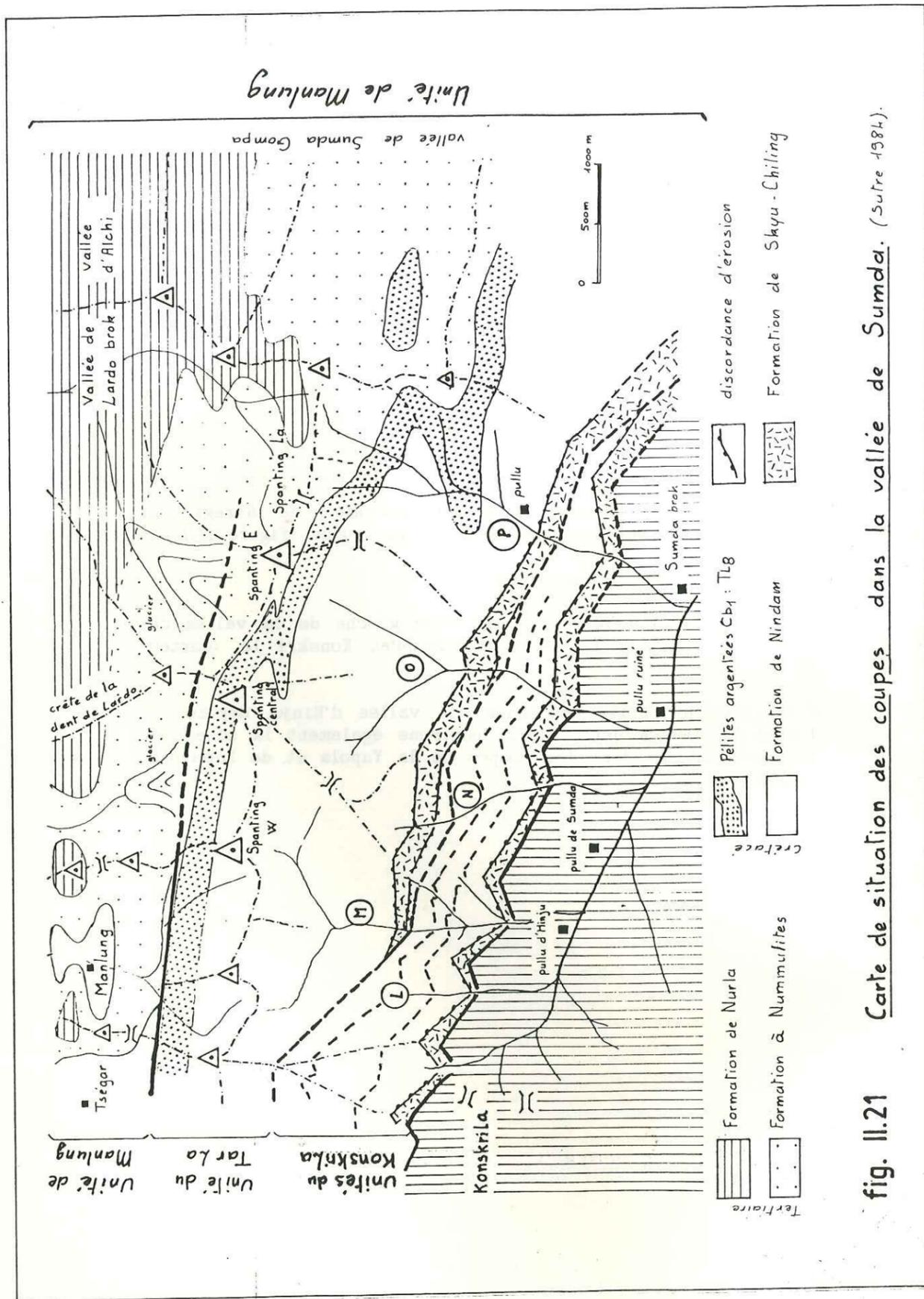


fig. II.21 Carte de situation des coupes dans la vallée de Sumda. (Sutre 1984).

1.2.1 - VALLEE DE SUMDA CHEN

La carte géologique simplifiée de la figure II.21 donne la situation des coupes.

Le panorama II.31 expose la topographie d'une région au relief encore mal connu.

1.2.1.1 Raccord avec le secteur précédent.

Pour des raisons de temps et de difficultés d'accès, la région située entre la coupe du Kanda La (fig. II.15) et la coupe de la rivière "P" (fig. II.21) n'a pas été levée.

Dans la coupe du Kanda La, les formations de Skyu et de Chiling affleurent sans être trop affectée par la tectonique. Les couches ont un pendage normal à regard Sud.

Dans les coupes de Chiling et du Dun Dun La, on peut penser que cette disposition persiste, compliquée au Nord par un plissement qui met à l'envers les couches du moulin de Chiling. Des failles découpent probablement les formation au Nord de la crête du Dun Dun La.

Dans la coupe de la rivière "P" et dans les suivantes vers l'Ouest, ces formations se divisent en deux branches disposées toutes deux de la même manière: au Sud elles sont discordantes sur la Formation de Nindam, au Nord elles sont limitées par une faille.

La solution retenue pour le passage de l'une à l'autre de ces dispositions est exposée à la figure II.21: l'accident tectonique qui sépare (dans la rivière "P") la branche Nord de la Formation de Skyu-Chiling de la Formation de Nindam (unités du Konskri La), se continue vers l'Est, où, biseautant l'écaïlle de la Formation de Nindam, il sépare alors en deux compartiments la Formation de Skyu-Chiling.

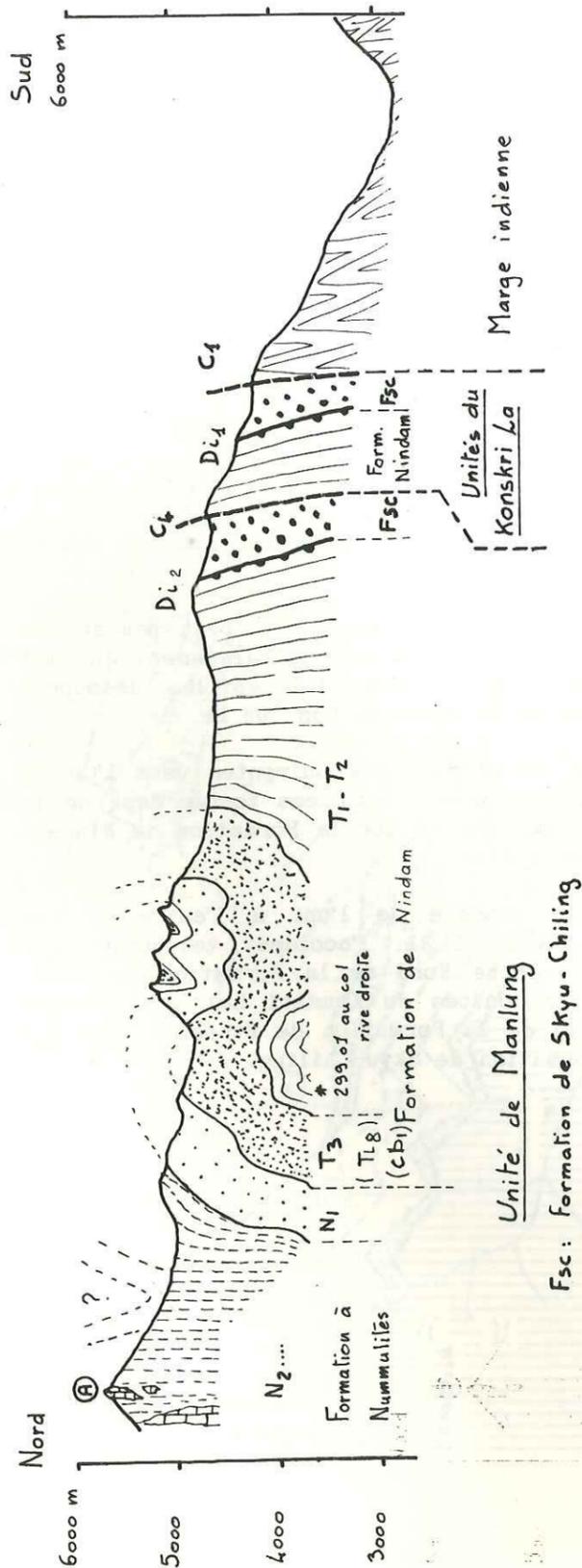


fig. II.22 - Coupe schématique de la rivière "P": rive gauche. Sutre 1984.

1.2.1.2 Coupe du Spanting La à Sumda: rivière "P". Sutre 1984.

Description

Carte fig II.21, panorama à la figure II.22, description de la coupe interprétative figure II.23.

- Unité de Manlung -

* Formation de Nindam:

Membres T1 et T2

Terrains de couleur verte, dont les termes de base sont majoritairement des rudites à granules et les interturbidites de silts calcaires ou des mudstones silteux à fantômes de foraminifères.

Les séquences observées permettent de les interpréter comme des dépôts volcano-sédimentaires de turbidites marines distales de cône sous-marin profond.

Membre TL8: Pélites argentées Cb1.

L'échantillon 299.01 (Col entre vallées "P" et "O" fig. II.22, repositionné sur coupe fig. II.23) est un silt calcaire à *Globotruncana sp* (détermination J. Bellier) du Crétacé supérieur.

Voir corrélations avec T3 (Cb2) de la coupe Zum / Karalung, membre auquel il est équivalent. On trouvera dans le tome I les raisons qui président au découpage stratigraphique et structural de cette région charnière.

Donnons-en le principe: à l'Est de la rivière "P", on parlera d'Unité de Manlung, à l'Ouest, d'Unité du Tar La.

* "Formation à Nummulites":

Membre N1:

Turbidites volcano-sédimentaires vertes.

Membres N2 et suivants ...

Au Nord, en "A", sur la crête, des grès plus ou moins fins admettent des lentilles décamétriques (lentille "A" sur la figure II.23) à hectométriques, ou des couches métriques à décamétriques de calcaires à algues et madrépores.

Vers l'Est, on peut corréler cette zone de grès à lentilles de calcaires à la barre des calcaires de Sumda Gompa décrite par T. Van Haver (1984)

Les couches du coeur du petit synclinal (fig II.23 au NE) sont des grès littoraux renfermant des faunes d'âge Eocène inférieur (T. Van Haver 1984).

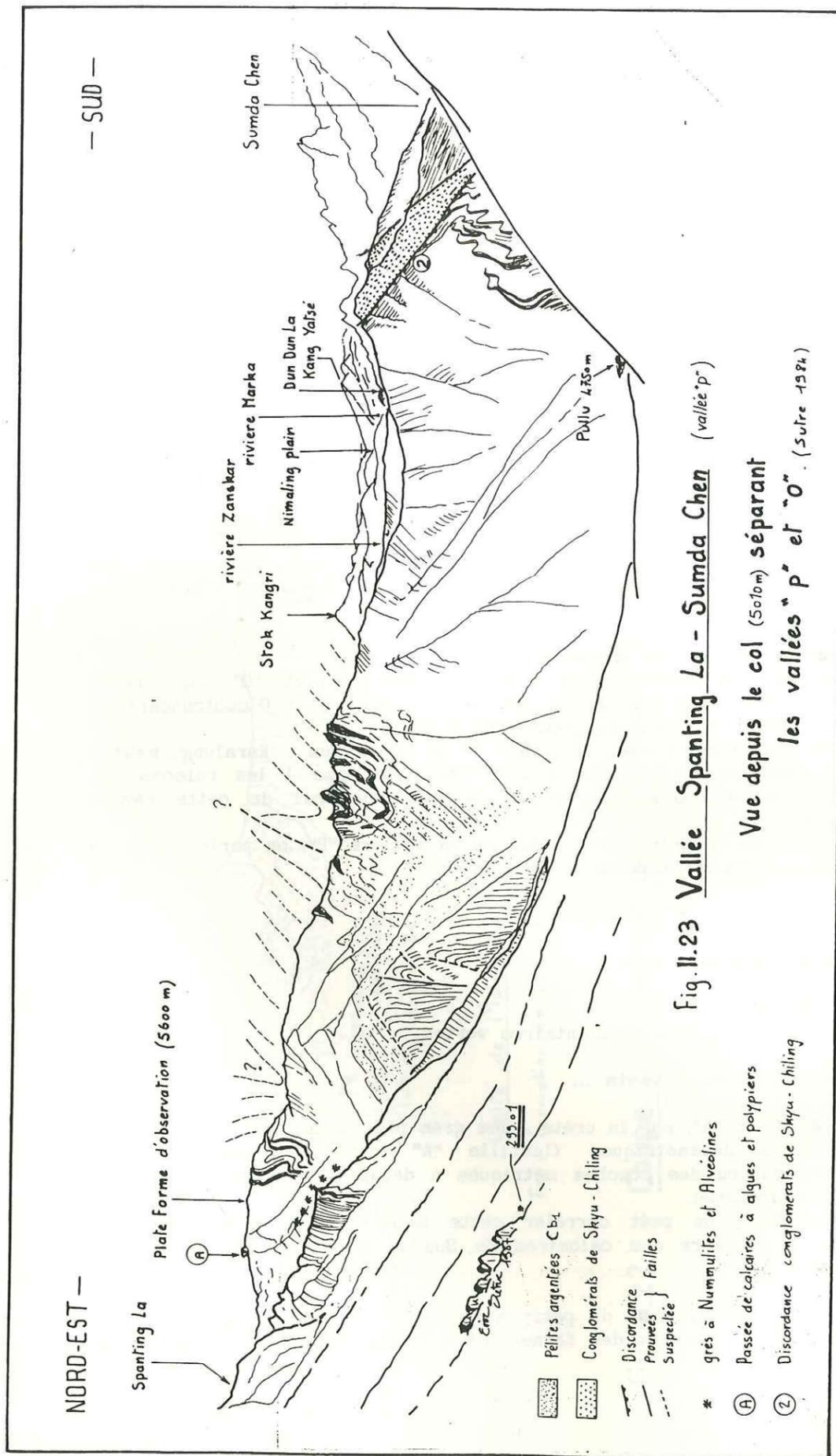


Fig. II.23 Vallée Spanking La - Sumda Chen (vallée "p")
 Vue depuis le col (5010m) séparant
 les vallées "p" et "O". (Suite 1984)

* Formation de Skyu-Chiling. Bande nord.

Les conglomérats et dolomies de cette formation sont discordants (D₁₂), au Nord, sur les terrains de la Formation de Nindam. Nous y reviendrons plus en détail dans les coupes suivantes.

- Unités du Konski La -

* Formation de Nindam:

Il s'agit des membres stratigraphiquement inférieurs à TL8 (pélites argentées). La formation est en contact tectonique (F), au Nord, avec l'Unité de Manlung.

* Formation de Skyu-Chiling. Bande sud.

Conglomerats et dolomies discordants (D₁₁), au Nord, sur la Formation de Nindam.

Elle est en contact tectonique (C₁) au Sud avec les terrains de marge indienne.

- Formations de marge indienne -

Ce sont les formations de Lamayuru et de la Shillakong. Elles sont, au moins pour partie, les équivalents de la Formation de Flyschs de la Marka (A. Baud & al. 1981, E. Stutz 1988) que nous avons citées dans les coupes situées à l'Est de la rivière Zanskar.

En Résumé

Nous avons dans cette coupe tous les sédiments de la marge Nord, depuis les faciès continentaux, en passant par les dépôts littoraux et jusqu'aux dépôts de cône sous-marin distal. Les terrains étant plissés, l'évolution du bassin dans le temps nous est accessible.

Pour la première fois, nous pouvons voir de manière indubitable la discordance de la formation continentale d'épisuture de Skyu-Chiling sur la formation de Nindam en position stratigraphique inverse.

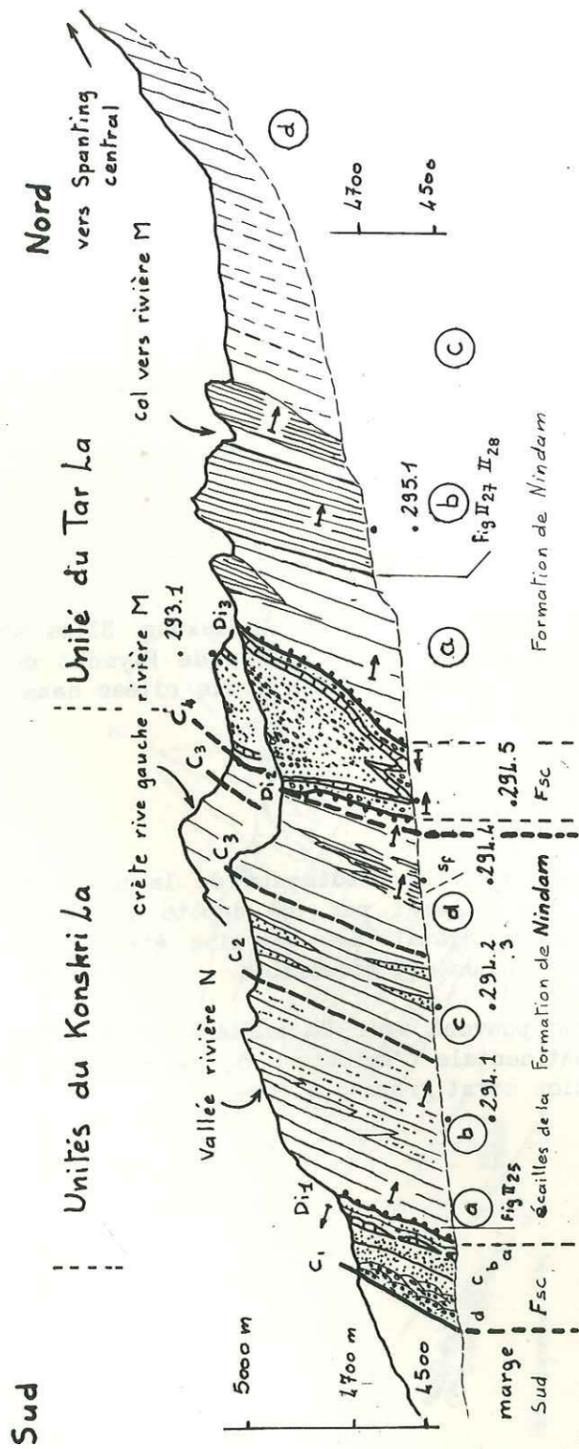


fig. II.24 Coupe de la rivière "0" rive droite. Sutre 1984

1.2.1.3 Coupe de la rivière "0". Sutre 1984.

Description

Description de la coupe fig. II.24 du Sud vers le Nord (situation de la coupe figure II.21).

- Formations de marge indienne -

Il s'agit de la Formation de Lamayuru.

Elle est en contact tectonique (* C1: faille inverse, à regard Sud) avec l'Unité du Konskri La située au Nord.

- Unités du Konskri La -

* Formation de Skyu-Chiling. Branche Sud.

La Formation de Skyu-Chiling repose en accordance (D11) sur les turbidites de la Formation Verte de Tar qui sont en position stratigraphique inverse.

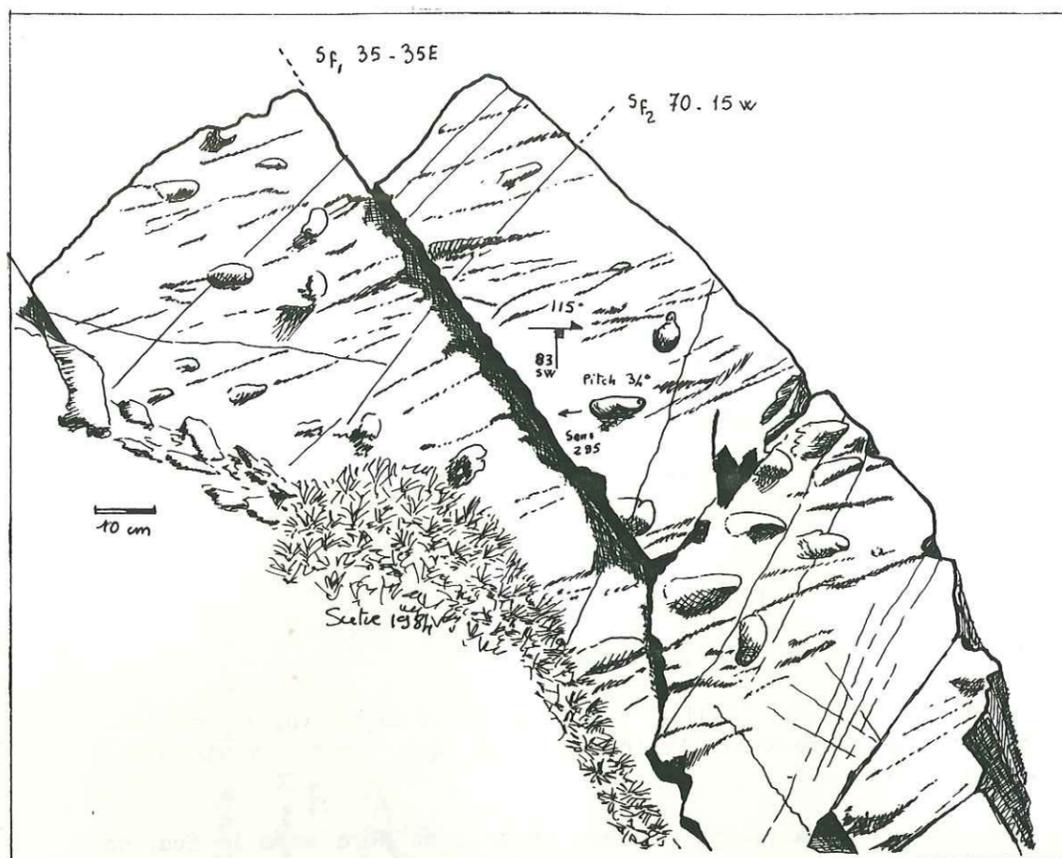
De bas en haut stratigraphiquement, et donc du Nord vers le Sud, on rencontre:

- a - Quelques mètres de conglomérats et grès verts remaniant la Formation de Nindam.
- b - Un niveau à bancs de dolomies jaune orangé plus ou moins conglomératiques, interstratifiés dans des conglomérats, sables et pélites rouges. Il s'agit vraisemblablement de turbidites lacustres. Les galets sont des péridotites et des greywackes de faciès Nindam.
- c - 10 à 20 mètres de sédiments rouges: pélites et conglomérats de la taille des granules. Le détritisme ophiolitique doit être responsable de la couleur rouge.
- d - Quelques dizaines de mètres de sédiments verts, commençant par des sables grossiers et des conglomérats, puis passant vers le haut à des dépôts chenalisés de conglomérats très grossiers.

* Formation de Nindam.

Ce sont des turbidites volcanosédimentaires vertes de cône sous-marin.

Dans cette coupe, aucun pli n'a pu être mis en évidence. Par contre il semble qu'il y ait quelques accidents tectoniques à regard Sud, chevauchants vers le Nord. Ces accidents jouent parallèlement à la stratification, ce qui entraîne du cisaillement banc sur banc dans toute la formation.



Base de banc dans la Formation de Nindam, quelques dizaines de mètres au Nord de la discordance des conglomérats de Skyu-Chiling, à l'entrée de la rivière O, au dessus des pullus de Sumda Chen.

* Plan de stratification: 115-83-SW inverse.
 Direction des groove casts: pitch de 34° dans So
 Sens du courant de turbidite donné par les flute casts: N.295°

* Schistosité de fracture:
 Sf1 dominante: 35-35E
 Sf2 discrète: 70-15W

Fig. II.25 Groove et flute casts dans la formation de Nindam
Rivière "O". Sutre 1984.

La nature pétrographique des constituants de ces roches est essentiellement volcano-sédimentaire: grains de quartz et de feldspaths très anguleux, lithoclastes de tuffs et tuffites, pyroclastes remaniés

Il a été fait une distinction grossière dans les différents faciès à l'affleurement, faciès qui correspondent aux différences lithologiques induites par la divagation des lobes de dépôts du cône.

De bas en haut stratigraphiquement, et donc du Sud vers le Nord, on distingue:

a - Greywackes et rudites vertes volcano-sédimentaires. Ce sont des turbidites.

La figure II.25, dessin d'une base de banc située à une dizaine de mètres au Nord de D₁₁, montre un plan de stratification So N 115-83 S, portant des flute casts de pitch 34° donnant un sens de courant N 295. Polarité sédimentaire: série inverse, le bas est au Sud.

b - Passage de faciès avec indentations latérales, vers des greywackes plus sombres, plus fines, plus calcaires. Ce sont des Tde de Bouma dont le terme supérieur est formé de wackes noires.

L'échantillon 294.01 est une calciturbidite à radiolaires (inextractibles), à rares grains de quartz de la fraction sables très fins.

C₂- Accident tectonique suspecté.

c - Mêmes faciès que précédemment, admettant des passées lenticulaires plus orangées, associées à des niveaux de turbidites montrant des alternances de termes blancs translucides et de pélites ou wackes noires. Description des échantillons de ces niveaux orangés:

294.02: wacke lithique, entièrement constitué de verre volcanique sous la forme d'échardes et de bulles de verre non brisées. Rares grains de quartz anguleux, rares lithoclastes de tuffs. Il s'agit de Tde ou Te, ou même de chutes de cendres provenant d'une explosion volcanique.

C₃- accident tectonique suspecté.

d- Turbidites pélitiques. L'échantillon 294.04 est un calcaire finement détritique à radiolaires siliceux.

C₄- accident tectonique suspecté. Non observé sur le terrain, il représente une solution possible aux contraintes de terrain suivantes:

- Unité du Tar La -

Rappelons que la disposition particulière des unités structurales est responsable de ce changement d'appellation: il y a continuité stratigraphique entre cette unité et celle de Manlung au niveau de la Rivière "P", alors que vers l'Ouest, elles sont séparées par un accident tectonique majeur (carte fig. II.21).

* Formation de Skyu-Chiling. Branche nord.

Dans le fond de la vallée, les Formations de Skyu-Chiling s'observent toujours en discordance sur les formations de Nindam et de Tségar en position stratigraphique inverse.

Elle est en accordance et localement en discordance angulaire d'érosion (D_{12} et D_{13}) sur la Formation de Nindam.

Sa base est constituée de couches argilo-conglomératiques rouges à niveaux de dolomies conglomératiques, suivies vers le haut par les conglomérats rouges à granules de péridotites altérées.

La formation est affectée de plis (figure II.26) qui témoignent d'une compression horizontale sub-méridienne. Plus haut, D_{12} est reprise par l'accident tectonique C4.

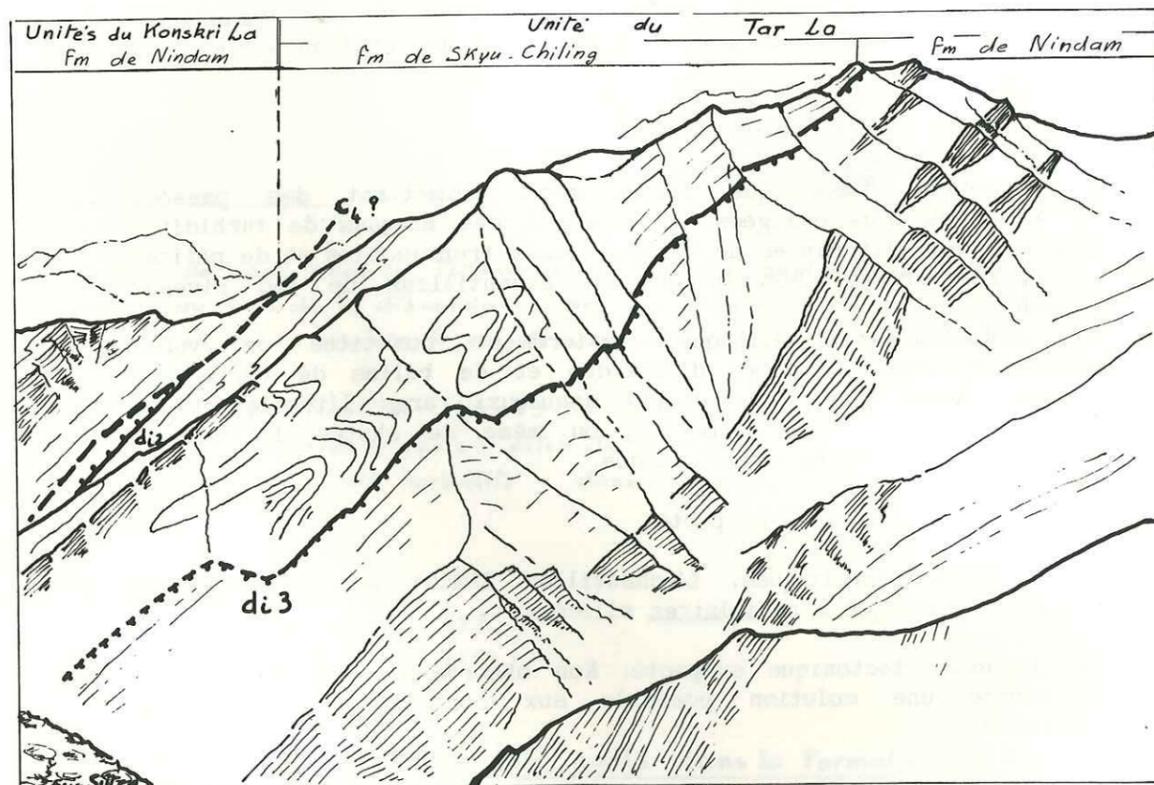


fig. II.26 Panorama de la rive droite de la rivière "O" depuis le col entre les rivières O et P . 5050 m.

* Formation de Nindam.

Membres stratigraphiquement inférieurs à TL8, description de bas en haut stratigraphiquement, donc du Sud vers le Nord:

a - Turbidites pélitiques à lentilles hectométriques plus dures (plus grossières), correspondant à des dépôts de lobes érodants.

b - Barre de turbidites en relief dans le paysage (cf fig. II.31 en bas à droite) composée de turbidites dont les termes de base contiennent des éléments de la taille des sables grossier aux granules.

Les bases de bancs, au Sud, montrent de grandes marques, en général des groove casts pluri-décamétriques, de direction identique à celle des flute casts du début de la coupe (cf fig. II.27).

Nombreux terriers, notamment *Thalassinoides sp.* (fig. II.28).

L'échantillon 295.1 est une greywacke lithique composée de 50% de sable grossier, 50% de sable médium, modérément trié. Les grains sont exclusivement volcaniques: laves, tuffs, verre, cristaux de quartz, plagioclase, olivine ? , pyroxènes, très anguleux et craquelés.

c - Turbidites plus pélitiques.

L'échantillon 299.01, pris à 5050 m, au bord nord du col entre "O" et "P" (cf localisation sur la panorama de la figure II.23), renferme *Globotruncana sp.* datant le Crétacé supérieur (détermination J.P. Bellier).

d - Des turbidites vertes, plus dures, forment l'arête qui mène au pic Spanting central.

Malgré les nuages qui masquent cette région sur la photo satellite, il semble qu'on puisse faire passer le Membre TL8 (pélites argentées Cb1) un peu plus haut, juste en dessous de la crête.

On retiendra

* A propos de la Formation de Nindam:

- Dans cette coupe, partout où la Formation de Nindam a été observée, elle était en position stratigraphique inverse.

- Il s'agit de turbidites marines situées dans le cône moyen ou externe, autrement dit entre le suprafan à lobes de dépôts et le cône externe.

Le matériel est exclusivement volcano-sédimentaire.

Des événements volcaniques ponctuels, de nature probablement explosive, ont été enregistrés sous la forme de dépôts de cendres bulleuses dévitrifiées.

A part le membre "c", daté Crétacé Supérieur, aucune autre faune n'a pu être déterminée dans cette coupe.

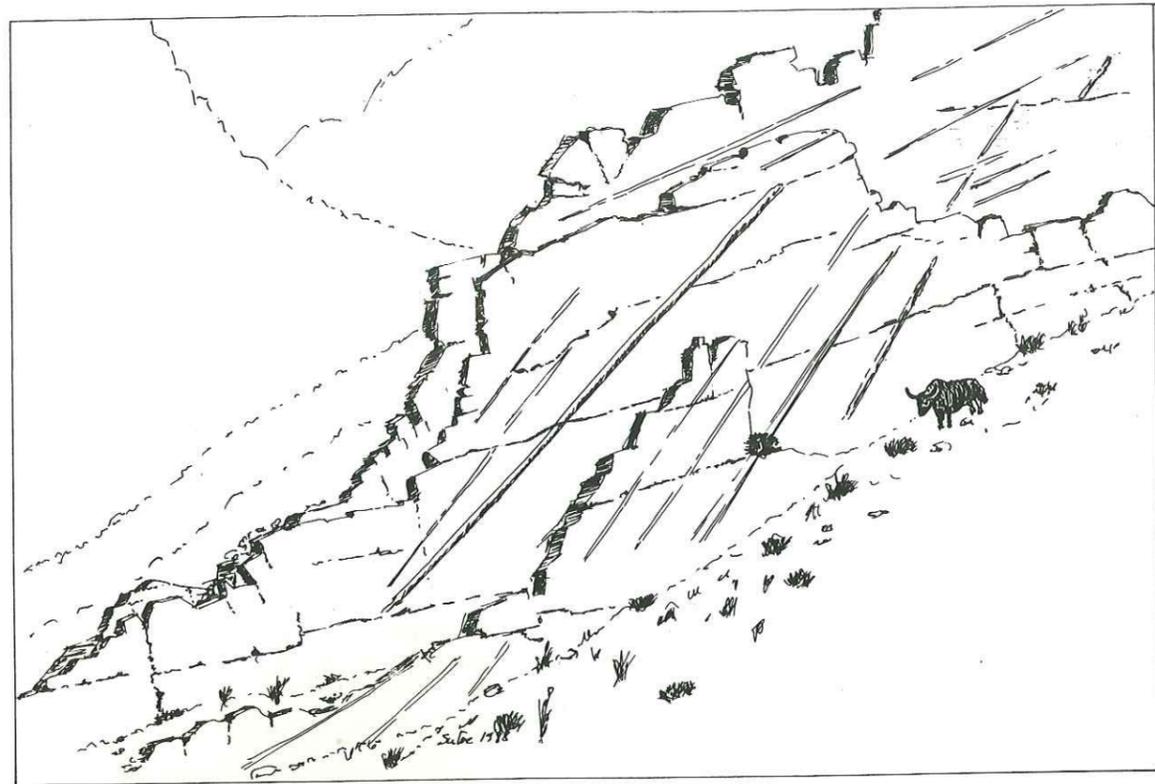


fig. II.27 Groove casts de plusieurs dizaines de mètres. Vue vers le Nord.
 Formation de Nindam, localisation sur la coupe de la rivière "O"
 en amont, à l'endroit noté "photo 2". Le yack donne l'échelle.
 plan de stratification inverse à N 115-80 S. Les directions de
 transport sont équivalentes à celles des flutes casts.

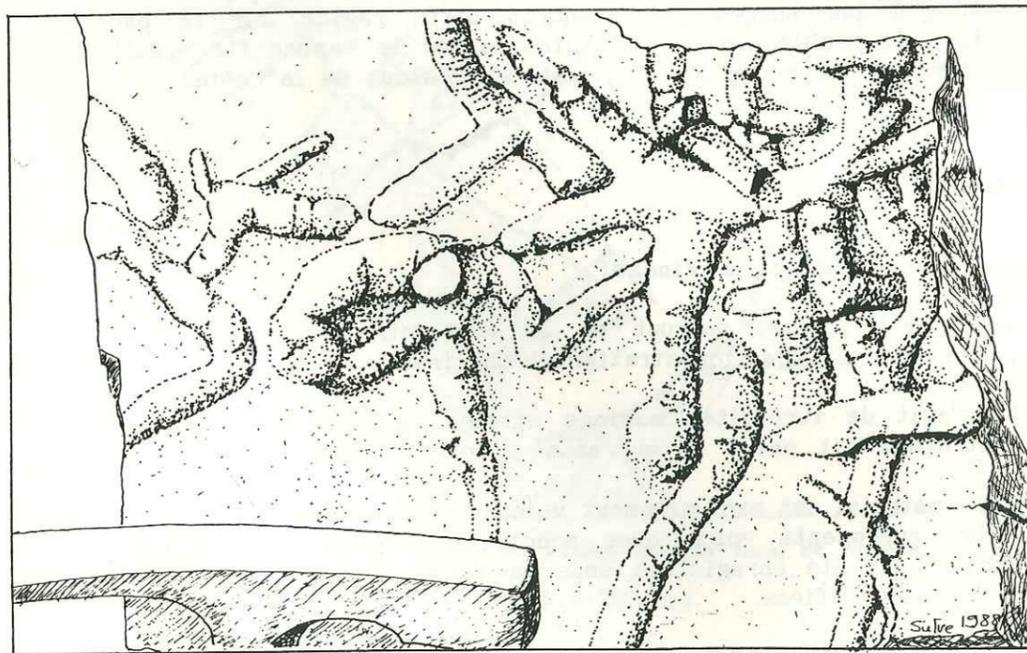


fig. II.28 Terriers en base de banc: Thalassinoïdes sp. ?.
 Formation de Nindam, localisation sur la coupe
 de la rivière "O".

* A propos des Formations de Skyu-Chiling:

Elles se déposent sur des parties de la Formation de Nindam préalablement mise en position stratigraphique inverse.

Ces formations continentales semblent plus particulièrement s'être déposées dans des régions correspondant aux faciès les plus pélagiques de la Formation de Nindam. Ceci explique peut être, nonobstant les plissements et chevauchements postérieurs au dépôt, la forme allongée de ces "bassins", l'érosion ayant dégagé facilement des cuvettes dans ces paléo-affleurements de pélites allongés E-W.

Les clastes sont empruntés à la Formation de Nindam et aux masses d'ophiolites.

On retrouve, proches de la discordance ou sur la discordance, des dolomies conglomératiques: turbidites lacustres ou niveaux carbonatés de playas.

* A propos de la tectonique:

Ces dépôts sont affectés par une tectonique résultant principalement en une compression sub-méridienne dont voici l'expression:

- En C₁:

Chevauchement vers le Nord de sédiments de marge indienne sur les sédiments de marge Nord portant les conglomérats d'épisuture. On observe fréquemment dans ces derniers, à quelques mètres sous l'accident, le développement d'une schistosité de flux.

- Dans la Formations de Nindam:

Développement d'accidents subverticaux inverses à regard Sud, parallèles à la stratification.

Glissement banc sur banc très développé.

On observe une schistosité de fracture dominante S_r à regard Nord, alors que S_o, inverse, est à regard Sud.

Vers la crête du Spanting central il doit exister de grands plis du style de ceux observés dans la vallée "P": ils sont difficiles à mettre en évidence.

- Dans la branche nord de la Formation de Skyu-Chiling:

développement de plis à plans axiaux subverticaux ou à regard sud (fig II.26).

1.2.1.4 Coupe de la rivière "M". Sutre 1984.

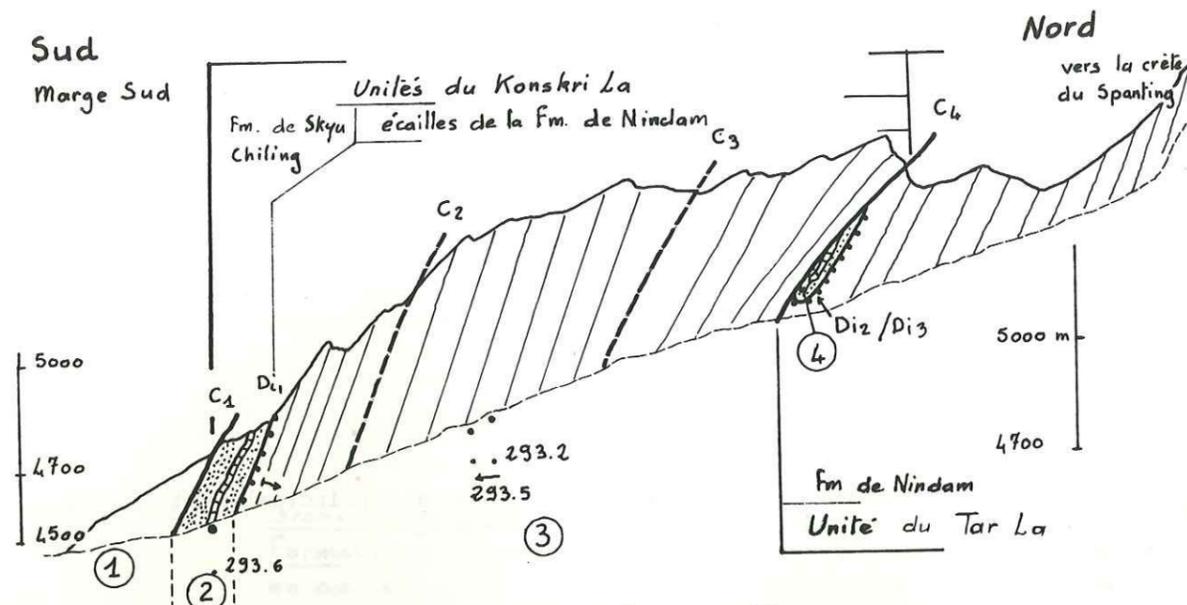


fig. II.29 Coupe de la rivière M, rive droite. Sutre 1984.

Description:

Description des terrains du Sud vers le Nord (fig. II.29)

- Formations de marge indienne -

Il s'agit de la formation de Lamayuru.

* C1: Contact tectonique: faille inverse, à regard Sud.

- Unités du Konskri La -

* Formation de Skyu-Chiling. Branche Sud.

Cette formation est discordante, au Nord, sur la série de Nindam. De bas en haut, et du Nord vers la Sud, on rencontre la même succession que dans la coupe précédente.

Un claste de calcaire (293.6) a été recueilli dans cette formation: il s'agit d'un grainstone oolitique bioclastique. De tels faciès, que nous

rencontrerons également sous forme de galets dans les coupes d'Urtsi et de Sorpon Brok, peuvent se rencontrer:

- dans la formation de Lamayuru (partie triasique);
- dans la formation de Sapi-Karamba (partie triasique);
- dans la Formation de Mongyu.

* Formation de Nindam:

Il s'agit des mêmes terrains que dans la coupe précédente. Les échantillons 293.2 à 5 ont été prélevés dans des séquences de turbidites Te, Tde ou Tcde:

* 293.2: sable très fin. Greywacke lithique à stratifications obliques et lamines. Certains niveaux centimétriques sont des lamines composées à 50% de calcite, le reste étant des clastes de tuffs ou tuffites de lave microlithique à quartz et plagioclase, des échardes de verre volcanique ou des clastes de verre dévitrifiés. Rares radiolaires inextractibles.

* 293.3: lamines centimétriques de sable médium ou de sable fin. Matrice calcaire de 1 à 50% suivant la lamine. Greywackes lithiques.

* 293.5: calcaire micritique silteux, wackestone-mudstone à débris volcaniques et foraminifères planctoniques non datables.

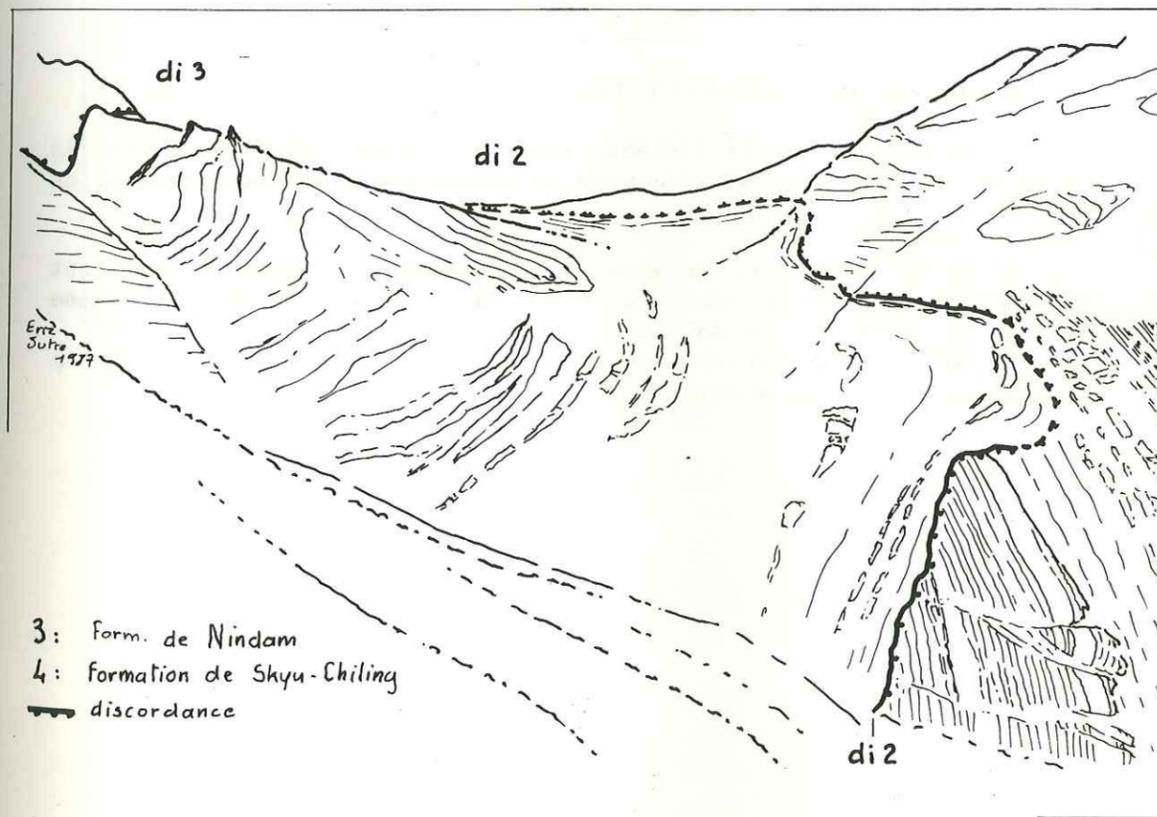


fig. II.30 Discordance angulaire de la formation de Skyu-Chiling sur la Form. de Nindam.
rive gauche de la rivière M - Vue vers l'Est. 5000 m

- Unité du Tar La -

* Formation de Skyu-Chiling. Branche Nord:

En rive gauche (fig. II.30) elle est discordante, au Nord comme au Sud, sur la Formation de Nindam. En conséquence, elle doit être ployée en synclinal.

En rive droite (fig. II.29), elle disparaît, à l'Ouest, sous une écaïlle de la Formation de Nindam charriée vers le Nord (faille C4).

On retiendra:

- La disparition rapide vers l'Ouest, en l'espace de quelques centaines de mètres, de la branche Nord de la formation de Skyu-Chiling, sous une écaïlle de la Formation de Nindam charriée vers le Nord.

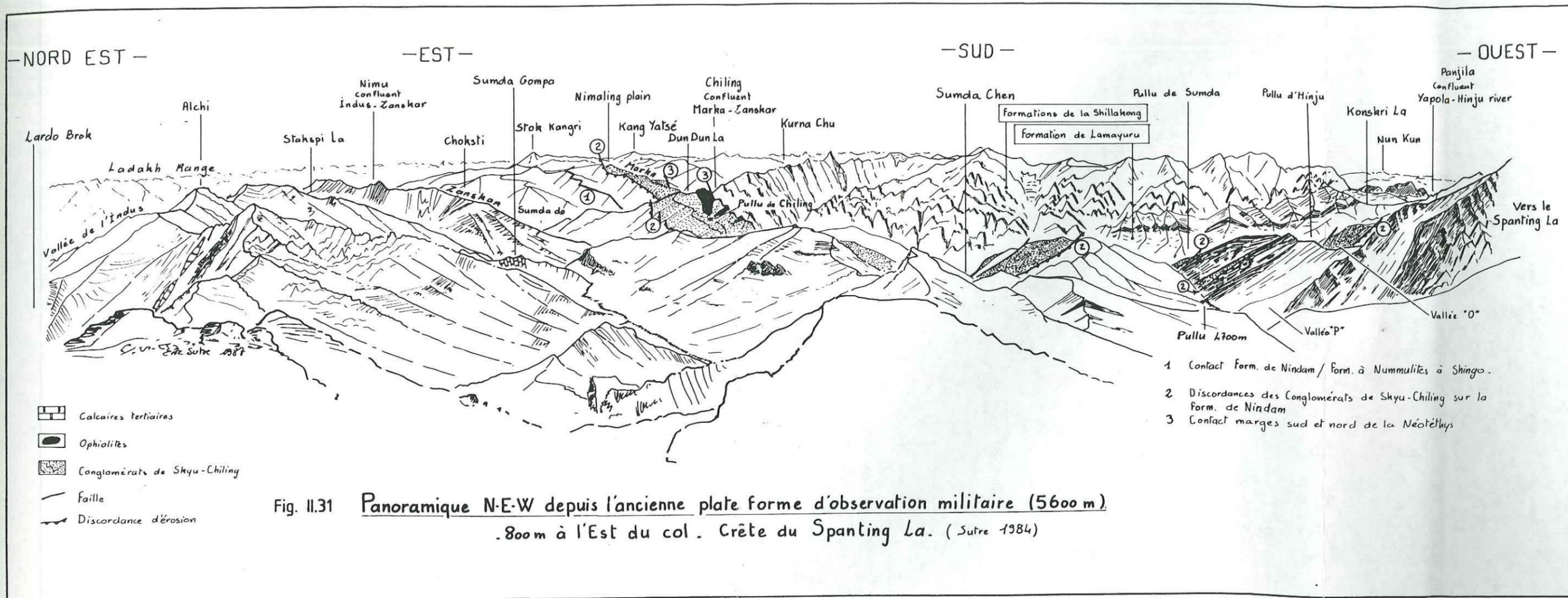
1.2.1.5 Coupe sur l'arrête nord du Konskri La. Sutre 1984

Colchen & Sutre 1983, Sutre 1984.

Les unités de marge indienne sont en contact tectonique avec la Formation de Skyu-Chiling, elle-même en discordance sur la Formation de Nindam.

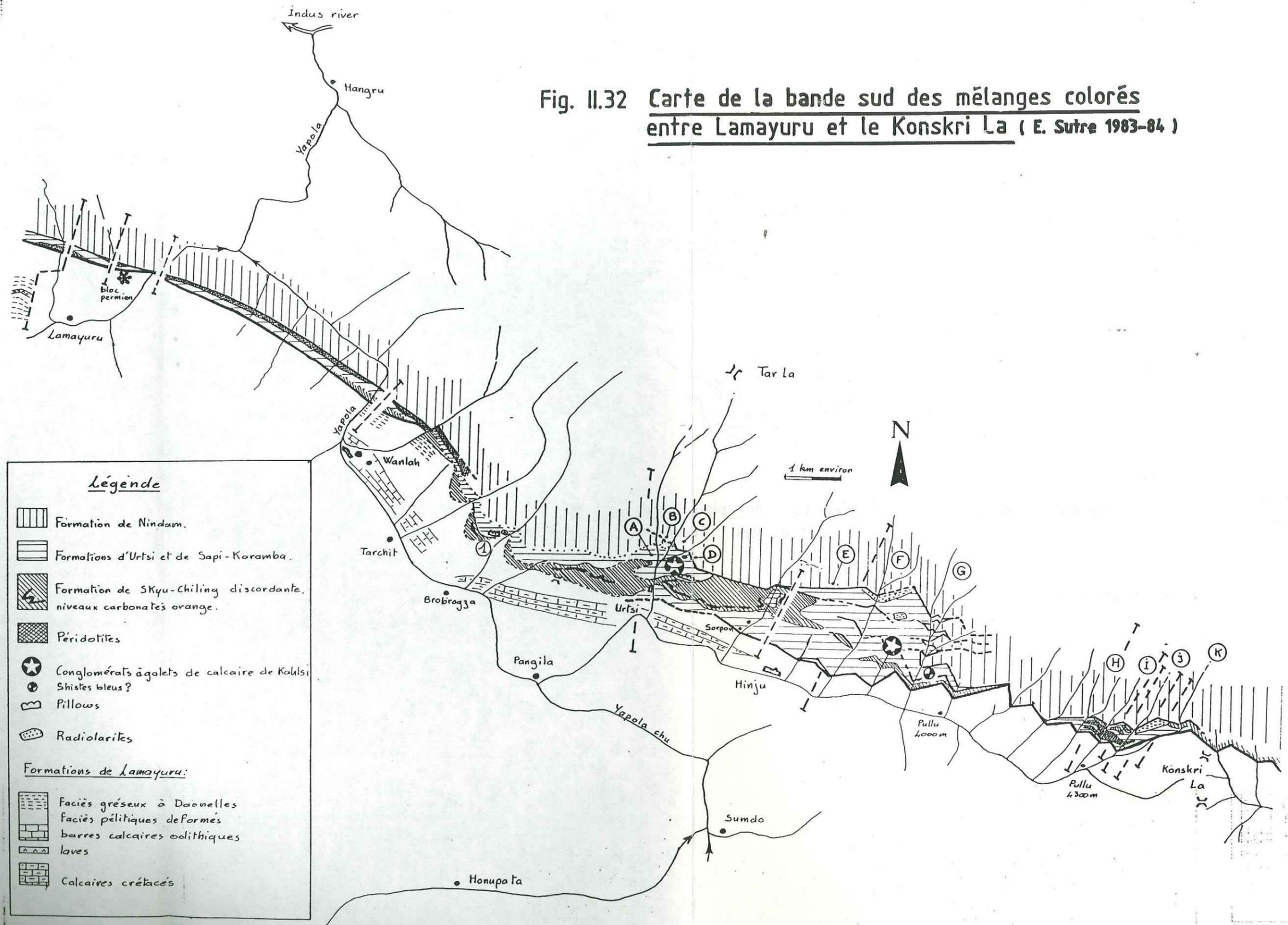
Il a été recueilli, en éboulis, un claste de calcaire provenant vraisemblablement d'une zone claire de la Formation de Nindam située juste au dessus du col, en falaise.

Cet échantillon 292.06.b est une rudite à clastes de calcaires à orbitolines et clastes volcaniques.



me au
 ée en
 s une
 lques
 l'ég,
 version 1 - 27 Mar 2013
 00805270
 en t
 itre
 es à

Fig. II.32 Carte de la bande sud des mélanges colorés entre Lamayuru et le Konskri La (E. Sutra 1983-84)



tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.2.2 - DE LA VALLEE D'HINJU à LAMAYURU

Dans les coupes décrites ci-après, nous décrirons "la bande sud des Mélanges Colorés" au sens défini dans le tome I.

Nous traiterons donc de la Formation de Skyu-Chiling et des écailles tectoniques de formations "exotiques", ces dernières représentant des terrains dont l'appartenance à telle ou telle unité reste énigmatique.

Les coupes sont repérées sur le carte géologique de la figure II.32.

1.2.2.1 Coupe de la vallée "K". Sutre 1984.

Description de la coupe rive droite du Sud vers le Nord (fig. II.33).

Unité 1:

* Formation de Lamayuru (échantillon 292.01).

Unité 2:

* Formation de Skyu-Chiling, en position verticale ou normale, formée de grès et conglomérats.

Au milieu, on remarquera une barre de conglomérats chenalisés à patine jaune orangé, à bancs de dolomies palustres (échantillon 292.02).

Unité 3:

* Formation de Nindam, en position inverse. Le contact au Sud avec la Formation de Skyu-Chiling est tectonique, mais par endroits le contact stratigraphique est préservé.

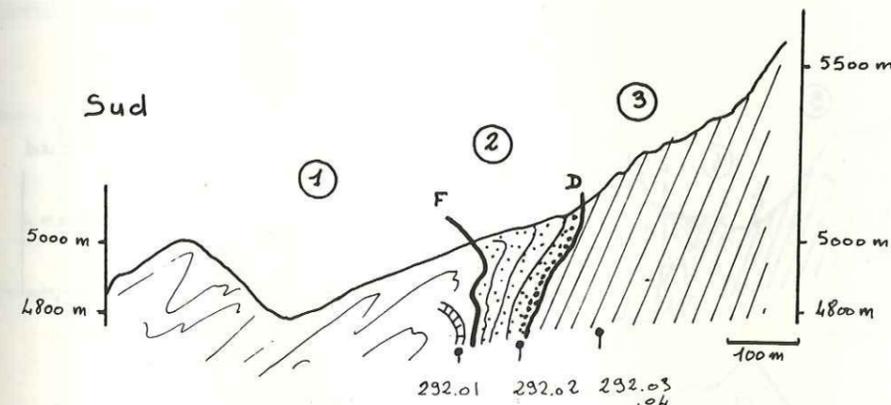


fig. II.33 Coupe rive droite de la vallée "K". (Sutre 1984)

Légende des coupes II.33 à II.39			
	form. de Nindam		Peridotites
	Radiolarites.		Form. de Sky-Chiling

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.2.2.2 Coupes de la vallée "J". Sutre 1984.

A - Description de la coupe rive droite (fig. II.34) du Sud vers le Nord.

Unité 1:

* Formation de Lamayuru.

Unité tectonique 2:

* péridotites serpentinisées contenant de gros blocs (blocs de sédiments ?).

Unité tectonique 3:

* Au Sud, il conviendrait de réexaminer avec attention le contact F2 avec les péridotites, afin de voir s'il ne serait pas de nature "stratigraphique".

* L'unité est une formation à blocs:

Sédiments à matrice pélitique contenant des passées agglomératiques de laves, des calcaires sparitiques à patine brune de type "peau de crocodile" et surtout des passées (ou blocs ?) de radiolarites rouges (cherts argileux) à radiolaires (échantillons 291.01 à .03). Déterminés par De Wever, ceux-ci ont livré un âge callovien-tithonique.

Unité tectonique 4:

* Formation de Skyu-Chiling discordante, au Nord, sur une formation de même faciès que l'unité précédemment décrite (Formation à Blocs d'Urtsi ou de Sapi-Karamba ?).

Unité 5:

Formation de Nindam (Unités du Konskri La). En contact tectonique au Nord avec l'unité 4.

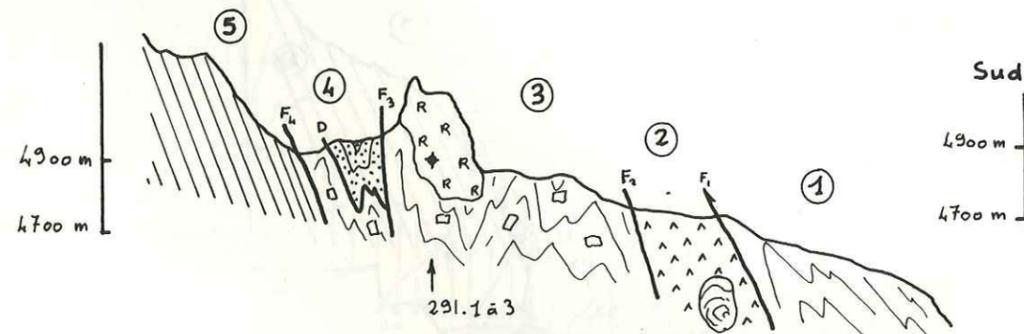


fig. II.34 Coupe rive droite de la rivière J. (Sutre 1984)

B - Description de la coupe rive gauche (fig. II.35) du Sud vers le Nord.

Unité 1:

* Formation de Lamayuru.

Unité 2:

Il ne semble pas, vu depuis l'autre versant de la vallée, y avoir d'accident tectonique majeur dans cette série sédimentaire. De toutes façons, il faudrait une corde et quelques pitons pour vérifier la chose.

* 2a: pélites sombres, à passées d'agglomérats verts.

Formation à Blocs d'Urtsi ou Formation de Sapi-Karamba ?

* 2b: Radiolarites rouges. Appartiennent-elles à la formation à blocs ou à la base de la Formation de Nindam ?

Il faut placer ici une information qui n'apporte rien pour l'instant, mais qui incitera à re-échantillonner dans le secteur:

l'échantillon Colchen 84-127, pris dans le lit du torrent descendant du Konskri La vers Hinju, a livré des radiolaires d'âge bérriasien-hauterivien (détermination De Wever). Peut-être proviennent-ils de la barre de radiolarite ?

On notera la malignité de la Providence, qui s'est arrangée pour que la majorité des échantillons de radiolarites datables aient été ramassés en éboulis.

* 2c: Unités du Konskri La, Formation de Nindam.

Remarque:

Il faut impérativement refaire cette coupe afin de savoir si les radiolarites 2b forment la base de la Formation de Nindam. Dans cette éventualité, on peut espérer avoir une datation de sa base ou tout du moins d'une de ses parties les plus basses, datation qui nous manque cruellement ainsi que nous le verrons dans la partie traitant des corrélations.

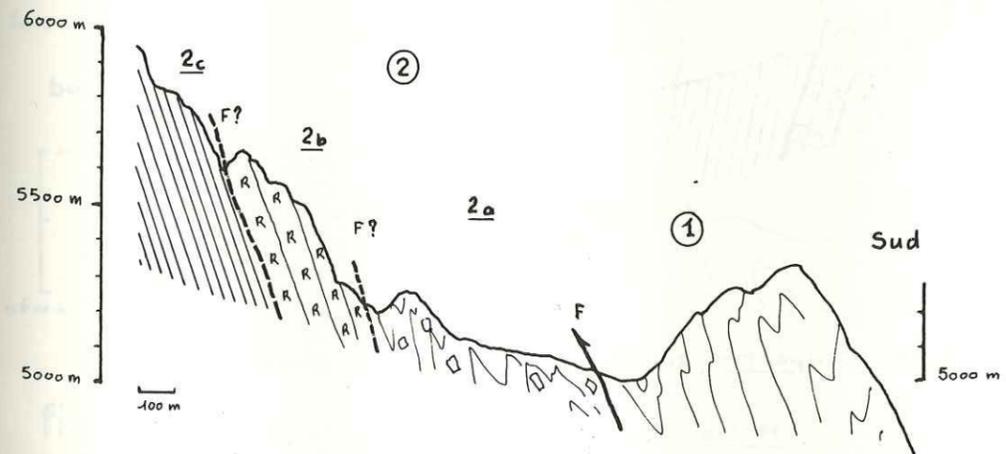


fig. II.35 Coupe rive gauche de la rivière J. (Sutre 1984)

1.2.2.3 Coupe de la Vallée "I". Sutre 1984.

Description de la coupe rive gauche du Sud vers le Nord (fig. II.36):

Unité 1:

* Formation de Lamayuru.

Unité tectonique 2:

* au Nord, péridotites massives serpentinisées contenant de grosses masses (de laves ? dykes ? sédiments ?) ayant tourné en jouant le rôle de noyaux durs pendant la déformation.

* au Sud, ces péridotites semblent former le substratum des sédiments de type Formation à Bloc d'Urtsi: à confirmer, car il pourrait y avoir un contact tectonique.

Unité tectonique 3:

* Pélites sombres: Formation à Blocs d'Urtsi, de Sapi-Karamba ?

Unité tectonique 4:

* au Nord: formation à blocs.

* au Sud: Formation rouge de Skyu-Chiling, discordante au Nord sur la formation à blocs.

Unité 5:

* Unités du Konkri La, Formation de Nindam. En contact tectonique avec l'unité 4.

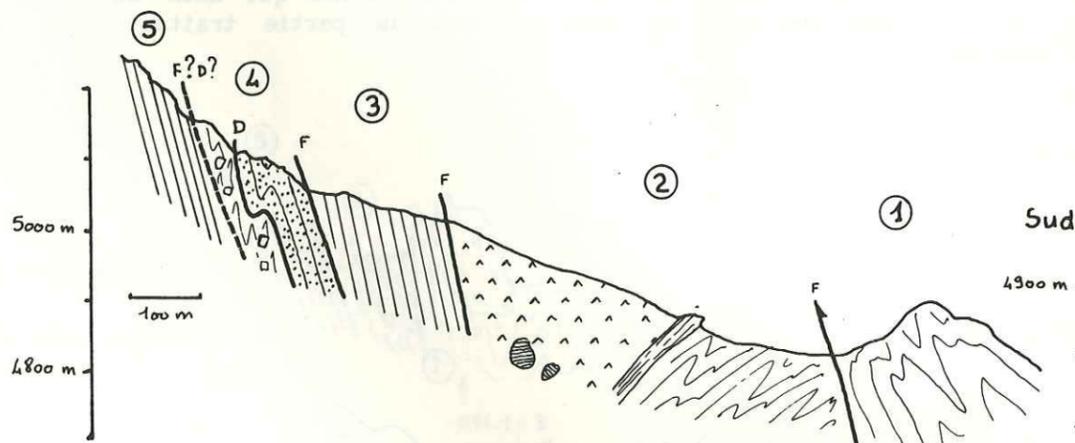


fig. II.36 Coupe rive gauche de la rivière I. (Sutre 1984)

1.2.2.4 Coupe de la vallée "H". Sutre 1984.

Fig. II.37, description de la coupe rive gauche du Sud vers le Nord.

Unité 1:

* Formation de Lamayuru.

Unité tectonique 2:

* Péridotites massives serpentinisées contenant de grosses masses (de laves ? de dykes ? de sédiments ?). Ces noyaux durs ont tourné dans leur matrice péridotitique pendant la déformation.

Unité tectonique 3:

* pélites à blocs, cette unité est très dilacérée par la tectonique: Formation à Blocs d'Urtsi (probable) ou de Sapi-Karamba.

Unité tectonique 4:

* Péridotites massives serpentinisées ? Conglomérats continentaux monogéniques de péridotites équivalents à ceux du Dun Dun La ?

Unité tectonique 5:

* Formation de Skyu-Chiling plissée.

Conglomérats rouges à péridotites altérées, avec développement de talc dans de petits accidents tectoniques

Bancs décimétriques à métriques de dolomies palustres (traces de racines ?), plus ou moins conglomératiques.

Blocs de péridotite serpentinisée (échantillon 290.03).

Unité 6:

* Unités Du Konkri La, Formation de Nindam.

Son contact avec l'unité 5 semble par endroits sédimentaire, alors qu'à d'autres il est franchement tectonique.

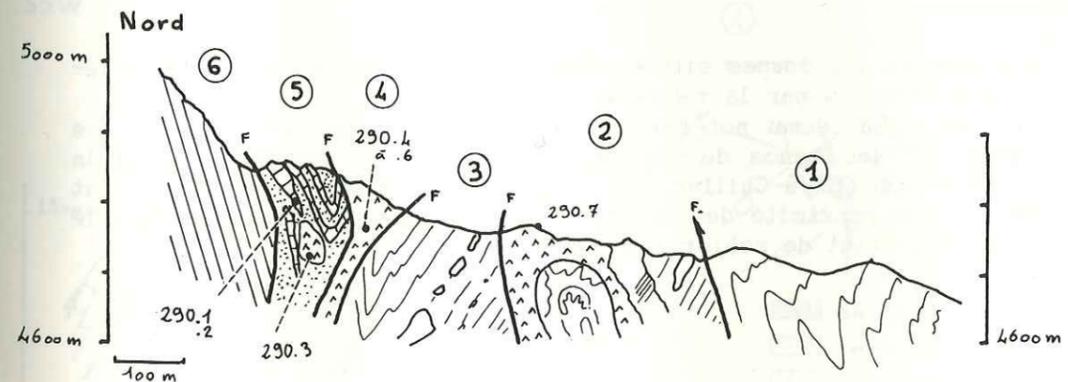


fig. II.37 Coupe rive gauche de la rivière H. (Sutre 1984)

1.2.2.5 Coupe de la vallée "G". Sutre 1984.

Commentaire de la carte fig. II.32, description des unités du Sud vers le Nord.

Entre cette coupe et la coupe précédente, la Formation de Lamayuru chevauche directement la Formation de Nindam.

- Rive gauche de la rivière "G":

* En rive gauche de la rivière "G", la Formation de Skyu-Chiling et les formations à blocs réapparaissent sous la forme d'écailles tectoniques qui se poursuivent vers l'Ouest en se biseautant.

* L'étoile en rive gauche sur la carte de la figure II.32 signale des pélites noires à reflets bleus:

Sont-ce des roches dans le faciès schistes bleus ? Ou bien est-ce, plus vraisemblablement, une écaille fortement tectonisée de la Formation à Blocs d'Urtsi ?

- Rive droite de la rivière "G":

* Elle est formée d'écailles tectoniques composées par la Formation à Blocs d'Urtsi surmontée, en discordance d'érosion, par la Formation de Skyu-Chiling.

* Etoile située en rive droite sur la carte fig. II.32:

A cet endroit, la Formation à Blocs d'Urtsi contient un débris flow formé d'un conglomérats de roches volcaniques et de calcaires à orbitolines de type calcaires de Kahlsi.

- Déformation:

Par rapport aux coupes situées plus à l'Ouest, les terrains de celle-ci sont plus affectés par la tectonique.

On remarquera notamment, sur la crête rive droite, que les argiles et les bancs de carbonates orangés des conglomérats de la Formation de Skyu-Chiling, ainsi que les formations à blocs sont affectés, à proximité des accidents tectoniques chevauchants vers le Nord, d'un début de schistosité de flux.

1.2.2.6 Coupe de la vallée "F". Sutre 1984.

- Description de la coupe rive droite (fig. II.38):

Unité tectonique 1:

* Formation de Lamayuru dans sa partie Crétacé.

Unité tectonique 2:

* Formation à blocs d'Urtsi surmontée, en discordance d'érosion (D1), par des conglomérats de la Formation de Skyu-Chiling.

Unité tectonique 3:

* Formation à Blocs d'Urtsi surmontée, en discordance d'érosion (D2), par des conglomérats de la Formation de Skyu-Chiling qui contient ici des bancs de proto-dolomie (287.01) jaune orangé.

Unité tectonique 4:

* Formation à Blocs d'Urtsi surmontée, en discordance d'érosion (D2), par des conglomérats de la Formation de Skyu-Chiling.

Cette unité correspond au paléorelief décrit dans la coupe suivante.

Unité tectonique 5:

* Formation à Blocs d'Urtsi avec sa couche savon de stéatite.

Unité 6:

* Formation de Nindam, turbidites vertes volcano-sédimentaires.

On notera que dans cette coupe les unités 2, 3, 4 et 5 sont séparées par des accidents tectoniques se développant dans des stéatites.

- Amont de la vallée (fig. II.32).

Présence de radiolarites rouges (cherts argileux) à la limite des formations de Nindam et d'Urtsi. Il ne m'est pas possible de décider si celles-ci appartiennent à l'une ou à l'autre des deux formations.

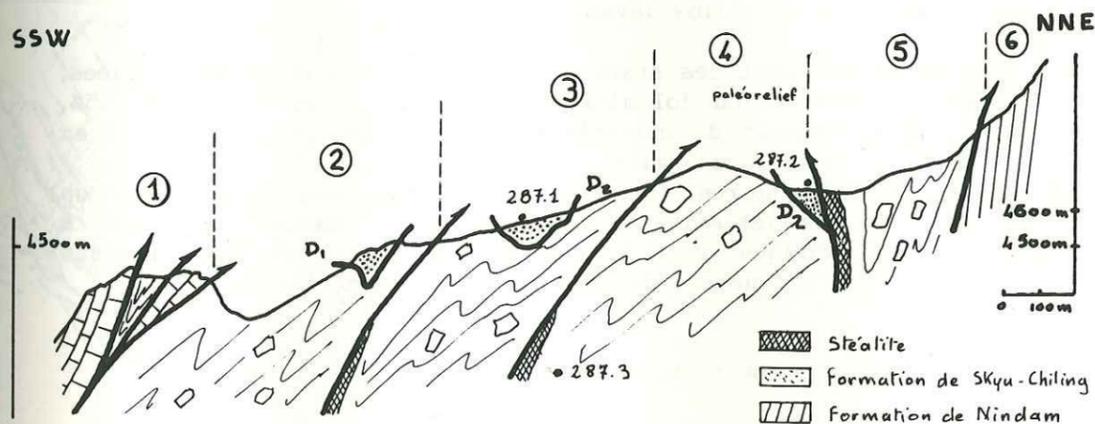


fig. II.38 Coupe rive droite de la vallée F. Sutre 1984.

1.2.2.7 Coupe de la vallée de Sorpon Brok. Sutre 1983, 1984.

Description de la coupe fig. II.39 du Sud vers le Nord:

Unité 1:

* Formation de Lamayuru. Continuation des barres crétacées de Pangilah.

Unité 2:

* Formation à Blocs d'Urtsi, en contact tectonique F1 avec l'unité précédente.

Flysch à blocs de radiolarites et de calcaires.

* D1: Discordance d'érosion

* Formation de Skyu-Chiling.

@ Membre A:

De couleur verte, à patine jaune, formé de pélites, grès et rudites (conglomérats chenalisés), discordant sur la Formation à Blocs d'Urtsi qu'il remanie.

Les clastes sont:

- des galets de calcaire bruns tectonisés de type "peau de crocodile".
- des galets ou blocs de calcaire oolithique (122.01 & 02) à Orbitolines et Rudistes de type Kahlsi.
- l'échantillon 284.07 est un galet de calcaire à lituolidé (Trias ?), nodosariidés, chaetetidé ? solénoporacées et variostomidés qui, selon J.P. Bassoullet, rappelleraient les faciès triasiques peu profonds du Lamayuru (marge indienne).
- des galets de turbidites de faciès Nindam.
- morceaux de pillow lavas.

Les sables sont des arkoses le plus souvent assez bien triées, à matrice calcaire (ou dolomitique ?) abondante: de l'ordre de 25%, contenant énormément de chlorite en grains bien cristallisés et en grains de la taille des argiles.

Les pélites, noires, fréquemment sableuses, contiennent beaucoup de chlorite. Une tentative d'extraction de la matière organique à l'acide fluorhydrique s'est soldée par un échec: le culot restant était constitué uniquement de chlorite et de serpentinite.

@ Membre B:

Pélites gréseuse noires avec quelques bancs de grès verts.

@ Membre C:

Conglomérats à patine jaune dont les clastes sont uniquement composés de roches granitiques grenues.

@ Membre D:

Conglomérats et sables de couleur rouge.

Tous ces sédiments se sont déposés en ambiance continentale: ce sont des dépôts alluviaux avec quelques passées probablement lacustres.

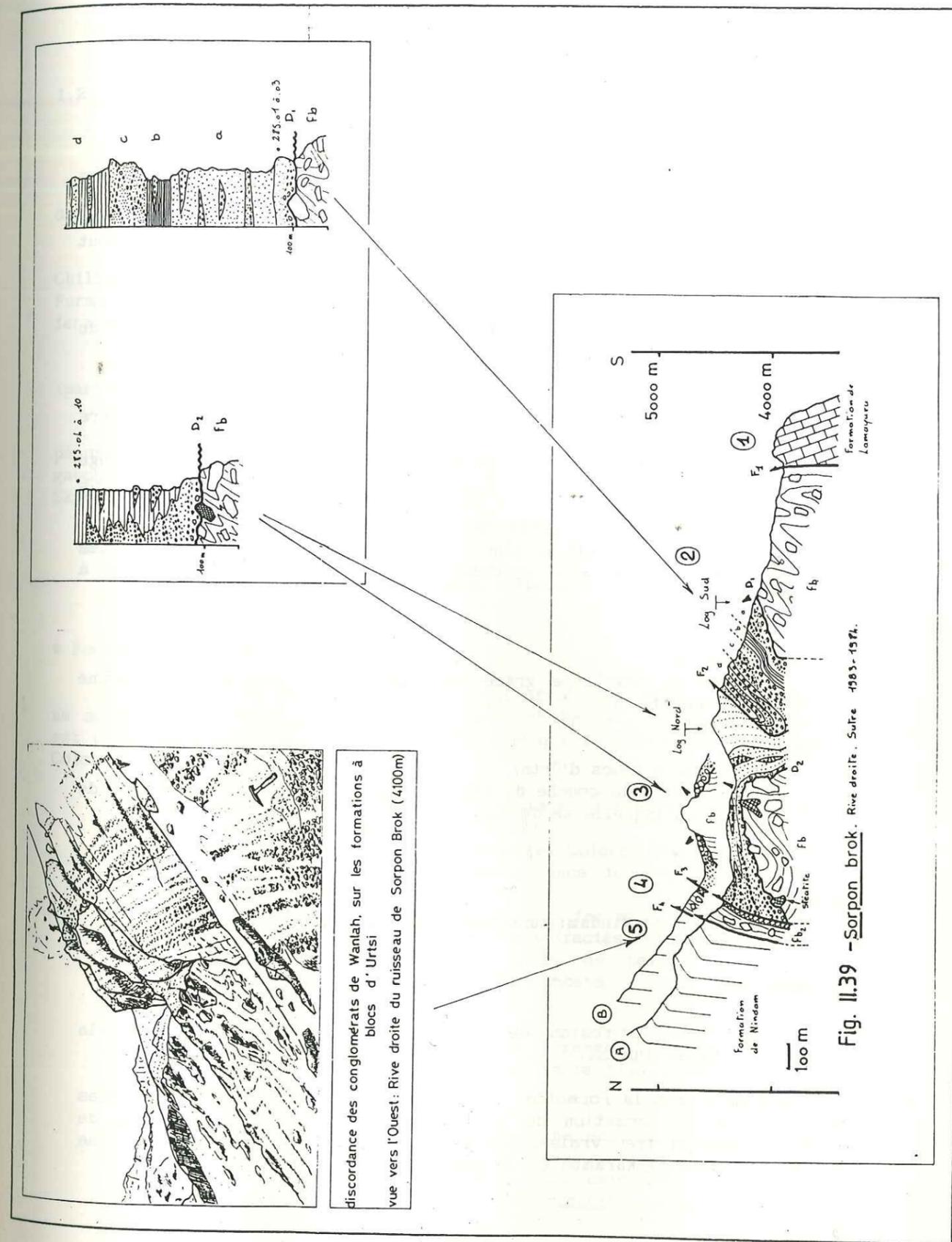


Fig. II.39 - Sorpon brok. Rive droite. Sutre 1983-1984.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

* F2: faille.

Unité 3:

* Formation à Blocs d'Urtsi.

Cette formation, plissée, est similaire à celle que nous décrivons au Nord d'Urtsi, dans la localité type.

Elle renferme des blocs de toutes tailles (calcaires, de cherts, de stéatite) et des chenaux conglomératiques (débris flows), le tout dans une matrice pélitique.

* D2: Discordance d'érosion sur Fb2.

Le panorama de la figure 155 la représente, en rive droite du torrent, au droit du bloc de stéatite noté sur la coupe.

* Formation de Skyu-Chiling.

Les sédiments sont de moins en moins grossiers du Nord vers le Sud.

Ce sont des sables et conglomérats chenalisés de couleur rouge qui remanient, à la base, des éléments de la Formation à Blocs d'Urtsi sous-jacente.

Vers le haut les sables et conglomérats verts réapparaissent.

Sur la crête située plus à l'Est, on peut observer des brèches de pente continentales ennoyant un paléorelief de chert verts à patine rouille.

* F3: faille.

Elle se développe grâce aux qualités de "couche savon" d'une "couche" de stéatite.

Unité 4:

* Formation à Blocs d'Urtsi.

On notera la couche de stéatite épaisse de quelques dizaines de mètres dans laquelle se développe F3.

* F4: faille.

Unité 5:

* Formation de Nindam: turbidites volcano-sédimentaires vertes.

On retiendra:

- La discordance d'érosion de la Formation de Skyu-Chiling sur la Formation à Blocs d'Urtsi.

- La présence dans la Formation de Skyu-Chiling d'une majorité de clastes provenant de la Formation de Nindam et, en moins grande quantité, de clastes provenant très vraisemblablement de formations de marge indienne (formations de Sapi-Karamba ou de Lamayuru).

1.2.2.8 Rive droite de la vallée d'Urtsi. Sutre 1983, 1984.

La partie sud des Mélanges Colorés disparaît ici sous des éboulis et des glissements de terrain récents.

Seules les formations de marge sud et les conglomérats de Skyu-Chiling seront décrits. Les formations de marge nord (par exemple la Formation à Blocs d'Urtsi) seront seulement évoquées: leur description se fera à la partie 1.3.3 de ce chapitre.

Les figures sont groupées avec celles de la coupe de Tar-Urtsi (partie 1.3.3 de ce chapitre).

Description du Sud vers le Nord de la coupe figure II.68, des panoramas figure II.73 (rive droite de la vallée d'Urtsi) et II.78 (rive gauche de la vallée d'Urtsi) et de la discordance de la Formation de Skyu-Chiling sur la Formation à Blocs d'Urtsi figure II.74.

- Sédiments de Marge Indienne -

* Formation de Lamayuru:

Les niveaux des séries de Lamayuru qui affleurent dans cette vallée ne sont pas les mêmes que ceux de la coupe de Wanlah, car la formation est prise en écharpe par l'accident tectonique qui la sépare des Mélanges Colorés.

© De ce fait on trouve, depuis le contact tectonique au Nord, à Wanlah, jusqu'à Panjilah au sud (fig. II.32):

- Depuis le contact avec les Mélanges Colorés jusqu'au château de Wanlah: les faciès de pélites à bancs de grès, à Daonelles et Paléodyction (Trias-Lias ?).

- Entre Wanlah et Brogbrogza: les faciès renfermant les grosses barres carbonatées à oolithes (faciès aaléniens).

- Au Nord de Pangilah: les faciès de pélites à barres carbonatées crétacées à Globotruncana (type calcaires multicolores du Fatu La).

Les unités décrites, bien que "rangées" dans l'ordre stratigraphique, ne représentent pas une série bien stratifiée: les terrains sont plissés et faillés.

© Au Sud d'Urtsi, les séries de Lamayuru ne sont représentées que par les pélites à barres de calcaire crétacées.

En 1982 G. Fuchs les a assimilés aux calcaires crétacés du Fatu La. E. Gilbert (1983) a récolté des globotruncanas confirmant cette attribution.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

* La Formation de Sapi-Karamba:

Inconnue pour l'instant à Urtsi. Il n'est pas exclu de pouvoir en trouver:

Je pense notamment aux flyschs sombres notés "Sapi-Karamba ?" sur la figure II.78, sur lesquels les conglomérats de la Formation de Skyu-Chiling semblent être discordants.

- Schistes bleus -

G. Masclé (in Honegger et al 1988) signale leur présence à Urtsi.

Les échantillons 95.02 et 03, pris dans un bloc de laves, sûrement éboulé, en dessous d'Urtsi, au bord du chemin, mériteraient d'être étudiés à la micro-sonde, afin de vérifier s'il s'agit bien de laves dans le faciès schistes bleus.

- Formations de marge nord néotéthysienne -

* Unité du Tar La, Formation à Blocs d'Urtsi:

Au Sud, elle a été repérée à côté du bloc de lave précédemment décrit (échantillon 95.04), où elle se présente, sur les berges d'un petit canal d'irrigation, sous la forme de turbidites à greywackes lithiques contenant des laves et des lithoclastes de calcaire à orbitolines et débris de rudistes.

- Mélanges Colorés bande Sud -

* Formation de Skyu-Chiling:

Cette formation, composée de sédiments continentaux, est discordante sur la Formation à Blocs d'Urtsi. On la rencontre:

@ Sur la crête ouest (fig. II.73):

Il s'agit de sédiments contenant des conglomérats fluviatiles à polarité inverse de regard Sud, dont la fabrique (imbrication des galets) indiquerait un sens d'écoulement vers le Sud (à vérifier statistiquement: deux mesures seulement ont été faites).

On trouve également des bancs de grès plus ou moins grossiers à matrice calcaire, ainsi que des pélites gréseuses.

@ Dans une petite carrière au niveau de la Gompa (coupe fig. II.74):

La formation est en contact tectonique avec la Formation à Blocs d'Urtsi. Elle est formée de grès (notamment grès à plantes), conglomérats et bancs de proto-dolomie (cf annexe 3, échantillon

273.05 à graviers de péridotites altérées). La polarité sédimentaire est inverse, à regard Sud.

@ Dans le petit synclinal (échantillons 79.06 à 13) situé au Nord de la synforme de stéatite (fig. II.73):

La formation est en contact discordant érosif sur la Formation à Blocs d'Urtsi. Il s'agit d'un conglomérat à matrice jaune orangé dolomitique, contenant des galets décimétriques de péridotites.

1.2.2.9 Rive gauche de la vallée d'Urtsi. Sutre 1983, 1984.

Description du Sud vers le Nord du panorama de la rive gauche de la vallée d'Urtsi (figure II.78).

* Formation de Lamayuru.

Faciès pélitiques à barres de calcaires à globotruncanas. On notera la présence de calcaires à lamellibranches (échantillons 93.01 à 05 sur la crête): sont-ce des blocs équivalents à ceux décrits par J.P. Bassoullet & al. (1980) à la Gompa de Mulbek, dans les faciès à blocs du Lamayuru ?

** Formation de Lamayuru ? Formation de Sapi-Karamba ?

Pélites et grès noirs à nombreuses structures de type ball and pillow et cone in cone.

*** Formation de Skyu-Chiling.

Au Sud, elle est en contact de type discordance d'érosion avec les terrains de type Formation de Sapi-Karamba.

@ Au Sud, en bas:

Vers les échantillons 271.01 et 85.01), la formation est composée de sables et de lits conglomératiques qui contiennent des greywackes provenant vraisemblablement de la Formation de Nindam, ainsi que des galets de calcaires.

Comme dans la carrière de l'autre rive, on trouve des grès à plantes.

Revue des clastes calcaires:

- 267.01: grainstone calcaire à oolites et bioclastes de lamellibranches, algues, polypiers. Faciès non daté qui pourrait ressembler à des calcaires de Kahlsi.

- 267.02: micrite (packstone) bioclastique contenant 20% de quartz très anguleux uniformément répartis. Non daté, pourrait appartenir aux calcaires de Kahlsi.

- 86.04: packstone/grainstone oolites et bioclastes de lamellibranches, algues, polypiers, gastéropodes, échinodermes, bryozoaires. Faciès non daté qui pourrait ressembler à des calcaires de Kahlsi.

- 87.01: packstone à oolites sombres. Non daté, pourrait faire penser à des faciès de la Formation de Mongyu, mais on trouve surtout des oolithes comparables dans les formations de Sapi-Karamba et de Lamayuru.

- 86.01: péridotite pseudomorphosée par la calcite: altération en milieu continental ou opicalcite ?

@ Au Nord, sur la crête intermédiaire:

à proximité du contact (tectonique ? sédimentaire ?) avec la Formation à Blocs d'Urtsi, la zone des échantillons 88.01 & 02 est principalement formée de sables à climbing ripples presque en phase. Ils donnent des directions de courant restaurées Est-Ouest avec un sens probablement vers l'Ouest.

Des lits d'orthoconglomérats grossiers, qui semblent de direction Nord-Sud, s'intercalent de place en place dans la formation.

On peut ainsi se faire une idée de la paléo-topographie: lac ou fleuve coulant de l'Est vers l'Ouest, recevant des apports détritiques grossiers de reliefs situés au Nord.

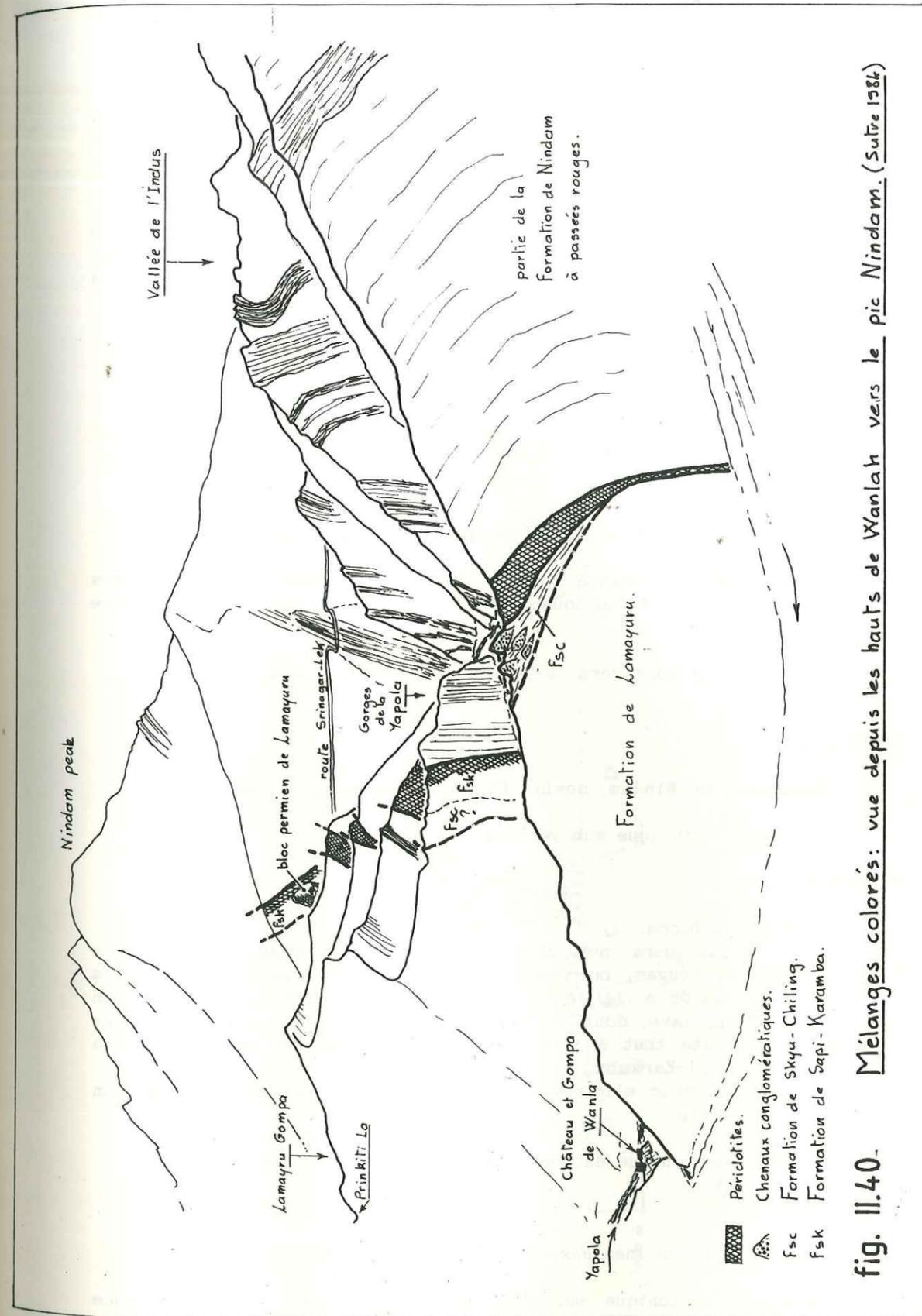
1.2.2.10 Entre la crête Ouest d'Urtsi et Wanlah. Sutre 1984.

L'itinéraire commence dans la petite vallée qui remonte vers le NE, derrière les ruines du château de Wanlah. Carte figure II.32.

Dans cette vallée, on observe le seul décrochement que j'aie pu observer qui affecte à la fois les unités des deux marges: la bande des "Mélanges Colorés", large à cette endroit de quelques dizaines de mètres, est décalée d'environ 50 mètres par une faille verticale senestre de direction NE-SW.

La bande des "Mélanges Colorés" est composée d'unités tectoniques: l'une d'elle est formée de péridotites, l'autre de conglomérats de la Formation de Skyu-Chiling.

En suivant les "Mélanges Colorés" jusqu'à Urtsi, je cherchais surtout à voir une discordance érosive de la Formation continentale de Skyu-



tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

Chiling sur la Formation de Lamayuru. Je n'ai pas pu trouver d'affleurements répondant d'une manière positive et claire à cette attente.

En tête de la vallée qui fait face à Brogbrogza, on observe, dans les "Mélanges Colorés", un bloc montrant des pillows (repérés "1" sur la carte) qui moulent des radiolarites rouges, et des blocs de radiolarites rouges (échantillon 277.01).

Les sédiments qui composent l'encaissant de ce bloc montrent de curieux faciès (échantillon 277.02): ces lits sont composés de sortes de "galets" de radiolarites arrondis, dans une matrice de silts bruns, avec des fractures tous les centimètres, perpendiculaires à la stratification et remplies de quartz (boudinage ?).

1.2.2.11 Coupe au Nord de Wanlah, au début des gorges de la Yapola.
Sutre 1983, 1984.

Carte fig. II.32, coupe fig. II.41, panorama fig. II.40.

Les terrains de la bande sud des "Mélanges Colorés" sont ici coincés entre deux accidents tectoniques sub-verticaux. On peut y reconnaître plusieurs formations.

Description du Nord vers le Sud de la coupe fig. II.41:

* Unité A:

- @ Formation de Nindam, membre Ce de la coupe fig. II.84.
- @ Accident tectonique sub-vertical.

* Unité B:

@ Schistes à blocs.

On remarquera notamment un bloc hectométrique composé de radiolarites rouges, ou vertes translucides, rubanées (échantillons 124.03 et 124.05 à .11), en contact avec un sill de lave (échantillon 124.04. Cette lave, dont l'analyse est exposée à l'annexe 5, est une trachy-andésite tout à fait similaire à celles qui appartiennent à l'unité de Sapi-Karamba.

Il doit donc s'agir d'une écaille ou de blocs de la Formation de Sapi-Karamba.

@ Accident tectonique sub-vertical ou discordance d'érosion.

* Unité C:

@ Conglomérat continentaux de la Formation de Skyu-Chiling.

@ Accident tectonique sub-vertical. Sur la crête, une discordance d'érosion de ces derniers sur le Lamayuru semble conservée.

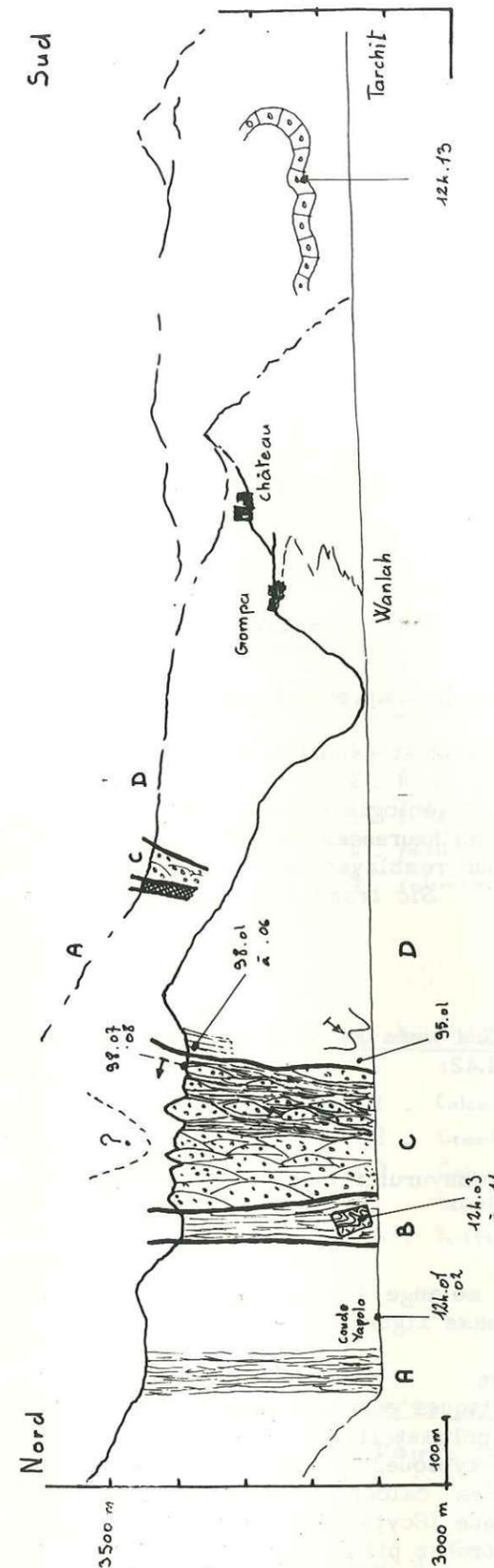


fig. II.41 Coupe de la Yapola Chu à Wanlah, bande sud des Mélanges Colorés. Sutre 1983.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

* Unité D:

@ Formation de Lamayuru: turbidites plissées, en position stratigraphique inverse: pélites et grès à daonelles et paléodyctions.

Sur la crête, ces terrains sont composés de bancs décimétriques à métriques de mudstones silicifiés plus ou moins gréseux à microfilaments et échinodermes, ainsi que de brèches intra formationnelles dont la matrice contient des microfilaments et dont les clastes sont des mudstones silicifiés à microfilaments et des grainstones à oolithes et à foraminifères dont: Glomospira. Nombreux cristaux d'oxyde.

L'âge des clastes est vraisemblablement triasique, de même que celui de la matrice.

Il s'agit donc d'une partie triasique de la Formation de Lamayuru, sa partie Jurassique affleurant à Trachit (oolite).

1.2.2.12 Coupe au Nord-Est de Lamayuru, zone du Bloc Permien.

Coupe fig. II.42 d'après J.P. Bassoulet et al. 1978 et M. Colchen & al. 1983.

Carte fig. II.32 et panorama fig. II.40 E. Sutre (1983, 1984).

Ce monument de la géologie himalayenne, témoins de l'océanisation de la Néotéthys, n'est malheureusement pas classé : il est actuellement débité à l'explosif pour remblayer la route et construire des habitations.

Sic transit gloria mundi.

Description:

Description du Sud vers le Nord de la coupe générale en haut et à droite de la figure II.42:

* Unité 6:

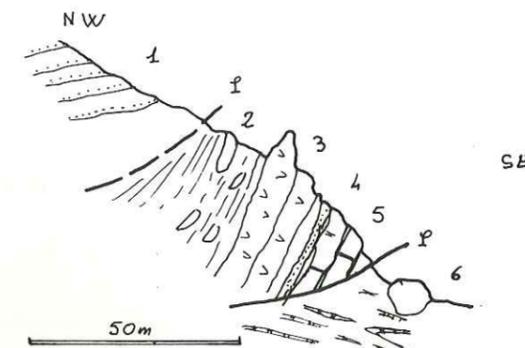
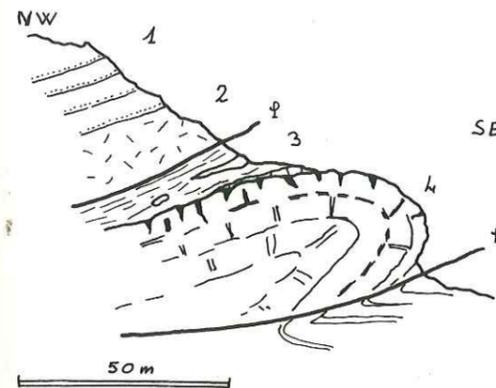
@ Formation de Lamayuru: flysch de marge indienne.

* Unités 5 à 2:

Ecaille de mélange formée, de bas en haut (cf coupe et détail du bloc sur la même figure):

@ Le Bloc Permien:

- calcaires néritiques permien (Djulien terminal).
- encroûtement polymétallique: d'après Th. Juteau, il s'agirait d'un enduit océanique typique.
- les fentes des calcaires permien sont remplies de calcaire pélagique triasique (Scythien inférieur) à Ammonites.
- volcanites: tuffs et pillow lavas

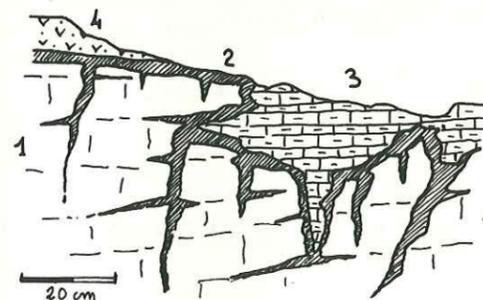


Bloc permien de Lamayuru.

- 1 - flysch et radiolarites de Nindam.
- 2 - harzburgite serpentinisée.
- 3 - formation à blocs.
- 4 - bloc de calcaire Permien supérieur.

Coupe générale

- 1 - formation de Nindam.
- 2 - formation à blocs.
- 3 - Pillows tectonisés.
- 4 - radiolarites.
- 5 - calcaires permien.



Détail du sommet du bloc permien.

- 1 - Calcaire du Permien supérieur.
- 2 - Croûte polymétallique.
- 3 - Calcaire pélagique à Ammonite du Scythien inférieur.
- 4 - Tuffs et pillow lavas.

fig. II.42 Bande Sud des Mélanges Colorés à Lamayuru.
Bloc permien de Lamayuru. D'après Colchen et al 1980 et 1987.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

@ Harzburgites serpentinisées:

En contact tectonique avec l'unité précédente. La nature de leur contact (tectonique ou substratum sédimentaire) avec la Formation de Nindam est encore débattue.

* Unité 1:

@ Unité du Tar La, Formation de Nindam formée de turbidites volcano-sédimentaires.

Signification:

Ce bloc montre donc, à la limite Permien - Trias, une évolution depuis un environnement néritique vers un environnement océanique: ce serait un témoin de l'ouverture de la Néotéthys.

On notera que ce bloc est similaire à ceux qui affleurent dans les mélanges, sous la klippe de Spontang.

Une remarque:

La zone faillée, qui matérialise ici la suture, est bien visible dans le paysage depuis les crêtes de Wanlah (fig II.40): dans le fond des vallées la suture est sub-verticale, alors que vers 3500 m d'altitude, elle devient chevauchante, tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud.

1.2.2.13 Coupe au Nord de Lamayuru. Sutre, Colchen 1983.

Cet affleurement est situé 500 mètres au Nord de la route, en remontant l'affluent qui part au dessus du Ragon Hotel.

Description de la coupe figure II.43 du Nord vers le Sud:

* Unité A:

@ Unité du Tar La, Formation de Nindam.

Cherts, niveaux de greywackes et de calcaires lie de vin, radiolarites. Ce sont des turbidites fines.

@ F₁: Accident tectonique sub-vertical probable.

* Unité B:

Formation de Nindam ? d'Urtsi ? de Sapi-Karamba ?

@ Zone a:

Silts rouges et verts, radiolarites vertes et rouges, grès fins.

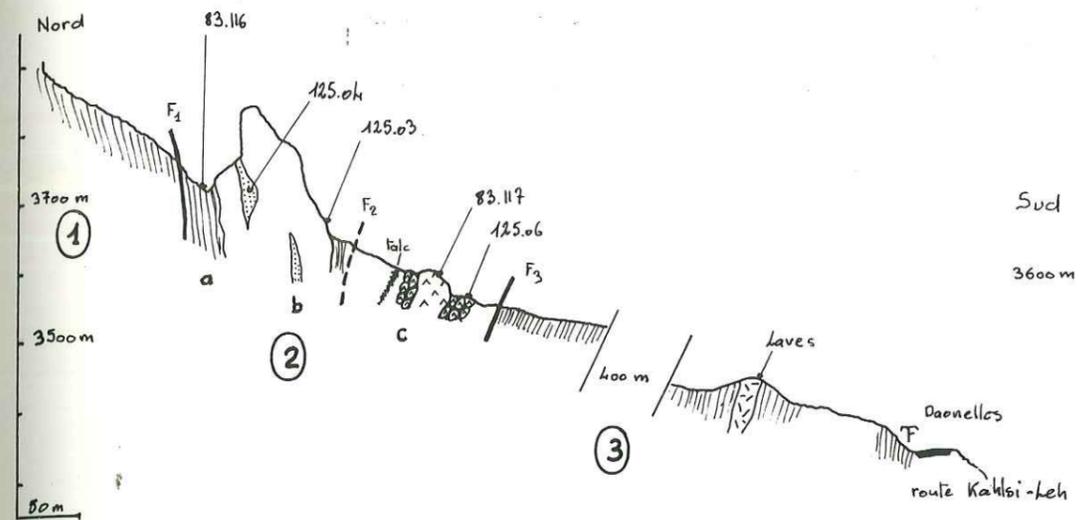


fig. II.43 Coupe de la bande sud des Mélanges Colorés à Lamayuru.

Partie nord: vallée au Nord du Ragoon Hotel

Partie sud: arête rive droite de cette vallée, au Nord de la station à Daonelle.

Sutre - Colchen 1983.

@ Zone b:

Passée radiolaritiques, en relief dans le paysage, contenant des lentilles ou sills de roche volcanique.

Ech. 125.03: microquartzites: cherts rouges, roses, ou translucides, en lits centimétriques, très tectonisés et recristallisés (fractures remplies de quartz). Lits fréquemment recouverts d'un enduit noir: cf enduit polymétallique du bloc permien ?

Ech. 125.04: roche volcanique: cristaux libres de pyroxènes dans la matrice, épicles de verre volcanique et de lave à lattes de plagioclases. Sill dans les radiolarites, ou plutôt hyaloclastite interstratifiée ?

@ F₂: Accident tectonique sub-vertical jalonné de serpentinites.

@ Zone c:

Péridotites massives (dunites non altérées cf éch. 125.06). Elles montrent une altération actuelle en gros parallélépipèdes (20x40 cm) aux angles arrondis, avec développement de talc dans les fissures. Ce talc est utilisé par les habitants de Lamayuru.

On se rapellera à ce sujet la discussion concernant les "arènes continentales ophiolitiques" de la Marka et du Dun Dun La.

@ F₃: Accident tectonique dont la localisation exacte reste à préciser.

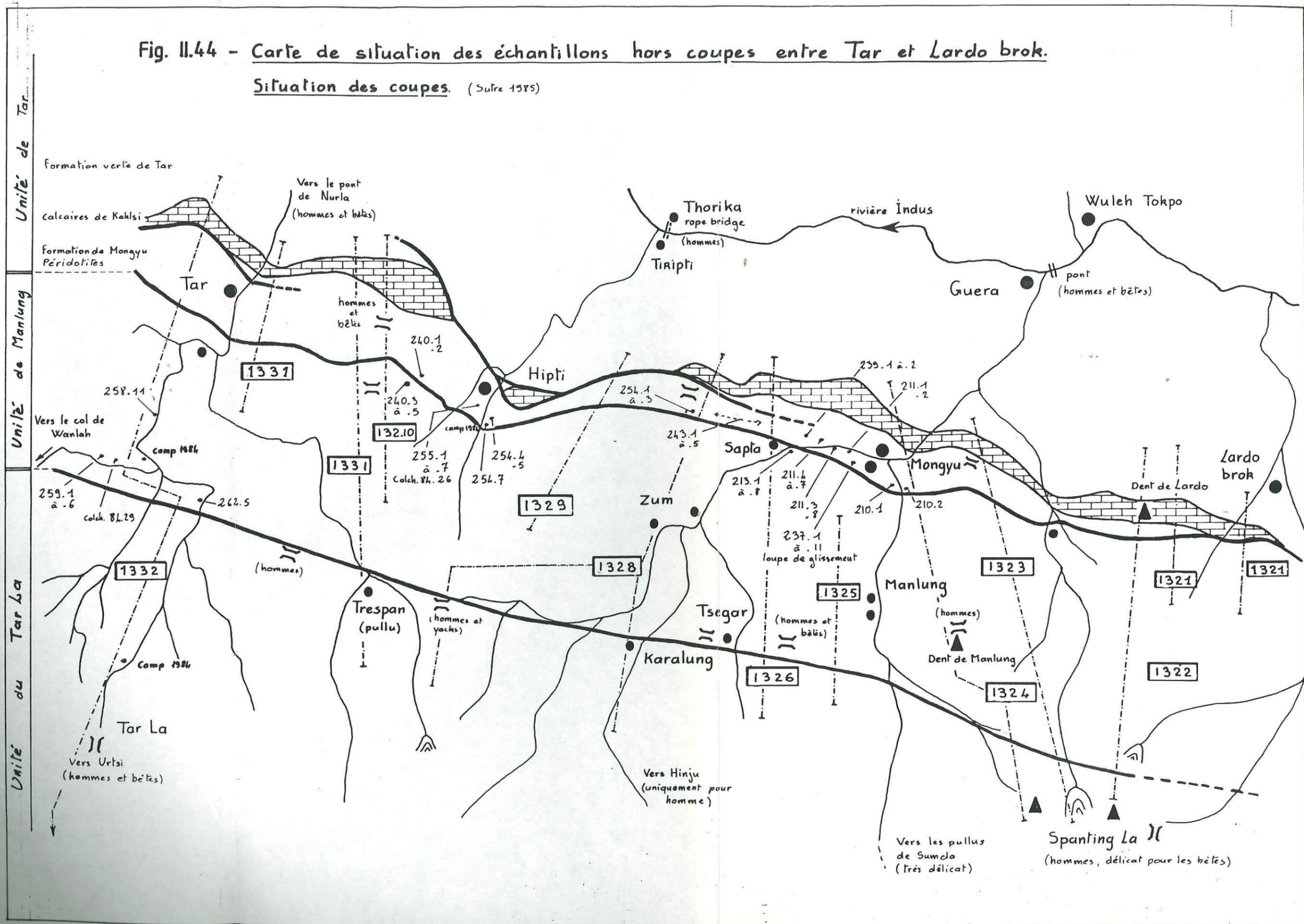
* Unité 3:

© Formation de Lamayuru.

On notera la présence de laves dans la Formation de Lamayuru: elles sont situées à 60 mètres au Nord de l'affleurement à "daonelles" datées du Trias (situé lui même au croisement de la route Kargil-Leh avec la route qui remonte du village de Lamayuru). Elles ont été échantillonnées en 1984 par Eric Leflaivre (Université de Grenoble).

Fig. II.44 - Carte de situation des échantillons hors coupes entre Tar et Lardo brok.

Situation des coupes. (Suite 1985)



- 1.3 -

**VERSANT RIVE GAUCHE DE L' INDUS,
ENTRE ALCHI GOMPA ET LA YAPOLA.**

GENERALITES -

Consulter la carte toponymique et hydrographique de la région à la figure II.2, la carte des itinéraires parcourus à la figure II.1.

Situation de coupes et des échantillons hors coupe figure II.44.

Tout d'abord, nous décrivons en parallèle la coupe Tarutche-Sumda Gompa de Van Haver et ma coupe Indus-Sumda Chen; cela nous permettra de nous raccorder au découpage stratigraphique qu'il a effectué.

Cette transversale Nord-Sud complète nous permettra également de raccorder les coupes de la vallées de Sumda à celles de ce versant de l'Indus.

Ensuite nous décrivons les nouvelles coupes levées entre Lardo Brok et Tar.

Pour finir, nous étudierons deux coupes transversales complètes, depuis l'Indus jusqu'aux terrains de marge indienne: ce sont les coupes du Tar La et de la Yapola.

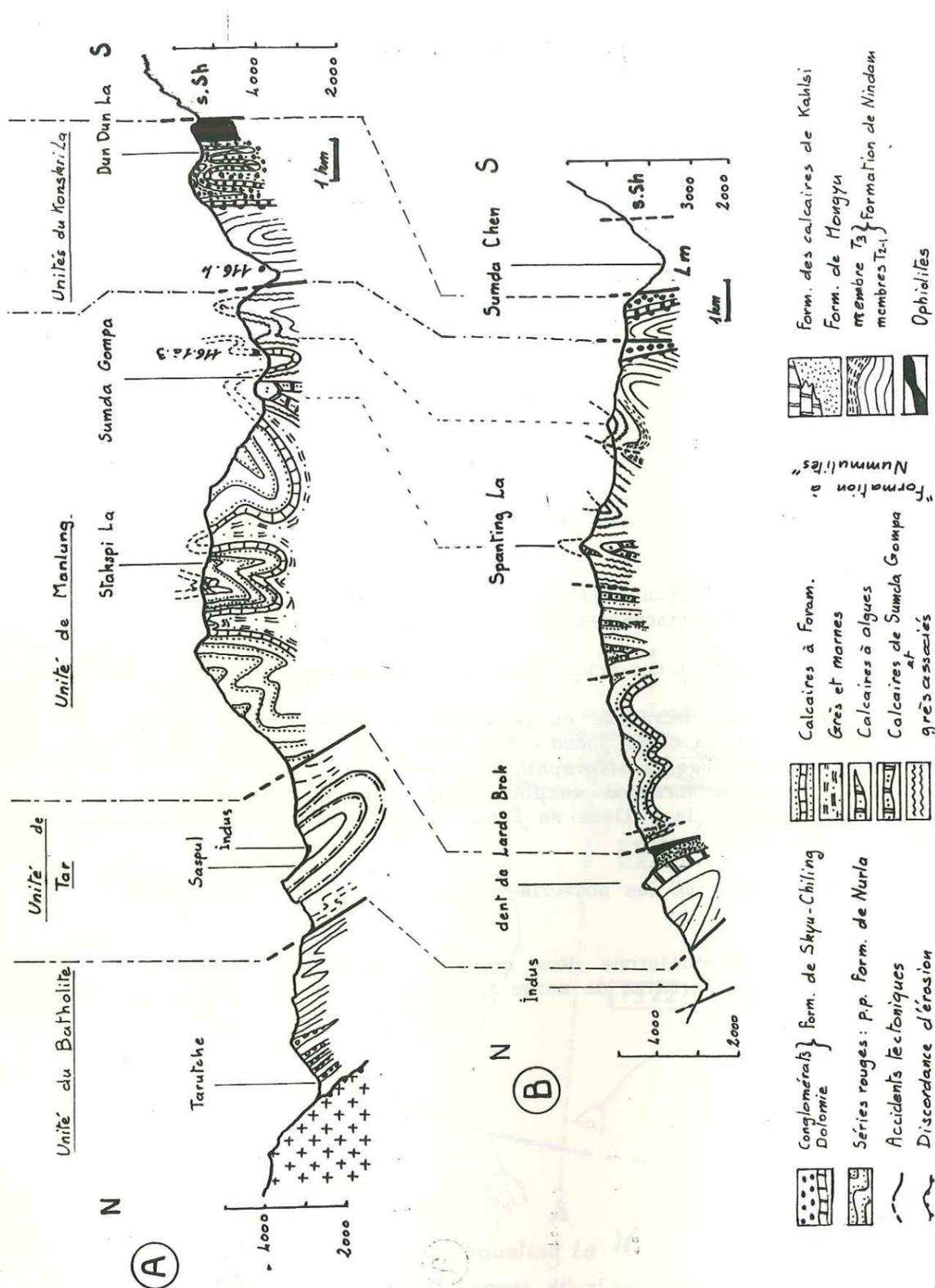


Fig. II.45 - Coupe du Stakspi la (A) et du Spanting la (B): d'après T. Van Haver modifié.

1.3.1 - TRANSVERSALES DU STAKSPI LA ET DU SPANTING LA

Les noms de formation utilisés correspondent à mon découpage stratigraphique qui reprend pour une grande part celui de T. Van Haver (cf discussion tome I)

1.3.1.1 Coupe de Saspu - Stakspi La - Chiling.

Description du Nord vers le Sud de la coupe figure II.45.a.
(D'après T. Van Haver (1984), modifiée par mes soins en 1985.

Description:

* Unité du Batholite:
 @ Formations de Basgo, de Skinning et de Temesgam, discordantes sur le Batholite au moins dès le Maestrichtien.

* Unité de Tar:
 @ Formation de Nurla et Formation des Pélites rouges du Gongmaru La, Cette unité n'est représentée que par ses terrains les plus récente, d'âge postérieur à l'Ilerdien.

Dans cette coupe, il y a lacune de la "Formation à Nummulites": la Formation Verte de Tar passe directement à la Formation de Nurla (T. Van Haver 1984).

* Unité de Manlung:
 De bas en haut stratigraphiquement on rencontre:
 @ "La Formation à Nummulites".
 - Unité 1:
 Elle est composée de greywackes (majoritaires), de para- et d'orthoconglomérats. Les clastes sont pratiquement tous dérivés de terrains volcano-sédimentaires.
 On notera la présence de nombreuses passées de grès à plantes et de débris phosphatés.

- Unité 2:
 De même composition globale que l'unité 1, elle admet des bancs remarquables plus ou moins continus qui sont:
 + Les Calcaires de Sumda Gompa (Van Haver 1984): ce sont des calcaires massifs à algues, épais d'une centaine de mètres à Sumda Gompa, ils semblent se biseauter vers l'Est et également vers l'Ouest, puisque ces faciès ne sont représentés au Spanting La que par des lentilles hectométriques. Au sommet, ils laissent la place aux greywackes volcano-détritiques à nummulites décrites par Van Haver (1984).

+ Des bancs décimétriques de para- et orthoconglomérats à galets de calcaire (elliptiques, bien arrondis, aplatis, $L/l > 3$), ainsi que de grès à plantes. Les conglomérats sont des épandages (débris flows) de matériaux de plage. Les galets de calcaire (cf échantillons 116.1 à 3) sont du même type que les calcaires à algues de Sumda Gempa.

- Unité 3

Constituant le corps même de la "Formation à Nummulites", elle est composée de greywackes plus ou moins conglomératiques et de bancs de calcaires à faunes de l'Eocène inférieur (T. Van Haver 1984).

Vers le sommet, la formation se charge en bancs d'argile et de conglomérats rouges qui annoncent le retrait de la mer.

@ Formation de Nurla

Sédimentation continentale détritique (pour plus de détails consulter T. Van Haver 1984).

Dans cette coupe, il n'existe pas de critère discriminant pour placer la base de la formation, du fait de l'interstratification des faciès marins et continentaux.

* Unités du Korskri La:

@ Au Nord: écaille tectonique individualisée dans la Formation de Nindam composée de turbidites marines fines (Tde de Bouma), en lits centimétriques.

@ Au Sud, la formation de Skyu - Chiling est discordante sur la Formation de Nindam.

Plus à l'Est, cette discordance évolue en contact tectonique, car les accidents tectoniques prennent les limites en écharpe.

Tectonique:

Les terrains discordants sur les plutons de l'Unité du Batholite ont un pendage à regard Sud (polarité sédimentaire normale), qui témoigne d'un basculement.

Localement ces terrains sont plissés, par exemple les marnes de Basgo à Basgo, ou bien les conglomérats de Choksti au confluent Indus-Zanskar, ces derniers montrant des plis repliés décimétriques (T. Van Haver 1984).

L'Unité de Tar est ployée en synclinal déversé vers le Nord.

L'Unité de Manlung chevauche vers le Nord l'Unité de Tar; des plis déversés vers le Nord accompagnent ce chevauchement.

Vers le Sud, elle est ployée en une succession de synclinaux et d'anticlinaux à plans axiaux sub-verticaux.

A ce sujet, on notera qu'à la différence de T. Van Haver, je ne place pas de plis repliés dans la Formation de Nurla.

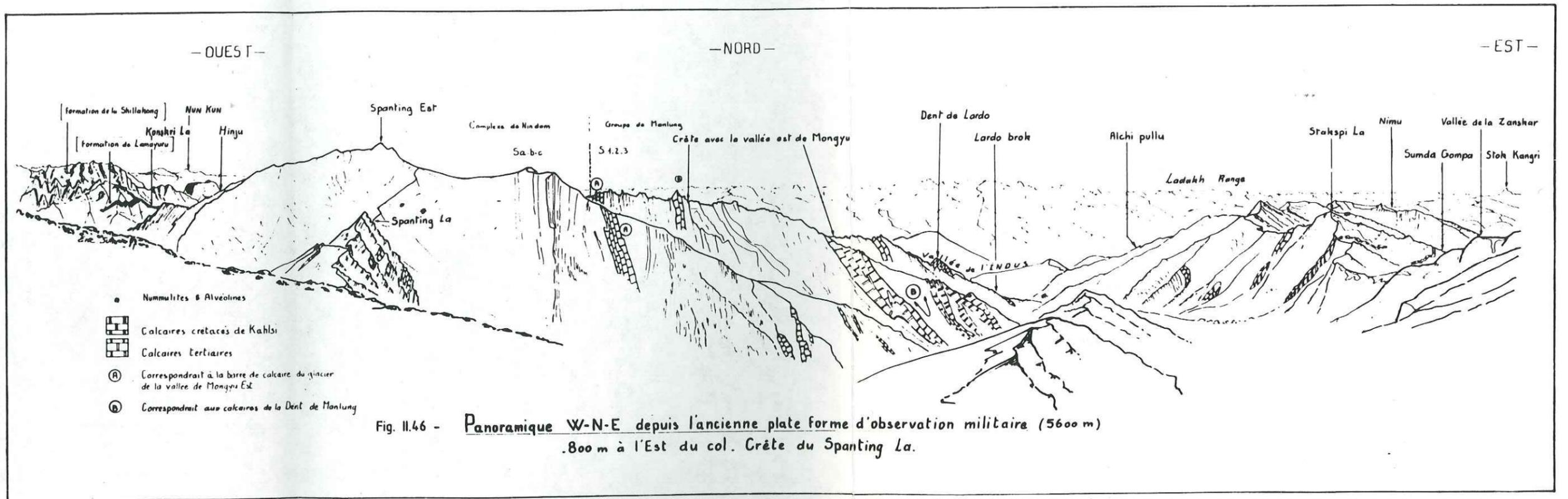


Fig. II.46 - Panoramique W-N-E depuis l'ancienne plate forme d'observation militaire (5600 m)
800 m à l'Est du col. Crête du Spanting La.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.3.1:2 Coupe du Spanting La - rivière "P" - Sumda Chen. Sutre 1984.

Description du Nord vers le Sud, de la coupe générale figure II.45.b.

* Unité de Tar:

Nous reviendrons plus en détail sur ces terrains dans la coupe de Lardo Brok.

Description de bas en haut stratigraphiquement, donc du Sud vers le Nord:

@ Formation de Mongyu:

flysch volcano-sédimentaire à blocs, à coulées de laves sous-marines. Nombreux débris flows et blocs de calcaires à rudistes et orbitolines (E. Sutre et M. Colchen 1983).

@ Formation des Calcaires de Kahlsi:

Plate-forme à rudistes et orbitolines (T. Van Haver, 1984).

@ Formation Verte de Tar:

Il s'agit de la "Série Verte de Tar" définie par T. Van Haver en 1984. Ce sont des turbidites de cône sous-marin.

Cette formation passe stratigraphiquement vers l'Est (coupe précédente) à la Formation de Nurla (lacune de la "Formation à Nummulites").

* Unité de Manlung:

Ces terrains sont séparés de l'Unité de Tar par l'accident tectonique de Mongyu.

@ Au Nord du Spanting La (panorama fig. II.46):

Les terrains sont individualisés dans la "Formations à Nummulites" et la Formation de Nurla.

Ces formations sont affectées de plis hectométriques, très souvent faillés au niveau des couches calcaires (coupe fig. II.45.b, panoramas fig. II.31 et II.46). Ces failles s'amortissent vers l'Est, comme le démontre leur disparition dans la coupe du Stakspi La (fig. II.45.a).

Faute d'observations, les corrélations de ces structures avec celles de la coupe de Mongyu ne sont pour l'instant pas faites: quelques petits glaciers compliquent en effet la progression.

Vers l'Est, on devrait pouvoir relier sans problèmes les plis de cette coupe à ceux de la coupe de la Zanskar (Panorama fig. II.31).

Les sédiments de ces formations sont:

- Des greywackes lithiques et rudites grossières volcano-sédimentaires vertes et rouges. On y rencontre fréquemment des bancs lumachelliques ainsi que des débris végétaux.

- Des bancs, parfois lenticulaires, de calcaires interstratifiés dans des greywackes lithiques et des rudites grossières volcano-sédimentaires. Ces calcaires sont en majorité des calcaires à algues, très recristallisés, interstratifiés dans la "Formation à Nummulites".

* Au Sud du Spanting La:

On se reportera à la coupe détaillée (coupe fig. II.23) décrite au paragraphe 1.2.1.2. En résumé:

On atteint vers le Sud la partie inférieure de l'Unité de Manlung, c'est à dire la Formation de Nidam. Cette dernière est recouverte en discordance par la Formation de Skyu-Chiling.

La même disposition prévaut pour l'échelle des Unités du Konkri La, où la Formation de Nidam est recouverte en discordance par la Formation de Skyu-Chiling.

Au Sud, la Formation de Skyu-Chiling est séparée par une faille de la Formation de Lamayuru (marge indienne).

1.3.2 - COUPES ENTRE LARDO BROK ET TAR

Situation des coupes:

Les coupes sont positionnées sur la figure II.44, sur laquelle sont également représentées les principales failles séparant les grandes unités structurales.

Dans le but de faciliter les déplacements de mes successeurs, j'ai annoté la carte en portant, pour les ponts et pour les cols les plus délicats à passer, le type de locomotion à utiliser.

Sens de description des coupes:

Les unités lithostructurales d'une coupe seront décrites dans le sens qui sera précisé en tête de chaque description, mais les formations stratigraphiques constituant chacune de ces unités seront décrit en commençant par leur base stratigraphique.

Evidemment, ceci impliquera par moments une description en zig-zag.

1.3.2.1 Coupes dans la zone de disparition des calcaires de Kahlsi: hauts de l'affluent rive gauche de Lardo Brok.

E. Sutre et M. Colchen 1983, figures II.47 et II.48.

Il s'agissait surtout, dans cet endroit, de déterminer de quelle manière les calcaires de Kahlsi disparaissaient vers l'Est.

Il fallait également préciser les relations entre l'Unités de Manlung, l'Unité de Tar et ophiolites du col Sud de la Dent de Lardo.

a - Description du Sud vers la Nord du panorama vers l'Est:

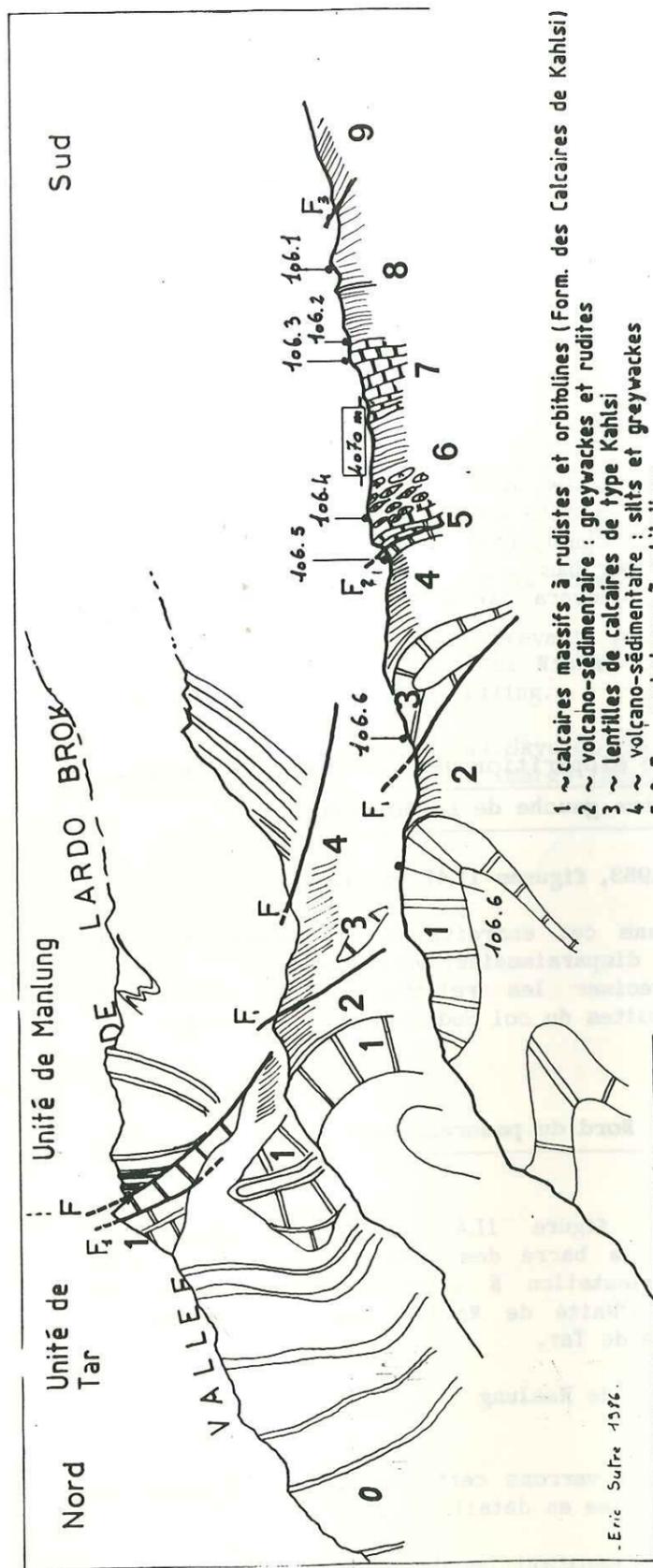
Le panorama de la figure II.47 montre la disparition tectonique, vers l'Est, de la barre des calcaires de Kahlsi, à la faveur d'accident "F" d'orientation N 120 faisant chevaucher les terrains du Tertiaire de l'Unité de Manlung sur les terrains du Crétacé supérieur de l'Unité de Tar.

- Unité de Manlung -

* Zone 9:

© Grès et conglomérats: nous verrons cette série dans la coupe de Mongyu Est où elle a été étudiée en détail.

* F: Accident tectonique principal séparant les deux séries.



1 ~ calcaires massifs à rudistes et orbitolines (Form. des Calcaires de Kahlsi)
 2 ~ volcano-sédimentaire : greywackes et rudites
 3 ~ lentilles de calcaires de type Kahlsi
 4 ~ volcano-sédimentaire : siltites et greywackes
 5 & 7 ~ packstones à orbitolines
 6 ~ agglomérats et brèches de pillows lavas, rudites et greywackes
 8 & 9 ~ volcano-sédimentaire : siltites, greywackes et rudites

F faille principale
 F1 failles secondaires
 Echantillons 106.1 à 106.6

fig. II.47 Rive droite de l'affluent ouest de la vallée Lardo Brok - Spanting La.

- Unité de Tar -

Elle se présente sous la forme d'un vaste synclinal déversé vers le Nord (cf coupe fig. II.45.b), dont nous ne voyons que le flanc inverse plissé.

Description du Sud vers le Nord, soit de bas en haut stratigraphiquement:

* Zone 9 à 2

@ Formation de Mongyu:

formation sédimentaire affectée de nombreuses petites failles qui la découpent en écailles tectoniques.

Elle est composée de bancs décimétriques, métriques ou décamétriques de calcaires, alternant avec des agglomérats volcaniques, des conglomérats et greywackes lithiques volcano-sédimentaires. Ce sont pour l'essentiel des turbidites, des mass flows, des grain flows et des débris flows.

* Les calcaires se présentent sous deux formes:

- Bancs calcaires de type packstone-wackestone à orbitolines et débris de rudistes, en bancs décimétriques.

L'échantillon 106.5 fait partie d'un ensemble de bancs décimétriques de calcaire reposant sur des agglomérats de laves en coussin.

Il s'agit de faciès resédimentés, mass flows/débris flows provenant d'une plate-forme carbonatée proche.

- Galets et blocs de faciès type packstone-wackestone à orbitolines et débris de rudistes, bounstones à Rudistes.

Les déterminations de J.P. Masse pour les échantillons 106.03 à .06 ont donné: Caprotinidae (ordre Monopleuridae) qui pourraient appartenir à l'Aptien par comparaison avec les formes européennes d'Apulie.

- Les bancs, blocs et galets de calcaires sont de plus en plus nombreux au fur et à mesure que l'on s'approche de la barre des calcaires de Kahlsi.

** Les faciès flyschoides:

- Les faciès les plus fins sont des turbidites qui remanient du matériel volcanique. Ce sont des greywackes lithiques à cristaux de feldspath (plagioclases) et de quartz très anguleux. La présence d'aiguilles de verre volcanique indique l'existence de chutes de cendres ou de nuées ardentes contemporaines des dépôts.

- Les faciès grossiers sont des mass flows de conglomérats sableux (taille maxi: 10 à 20 cm) de laves parfois mêlées à des galets de calcaires à rudistes et orbitolines.

*** Les roches volcaniques:

- Agglomérats de brèches de laves en coussins formés sur place.
 - Clastes dérivés des dépôts émis par les volcans aériens du batholite (dépôts turbiditiques).
- D'une manière générale, tout le détritisme est volcano-sédimentaire.

* Zone 1

@ Formation des Calcaires de Kahlsi:

Calcaires de plate forme à rudistes et orbitolines se présentant sous différents faciès, notamment des faciès bountstone-packstone (échantillon 106.6). Cette formation sera décrite en détail dans les coupes suivantes.

* Zone 0

@ Formation Verte de Tar, description empruntée à T. Van Haver:

".../... Ce profil a été levé sur le flanc est du torrent descendant du Spanting La, à l'entrée nord du village de Lardo-Brok.

La coupe montre une épaisse série gréso-pélique (110 mètres) de teinte vert foncé où apparaissent plusieurs niveau gréso-calcaires riches en lamellibranches et foraminifères (Siderolites calcitrapoïdes identiques à ceux de la série dans la coupe de Tar).

Elle est surmontée stratigraphiquement (accordance sédimentaire) par l'unité molassique (molasses multicolores de Nurla). Le terme supérieur de la mésoséquence A (brèches calcaires) et toute la mésoséquence B sont donc absents .../..."

Fin de citation.

b - Description Du col de la Dent de Lardo Brok (fig. II.48):

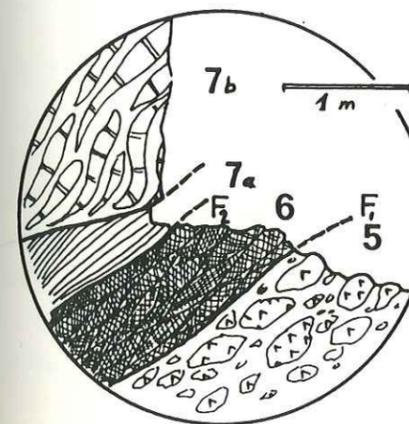
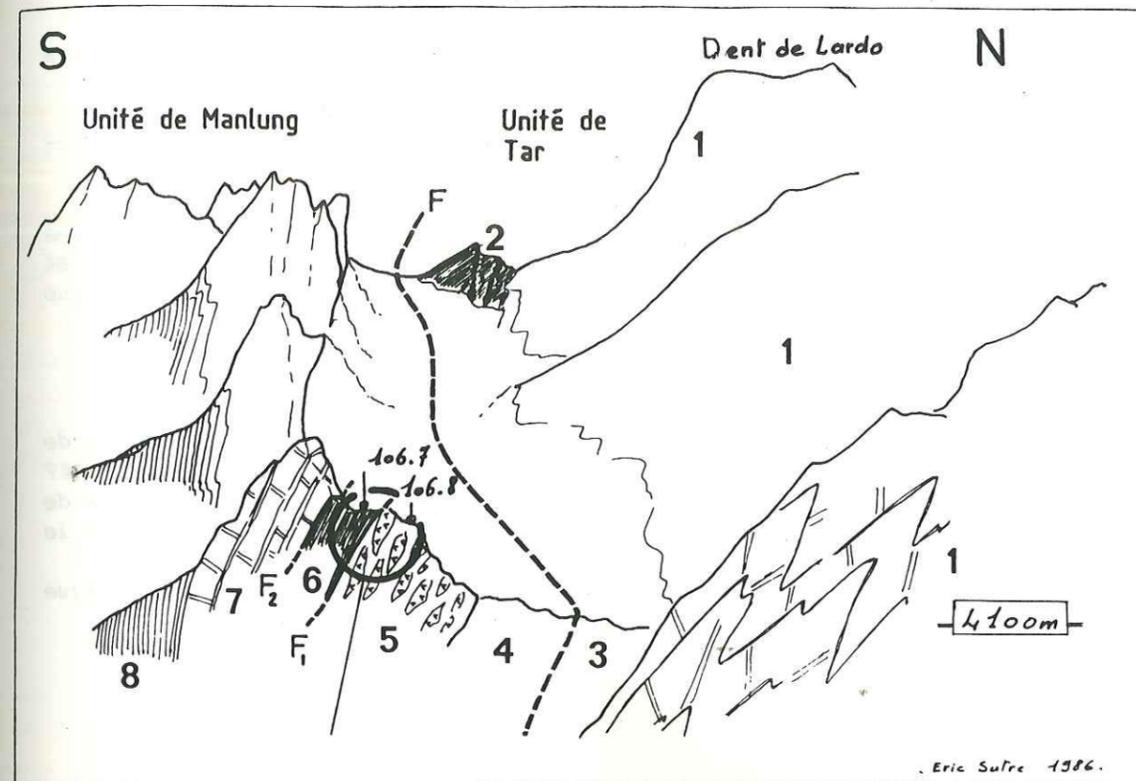
On retrouve la même disposition que dans la coupe précédente, mais on y rencontre, en sus:

- Des péridotites (harzburgite? wehrlite?), sous la forme de masses hectométriques, ou de bandes et lentilles soulignant les contacts tectoniques.

- Des affleurements de laves en coussin (bloc, coulées en place ?) dans les zones 5 et 4.

c - On retiendra de ces deux coupes:

- L'individualisation d'une nouvelle formation, située stratigraphiquement en dessous des calcaires de Kahlsi: la Formation de Mongyu.



- 1 ~ calcaires massifs à rudistes et orbitolines (Form. des Calcaires de Kahlsi)
- 2 & 6 ~ serpentinites (wehrlite et harzburgite)
- 3 & 4 ~ volcanosédimentaire: greywackes et rudites
- 5 ~ agglomérats et brèches de pillows
- 7a ~ schistes rouges chloriteux (schistosité de flux)
- b ~ calcaires noduleux à "matrice" silteuse rouge
- 8 ~ volcano-sédimentaire (greywackes et rudites) et bancs lenticulaires de grainflows calcaires

F faille principale
Fi failles secondaires

Echantillons 106.7 à 106.8

fig. II.48 Face sud de la Dent de Lardo Brok.

Rive gauche de l'affluent ouest de la vallée principale Lardo Brok - Spanting La.

- Dans cette formation apparait un volcanisme sous-marin, dont les caractéristiques géochimiques seront données dans les coupes de Mongyu.

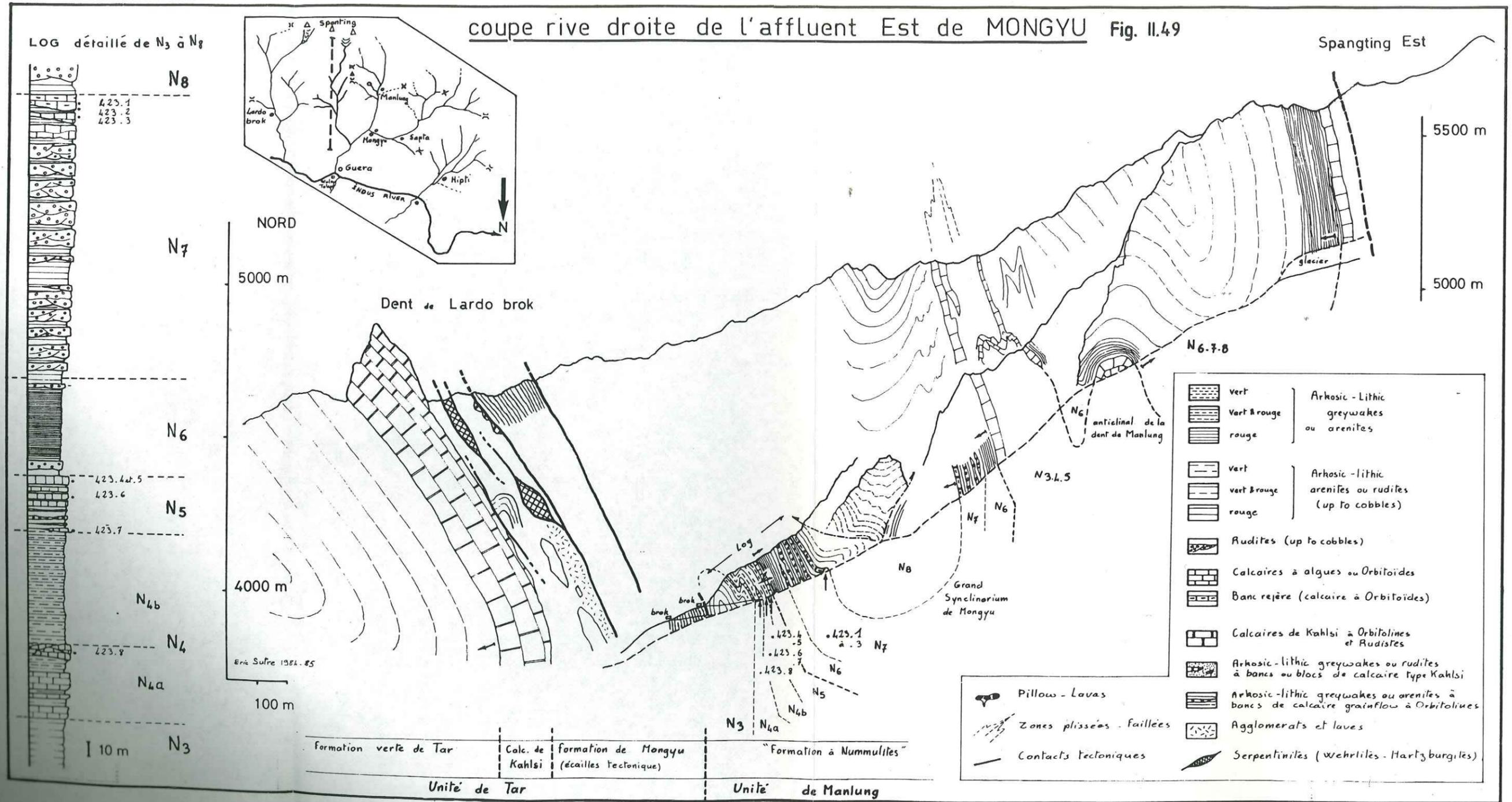
- Elle renferme des calcirudites turbiditiques, témoins d'une plateforme carbonatée proche.

- La base de l'Unité de Tar (Formation de Mongyu, Formation des calcaires de Kahlsi) disparaît vers l'Est par biseautage tectonique. Cet accident tectonique se suit jusqu'à Choksti à l'Est (cf carte géologique Van Haver 1984).

- La présence de péridotites.

- D'un point de vue tectonique, les plis qui affectent les bancs de calcaire situés au Nord de l'accident principal "F" de la figure II.47 caractérisent des mouvements en faille normale, alors que le dernier jeu de la faille semble avoir joué en mouvement inverse chevauchant vers le Nord.

Nous verrons dans la partie qui traite de l'évolution géodynamique globale comment peut s'expliquer ce dispositif.



tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.3.2.2 Coupe en rive droite de l'affluent Est de Mongyu. Sutre 1984.

Coupe et colonne stratigraphique figure II.49.

a- Description

- Unité de Tar -

On retrouve la succession stratigraphique suivante, du Sud vers le Nord: Formation de Mongyu, Formation des Calcaires de Kahlsi et Formation Verte de Tar. La description détaillée sera faite à la coupe suivante.

- Unité de Manlung -

Dans cette coupe, l'Unité de Manlung est uniquement représentée par la "Formation à Nummulites".

La Formation de Nurla doit se rencontrer au sommet de la pile sédimentaire, mais faute de critère discriminant je n'ai pas pu en tracer la limite inférieure.

La "Formation à Nummulites" a été divisée en plusieurs membres qui se suivent latéralement de l'Est vers l'Ouest.

Les changements latéraux de faciès donnent les indications suivantes:

- au Sud: environnement marin littoral distal;
- au Nord: environnement marin littoral plus proximal.

Description de la colonne stratigraphique:

* Membre N3:

Greywackes lithiques et rudites, en bancs décimétriques à métriques, de couleur rouge ou verte.

* Membre N4a

40 à 50 mètres de calcaires packstone d'algues de type *Boveina* ou *Halimeda* (cf échantillon 423.08). Très bréchifiés par la tectonique, très recristallisés

On observe de intercalations métriques de sables rouges.

La forme de certains bancs est très particulière (voir également la coupe de Mongyu-Manlung fig. II.56). Ils se présentent comme de grosses lentilles d'épaisseur décamétrique, à base plate et à sommet convexe. Il doit s'agir de dunes sous-marines.

* Membre N4b:

80 mètres de pélites et grès à couleur dominante verte et passées rouges. Les bancs sont décimétriques à la base et métriques vers le haut.

Membre N5:

40 mètres de grès, conglomérats, avec prédominance de bancs calcaires au sommet.

Ce membre se décompose ainsi:

- 20 mètres de grès et conglomérats à rares lentilles de calcaire, passant au sommet à des bancs de calcaires gréseux à gastéropodes.
- 15 mètres d'une alternance de bancs métriques de calcaires massifs et de bancs gréseux de 50 cm.
- 5 mètres d'alternance de bancs de calcaire massifs et de brèche calcaire syndé debate (clastes calcaires en nodules allongés de 1 à 20 cm).

Faune:

Echantillons 423.04 à 423.07: Calcaires et brèches calcaire intraformationnelles. De type packstone-wackestone à algues renfermant: dasycladacées et surtout: Boueina ou Halimeda. Egalement quelques polypiers, lamellibranches, échinodermes, gastéropodes. Foraminifères divers: millioles, rotalidés

Membre N6:

70 mètres d'une alternance de grès fins (couleur dominante rouge), de grès grossiers (couleur dominante verte, passées rouges) et de conglomérats ne dépassant pas la taille des graviers (couleur verte).

Sa couleur dominante rouge et son extension en font un très bon membre repère local.

Membre N7:

180 mètres de grès fins rouges, de grès grossiers verts et rouges, de conglomérats verts dont les clastes vont jusqu'aux galets et même aux blocs. Apparition de bancs calcaires au sommet.

L'épaisseur et la fréquence des conglomérats vont croissant vers le haut. Ils se présentent soit sous la forme de chenaux, soit sous la forme d'épandages à terminaisons "on lap".

Les 30 derniers mètres sont formés:

- de chenaux d'ortho-conglomérats très grossiers à galets de calcaires à nummulites et alvéolines, de lave et de granodiorite, dans une matrice calcaire contenant des nummulites et alvéolines.
- de calcaires silteux.
- de brèches syndé debate de calcaires à nummulites et alvéolines.

Déterminations des foraminifères par A. Blondeau et des algues par J.P. Bassoulet sur les échantillons suivants:

423.01: galet dans une brèche calcaire intraformationnelle. Grainstone, unsorted biosparite et biomicrite. Très peu de détritiques: un peu de quartz et de glomérules de verre volcanique.

Nummulites entre N. deserti et N. globulus. Dasycladacées, Miscellanea, Boueina? Orbitolites cf gracilis, Glomalveolines et Alveolines groupe ellipsoïdalis.

Association datant l'Ilerdien.

423.02: matrice entourant le galet précédent. Greywacke lithique à ciment silto-calcaire à cristaux de quartz et feldspath isolés. Clastes de lave microgrenue à micro-phénocristaux de quartz et feldspath, fond microgrenu de quartz. Clastes de calcaires type 423.01 de la taille des granules.

N. groupe globulus et N. groupe fraasi, Assilina plate, petite, primitive, non identifiable.

Association datant l'Ilerdien.

423.03: calcaire gréseux type wackestone. 15% de sable très fin quartz + feldspath. Algues, Nummulites gr. deserti (ø 2,4 mm), Glomalveolines cf cunifformis, Assilina gr. leymeriei et danyotica.

Association datant l'Ilerdien.

Membre N8:

Grès et conglomérats verts ou rouges annonçant la Formation de Nurla.

b - Nature pétrographique des clastes dans la "Formation à Nummulites".

Les galets sont essentiellement formés de roches plutoniques grenues et de roches volcaniques provenant du Batholite.

La fraction détritique volcano-sédimentaire, inférieure ou égale aux granules, est composée de roches volcaniques (pyroclastites et tuffites) remaniées.

Les quartz rhyolithiques et les feldspath euhédriques indiquent un faible transport avant sédimentation.

La matrice des roches, qui contient une part importante de quartz microcristallin et de chlorite, indique la présence de cendres dévitrifiées. Ceci pourrait signifier, nonobstant le remaniement d'anciens tuffs, la présence d'un volcanisme contemporain des dépôts.

c - Passages de faciès vers le Sud.

Les terrains sont structurés en deux grands synclinaux séparés par un anticlinal pincé et faillé.

Les corrélations basées sur le membre calcaire N5 (voir les justifications dans les coupes suivantes) montrent que les membres N7 et N8 ne peuvent plus être individualisés au Sud: ils sont représentés uniquement par des grès fins à grossiers de couleur rouge à la base, sur 50 à 60 mètres, et à dominante verte vers le haut. Il y a passage latéral de faciès du Nord (marin littoral) vers le Sud (marin plus distal).

d - On retiendra:

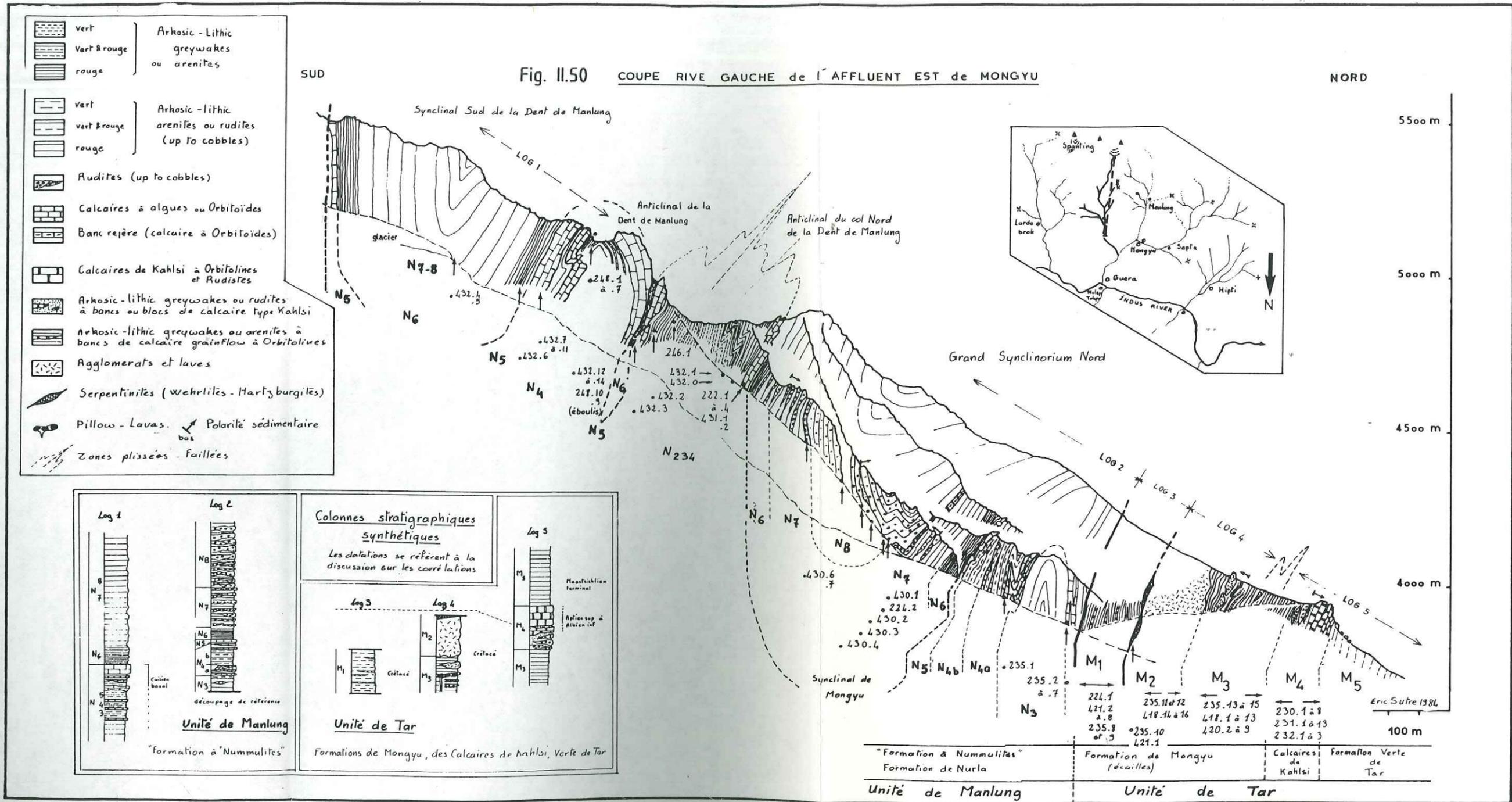
- Les variations latérales de faciès dans le sens Est-Ouest, parallèlement à l'ancienne ligne de rivage.

- Les variations latérales de faciès dans le sens Nord-Sud, perpendiculairement à l'ancienne ligne de rivage: on note un approfondissement vers le Sud.

- Les récurrences de faciès continentaux dans le sommet de la Formation à Nummulites (membres N7 et N8), signe de la proximité du rivage.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- La présence de calcaires à algues en dunes sous-marines, tant à la base qu'au sommet de la formation. Leurs faunes ne permettent pas de dater ni l'Eocène, ni le Paléocène, mais ils sont encadrés par des Nummulites datant l'Eocène inférieur (en fait la base sera datée dans la coupe de la rive de la coupe de Manlung).



tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.3.2.3 Coupe en rive gauche de l'affluent Est de Mongyu. Sutre 1984.

B. Réginensi & E. Sutre 1984.
E. Sutre, Ratineau, J.P. Bassoullet & M. Colchen 1984.
E. Sutre 1985.

Coupe et colonne stratigraphique figure II.50. Voir également les figures de détails II.51 à II.54.

Description des unités de la coupe fig. II.50 du Sud vers le Nord:

- Unité de Tar -

A l'intérieur de cette série la description sera faite du Sud vers le Nord: des unités 1 à 3 (Formation de Mongyu), vers 4 (Formation des Calcaires de Kahlsi) et 5 (Formation Verte de Tar). Cet ordre correspond en effet à la succession stratigraphique, du plus ancien vers le plus récent.

a- Ecailles tectoniques appartenant à la Formation de Mongyu.

Unité 1- Ecaille tectonique formée de 200 mètres de turbidites: shales, grès fins à grossiers.

Calcaires silteux, greywackes, greywackes lithiques et rudites (taille maxi graviers) plus ou moins calcaires, de couleur gris-noir.

* Turbidites Tde à litage centimétrique à décimétrique admettant de place en place des calcaires fins type mudstone silteux, des calciturbidites en bancs lenticulaires décimétriques formées de grainstones calcaires dont les clastes contiennent notamment des orbitolines.

* Polarité sédimentaire non déterminée.

* Une forte schistosité de fracture induit un débit en frites et une réorientation optique des phyllites.

* Description d'échantillons caractéristiques:

421.03, 04, 05, 06: calcilithite volcanique de type wackestone. Rudites de base de débris flows (taille maxi 5mm). Clastes volcaniques: lave microlithique, grains arrondis de verre volcanique (chlorite). Clastes calcaires anguleux de type mudstone, rounded biosparite ou grainstone (cf faciés de l'Arju La), packstone et wackestone bioclastiques, tous très recristallisés. La matrice est un calcaire type mudstone contenant des cristaux euhédriques de feldspath et de quartz monocristalins très immatures. La faune, identique dans les clastes et dans la matrice, est composée de rudistes, orbitolines, échinodermes, spongiaires, et algues diverses dont dasycladacées.

Contact tectonique entre les unités 1 et 2.

Ce contact est jalonné de lentilles principalement formées de péridotites très serpentinisées (reliques de pyroxènes et d'olivines).

Les échantillons 235.10, appartiennent à la lentille tectonique située au bord du chemin (fig. II.51) qui semble formée de péridotites serpentinisées portant des sédiments.

Les échantillons ont été prélevés dans des turbidites qui semblaient être en contact sédimentaire avec des péridotites. Ces turbidites renferment des cristaux de pyroxènes et surtout d'olivines. Si la présence de pyroxène peut s'expliquer par les laves qui seront décrites dans M2, il semble que celle des olivines ne puisse s'expliquer que par un détritisme d'origine ophiolitique, ce qui renforcerait l'hypothèse selon laquelle une partie au moins du substratum sédimentaire du Groupe de l'Indus serait de nature ophiolitique océanique.

Unité 2- 250 mètres d'agglomérats de laves, débris de laves en coussin.

Consulter l'annexe 5 pour la discussion sur les analyses chimiques.

Ces laves (échantillons 235.11 et 12, analyse en annexe 5) sont des andésites basaltiques et des basaltes tholéitiques ou sub-alcalins. Appartenant à la série calco-alcaline, ce sont des basaltes tholéitiques relativement primitifs d'arc insulaire (IAT).

Cette unité est parcourue de failles parallèles à l'accident tectonique qui la limite au Sud.

Le contact Nord, avec l'unité 3, est ici de nature sédimentaire, mais ailleurs il est le plus souvent tectonisé.

Unité 3- 350 mètres environs de shales, de grès fins à grossiers, de conglomérats et agglomérats. Cette unité semble ployée en une sorte d'anticlinal à tête plissotée et faillée.

Description du Sud vers le Nord (fig II.51):

- 100 mètres de turbidites *Tae, Tcde, Tde, Te* formées de:
 - * Calcaires silteux en bancs centimétriques.
 - * Calcaires de type grainstone ou calcirudites en bancs lenticulaires décimétriques.
 - * De greywackes, de greywackes lithiques et de rudites de matériel volcano-sédimentaire.

- Une zone d'une centaine de mètres de sédiments comprenant:

* Une masse hectométrique d'agglomérats de laves en coussin. L'analyse de l'échantillon de trachy-andésite 418.12 donne les mêmes résultats que pour les laves de l'unité 2: il s'agit de **tholéites d'arc insulaire**.

La base de cette masse repose localement (détail figure II.52) sur des tuffites fines et de petites lentilles de calcaire de type mudstone ou dismicrite contenant de rares fantômes de cristaux pseudomorphosés par la calcite (échantillon 420.05).

* Des coulées isolées de laves en tube (420.2). Polarité sédimentaire: le haut est au Sud.

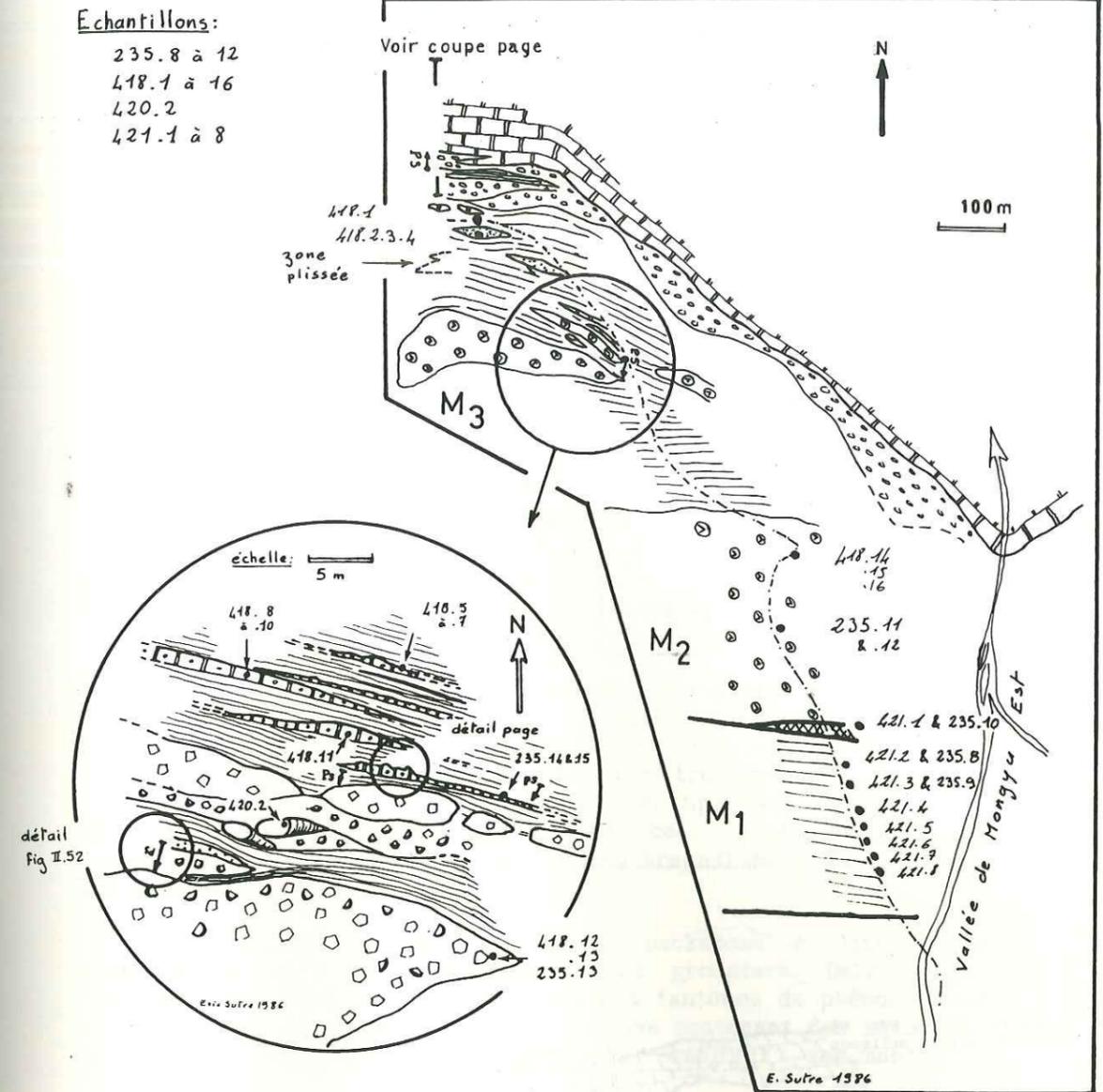


fig. II.51 Unité de Tar, formation de Mongyu :
détail de la coupe II.50.

Légende de la carte

- Calcaires à Rudistes et Orbitolines de Kohlsi
- Rudites polygéniques (base des calcaires de Kohlsi)
- Arkosic-lithic greywackes et arénites noires
- Chenaux de rudites
- Agglomérats et hyaloclastites
- Serpentinites (wehrlites, hartzburgites)
- Contacts tectoniques
- Polarité sédimentaire reconnue

Légende du détail de la carte

- Calcaires: grain Flows à Orbitolines
- Arkosic-lithic greywackes et arénites
- Tuffs-tuffites vertes de cristaux
- Coulées de lave
- Débris de pillow lava
- Agglomérats
- Chemin Mongyu - Vallée de Mongyu Est
- Zone plissée

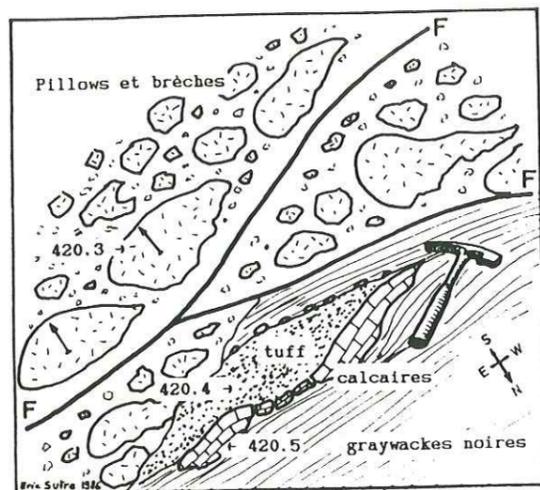


fig. II.52 Formation de Mongyu.

Détail de la barre de pillows et d'agglomérats figurée sur la carte II.51.

Haut ↑ polarité dans les pillows
Bas

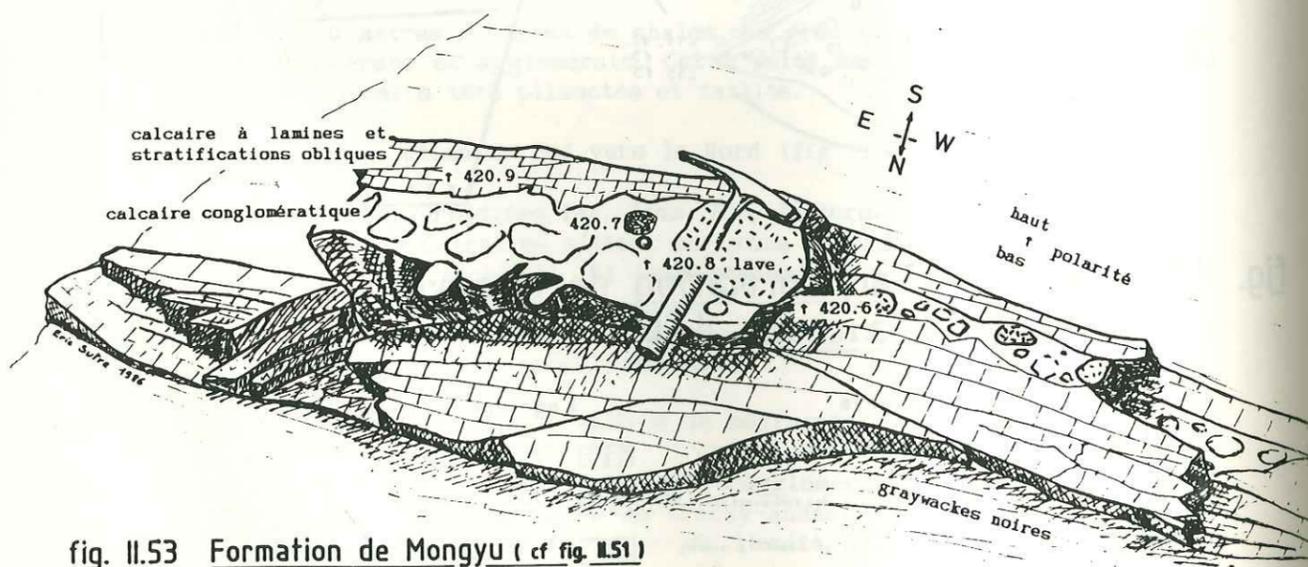


fig. II.53 Formation de Mongyu (cf fig. II.51)

Banc de calcaires à lamines et de calcaires conglomératiques à bioclastes et laves dans des graywackes.

* Des lentilles d'épaisseur métrique et d'extension décamétrique à hectométriques de wackestone, de packstone, de grainstones et de calcirudites (détail de l'une d'entre elles fig. II.53). Polarité sédimentaire: le haut est vers le Sud.

Description d'échantillons caractéristiques des calcaires (les faunes décrites sont celles de la matrice. Les lithoclastes, fréquemment recristallisés, contiennent des faunes identiques).

418.05, 06, 07: calcaire wackestone-packstone bioclastique avec traces de volcanisme contemporain sous la forme de glomérules de verre. Grain flow. Nombreux foraminifères benthiques hyalins, nodosaridés, lenticulines, millioles, gastéropodes, spongiaires. Mélange de faunes benthiques et de plate-forme.

418.08, 09 & 11: sorted biosparite. Calcaire micro-bréchique. Packstone-grainstone. Oolithes, bioclastes & lithoclastes de verre volcanique et de calcaire de plate forme. Spicules réniformes de spongiaires, Bacinella (rappelle le Crétacé inférieur, soit: en dessous du Cénomaniens), gastéropodes, solénoportacées.

235.14: calcaire type grainstone ferrugineux tuffitique à oolithes. Grain flow. Matrice: sparite et verre volcanique remplissant la porosité. Oolithes à nucléus fréquemment volcanique. Epiclastes volcaniques de taille médium à très grossier, anguleux. Lithoclastes de calcaires de plate-forme. Spicules réniformes de spongiaires, foraminifères agglutinant ces spicules, polypiers, lamellibranches, solénoportacées, ataxophragmidés, gastéropodes, échinodermes.

235.15: Calcaire tuffitique type packstone à lithoclastes anguleux de la taille des sables très grossiers. Débris flow. Epiclastes volcaniques: lave aphanitique à fantômes de phénocristaux de plagioclase et de quartz, clastes de lave contenant des xénolithes de roches métamorphiques (volcanisme explosif ramonant des cheminées)

* Ces corps rocheux prennent place dans une sédimentation turbiditique de type Tae, Tcde, Tde et Te. Ce sont en majorité des graywackes lithiques avec, de place en place, des rudites plus grossières.

- 150 mètres environ de turbidites formant la tête plissée et faillée de l'anticlinal.

Ces sédiments représentent la partie inférieure de l'unité 3. Ce sont des turbidites en bancs centimétriques, à granulométrie fine. On y rencontre également quelques bancs de grainflows calcaires:

* Description d'échantillons significatifs:

418.01: calcaire micro-bréchique. Packstone. Grain flow - débris flow. Oolithes, bioclastes, intraclastes et débris. Débris: 10% de grains de quartz monocristallins sub-anguleux de la taille des sables médium et fin. Bioclastes: échinodermes, lamellibranches, polypiers, spongiaires, abondants foraminifères hyalins benthiques

(Crétacé ?). Passées de type paraconglomérats à galets de laves ou à rudistes ou madrépores entiers.

418.02 & 03: Quartz arénite. Grains très anguleux à sub-anguleux, début de nourrissage en silice. Très bien triés, taille sable très fin (sable fin pour .03). Quelques micas dans la matrice. Ces terrains présentent comme des lentilles d'épaisseur décimétrique d'extension pluri-métrique, plissées (ou slumpés ?). Leurs relations avec leur encaissant de turbidites formées de greywackes lithiques ou de mudstone volcano-sédimentaires sont confuses. Leurs litages internes sont très bouleversés.

Ces sables sont très particuliers: ils sont pratiquement monogéniques, bien triés et assez bien arrondis. Ces caractères indiquent un indice de maturité sédimentaire relativement élevé, qui tranche par rapport à celui des bancs environnants.

Dans le flanc Nord de cet anticlinal, ces sédiments fins s'enrichissent brutalement en corps conglomératiques contenant de très nombreux galets de calcaires provenant de la plate forme à rudistes de Kahlsi en voie de progradation.

Ce changement de faciès a été pris comme limite entre la Formation de Mongyu et la Formation des Calcaires de Kahlsi. Ce critère est très peu satisfaisant et ce choix traduit la difficulté de trouver la base d'une formation récifale diachrone.

b- Formation des Calcaires de Kahlsi - unité 4 -

Cette coupe, levée en compagnie de J. P. Bassoullet, montre le passage continu, du Sud vers le Nord, de la Formation de Mongyu vers la Formation des Calcaires de Kahlsi.

Rappelons que dans la vallée de Tar et dans la région de Kahlsi, où furent levées les premières coupes de la base des calcaires de Kahlsi, le contact de base de ces derniers avec la Formation de Mongyu était de nature tectonique, elle fut alors classée dans les mélanges ophiolitiques et était nommée "semelle tectonique de Tar" (T. Van Haver 1984).

Description du Sud vers le Nord, de bas en haut stratigraphiquement, de la coupe de détail figure II.54.

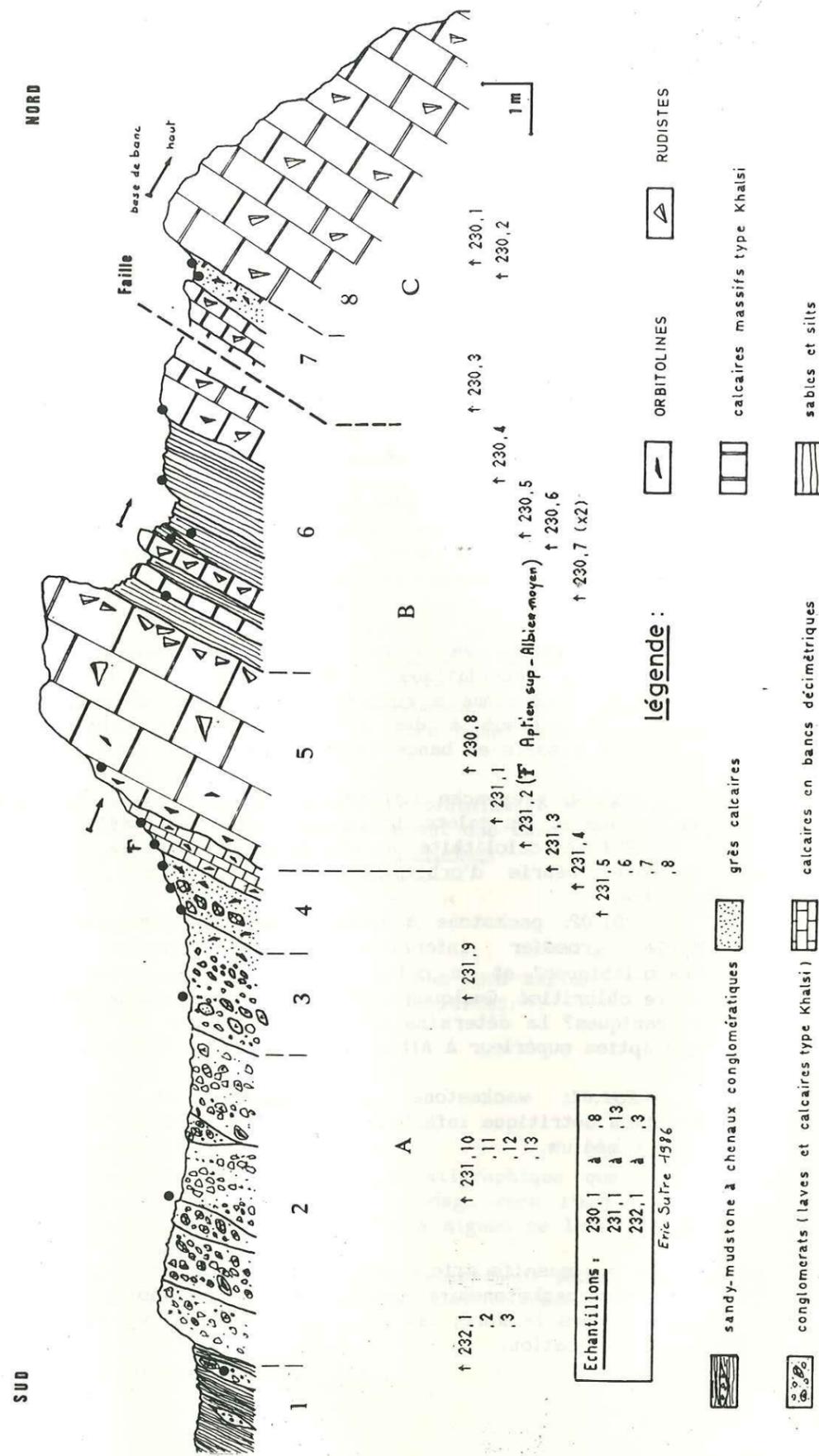
Unité A:

A1-

Shales, grès fins à grossiers de couleur sombre admettant au Nord de nombreuses lentilles conglomératiques de couleur verte. Latéralement, vers l'Ouest, on trouve de gros blocs métriques de calcaires à rudistes et orbitolines.

Les lentilles conglomératiques de couleur verte contiennent des galets de calcaires à rudistes, algues et orbitolines, des galets de lave plus ou moins altérées de couleur verte ou rouge. La fraction intermédiaire contient des granules et graviers de laves et de calcaires. La fraction fine des granules et sables de laves, de verre volcanique et de calcaire, de gros grains de quartz monocristallins "rhyolithiques" ou en coins allongés. Ces quartz, craquelés, très

fig. II.54 Contact entre Formation de Mongyu et Formation des Calcaires de Kahlsi. coupe rive gauche de l'affluent Est de MONGYU



anguleux, sont tous de la taille des sables grossiers. Les grains étant peu émpoussés, ce classement n'est pas dû à un tri sédimentaire, mais doit refléter la taille initiale des grains, dont le "bon classement" serait alors à rapporter à un processus magmatique.

A2- Conglomérats de couleur lie de vin identiques aux précédents. Faune dans les galets: rudistes, orbitolines, stromatoporidés, Lithocodium.

A3- Conglomérats verts identiques aux précédents. Vers le Nord la taille des éléments diminue et les galets sont en majorité des calcaires à rudistes et orbitolines. Les derniers niveaux sont des sables calcaires ou des calcaires gréseux conglomératiques (granules à graviers) dont la matrice renferme des orbitolines mal conservées.

231.09: rudite de type "pebbly sandstone". Clastes de calcaire de Kahlsi. Clastes volcaniques de lave microlithique (lattes de plagioclases), de verre bulleux, de quartz monocristallin "rhyolithique" ou en coin allongé.

A4- Conglomérats verts avec une matrice calcaire contenant de gros quartz "rhyolithiques". Les galets sont des laves et des calcaires wackestone à rudistes, orbitolines et polypiers. Vers le Nord, ils passent à des grès calcaires à galets, puis à des calcaires massifs en bancs décimétriques:

231.04: greywacke lithique à ciment calcaire. orbitolines dans la matrice et les galets, Lithocodium dans les galets.

231.03: calclithite à détritisme volcanique et à galets de calcaire. Débris d'orbitolines et foraminifères divers dans la matrice.

231.02: packstone à orbitolines. Fraction gréseuse de taille sable grossier inférieure à 10%: quartz monocristallins "rhyolithiques" et en coins craquelés, lithoclastes de lave ou de verre chloritisé. Quelques quartz composites: roches métamorphique ou volcaniques? La détermination des orbitolines par Fourcade donne un âge Aptien supérieur à Albien moyen pour cet échantillon.

231.01: wackestone à orbitolines et Pseudotextulariella. Fraction détritique inférieure à 10% de quartz et feldspath de taille fine à médium.

Unité B:

B5- calcaires massifs gris à patine grise ou jaune claire. A la base, ce sont des packstones à orbitolines et bioclastes de rudistes, au sommet, vers le Nord, les rudistes dominant, couchés parallèlement à la stratification.

B6- à la base, bancs lenticulaires décimétriques de calcaires de type packstone à orbitolines ou packstone à rudistes dans des turbidites de greywackes.

Suivis au Nord par 3 mètres de turbidites en bancs décimétriques de greywackes à ciment calcaire, à fraction de sable fin 30% (grains de feldspath altérés et surtout de quartz en tablette ou en écharde, très bien triés, non émpoussés, très anguleux).

Cette unité se termine par des packstone/boundstone à rudistes.

Unité C:

Elle est séparée de l'unité précédente par une faille mineure qui prend les limites lithologiques en écharpe.

C7- Packstones à rudistes et orbitolines passant au Nord à des calcaires gréseux ou à des greywackes calcaires à orbitolines contenant une fraction volcano-détritique importante, de l'ordre de 30%, sous forme de cristaux (taille sable fin très bien trié et très anguleux) de quartz en écharde et de feldspath, ainsi que du verre chloritisé (cf échantillon 230.02).

Vers le haut, ces sables passent à des calcaires (échantillon 230.01) de type wackestone bioclastique contenant: orbitolines, débris de rudistes cf radiolitidés, foraminifères diverses spicules de spongiaires. Ces faciès sont en théorie très favorables aux datations du fait de leurs associations de foraminifères. Malheureusement ceux-ci n'ont pas pu être déterminés: échantillons trop recristallisés ...

C8- Début de la barre massive, épaisse d'une centaine de mètres, des calcaires de Kahlsi. Ce sont essentiellement des calcaires de plate-forme de type packstones/boundstones à rudistes.

c - Formation Verte de Tar.

Turbidites volcano-sédimentaire de cône sous-marin.

Elle sera décrite dans la coupe de Tar-Urtsi.

- Unité de Manlung -

Retour à la figure II.50.

Nous retrouvons la même succession stratigraphique que dans la coupe de la rive droite mais, du fait du pendage vers l'Est des axes anticlinoriaux et synclinoriaux, les calcaires à algues de l'anticlinal de la dent de Manlung sont mieux exposés.

Je me contenterai de décrire les faunes déterminées par A. Blondeau (foraminifères) et par A. Poignant et J.P. Bassoulet (algues).

a- Grand synclinorium Nord.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

Au Nord, ce synclinorium se complique de plis hectométriques dont la géométrie est compatible avec un chevauchement à vergence nord (remarque identique à celle de la coupe de Lardo Brok quand à l'interprétation cinématique).

Membre N3:
Voir description de la coupe précédente rive droite fig. II.49.

Membre N4a:
Calcaires wackstone/packstone à algues très recristallisés admettant des passées métriques de greywackes (sables grossiers) rouges. Les corps calcaires se présentent sous la forme de dunes hydrauliques (cordons infra-littoraux ?).

Faune: lamellibranches, polypiers, gastéropodes, ataxophragmiidés notamment formes triangulaires, dasycladacées, udotéacées ?, mélobésiées.

Membres N4b, N5 et N6:
Voir description de la coupe précédente rive droite fig. II.49.

Membre N7:
Echantillon pris dans la couche calcaire terminale de cette unité:
430.06: équivalent à l'échantillon 423.01 (Ilerdien) situé sur l'autre rive et sur l'autre flanc du synclinal. Il s'agit du même banc que pour l'échantillon 430.01, mais plus distal de 600 mètres et de faciès différent. Calcaire détritique (10% de silt grossier bien trié, arrondi à sub-arrondi de quartz et feldspath). Wackestone bioclastique. Faune: Miscellanea en débris, N. gr. atacicus ou praecursor (D=6 à 7 mm (B), m(A)=0,20 mm), alvéolines elliptiques gr. ellipsoïdalis.

Cette association indique l'Ilerdien moyen.

430.07: micro-paraconglomérat (maxi. granules) à matrice calcaire. clastes de calcaire type packstone à algues (udotéacées cf Ovulites du Tertiaire, rotalidés, millioles).
Faune de la matrice: nummulites à cachet primitif, assiline gr. primitif de Ass. prisca. Matériel très abimé, transporté, qui proviendrait d'un Ilerdien inférieur.

Membre N8:
Conglomérats et conglomérats à matrice calcaire, rares bancs de calcaires décimétriques bréchiques.

224.02: ortho-conglomérat à galets décimétriques de laves et roches grenues et à matrice de calcaire type wackestone. N. gr. globulus burdigalensis.

Cette association caractérise l' Ilerdien supérieur à Cuisien inférieur.

430.01 et 03: volcanique calclithite. Clastes volcaniques: quartz en coin (sable grossier à médium) non émoussés, lithoclastes de laves microlithiques à plagioclases en baguettes, de lave grenue (quartz + feldspath). Lithoclastes de microquartzite: roche plutonique ou métamorphique ? La roche totale est une brèche

calcaire intraformationnelle détritique à matrice de micrite à foraminifères, à clastes calcaires packstone/grainstone à algues et wackestone/packstone à foraminifères. Fait partie d'un mince banc de calcaire au milieu de conglomérats grossiers à galets provenant du Batholite.

Faune: nummulites ilerdiennes brisées et alvéolines compactées, millioles, assilines. Micro-galet avec algues: udotéacées ?
Cette association caractérise l'Ilerdien.

b - Anticlinal du col nord de la Dent de Manlung.

Cette tête d'anticlinal est plissée et faillée, ce dispositif structural compliquant les corrélations entre les parties nord et sud de cette coupe.

Membres N2-3-4-5

A cet endroit, nous passons des faciès côtiers proximaux (au Nord) à des faciès côtiers plus distaux (au Sud). La lithologie devient plus monotone, ce qui nous oblige à regrouper ces terrains sous l'appellation N2-3-4-5, sans plus de précision.

Ils sont composés d'arénites, de greywackes lithiques volcano-sédimentaires à matrice calcaire et de nombreux bancs de calcaire détritiques de type wackestone/packstones lumachelliques

Sur le flanc sud, de l'autre côté du col nord de la Dent de Manlung, cette unité est datée (cf coupe suivante dans la vallée de Manlung).

*** Description des échantillons fossilifères:**

431.02: calcaires très recristallisés à algues: udotéacées.

432.00, 01 et 02: Bancs de calcaires bioclastiques décimétriques à métriques interstratifiés dans des sables grossiers rouge lie de vin. Wackestones/packstones lumachelliques. Très nombreux lamellibranches, nombreux gastéropodes, algues dont dasycladales et udotéacées, échinodermes, foraminifères benthiques hyalins divers indéterminés, rotalidés, millioles, ataxophragmiidés.

*** Description d'un échantillon des sables grossiers lie de vin :**

246.01: arénite lithique arkosique à matrice silteuse rouge lie de vin. Grains et fragments lithiques de la fraction sables moyens, très bien triés. Les grains (40%) sont des monocristaux de quartz en coins allongés fracturés et des plagioclases euhédriques brisés, non émoussés. Les fragments lithiques (50%) sont des clastes sub-arrondis de laves (microquartzites, laves microgrenues de quartz et plagioclases) et de verre volcanique bulleux (chlorite).

Ces faciès coexistent avec des greywackes lithiques. Ils témoignent d'un volcanisme explosif rapidement remanié et resédimenté.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

c- Anticlinal de la Dent de Manlung.

Membre N4:

En grande partie masquée par un éboulis, on n'en peut observer que le sommet, qui est principalement constitué de bancs décimétriques à métriques de calcaires et de quelques bancs décimétriques de greywackes et d'arénites.

Ces calcaires sont des packstones/grainstones ou, en moins grand nombre, des packstones/bounstones très recristallisés à nombreux intraclastes et à détritisme faible. Ils témoignent d'un environnement récifal. La faune est très riche en algues.

* description des fossiles:

248.01 à 10, 432.12 à 14: Les échantillons pris en éboulis proviennent à la fois de S1 et de S2: seuls les faciès diffèrent.

échinodermes, polypiers branchus et surtout madrépores, gastéropodes, lamellibranches, millioles, rotalidés, foraminifères hyalins et perforés. Algues encroûtantes dont Ethellia alba sur une solénoportacée, lithothamniées, solénoportacées et mélobésiées parfois unies dans des rhodolithes composés, dasycladacées, udotéacées, Solénoméris ? Comparée aux autres, cette association ne donne aucun âge précis.

Membre N5:

* Sur le flanc Nord de l'anticlinal: il est formé de calcaires de type packstone/boundstone à algues et polypiers qui arment les reliefs. Les faunes sont les mêmes que celles décrites ci-dessus. Nous sommes ici dans la partie construite d'un récif.

* Sur le flanc Sud de l'anticlinal: Les calcaires sont plutôt des packstones et plus rarement de type packstone/bounstones à algues en bancs décimétriques à métriques. Mêmes faunes que celles décrites précédemment.

432.07 à 11: mollusques, polypiers, lithothamniées, solénoportacées, Solénoméris ? dasycladacées, udotéacées, Boueina, mélobésiées, Terquemella, millioles, nubécularidés.

Comparée aux autres, cette association ne donne aucun âge précis.

Membre N6 :

* Entre l'anticlinal de la Dent de Manlung et l'anticlinal du col nord:

Arénites et greywackes lie de vin à nummulites, pincées entre les barres calcaires de N5 ployées en un synclinal très pincé.

432.03: calcaire type wackestone volcano-détritique. Faciès de remaniement syn-sédimentaire d'une boue micritique à foraminifères dans un calcaire volcano-détritique à foraminifères. nummulites (B): diam.= 6 à 7 mm, (A): diam.= 2,5 mm avec m=0,30 à 0,35 mm formes d'atacicus ou bien premières formes granuleuses du Cuisien basal. Orbitolites à bâti fin.

Cette association indique le Cuisien basal probable.

* sur le flanc Sud de l'anticlinal de la Dent de Manlung:

Arénites et greywackes lie de vin en bancs pluri-décimétriques.

432.06: greywacke lithique à la limite des rudites de la taille des granules. Granules de micro-quartzites dominantes (volcanites ? métamorphites ?) bien arrondies, bien classées. Granules de lave microlithique altérée. Grains (sables grossiers) de quartz très anguleux. Très rares clastes calcaires.

d - Synclinal sud de la Dent de Manlung.

Membre N6:

Il a été décrit au paragraphe précédent.

Membres N7-N8 :

Arénites, greywackes lithiques et rudites (allant jusqu'aux galets), lie de vin, en bancs métriques.

Ces terrains présentent les mêmes lithofaciès sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur

432.04 et 05: calcaires volcano-détritiques. Packstone gréseux bioclastique. lamellibranches, udotéacées, Boueina, mélobésiées, rotalidés, millioles, nummulites granuleuses comme dans 432.03, Ovulites et petites nummulites, Orbitolites cf fragilis ?? assilines, Nummulites groupe campesinus: formes (B) atteignant 9 mm, granuleuses au centre, formes (A) avec m=0,30 mm.

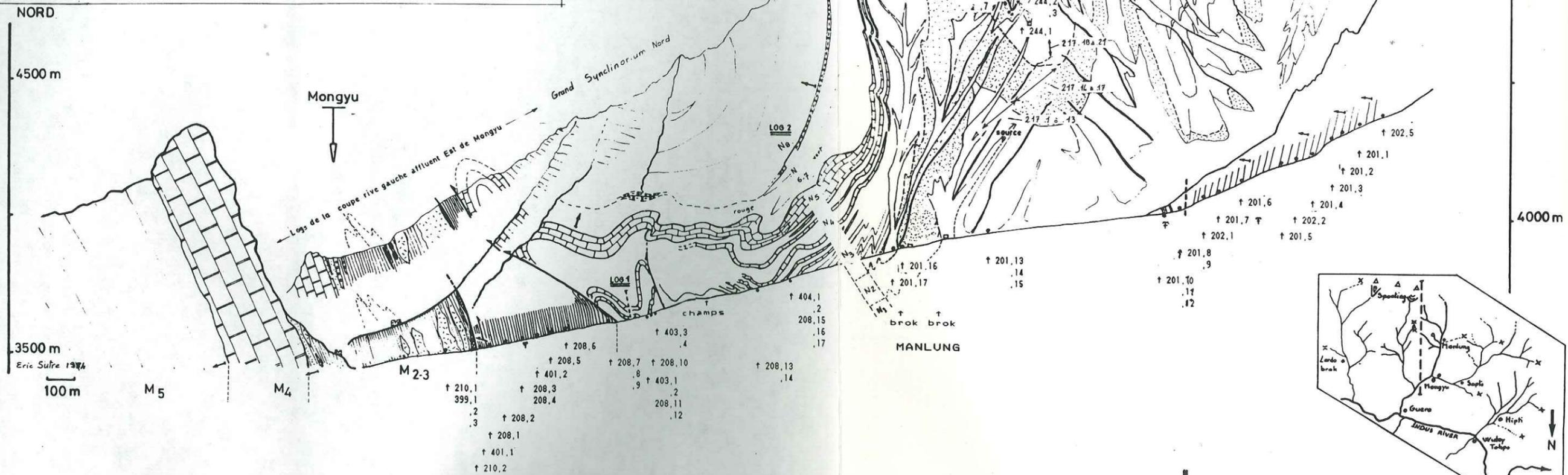
Association désignant le Cuisien.

Fig. II.55 - Coupe de la vallée Mongyu-Manlung-Spanting Ouest

Voir également: Les Logs correspondants
Les panoramas de la rive gauche

- vert } Arhosc - Lithic greywackes ou arenites
- vert rouge } Arhosc - lithic arenites ou rudites (up to cobbles)
- rouge } Arhosc - lithic arenites ou rudites (up to cobbles)
- Rudites (up to cobbles)
- Calcaires à algues ou Orbitoides
- Banc repère (calcaire à Orbitoides)
- Calcaires de Khalisi à Orbitolines et Rudites
- Arhosc - lithic greywackes ou rudites à bancs ou blocs de calcaire type Khalisi
- Arhosc - lithic greywackes ou arenites à bancs de calcaire grainflow à Orbitolines
- Agglomérats et lavas

- Serpentinites (Wehrliès - Hartzburgites)
- Pillow - Lavas
- Zones plissées - faillées
- Contacts tectoniques
- Polarité sédimentaire
- Banc repère N2 Calcaires lamachelliques en banc dans les greywackes



FORM. VERTE de TAR	calcaires de KHALISI	Formation de Mongyu	.A.	.B.	Formation de NINDAM
Complexe de Tar		Unité de Manlung			Unité du Tar La

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.3.2.4 Coupe en rive droite de la vallée Mongyu-Manlung. Sutre 1984.

B. Réginski & E. Sutre 1984.
E. Sutre, M. Colchen, Ratineau et J.P. Bassoullet 1984.
E. Sutre 1985.

Description de la coupe générale fig. II.55, voir également le panorama fig. II.56.

- Unité de Tar -

a - Formation de Mongyu.

Nous retrouvons les mêmes terrains et le même dispositif structural que dans la coupe précédente, à cette différence près que le passage entre la Formation de Mongyu et la Formation des Calcaires de Kahlsi se fait par l'intermédiaire de pélites sombres à rares bancs d'agglomérats volcaniques.

Au Sud, le contact entre l'Unité de Tar et l'Unité de Manlung se fait par l'intermédiaire d'une faille inverse sub-verticale à la base, à un pendage Sud au sommet.

On notera la présence de lentilles de serpentine très déformées dans le plan de faille principal et dans des plans de failles secondaires, ces derniers affectant également la Formation de Mongyu.

Unités 2 et 3:

400 à 500 mètres de turbidites (greywackes lithiques), de pélites sombres et de masses hectométriques d'agglomérats volcaniques.

Le passage aux calcaires de Kahlsi est décrit au paragraphe 1.3.2.6.

b - Formation des Calcaires de Kahlsi: unité 4.

La Formation de Mongyu passe stratigraphiquement vers le haut à la Formation des Calcaires de Kahlsi. Localement, de petites failles se placent à l'interface calcaires/pélites.

c - Formation Verte de Tar: M5.

Turbidites de cône sous marin: voir description dans la coupe de Tar-Urtsi.

- Unité de Manlung -

a - Unité "A" de la coupe II.55:

Parce que son âge est Sénonien, ainsi que nous l'allons voir, alors que celui de la Formation de Mongyu est anté-Albien moyen, et parce que ces turbidites font plutôt penser à celles de la Formation de Nindam, j'ai rattaché cette écaïlle tectonique à l'Unité de Manlung.

Du Sud vers le Nord, c'est à dire du plus vieux vers le plus jeune (cf figures de bases de bancs), on distingue:

* 200 mètres des turbidites Te ou Tae à rythmes décimétriques formés de greywackes (silts grossiers à sable grossier) et calcaires silteux à rares bioclastes. Le ciment est calcaire. Le détritisme est constitué de quartz et de feldspath très anguleux.

Les foraminifères présents dans les hauts de rythmes (calcaires silteux) sont indéterminables car la roche est très fracturée et recristallisée.

Il a été trouvé, vers l'échantillon 208.6, un Inocérane. Déterminé par J. Sornay, il donnerait un âge probable Sénonien pour cette partie de l'unité.

* 150 mètres de turbidites Tae plus grossières, en rythmes pluri-décimétriques. Les termes Ta sont constitués de rudites de la taille maximum des granules, incluant des galets mous de remaniement syn-sédimentaire.

Les lithoclastes sont des laves microlithiques à baguettes de plagioclase (avec ou sans phénocristaux), des roches grenues ou du verre volcanique.

Les grains sont des quartz monocristallins en coin ou en écharde, des feldspath euhédriques altérés, tous très anguleux.

* 100 mètres de turbidites présentant deux types de rythmes:

Des rythmes Tode ou Tcd de 6 à 8 cm, dans lesquels le terme grossier de base varie suivant les bancs du silt aux sables grossiers, montrent des lamines obliques. Le terme supérieur est constitué de silts calcaires.

Des rythmes Tae dont le terme de base (15 cm) est constitué de greywackes lithiques (sables grossiers et granules) à matrice calcaire, et le terme supérieur de calcaires silteux.

Les faunes de foraminifères sont trop abîmées pour pouvoir être déterminées.

Présence de terriers parallèles à la stratification dans les bases de rythme. Ils sont formés de tubes simples (diamètre ≈ 4 mm), ou de deux tubes de même diamètre (terriers en "ω") accolés dans le plan de stratification.

b - Contact tectonique entre l'unité "A" et le grand synclinorium nord.

Il s'agit d'une faille inverse de pendage 45° vers le Sud, qui fait chevaucher le grand synclinorium nord sur l'unité "A".

c - Formations du grand synclinorium nord.

L'axe du synclinorium ayant un pendage Est, le fond de la vallée voit affleurer les membres N1 à N5.

Il serait possible d'affiner le passage de la sédimentation marine à la sédimentation continentale en levant des coupes verticales au bords des cônes d'éboulis qui remontent vers le sommet. On aurait alors des coupes complètes de N1 à N8 dans lesquelles on maîtriserait la géométrie des couches et, partant, les passages latéraux de faciès.

Cela n'était pas le but de nos missions, qui consistaient à débrouiller la géométrie en grand des couches, et à poser les premiers repères stratigraphiques.

Je me suis donc limité au relevé succinct des unités N3 à N1, et à la recherche (vaine) de faunes permettant de dater le passage des formations détritiques Crétacé supérieur aux sédiments carbonatés de l'Eocène inférieur.

Description de la colonne stratigraphique "LOG 1" de la coupe générale de la figure II.55 :

Membres N3-N4:

* 100 mètres environ, d'une alternance d'une vingtaine de mètres d'arénites, de greywackes, de conglomérats verts et de bancs calcaires d'un mètre d'épaisseur.

Les grès et conglomérats sont en bancs décimétriques à métriques et présentent parfois, comme au dessus du premier banc de calcaire, des stratifications obliques.

Dans les faciès fins on trouve notamment des wackes arkosiques formées de 90% de verre volcanique sous la forme écharde (verre dévitrifié en chlorite), le reste étant formé de quartz monocristallins craquelés rhyolithiques, ou en écharde, ou en coin, et de feldspath euhédriques fracturés. Ceci témoigne de chutes de cendres lors d'éruptions volcaniques explosives contemporaines de ces dépôts, car les écharde ont encore leur forme primitive.

Les faciès conglomératiques sont formés de rudites à lithoclastes de laves microlithiques.

Certaines rudites sont formées de 60% de lithoclastes de calcaires à algues et de 40% de lithoclastes et grains volcaniques.

Les bancs calcaires sont des calcirudites à lithoclastes calcaires majoritaires, des packstones et quelques wackestones.

Les faunes ne permettent pas de datation précise, ce sont: stromatoporidés, mélobésiées, Boueina ? Halimeda ? dasycladales, nombreux gastéropodes et lamellibranches, polypiers, échinodermes.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

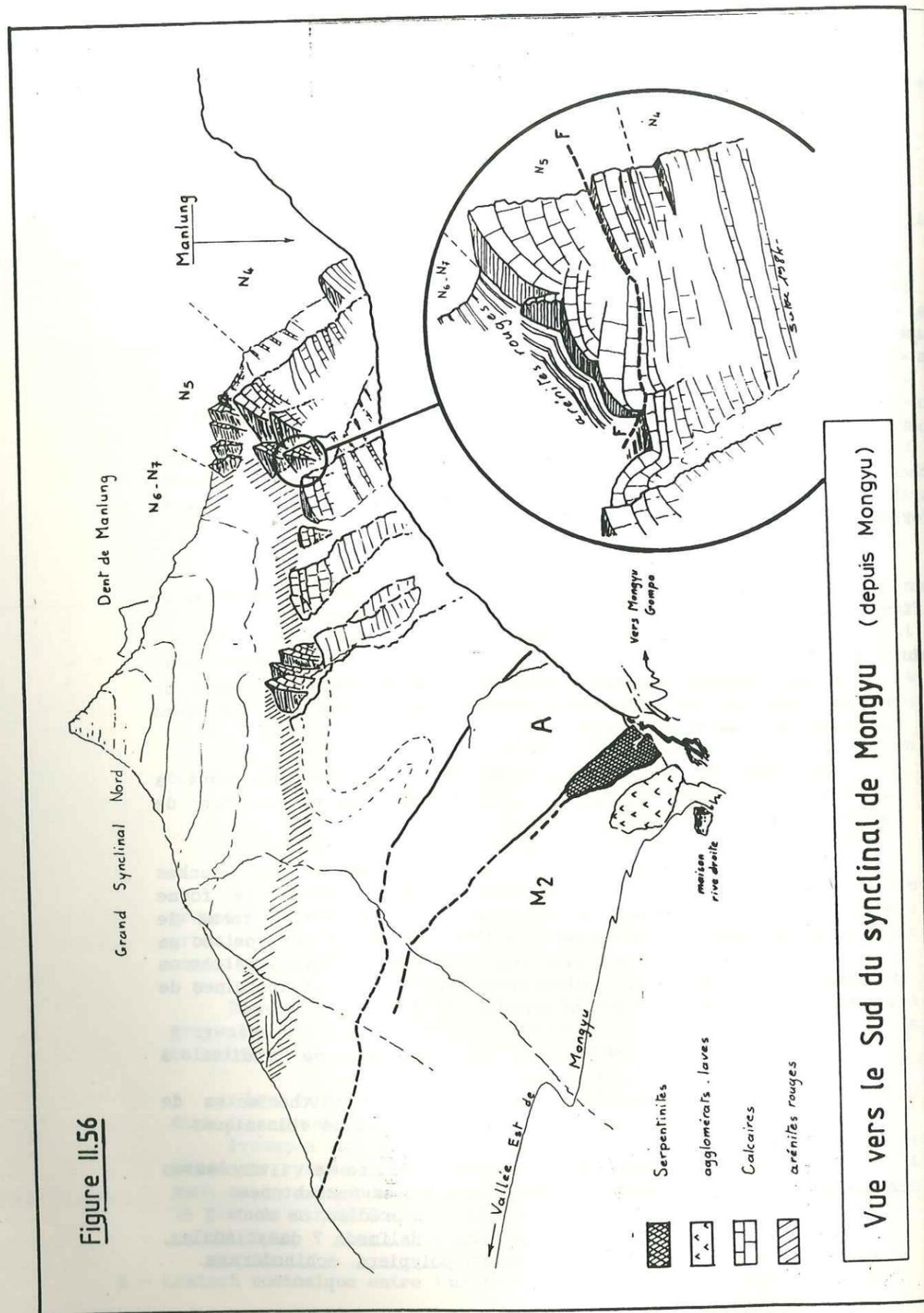


Figure II.56

Description de la colonne stratigraphique notée "LOG 2" sur la coupe générale de la fig. II.55:

Ce log est situé sur le flanc sud du synclinorium.

Membre N1:

* Alternances pluri-centimétriques de greywackes et de calcaires silteux noirs.

201.13 et 15: arkoses et greywacke à matrice calcaire. La fraction détritique des sables grossiers est majoritaire, assez bien classée (mieux que les classes inférieures) et très anguleuse. Ce sont des quartz monocristallins en écharde et en coin, ainsi que des feldspaths.

201.14: calcaire de type mudstone silteux: 5% de silts grossiers formés des quartz + feldspath.

Membre N2:

* Arénites et greywackes lithiques vertes en bancs décimétriques à métriques, rudites vertes (taille maxi graviers) en bancs décimétriques à plurimétriques.

Nombreuses passées plurimétriques sombres, de rythmes composés d'une alternance de greywackes et de silts semblables à S5.

Au sommet, quelques bancs d'un lithofaciès très particulier: rudites vertes ponctuées de granules blancs.

Membre N3:

* 150 à 200 mètres d'arénites, de greywackes lithiques et de rudites (taille maxi graviers), en bancs décimétriques à métriques de couleur verte. Rares bancs de calcaires à terminaison "on lap".

Le sommet de cette formation est composé de bancs plurimétriques de rudites vertes et rouges à ponctuations blanches.

Membres N4-N5:

La limite N3/N4 a été placée arbitrairement en dessous des "essaims" de bancs calcaires. Il est fort probable qu'elle soit plus haut, si on compare cette coupe avec celle de Mongyu Est. Pour faire le tour du problème, il faudrait faire celui du synclinorium en suivant les couches. Je laisse cet intéressant exercice de cartographie acrobatique aux prochains thésards. Pour ma part, j'ai fait ces corrélations aux jumelles (fig. I.56).

Le sommet de N5, par contre, me semble être corrélé de façon satisfaisante avec celui de la coupe de Mongyu Est, car j'ai pu relier les deux côtés du synclinorium au col Nord de la Dent de Manlung.

* A la base:

300 à 400 mètres de greywackes lithiques, d'arénites et de nombreux bancs de calcaire lumachelliques à terminaisons "on lap". A la base, on rencontre quelques niveaux de cherts à grains et amas framboïdaux de chlorites (anciens niveaux de chutes de cendres ?).

Les greywackes lithiques (sables grossiers à matrice calcaire) contiennent des clastes de calcaires recristallisés de type packstone/wackestone, des clastes de laves, et de grains monocristallins de quartz et de feldspath très anguleux.

Les calcaires sont des microbrèches de packstone, de wackestone, avec de nombreux clastes de lave et des cristaux de quartz et de feldspath.

La faune (dans la matrice et les clastes) est composée de lamellibranches, gastéropodes, échinodermes, ostracodes, bryozoaires.

* Au sommet:

Une centaine de mètres de calcaires.

La figure II.56 montre l'aspect particulier de ces corps sédimentaires. Nonobstant la tectonique, qui par endroits courbe la stratification, ils se présentent sous la forme de lentilles de hauteur pluri-décamétrique, à base plane et à sommet à concavité tournée vers le bas. Nous avons vu dans la coupe précédente qu'il s'agit de dunes hydrauliques sous-marines, et par endroits de calcaires construits.

Membres N6-N7:

* Une centaine de mètres d'arénites et greywackes. A l'endroit du log, on observe un passage latéral indenté entre des sédiments rouges au Nord, et des sédiments verts au Sud.

Le sommet de N7 a été placé au dernier banc de calcaire visible aux jumelles.

Membre N8:

* Conglomérats verts du coeur du synclinorium.

d - Synclinal situé entre les anticlinaux du col et la Dent de Manlung.

La description correspond à un itinéraire qui commencerait aux brocks de Manlung, monterait à la grande source, traverserait en biais vers le bas du synclinal calcaire, puis obliquerait vers le col Nord en restant sous la barre.

Les terrains de ce synclinal étaient seulement représentés, dans la coupe précédente, par les membres N5 et N6 (éch. 432.3).

Membre N1:

* Alternances pluri-centimétriques. de greywackes et de calcaires silteux noirs.

Membres N2-N4:

Arénites, greywackes lithiques et nombreux bancs de calcaires volcano-détritiques lumachelliques.

* Bancs à sédiments volcano-détritiques:

- Greywackes lithiques et rudites (taille maxi granules ou graviers) à lithoclastes volcaniques de lave ou de verre. Par endroit les clastes calcaires sont majoritaires.

Les grains sont dans la fraction coarse sand, ce sont des quartz monocristallins (aciculaires, en coin, en tablette ou de forme massive de type rhyolithique) ou des feldspaths, tous très anguleux.

La matrice est principalement composée de calcaire micritique finement détritique (même composition que la fraction sables grossiers) et de chlorite (anciennes acicules de verre volcanique ?).

- Silts calcaro-chloriteux en bancs centimétriques.

- Cherts chloriteux en bancs centimétriques.

* Bancs calcaires:

- calcaires conglomératiques lumachelliques à lithoclastes de lave et de verre. Faune: foraminifères, lamellibranches, gastéropodes et échinodermes.

- Calcaires volcano-détritiques de type packstone contenant uniquement des foraminifères hyalins (boue micritique à foraminifères). Le détritisme est presque uniquement constitué de quartz rhyolithiques de la fraction sable grossier.

- Calcaires silteux de type packstone à foraminifères hyalins.

Membre N3:

Arénites et greywackes lithiques vertes à la base, lie de vin au sommet. Rares bancs de calcaires lumachelliques identiques à ceux de N2.

217.19: calcaire microbréchiqve volcano-détritique contenant: lamellibranches, gastéropodes, échinodermes, fantômes d'Orbitolites.

221.09 à 11: arénites et greywackes lithiques à ciment calcaire renfermant: Orbitolites rappelant complanatus que M. Lehman situe de l'Ilerdien au Lutétien.

Membres N4-N5:

Calcaires type packstone et boundstone à algues: voir coupe de Mongyu Est.

Membres N6-N7:

Arénites et greywackes lithiques lie de vin.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

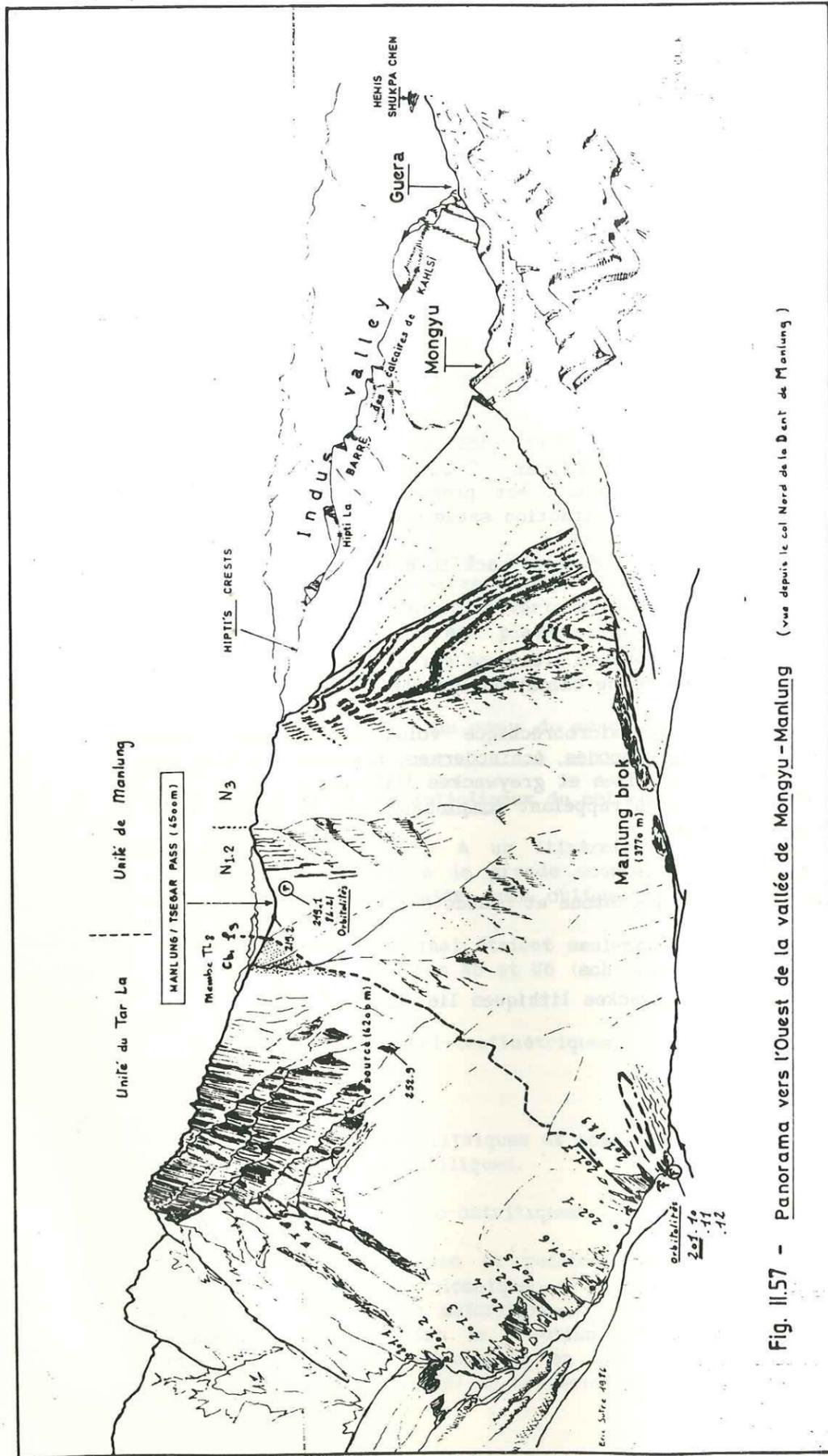


Fig. II.57 - Panorama vers l'Ouest de la vallée de Mongyu-Manlung (vue depuis le col Nord de la Dent de Manlung)

1.3.2.5 Versant rive gauche de la vallée Mongyu-Manlung. Sutre 1984-85.

La description du panorama fig. II.57 s'appuie sur la coupe générale fig. II.55.

Cette coupe montre le contact tectonique entre, au Nord, la "Formation à Nummulites" de l'Unité de Manlung et, au Sud, la Formation de Nindam de l'Unité du Tar La représentée par ses membres TL7-TL8.

Rappelons que cet accident s'amortit vers l'Est au Spanting La (cf fig. II.44).

- Unité de Manlung -

Dans la coupe rive gauche (fig. II.57), elle se présente sous la forme d'un anticlinal qui est la continuation vers l'Ouest de l'anticlinal de la Dent de Manlung.

Le manque de repères lithologiques et stratigraphiques, dû à la monotonie des faciès, complique les corrélations entre les deux côtés de la vallée. De plus, la stratification du flanc Sud de cet anticlinal est compliquée par des replis dus à la proximité de l'accident tectonique qui sépare de l'Unité du Tar La.

De ce fait, la limite entre N1 et N2 ne sera pas forcément strictement équivalente à celle de la coupe précédente en rive droite.

a- Coupe dans le torrent.

Il m'est impossible de dire avec certitude, pour cet affleurement, si les échantillons 201.08 à 12 appartiennent à N3, niveau le plus bas dans lequel des faunes ilerdiennes ont été jusque là récoltées, ou bien s'ils sont situés dans N2, voire dans le sommet de N1.

* Description des faunes:

201.08 à 12: calcaires de type packstone volcano-détritique.

Faune: Orbitolites à bâti assez fort: Q. thibeticus Douvillé et Orbitolites à bâti fin. Asterodiscus taramelli

Cette association indique l'intervalle Yprésien à Lutétien.

b- Coupe au col Manlung/Tsegar.

Au col (fig. II.57), il est plus facile de corréliser avec le flanc Nord de l'anticlinal de la Dent de Manlung. Ainsi, il est possible de placer l'échantillon 219.01 vers la limite N1/N2.

* Description des faunes:

219.01: Greywacke lithique à matrice calcaire. La faune est identique à celle de 201.08: Orbitolites à bâti assez fort: Q. thibeticus Douvillé et Orbitolites à bâti fin. Asterodiscus taramelli

Cette association donne également l'intervalle Yprésien à Lutétien.

- Unité du Tar La -

Représenté ici par la Formation de Nindam, elle est séparée de l'Unité de Manlung par un accident tectonique raide et mal localisé.

Nous avons ici les "faciès Nindam" typiques, tels qu'ils ont été définis dans la localité type, dans la coupe de la rivière Yapola: ce sont des rudites, des greywackes lithiques, des greywackes et des calcaires silteux issus de courants de turbidité ou de débris flows.

* Les rudites (séquence Ta).

Ce sont des conglomérats sableux généralement composées d'éléments de la taille des granules.

Localement, des bancs lenticulaires renferment des galets (252.09). Ils sont composés à 80% de fragments lithiques.

Nature des éléments:

- Fragments de roches volcaniques:

. Laves microlithiques à phénocristaux de plagioclases, la matrice, à texture fluidale, est formée de lattes de plagioclases.

. Laves à lattes de plagioclases dans une pâte de verre.

Laves microgrenues à grenues à quartz et feldspath.

-Fragments d'origine sédimentaire:

. Quartzites et microquartzites engrenées. On peut suspecter, parmi ces quartzites, la présence de roches métamorphiques.

. Galets de remaniements synsédimentaires générés pendant le déclenchement des débris flows.

La matrice est une greywacke à ciment calcaire, dont les éléments, majoritairement de la taille des sables grossiers, sont des quartz et des feldspaths (dont des plagioclases).

Des fentes remplies sur les bords de plagioclases et au centre de quartz, ainsi que la présence de grains d'épidotes, donnent à penser que ces formations ont subi un certain métamorphisme, ou bien qu'elles ont été affectées par de l'hydrothermalisme.

** Les sables (séquences Ta, ou Tb, ou Tc).

Ce sont des greywackes lithiques, ainsi que des greywackes dont la composition pétrographique et la matrice sont similaires à celles des rudites.

On notera la présence de radiolaires, difficilement extractibles car peu nombreux et de granulométrie similaire à celle des clastes.

*** Les calcaires silteux et les wackes (Séquences Td ou Te).

Ce sont des calcaires volcano-détritiques silteux de type mudstone à radiolaires, qui représentent les termes Te ou Td de rythmes turbiditiques Tae, Tacde, Tabcde ou Tde.

201.07: J. Bellier a déterminé Globotruncanita groupe stuartiformis de bonne taille (une section probable) donne un âge Campanien-Maestrichtien. Cf coupe II.57 au niveau du torrent.

**** Stratigraphie:

Au Col Manlung/Tségar apparait la couche Blanche Cb1 que nous avons vue dans la coupe de la Rivière "P" (cf fig. II.23).

De ce fait, nous pouvons dire que les niveaux du fond de la vallée, datés du Campanien-Maestrichtien, appartiennent au Membre TL7. Aucun problème pour Cb1, qui se suit jusqu'à la coupe type du Tar La, et qui représente le membre TL8.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

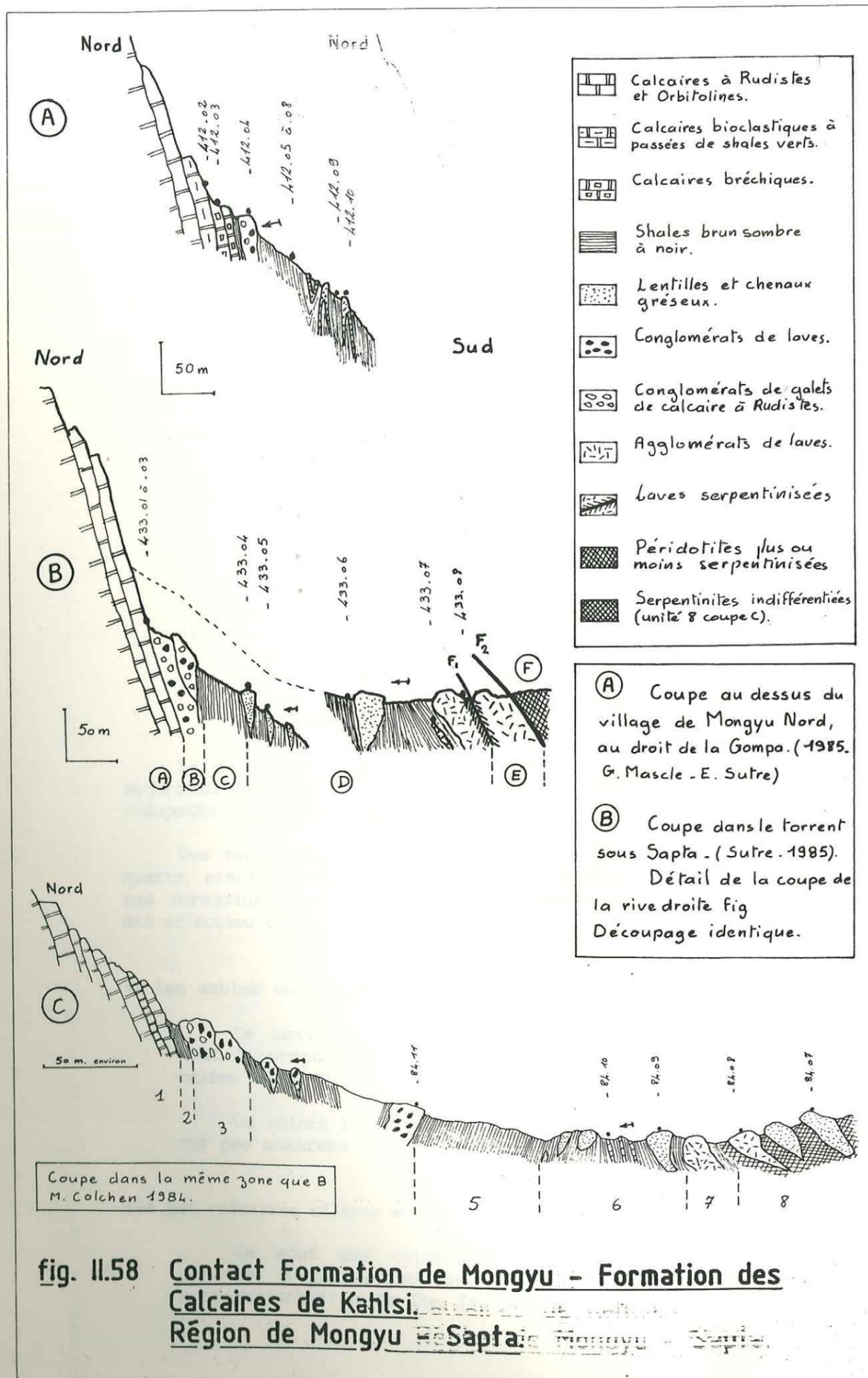


fig. II.58 **Contact Formation de Mongyu - Formation des Calcaires de Kahlsi.**
Région de Mongyu - Sapt, Mongyu - Sapt.

1.3.2.6 Coupes du passage Formation de Mongyu/Formation des calcaires de Kahlsi entre Mongyu et Sapt.

E. Sutre, Ratineau, J.P. Bassoullet et M. Colchen 1984.
Marie Noëlle et G. Mascle, E. Sutre 1985.

On décrira les coupes II.58-a, II.58-b, II.58-c dans lesquelles nous verrons le passage de la Formation de Mongyu à celle des calcaires de Kahlsi (Unité de Tar).

a - Description de la coupe II.58-a (Sutre & G. Mascle 1985).

Description du Sud vers le Nord:

Formation de Mongyu:

* 100 à 150 mètres de shales noirs et silts brun sombre (412.05 à .09) qui admettent des lits de grès moyens, lenticulaires, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, à figures de base de banc.

Les shales et silts sont des silts calcaires à fort contenu (de 30 à 50%) de verre dévitrifié de la fraction des silts grossiers. Les quartz (fraction silts grossiers à fins) représentent à peine 3%. Je pencherai plutôt pour des dépôts de matériel en suspension, plutôt que pour des turbidites.

Les grès quartziques sont bien triés (sables moyens), et assez bien arrondis: il doivent faire partie de ripples ou de méga-ripples. La série est affectée de plis décimétriques.

* 10 à 20 mètres de conglomérats grossiers à galets de calcaire (débris-flows / mass-flows). L'échantillon 412.04 est calcaire packstone à lithoclastes de lave, de silts bruns à verre volcanique, de calcaire packstone à bioclastes de rudistes et orbitolines. les bioclastes sont des orbitolines à calcit eyes et des rudistes.

* 5 mètres de shales noirs identiques aux précédents.

Formation des Calcaires de Kahlsi:

* 10 mètres de bancs lenticulaires métriques de calcaires bréchiés admettant des passées de silts verts. L'échantillon 412.03 est un packstone à rudistes, orbitolines à calcit eyes et polypiers.

Polarité sédimentaires d'après figures de base de banc: le haut est au Nord.

* 10 à 20 mètres de calcaires à passées de silts verts à rudistes et orbitolines.

* Calcaires massifs.

27 AOUT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

b - Description de la coupe de Sapt II.58-b (Sutre 1985).

Le découpage se réfère à celui de la coupe II.61. La coupe commence dans le lit du torrent, puis monte en rive gauche.

Description du Sud vers le Nord:

F * Lentilles de péridotites serpentinisées dans une zone d'accidents tectoniques.

Formation de Mongyu (unités B à D)

Il s'agit d'un raccourci pour désigner des écailles tectoniques de terrains appartenant à la formation de Mongyu, séparés par des lentilles tectoniques de péridotites.

* Unité E:

Elle est constituée de bancs verts d'agglomérats de laves, interstratifiés dans des shales sombres formés de greywackes et de silts calcaires.

Localement, dans de petits accidents tectoniques satellites, ces laves sont transformées en minéraux serpentineux sombres aux reflets métalliques (échantillon 239.02: lave intacte, échantillon 239.01. lave serpentinisée).

Ces serpentinites sont à différencier de celles qui proviennent des péridotites: ces dernières n'ont pas la même couleur gris fer à reflets métalliques. De plus, il n'y a pas de commune mesure entre le volume énorme des péridotites et celui, très faible, des laves serpentinisées.

Vers le Nord, le contenu en agglomérats diminue, au profit de celui des shales sombres.

* Unité D:

200 à 300 mètres commençant par des masses d'agglomérats à la base, suivies par des shales noirs (silts) et argilites admettant de nombreux chenaux centimétriques à décimétriques de grès.

Polarité sédimentaires d'après figures de base de banc: le haut est au Nord.

- 50 mètres environ de shales noirs: greywackes, arénites fines et surtout argilites et silts calcaires noirs. Rares bancs centimétriques de calcaires recristallisés et rares chenaux d'arénites et de greywackes grossières. Certains silts semblent être formés de chutes de cendres volcaniques.

- 30 mètres environ de shales admettant des chenaux pluri-métriques d'arénites ou de greywackes. L'échantillon 433.07 est un nodule de mudstone calcaire silteux et pyriteux.

- 50 mètres environ de shales noirs à nombreux chenaux métriques à décimétriques d'arénites ou de greywackes grossières.

433.04 et 05: dans un chenal décimétrique interstratifié dans les turbidites fines. Quartzwacke granoclassée à rares lithoclastes. Feldspaths très altérés. Phyllites rares, bien cristallisées: muscovites ? Quartz assez bien triés, de la taille des sables fins à médium, très anguleux (fréquemment en coins). Galet mou de remaniement synsédimentaire, arrondi, de silt calcaire à 5% de quartz de la fraction sable très fin, très bien trié. Ciment de la roche: calcite.

Le galet mou est représentatif de l'encaissant.

* Unité C:

40 mètres de shales noirs fins à rares lits centimétriques de grès. Nombreux petits plis isoclinaux.

* Unité B:

Dépôts ortho-conglomératiques lenticulaires à galets de calcaires à orbitolines et rudistes, et à galets de lave.

Au sommet, ces rudites passent brutalement à des bancs décimétriques puis métriques de calcaires.

Formation des Calcaires de Kahlsi:

* Unité A:

Calcaires fins argileux bruns renfermant: Orbitolina charentia, cunéolines, dasycladacées.

Une datation plus précise serait possible en retaillant de nombreuses lames minces, car les fossiles sont bien conservés.

433.01: calcaires de type packstone légèrement gréseux ou mudstone/wackestone silteux noir. Les faunes sont: Orbitolina charentia, lithuolidés, udotéacées, dasycladacées cf Salpingoporella.

433.02: packstone volcano-détritique. Lithoclastes (granules) de lave microgrenue à phénocristaux de feldspath, quartz (sable grossier) fracturés très anguleux, en coin ou de type rhyolithique. Orbitolina charentia, lithuolidés, udotéacées cf Boueina ?.

433.03: wackestone/packstone à orbitolines

La base est parfois soulignée par des calcaires rosés très fréquemment recristallisés.

c - Description de la coupe de Sapt II.58-c (Colchen 1984).

Elle est levée dans la même zone que la précédente.

On notera en 6 la présence de blocs de grès et radiolarites vertes, ainsi que de minces bancs de calcaires. Ces faits sont à rapprocher de ceux que nous verrons dans la coupe II.61-a dans l'unité G.

1.3.2.7 Coupe en rive droite de la vallée Zum - Tsegar. Sutre 1984-85.

Description du Nord vers le Sud de la coupe figure II.61-b.

Les panoramas des figures II.59 et II.60 permettent de se raccorder aux coupes précédentes de Manlung et de se faire une idée "en volume" de la géométrie des couches.

- Unité de Tar -

Cette unité a été décrite en détail dans la partie précédente. Nous ne nous intéresserons qu'à sa partie "G".

Formation de Mongyu

* Unité G:

Elle est limitée au Nord par un accident tectonique jalonnée par des lentilles de péridotites serpentinisées.

Cette unité, composée de turbidites de greywackes en rythmes décimétriques, a été placée dans la Formation de Mongyu parce qu'elle était située au Nord des ophiolites les plus au Sud, et parce qu'elle semble bien en continuité avec les unités appartenant à la Formation de Mongyu en rive gauche (cf figure II.61-a).

L'unité G sera détaillée dans la coupe II.61-a.

- Unité de Manlung -

Les unités suivantes appartiennent à l'ensemble structural du Synclinorium Nord et à l'anticlinal du col nord de la Dent de Manlung.

Tous ces terrains sont charriés vers le Nord sur l'échelle tectonique de l'unité H.

Les niveaux qui affleurent sont les niveaux de base de la coupe de Manlung: N1 et N2, ainsi que le sommet d'une nouvelle formation: la Formation de Nindam.

Les seuls niveaux repères sont:

- Le niveau à bancs de calcaires lumachelliques (en pointillés fins sur la coupe), qui correspond grosso modo à N2. On peut le suivre dans le paysage depuis le col Manlung/Tsegar (panorama fig. II.59 et II.60).

- Le niveau jaune argenté noté "Cb2 zum" ou T3: c'est au sommet de ce banc repère que nous placerons la limite supérieure de la Formation de Nindam.

Reprenons la description de la coupe II.61-b:

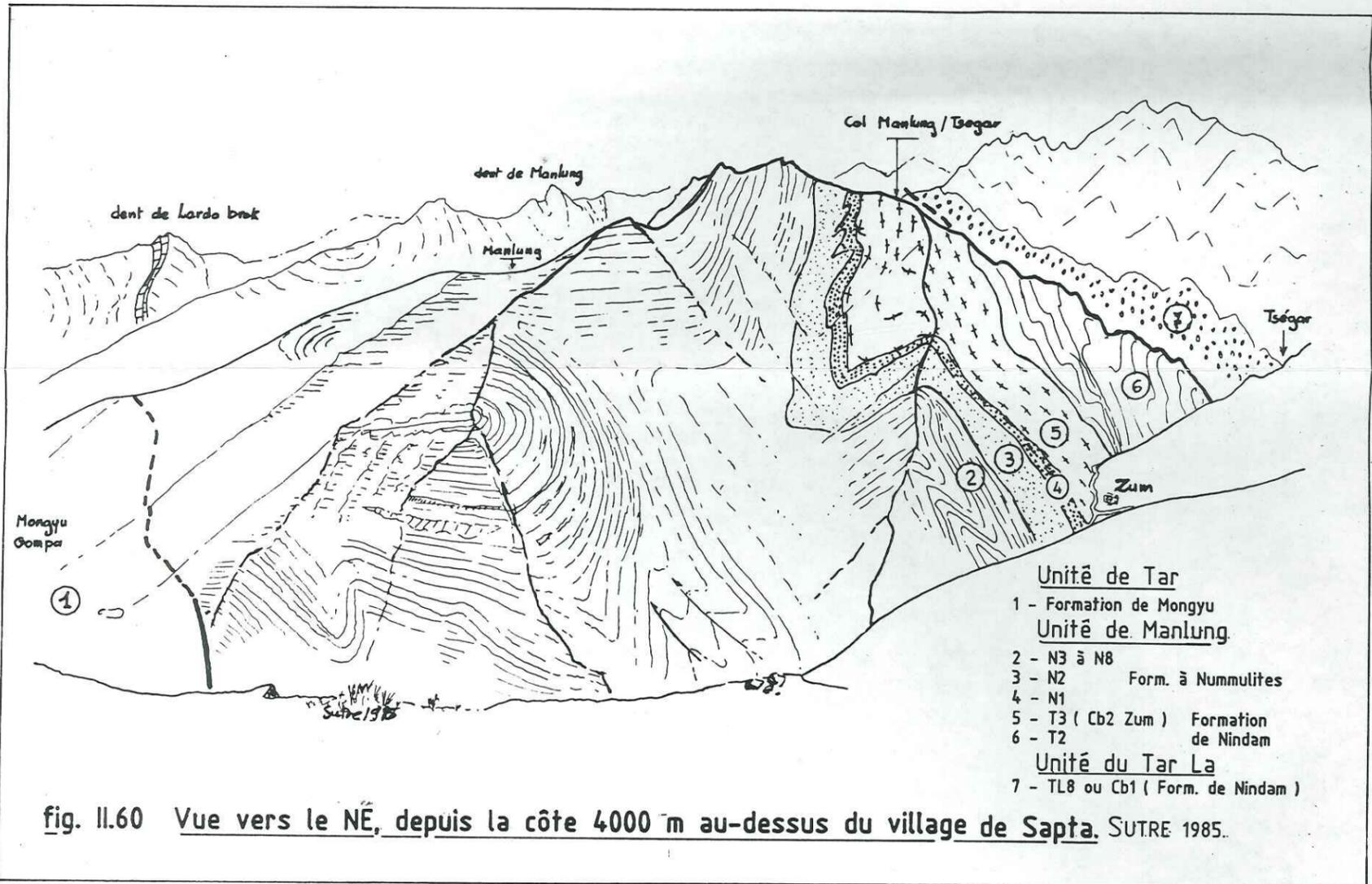


fig. II.60 Vue vers le NE, depuis la côte 4000 m au-dessus du village de Sapta. SUTRE 1985.

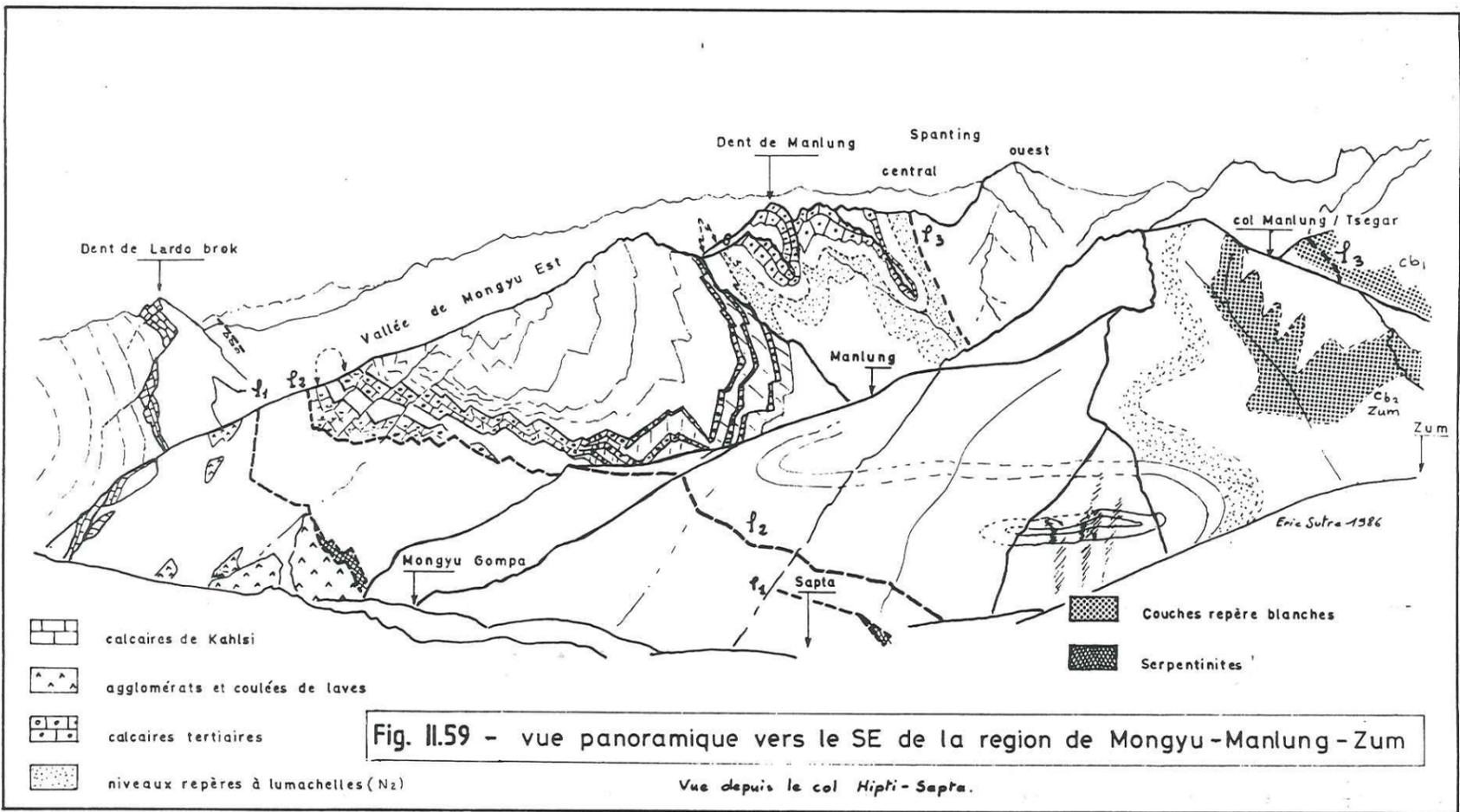
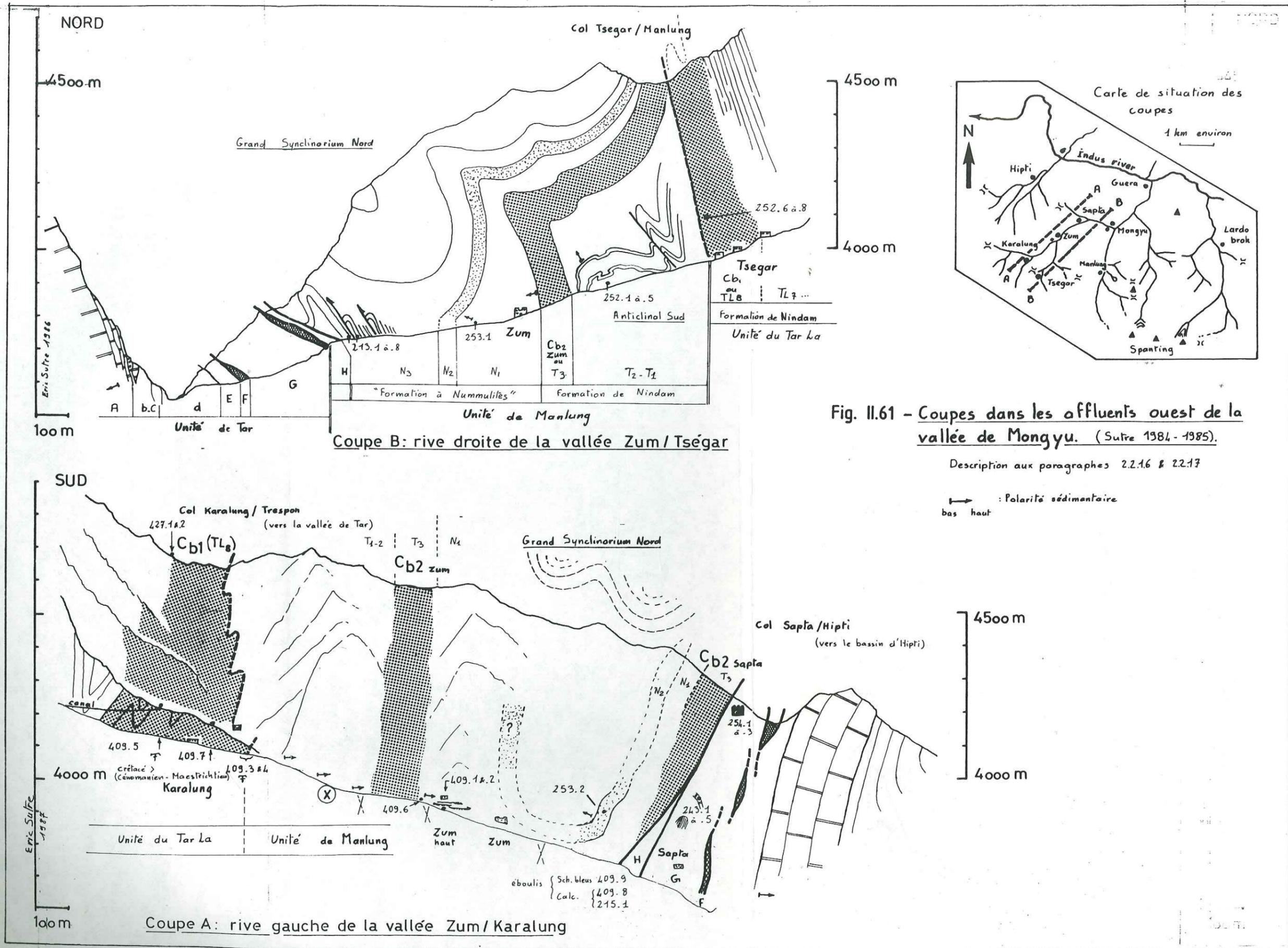


Fig. II.59 - vue panoramique vers le SE de la region de Mongyu-Manlung-Zum

Vue depuis le col Hipti-Sapta.



tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

* Unité H:

écaille tectonique principalement constituée de silts noirs en bancs centimétriques. Cette unité appartient vraisemblablement à l'unité A de la Formation de Manlung (voir coupe précédente fig. II.55).

Formation de Nindam.

* Membre T2:

* 100 à 200 mètres de turbidites vertes.

Les termes de base des séquences vont des conglomérats sableux aux grès fins. Ce sont des silts noirs très fins, des greywackes lithiques ou des rudites, tous composés exclusivement de volcano-détritiques dans une matrice silto-calcaire.

La figure II.62 montre une séquence turbiditique du type Tacd/Tacde à granoclassement normal à la base. Les échantillons 252.01 à 05 proviennent de cette séquence.

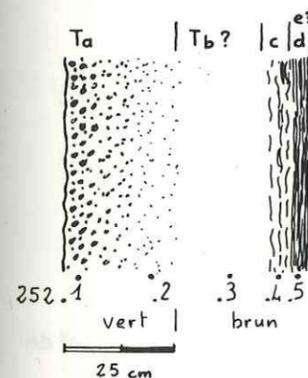


fig. II.62

Mass flow dans la formation de

Nindam:

Situation sur la coupe II.61.b (Tsegar)

Position des échantillons 252.1 à 5

Turbidite Tacd ou Tacde
ou bien Tabcd sans lamines parallèles

* Membre T3:

100 à 150 mètres de greywackes et silts à altération jaune argentée: sommet de la Formation de Nindam. Ces couches forment un repère lithologique noté "Cb2 zum" sur la coupe, ce repère se suit jusque dans la vallée de Tar.

Ce sont des turbidites fines Tae ou des dépôts hemipélagiques Te. Dans la mesure où de tels sédiments marquent un épisode d'apport faible de sédiments grossiers sur une partie au moins du deep sea fan, on peut se permettre de le prendre comme repère stratigraphique local, tout en sachant qu'il puisse s'agir uniquement d'une portion temporairement abritée et inactivé de deep sea fan.

"Formation à Nummulites"

* Membre N1:

Au col: une centaine de mètres de turbidites sous la forme de greywackes et de silts calcaires sombres.

Dans le lit du torrent: quelques centaines de mètres de ces mêmes sédiments.

* Membre N2:

200 mètres environs de greywackes lithiques à intercalations de calcaires lumachelliques.

Cet ensemble de bancs métriques à décimétriques de calcaires, qui sert de repère dans le paysage, est en pointillés fins sur la coupe.

Rappelons que les échantillons yprésiens/lutétiens 219.01 et 02 du col de Manlung/Tségar sont situés à la limite N1/N2.

* Membre N3:

Conglomérats grossiers à galets de laves avec quelque galets de calcaires très recristallisés, greywackes lithiques vertes et rouges à ponctuations blanches. Ils affleurent dans le flanc nord du synclinal.

- Unité du Tar La -

Formation de Windam

* Membre TL7:

Turbidites vertes similaires à celles décrites dans la coupe de Manlung.

* Membre TL8:

Silts à altération jaune argentée notés Cb1 sur la coupe. L'accident tectonique subvertical, qui sépare les deux compartiments, forme dans le bord sud de cette couche repère un couloir mylonitisé dans lequel se développent des failles et des plis isoclinaux de toutes tailles.

1.3.2.8 Coupe rive gauche de la vallée Sapta-Zum-Karalung. Sutre 1984.

Sutre 1984.

Marie Noëlle et G. Mascle, Sutre 1985.

Description du Nord vers le Sud de la coupe figure II.61-a.

Voir également le panorama fig. II.63 et les détails fig. II.64 et II.65.

- Unité de Tar -

Formation de Mongyu

Cette unité est dilacérée par la tectonique, des lentilles de péridotites jalonnant de place en place les failles organisées en réseau.

L'échantillonnage a porté sur deux localités: le col Sapta/Hipti et une zone située entre ce col et le village de Sapta, ainsi que sur des blocs en éboulis provenant de cette formation.

* Du col de Sapta à Hipti.

Sur le revers sud du col affleurent des silts et sables turbiditiques noirs, à débit en frites (échantillons 254.02 & 03), dans lesquels sont disséminées des masses de laves en coussins (échantillon 254.01) et d'agglomérats volcaniques. Ces laves sont du même type que celles décrites dans la coupe de Mongyu Est.

Des lentilles tectoniques de péridotites affleurent au col. Elles sont alignées dans une série d'accidents en relais.

Vers le Nord, la Formation de Mongyu passe aux Calcaires de Kahlsi, tantôt de manière stratigraphique, tantôt de manière tectonique.

* En remontant de Sapta au col.

Dans un fond sédimentaire de turbidites formées de silts et de sables (quartzwackes et wackes), s'intercalent de minces bancs décimétriques de calcaires et de grosses barres hectométriques de cherts rubanés verts, translucides, recristallisés, en bancs centimétriques.

Les calcaires (243.02) sont des calcirudites volcano-détritiques. On y trouve: des bioclastes de polypiers, de Lithocodium, des lithoclastes à spicules réniformes de spongiaires, des clastes volcaniques, ainsi que des oolithes.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

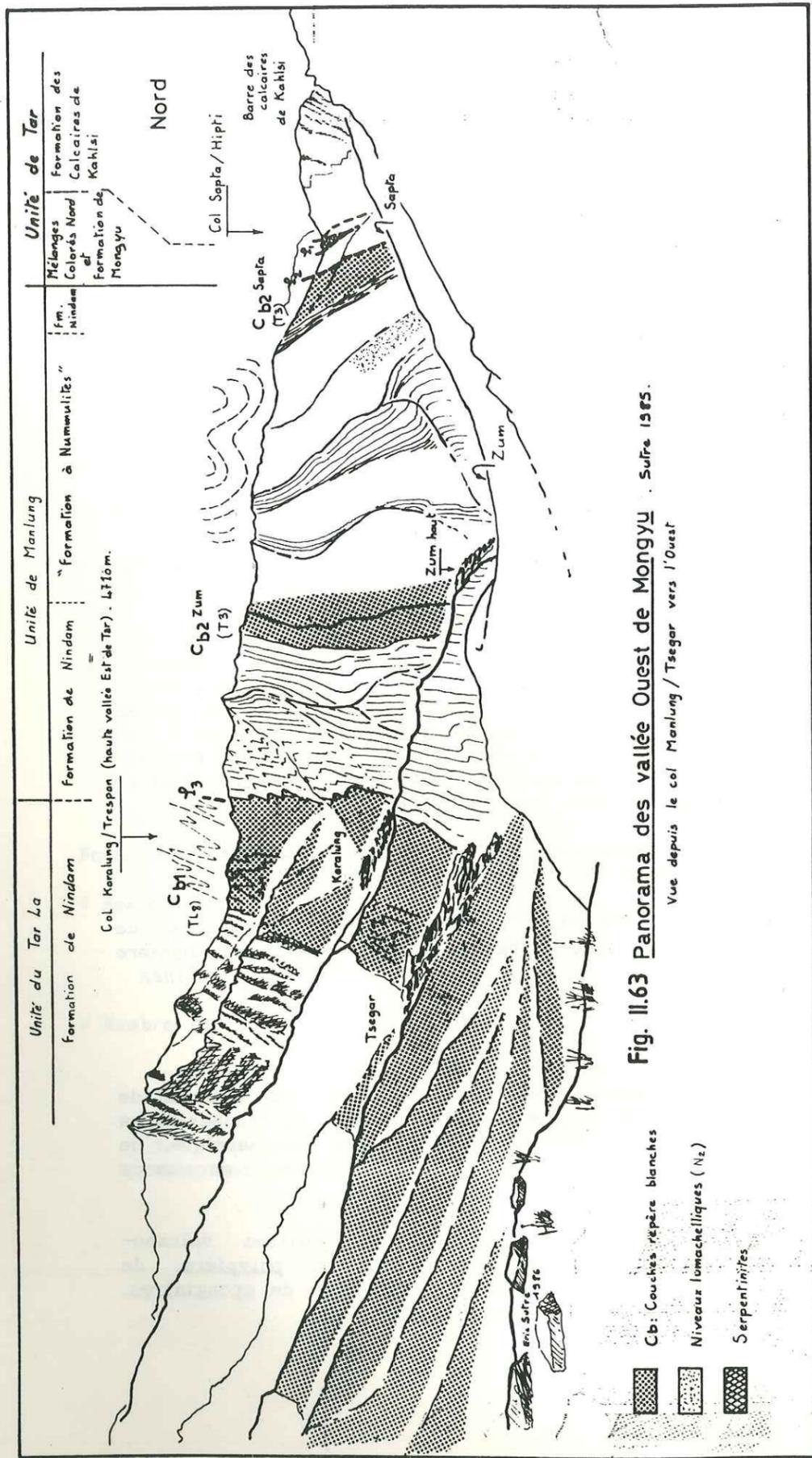


Fig. II.63 Panorama des vallées Ouest de Mongyu - suite 1985.
 Vue depuis le col Manlung/Tsegar vers l'Ouest

* En éboulis, sur le chemin en dessous de Septa.

Les échantillons 215.01 et 409.08 sont des calcaires moultant des pillows. Il ne s'agit pas de calcite secondaire, puisqu'on y trouve des débris de hyaloclastites, mais ils sont trop recristallisés pour qu'on puisse espérer y trouver des fossiles.

L'échantillon 409.09 a été pris sous la directive de G. Mascle, pour tenter de caractériser la présence d'éventuels schistes bleus dans la formation.

Malgré sa couleur bleutée et sa composition chimique (il y a tout ce qu'il faut pour former les minéraux du faciès schistes bleus) aucun métamorphisme n'a pu être mis en évidence en lame mince dans cet échantillon.

Formation des Calcaires de Kahlsi.

Au col, la tectonique complique les relations entre cette formation et celle de Mongyu.

- Unité de Manlung -

La stratigraphie établie dans cette coupe est très sommaire: il n'y a pas de niveaux repères sûrs et les fossiles font défaut.

Entre Zum et Septa, on retrouve le dispositif en synclinal double, limité au Nord et au Sud par les bandes de silts jaune argentés Cb2 Zum et Cb2 Septa (membre T3 de la Formation de Nindam).

N2 se repère en flanc nord par ses couches de calcaires lumachelliques.

Le dispositif structural ne favorise pas la mesure de l'épaisseur, ni le suivi des couches: en effet, l'axe du synclinal a un pendage vers l'Est inférieur de seulement 10 à 20 degrés de la pente de ce versant exposé à l'Est.

Formation de Nindam.

* Membres T1-T2:

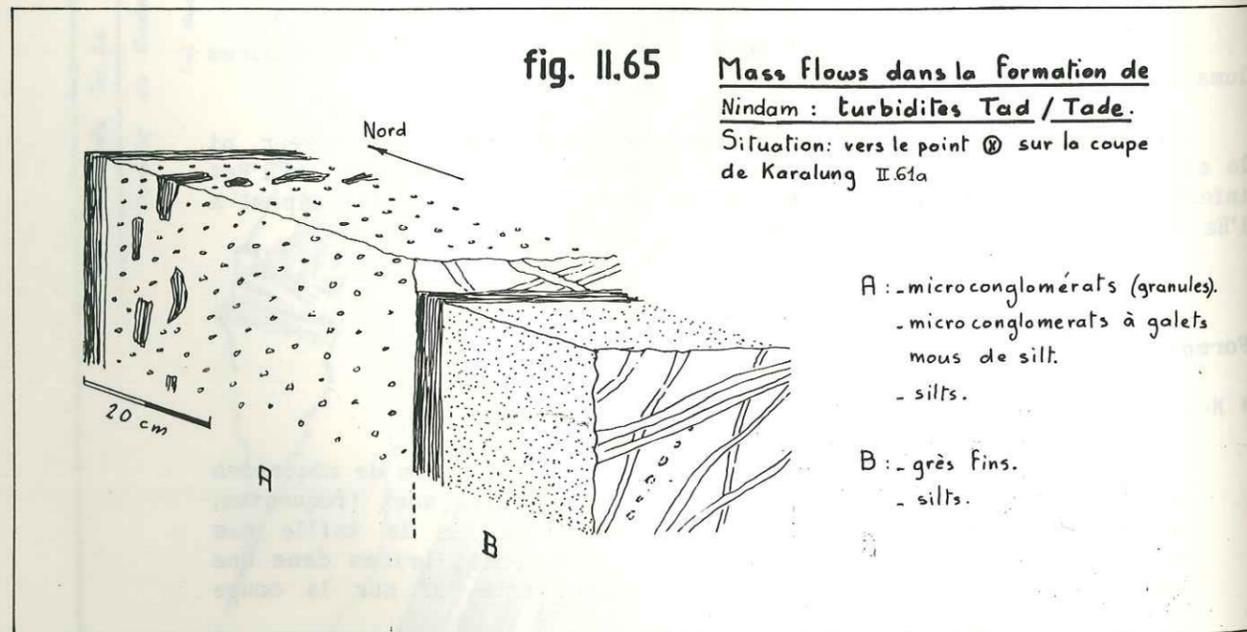
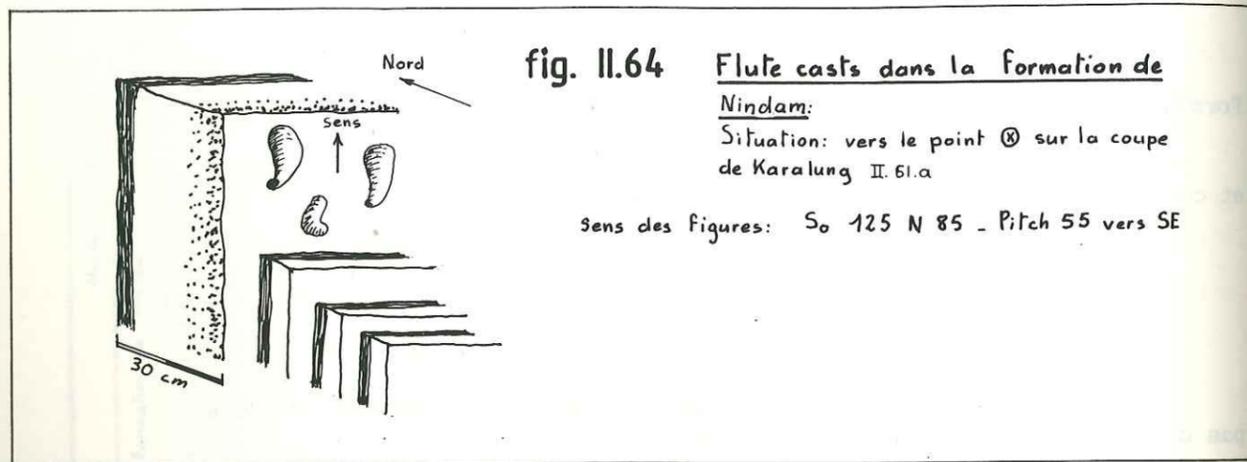
400 mètres environ de turbidites vertes. Les bases de séquences en conglomérats de la taille maximum des granules sont fréquentes, elles sont généralement formées de greywackes de la taille des sables grossiers. Description de quelques séquences prises dans une barre en relief dans le paysage, au point noté "X" sur la coupe II.61-a.

- La séquence de la figure II.64 montre, du Sud vers le Nord et donc de la base vers le sommet:

. Trois séquences de 5 à 7 cm comprenant à la base des sables moyens verts et au sommet des silts calcaires noirs.

. La séquence qui suit porte à sa base des flute casts de pitch 55° SE dans So 125 N 85 SW. Elle commence par des para-conglomérats à granoclassement normal formés de sables grossiers (greywackes lithiques) et de 40% environ de granules, se poursuit par des sables moyens à fins puis, brutalement, se termine par 2 à 3 cm de silts noirs.

Il s'agit de séquences de type Tad / Tade ou Tae.



- La séquence de la figure II.65 montre une séquence de type débris flow:

Le terme de base est constitué d'un para-conglomérat dont les granules sont répartis uniformément dans la masse, sans granoclassement. Les galets mous de remaniement syn-sédimentaire (silts noirs) sont disposés parallèlement à la base et à quelques centimètres de celle-ci. Le terme supérieur est formé de silts noirs.

Il s'agit d'une séquence de type Tae ou Tad/Tade de débris flow.

* Membre T3:

100 à 150 mètres de silts calcaires et de calcaires silteux jaune orangé. Il s'agit de la couche repère du flanc sud du synclinal: Cb2 zum.

"Formation à Nummulites"

* Membre N1:

200 mètres environ de turbidites jaunes à la base, vertes au sommet.

Vers la base, les silts calcaires et les calcaires silteux jaunes dominant:

409.01, 02, 06 mudstones à 10% de silts fins volcano-détritiques. Wackstone à 20% de sables fins volcano-détritiques. Rares rotalidés.

Vers le Nord les turbidites vertes plus grossières apparaissent. Les bases de séquence sont formées principalement de sables grossiers, plus rarement de conglomérats sableux de la taille maximum des granules.

* Membre N2:

Greywackes lithiques et conglomérats, bancs calcaires lumachelliques repères.

- Unité du Tar La -

Le contact tectonique s'effectue entre les membres TL8 et T3 des unités du Tar La et de Manlung, il est accompagné par le développement de plis à toutes les échelles.

Formation de Nindam

Du Sud vers le Nord La Formation de Nindam est affectée de plis de toutes tailles qui s'accroissent en nombre et diminuent en taille lorsqu'on atteint le membre TL8 (couche Cb1). Les derniers mètres de cette couche sont affectés d'une forte schistosité parallèle au plan de chevauchement penté à 70/80° vers le Sud.

* Membres TL7-6:

Faciès conglomératiques et sableux turbiditiques verts de lobes d'épandage sous-marin à terminaison "on lap" et faciès verts plus fins de débordement de chenaux.

* Membre TL8:

Silts calcaires et calcaires jaune argentés: couche repère Cb1. Description des échantillons:

409.03: calcaire micritique volcano-détritique. Le détritisme est composé par des quartz en coin et en écharde, des feldspaths calcifiés, de la chlorite bien cristallisée et des filaments chloriteux anastomosés parallèles à la stratification. On peut interpréter cette sédimentation, grâce notamment aux filaments chloriteux, comme une chute de cendres volcaniques à écharde de verre dans une boue calcaire hémipélagique à rares foraminifères (dont Foraminifères hyalins).

409.04, 05: calcaires silteux et silts calcaires à Globotruncana et foraminifères hyalins.

409.07: lits centimétriques (bioturbés ?) de calcaires type mudstone et de greywackes fines à ciment calcaire abondant. Le détritisme, très anguleux, est constitué de quartz en coins et en écharde, de feldspaths et, peut être, de pyroxènes.

1.3.2.9 Coupes du versant Est du bassin d'Hipti. Sutre 1984-85.

E. Sutre, Ratineau, J.P. Bassoullet et M. Colchen 1984.
E. Sutre 1985.

Le panorama commenté est celui de la fig. II.66, les échantillons sont repérés sur le panorama fig. II.67 et sur la carte fig. II.44.

- Unité de Tar -

Ecailles tectoniques

Description du Sud vers le Nord:

Unité tectonique 1:

Cette unité, très affectée par la tectonique, est composée d'un fond sédimentaire de silts et greywackes noirs dans lequel viennent s'interstratifier des conglomérats et agglomérats de laves, des pillows et des bancs calcaires. A priori il n'existe aucune relation avec l'écaille 1 de la coupe de Mongyu-Est.

* Les calcaires, en contact sédimentaire avec les laves, ou en bancs décimétriques dans les silts, dilacérés par la tectonique et recristallisés, sont des sparites à cristaux centimétriques.

- L'échantillon 255.02 est un calcaire recristallisé en sparite, à fantômes de lithoclastes de verre volcanique et de laves, renfermant des bioclastes (fantôme de rudistes ?). Les plans de schistosité sont enduits de chlorite probablement empruntée aux clastes.

- L'échantillon 254.07 est formé de calcaires recristallisés de type mudstone, moulant la surfaces de pillows.

Certaines lentilles de calcaire ont une couleur d'altération brune et un aspect en "peau de crocodile": elles sont composées d'une mosaïque d'amandes tectoniques centimétriques de sparite dont les bords sont fréquemment enduits de minéraux chloriteux: calcaires sédimentaires recristallisés ou opicalcites ?

* Les silts se présentent sous la forme de bancs à matrice de minéraux phylliteux de la taille des argiles, très noirs, à contenu volcano-détritique très variable de la taille des sables fins: cristaux isolés de pyroxènes ou feldspaths, ou bien sable arkosique à pyroxènes.

* Les laves sont similaires à celles de la coupe de Mongyu Est. Notons toutefois la minéralogie différente des échantillons 255.03 & 05: lave ou hyaloclastite à fond microlithique d'amphiboles + zoisite, phénocristaux de pyroxènes et amphiboles, glomérules de verre volcanique.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

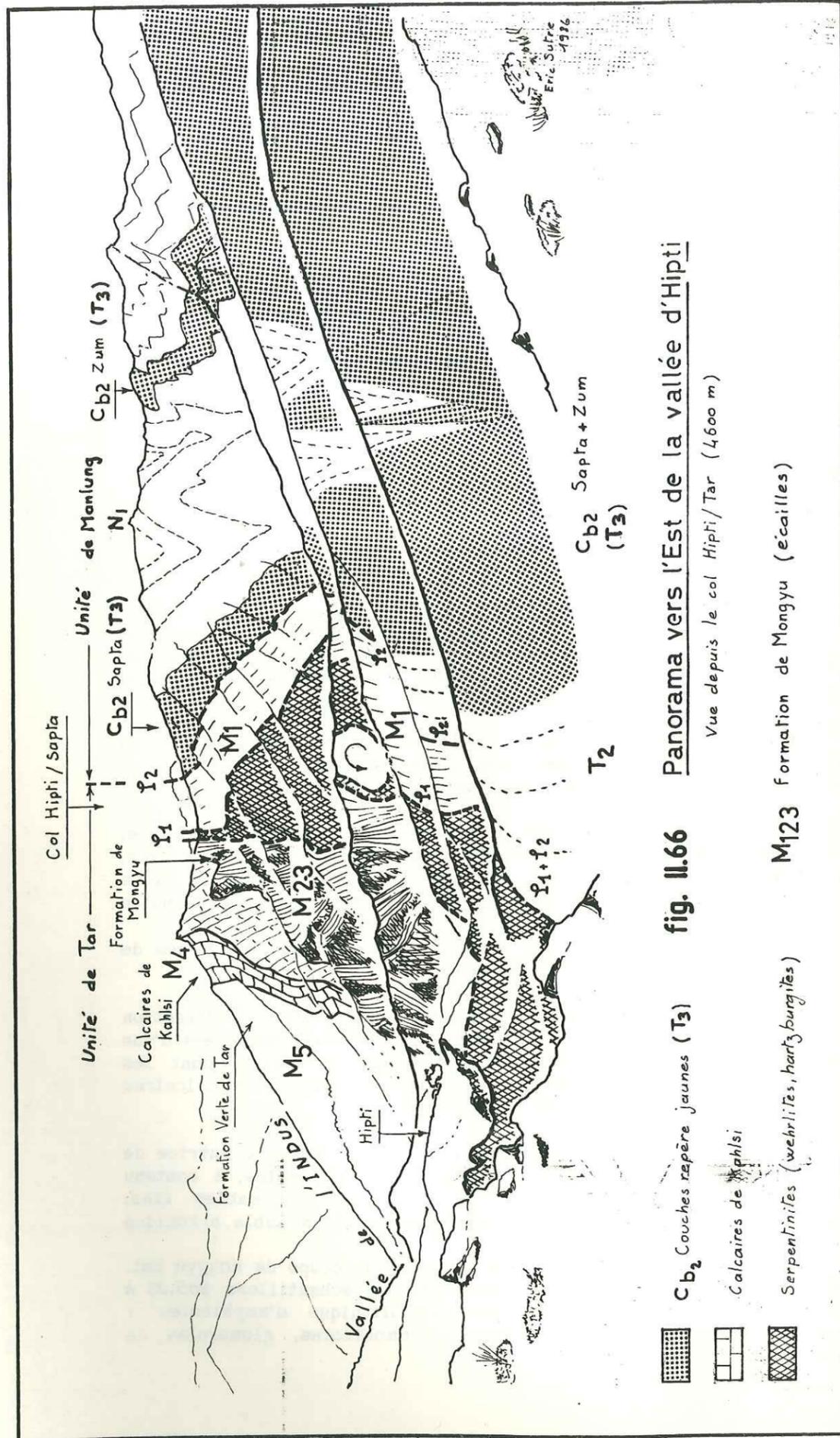


fig. II.66 Panorama vers l'Est de la vallée d'Hipti

Vue depuis le col Hipti/Tar (4600 m)

Écaille tectonique de péridotites:

Elle est formée de péridotite massive (pyroxènes et reliques d'olivines et spinelles) plus ou moins serpentinisée.

Une masse décimétrique qui a tourné pendant une phase de déformation (dyke de gabbro ? sédiments et laves ?) est incorporée à cette lame de péridotite.

Unités 2-3:

Laves et agglomérats dans un fond sédimentaire de silts et greywackes sombres.

Formation des Calcaires de Kahlsi.

La carte de la figure II.44 montre le biseautage tectonique vers l'Ouest de la barre de calcaires de Kahlsi. Au milieu de la vallée d'Hipti, la Formation des Calcaires de Kahlsi est directement en contact tectonique, au Nord, avec la Formation de Nurla.

Formation Verte de Tar.

Voir description de cette unité dans la coupe type de Tar-Urtsi.

- Unité de Manlung -

Dessiné par les couches Cb2 (membre T3), un synclinal double correspondant au grand synclinorium nord de la coupe Mongyu-Manlung est bien visible dans le paysage.

Formation de Nindam.

Représentée uniquement ici par l'unité T3 ("couche "Cb2"), elle est formée de silts et calcaires silteux jaune argenté.

"Formation à Nummulites".

Représentée par ses membres de base N1 et N2, elle n'affleure plus que sur la crête.

Le Membre N1 est composé de greywackes vertes décrites dans les coupes précédentes. Le Membre N2 est composé de greywackes plus ou moins conglomératiques vertes et rouges, suivies par les couches repère de calcaires gréseux lumachelliques.

1.3.2.10 Coupes du versant Ouest du bassin d'Hipti. Sutre 1984-85.

E. Sutre, Ratineau, J.P. Bassoullet et M. Colchen 1984.
E. Sutre 1985.

Carte fig. II.44. Panorama fig. II.67.

- Unité de Tar -

Ecaille tectonique de péridotites:

Péridotites massives (pyroxènes) avec dykes de roches volcaniques gris clair.

L'échantillon 455.01, pris dans un de ces dykes est une roche curieuse, composée en majorité de quartz microcristallin, à très nombreux glomérules allongés contenant du quartz mieux cristallisé, à grosses vacuoles aux bords irréguliers remplies de cristaux radiaux (Zoisite ?). On notera la présence de rares pyroxènes et feldspaths.

Ecailles tectoniques

Unité 1

L'écaille tectonique 1 (Formation de Mongyu) disparaît avant la crête, car les accidents 1 et 2 fusionnent.

Unités 2 et 3:

Similaires à celles du versant Est. Elles sont en contact tectonique, au fond de la vallée, avec la Formation de Nurla. Sur la crête, elles sont en contact tectonique avec la Formation des Calcaires de Kahlsi.

Formation des Calcaires de Kahlsi.

Surmontée par des faciès de calcaire rose et par des conglomérats qui, du fait du dispositif inverse des couches, doivent appartenir à la Formation de Mongyu, cette barre est en contact tectonique à l'Est avec la Formation de Nurla (cf carte de la figure II.44).

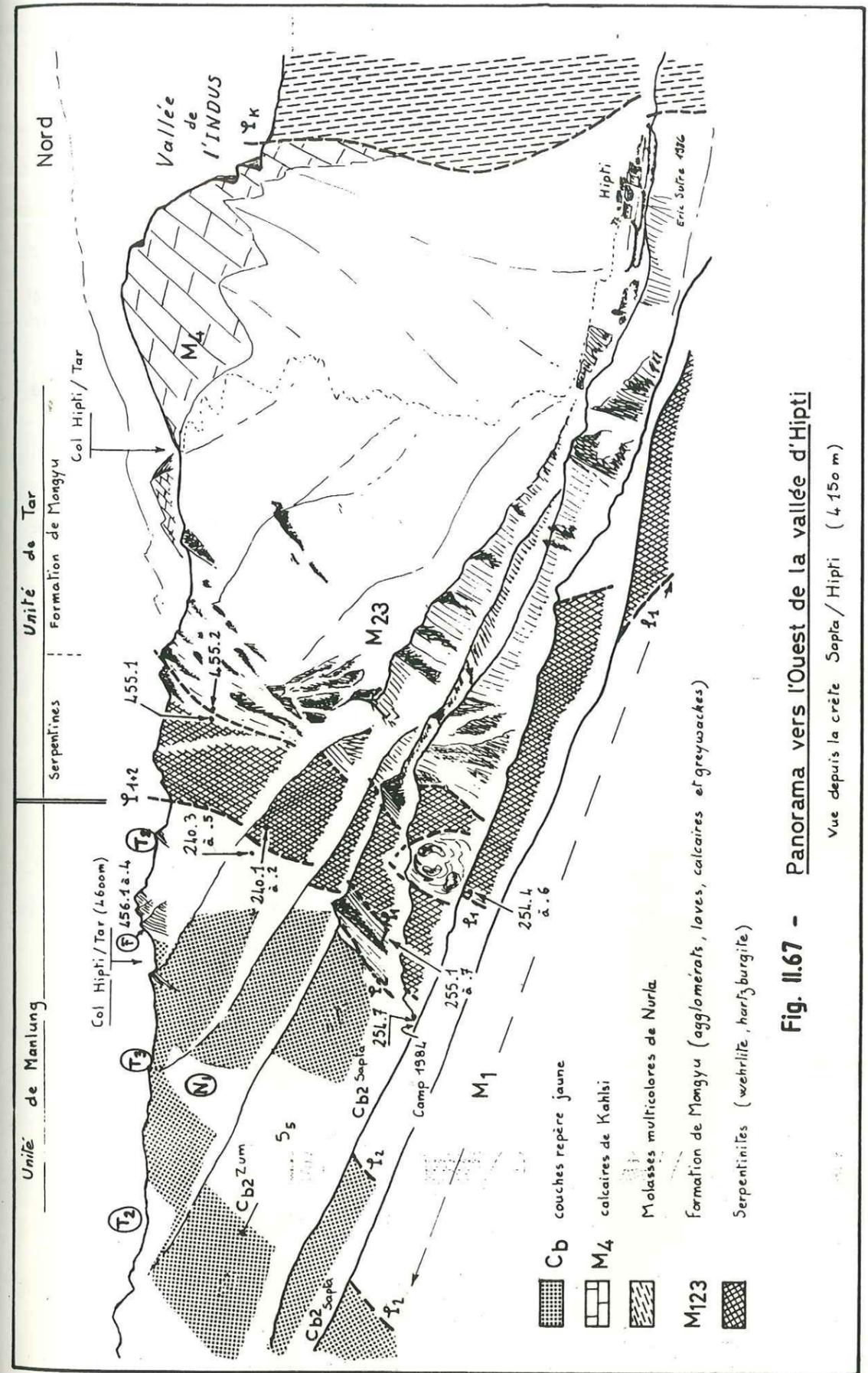


Fig. II.67 - Panorama vers l'Ouest de la vallée d'Hipti

Vue depuis la crête Septa/Hipti (4150 m)

- Unité de Manlung -

Formation de Mindam.

Membre T2:

Sur la crête: turbidites de greywackes lithiques et conglomérats volcano-détritiques.

Les greywackes lithiques des échantillons 456.01 à 04 renferment des faunes du **Maestrichtien terminal**, découvertes par Skarma Tsering, businessman et accessoirement guide de géologue.

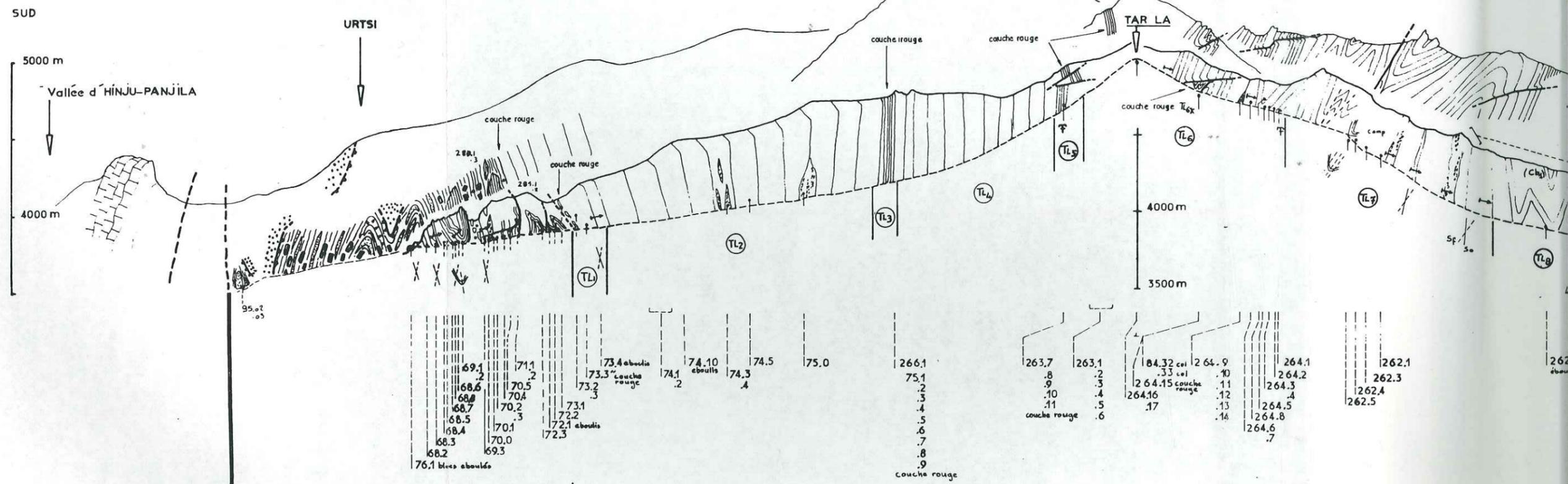
456.01 à .04: a livré Lépidorbitoides socialis, déterminé d'après Mme Neumann, qui date le **Maestrichtien supérieur terminal**.

Membre T3:

Couches Cb₂ de silts et calcaires silteux jaune argenté. Les couches repère Cb₂ Saptá et Cb₂ Zum se rejoignent sur la crête, fermant ainsi une structure synclinale.

Figure II.68

Coupe URTSI - TAR-LA - TAR - INDUS

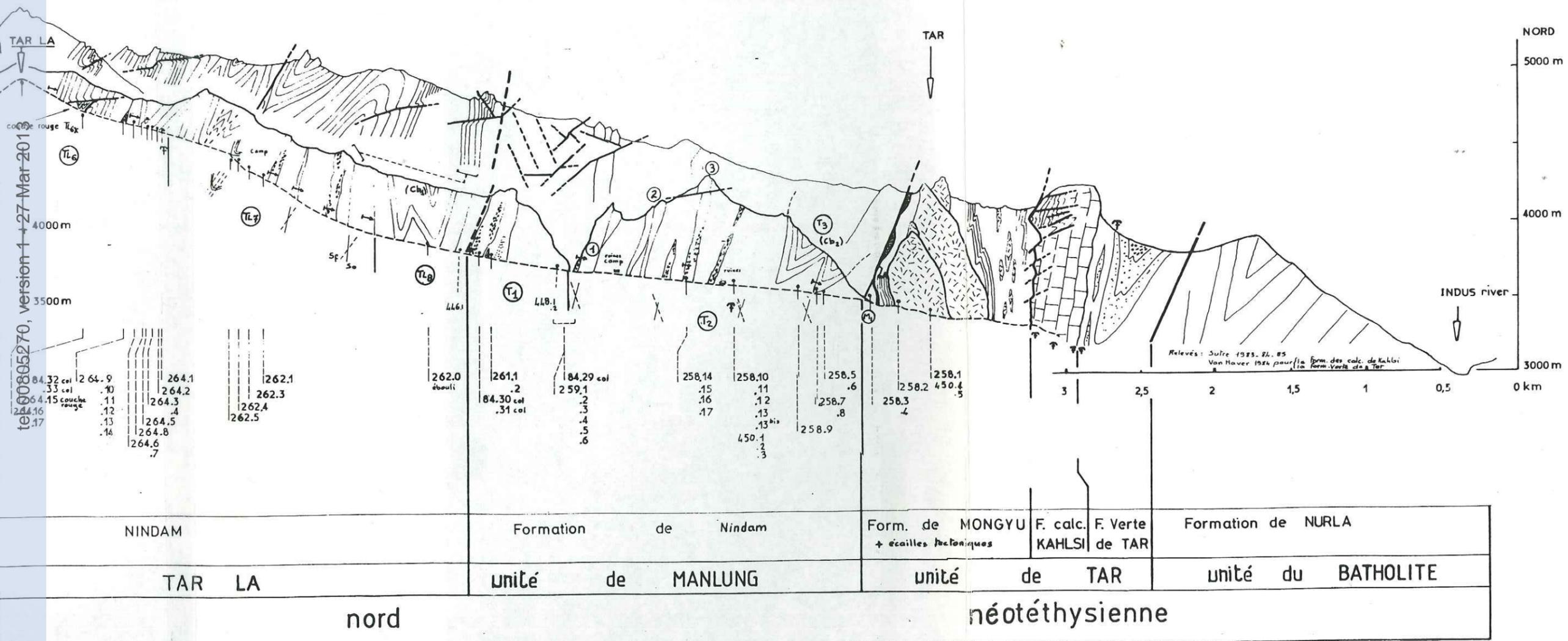


	Formation à blocs d'URTSI	Formation de NINDAM	
	* Formation de SKYU-Chiling discordante.		
		unité du TAR LA	
marge indienne		marge	nord

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

Figure II.68

URTSI - TAR-LA - TAR - INDUS river



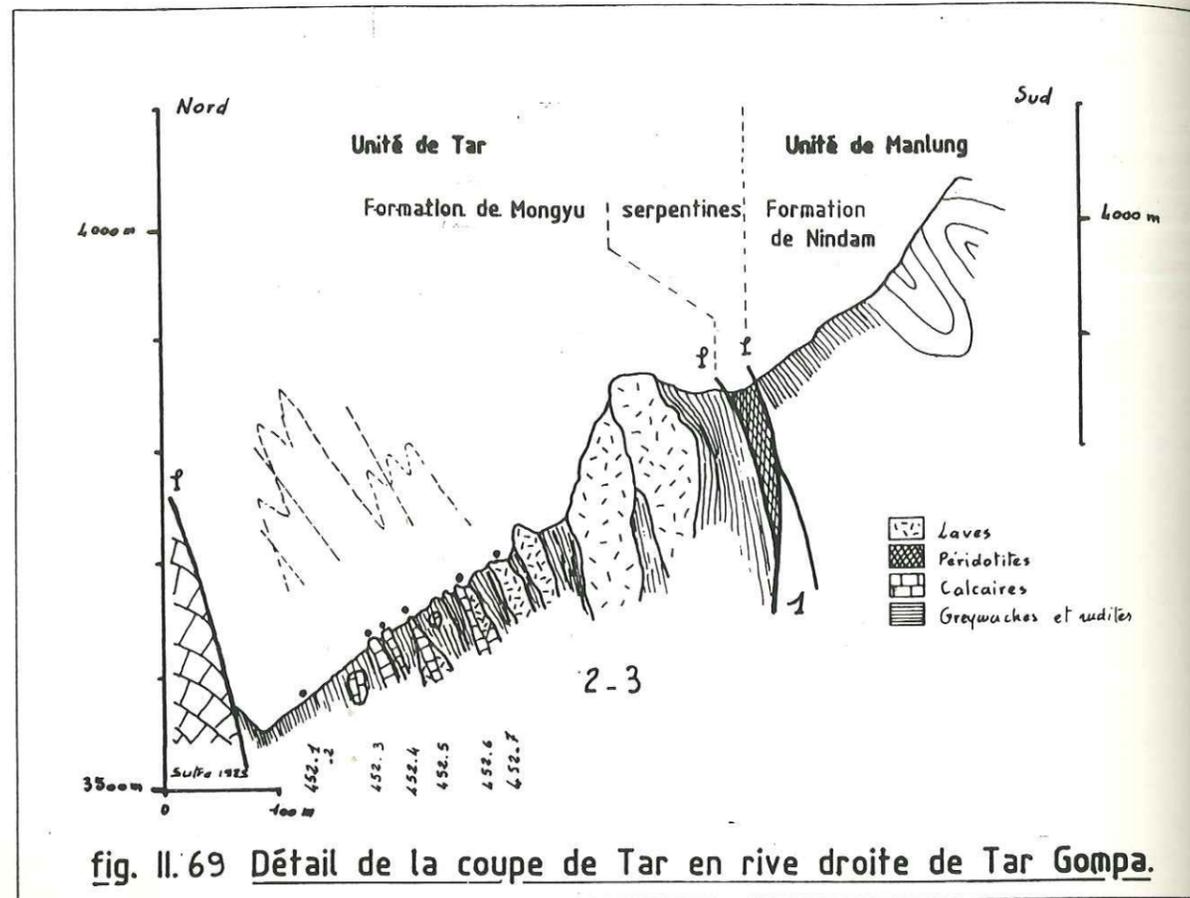


fig. II.69 Détail de la coupe de Tar en rive droite de Tar Gompa.

1.3.3 - TRANSVERSALE DU TAR LA

La coupe de la figure II.68 débute au Nord à la rivière Indus et se termine au Sud dans la vallée d'Hinju.

Depuis l'Indus jusqu'à la Formation des Calcaires de Kahlsi, le relevé est dû à Van Haver (1984).

Nous commencerons par décrire la coupe partielle de Tar - Trespan, afin de détailler la Formation de Mongyu et l'Unité de Manlung., puis nous décrirons la coupe de l'itinéraire qui monte au Tar La et redescend vers Urtsi.

1.3.3.1 Coupe de Tar à Trespan. Sutre 1985.

Coupes de détail fig. II.69 à replacer dans les contexte général des figures II.70 et II.68.

Entre l'Unité de Manlung et les calcaires de Kahlsi de l'Unité de Tar, la situation est assez confuse du fait de la tectonique: cette coupe

est un schéma de principe très provisoire plutôt qu'une représentation fiable de la réalité.

Le nombre des accidents tectoniques importants est lui aussi sujet à caution.

Dans la partie nord du Groupe de Manlung, seul le style du plissement a été respecté: la cohérence des plis a été obtenue a posteriori, les données récoltées sur le terrain s'étant révélées insuffisantes.

Quoi qu'il en soit, on peut tirer d'intéressants enseignements des terrains eux-mêmes.

- Unité de Tar -

Ecailles tectoniques

Description de la coupe de détail fig. II.69.

Les unités 1, 2 et 3 se réfèrent au découpage des coupes d'Hipti.

Unité tectonique 1:

Silts et arénites noirs.

258.03 & 04: litharénite à cristaux de quartz et feldspath très anguleux, de la fraction very fine sand. Fragments de lave. La matrice est composée de verre dévitrifié dans lequel subsistent des fantômes d'échardes de verre.

Ecaille tectonique de péridotites.

Unité 2-3:

Cette unité est découpée par de nombreux accidents tectoniques et, de plus, elle est plissée. Même si les polarités sédimentaires sont déterminables, elles ne servent à rien pour reconstituer une colonne stratigraphique, puisque le nombre d'écailles tectoniques est inconnu.

La description se fera par zone, du Nord vers le Sud:

* 100 mètres de rythmes turbiditiques particuliers, d'un mètre d'épaisseur, constitués de la manière suivante: 20 à 30 cm de greywackes lithiques ou de conglomérats (graviers maximum) à ponctuation blanche, suivis sur 70 cm par une alternance de bancs de 5 à 10 cm de greywackes lithiques et lits centimétriques de silts noirs. Nombreux restes de plantes non identifiables.

* 50 mètres de silts et greywackes noires, fines, à plantes.

* 100 mètres d'une sédimentation à blocs. Dans un fond turbiditique de silts et greywackes lithiques noires on trouve:

- des blocs métriques de calcaires (olistolites) de type packstone et wackestone à orbitolines et rudistes

- des séquences dans lesquelles on trouve des débris flows d'agglomérats, des grain flows et des wackestones à orbitolines, des

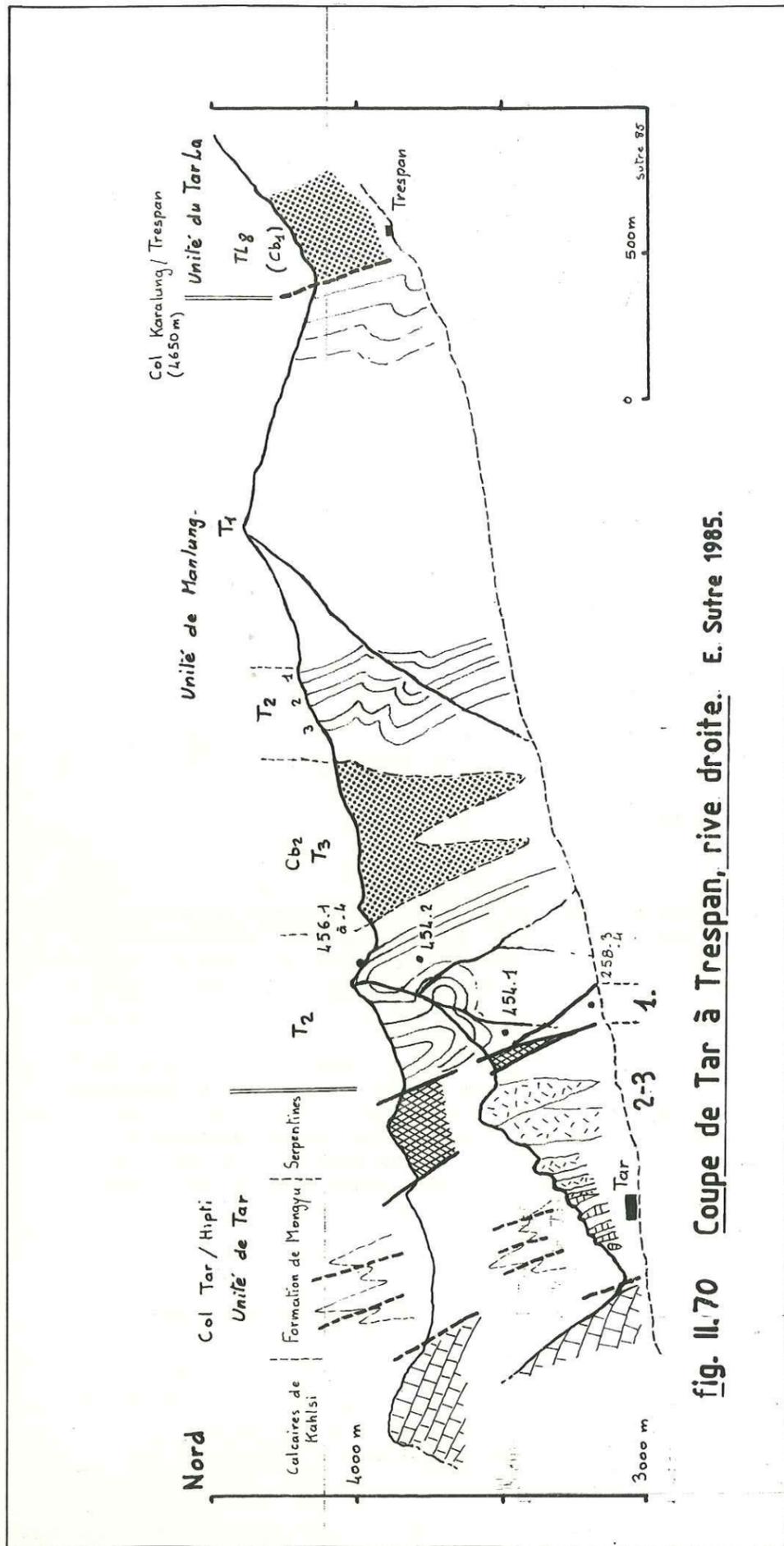


fig. II.70 Coupe de Tar à Trespan, rive droite. E. Sutre 1985.

microbrèches et brèches de calcaires à orbitolines et rudistes à ciment de calcite plus ou moins greywackeuse.

- des conglomérats grossiers (galets à blocs) de calcaire et de laves.

- Des coulées de laves et des agglomérats.

* 80 mètres de greywackes lithiques et silts à intercalations pluridécamétriques d'agglomérats.

On trouve également des lentilles tectoniques de calcaires à altération brune en "peau de crocodile" similaires à celle observée à Hipti Est dans l'unité 1. Moins recristallisés, ils montrent des fantômes d'échinodermes, de polypiers, de rudistes. Ici il ne s'agit donc pas, ici, d'ophicalcites.

* 150 mètres d'agglomérats très grossiers (galets et blocs).

* 100 mètres environs de turbidites similaires à celle du début, admettant de rares intercalations d'agglomérats.

Formation des Calcaires de Kahlsi.

Le contact avec la Formation de Mongyu est tectonique.

Description dans la coupe suivante.

- Unité de Manlung -

Toute la coupe se déroule dans la Formation de Nindam. Nous allons décrire successivement les deux flancs du synclinal double souligné par la couche T3 (fig. II.70).

Flanc nord du synclinal double:

Le contact avec l'Unité de Tar se fait par l'intermédiaire d'un accident tectonique principal très net, et de quelques failles secondaires anastomosées, qui découpent des écailles tectoniques dans l'une et l'autre de ces deux unités.

Au Sud du contact, dans l'Unité de Manlung, on observe sur 300 à 400 mètres le développement, dans le membre T2, de plis hectométriques à axes fortement pentés vers le S-E (entre 30 et 50 degrés) et à plans axiaux à regard sud. Ce sont des plis isopaques presque cylindriques ou légèrement pincés, même si les figures formées par l'intersection de la stratification avec une surface topographique gauche pourraient donner l'impression qu'il s'agit de plis repliés.

Description du Nord vers le Sud, donc de bas en haut stratigraphiquement:

Membre T2:

* 200 mètres environ de turbidites de greywackes lithiques et de conglomérats.

Au Sud des barres conglomératiques en relief dans le paysage, les échantillons 456.01 à 04 renferment des faunes datant la fin du **Maestrichtien terminal** (cf coupe d'Hipti ouest).

* 100 mètres environ de greywackes lithiques et de conglomérats moins grossiers.

Membre T3:

Couche repère Cb2 qui forme le coeur du synclinal.

Flanc sud du synclinal double:

On y retrouve les membres T1 à T3 de la Formation de Nindam: ils seront décrits en détail dans la coupe de Tar-Urtsi.

Notons toutefois la présence de trois barres brunes de conglomérats qui sont en relief dans le paysage: ce sont des niveaux repère pour toutes les vallées affluentes de Tar. Elles correspondent aux barres plissées du flanc nord du synclinal (membre T2) au revers sud desquelles ont été trouvées les faunes maestrichtiennes: de fait, nous retrouverons ces mêmes faunes au Nord des barres du flanc sud, dans la coupe suivante de Tar-Urtsi.

Dans les environs du pullu de Trespan, l'Unité de Manlung est en contact tectonique avec le membre TL8 (couche repère Cb1) de l'Unité du Tar La (cf panoramas II.82-a, -b et -c).

L'Unité du Tar La sera décrite en détail dans la coupe suivante.

1.3.3.2 Coupe de Tar à Urtsi. Sutre 1983-84-85.

- E. Sutre 1983.
- E. Sutre, M. Colchen, Ratineau 1984.
- E. Sutre 1985.

Situation des coupes fig. II.44. Coupe principale fig. II.68 et figures de détails II.71 à II.82.

Description de la coupe II.68 par unité tectonique du Nord vers le Sud, et, à l'intérieur des unités, description de bas en haut stratigraphiquement.

- Unité de Tar -

Formation de Mongy.

La Formation de Mongyu a été décrite en détail dans les deux coupes précédentes.

On notera toutefois la présence, en plus des classiques agglomérats ou brèches volcaniques, d'énormes masses de laves de couleur verte situées en rive gauche, immédiatement en amont de Tar.

L'échantillon 450.04 (voir annexe 5) est une trachy-andésite à macrophénocristaux clairs de plagioclases et pyroxènes, dans une matrice vitreuse vert sombre, caractérisant un **volcanisme d'arc insulaire** (cf annexe 5).

Le contact avec les calcaires de Kahlsi est tectonique. Cet accident tectonique est décalé en échelon par de petites failles inverses sub-horizontales à regard Sud.

Formation de Calcaires de Kahlsi.

Description de la coupe de Tar par Van Haver (1984, fig.II.71):

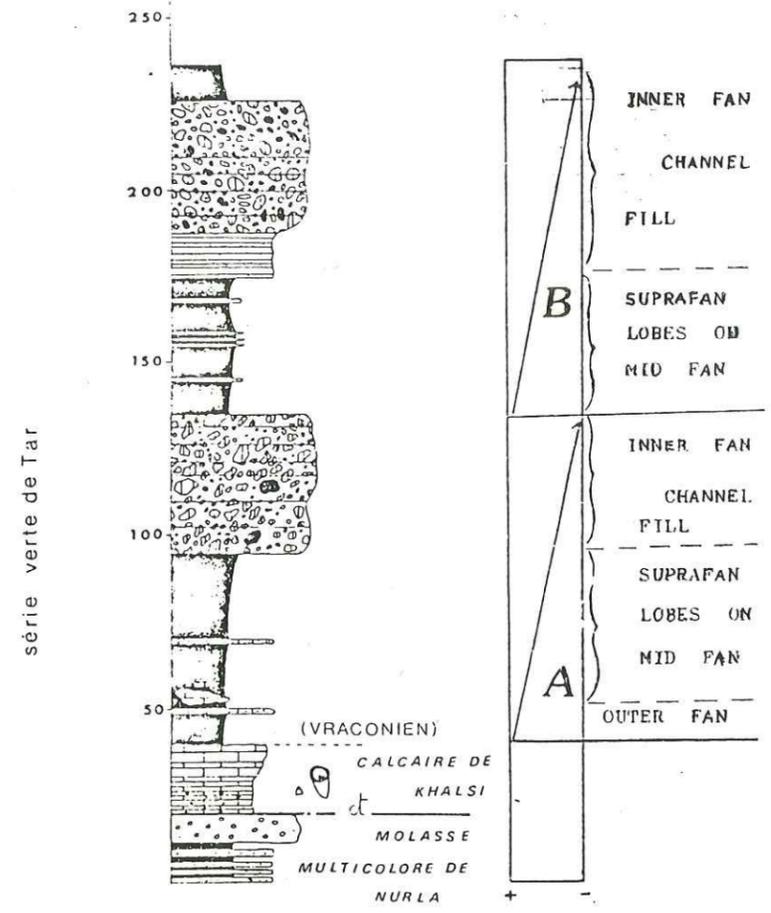
"Cette coupe est située immédiatement au Nord du village de Tar, dans la vallée d'un torrent de rive gauche de l'Indus face à Nurla; elle montre une série renversée comportant de haut en bas:

*** Une barre puissante d'environ 250 mètres constituée par des bancs centimétriques à plurimétriques de calcaires massifs gris sombre à patine orangée. Détermination des faunes par A. Arnaud-Vanneau.**

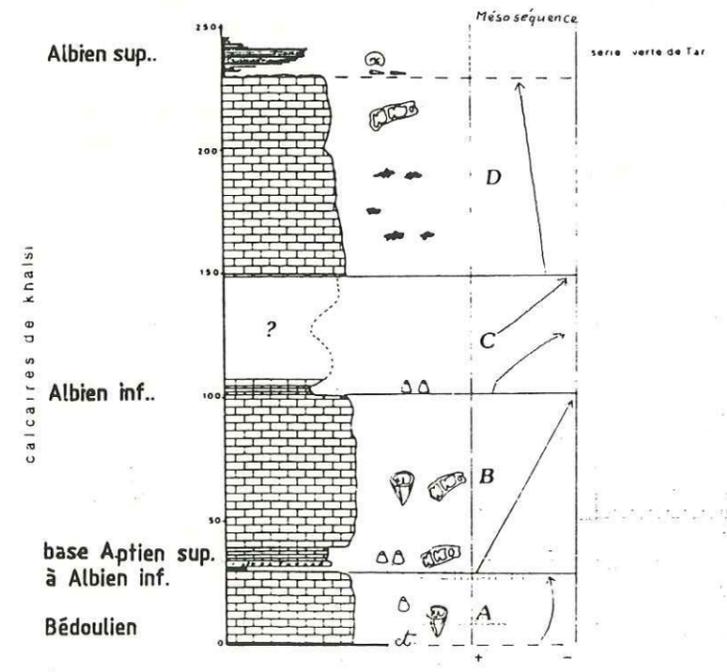
Du Sud au Nord, donc de bas en haut stratigraphiquement, on distingue:

A - 30 mètres de calcaires biomicritiques bleutés à rudistes, madréporaires, Bacinelles et nombreux bioclastes contenant *Freorbitolina* sp. et *Palorbitolina lenticularis* (Blumenbach)), datant le Bédoulien.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013



A - Coupe dans la série verte de Tar. Route Khalsi-Nurla Van Haver (1984)



B - Coupe dans les calcaires de Khalsi au Nord de Tar Van Haver (1984)

fig. II.71 Calcaires de Kahli et série Verte de Tar.

B - quelques centimètres de shales silteux vert foncé qui admettent de fins lits gréseux, ainsi qu'un niveau de micro-brèches à débris d'organismes (orbitolines et rudistes), fragments de roches calcaires et volcaniques.

C - 8 mètres de calcaires détritiques à nombreuses Orbitolines dont Mesorbitolina groupe parva-minuta datant donc l'Albien inférieur. Outre les Orbitolines s'observent des algues rouges et Coscinophragma cribrosum (Thalman).

D - 60 mètres de calcaires massifs bleutés riches en Rudistes et Nérinées.

E - 10 mètres de calcaires détritiques identiques à C.

F - Après une lacune d'observation d'environ 40 mètres, due à la structure, s'observent 50 mètres de calcaires sparitiques, massifs (bancs de 50 cm à 5 m) à nombreux rognons de silex.

G - 30 mètres de calcaires beige clairs, biodétritiques, très fins et parfois riches en Nérinées.

Ces calcaires sont la continuité vers l'est de ceux de Kahlsi, continuité particulièrement nette sur les enregistrement Landsat .../..."

Fin de citation

Formation Verte de Tar.

Description du sud vers le Nord, d'après Van Haver (1984, fig. II.71).

"A Tar, la surface irrégulière des Calcaires de Kahlsi est recouverte par quelques centimètres de marnes calcaires associées à de très minces bancs lenticulaires de grès mal indurés, riches en Belemnites roulées et concentrées dans des poches. Au-dessus de ces marnes viennent environ 30 mètres de grès calcaires en petits bancs pluridécimétriques de teinte gris bleuté. A la base de cet édifice, 3 mètres au dessus de la surface des calcaires, nous avons récolté des Ammonites: Anapuzotia sp. et Hystoceras sp. datant précisément l'Albien supérieur (sous zone à orbigny) (détermination J.P. Thieuloy). Ce qui signifie que l'intervalle de temps séparant les faciès de plate-forme et l'unité flyschoid est extrêmement bref.

Faisant suite aux grès calcaires apparaissent une dizaine de mètres de black shales (pencil shales) n'ayant fourni aucune faune ou flore. Ils sont surmontés par une épaisse série grésopéltique de teinte vert foncé (160 mètres) comportant des olistolites de calcaires biodétritiques à Orbitolines de toutes tailles. Localement se rencontrent des micro-brèches à éléments de calcaires provenant de différents niveaux de la barre de calcaires de Kahlsi (mélange de faunes albiennes et aptiennes: Palorbitolina et Mesorbitolina). Au tiers inférieur de cet ensemble grésopéltique affleure un mince banc de calcarénites gréseuses, interstratifié dans des conglomérats

à galets de granodiorites, dans lequel nous avons récolté *Siderolites calcitrapoïdes* Lamark et *Lepidorbotoïdes socialis* Leymerie (Détermination Neumann) datant du Maestrichtien. Légèrement plus haut apparaît un niveau lenticulaire de conglomérats à galets polygéniques qui ravine les pélites sous-jacentes. Ces conglomérats passent latéralement à des greywackes ou à des brèches à éléments calcaires dominants (calcaires à *Orbitolines*, calcaires sparitiques beige rosé). Au-dessus de cet épisode grossier se retrouve un ensemble grés-pélitique; les bancs de grès quartzitiques deviennent de plus en plus fréquents vers le haut et passent progressivement à une épaisse masse stratifiée de conglomérats à galets polygéniques bien arrondis. Un contact tectonique sépare cet ensemble des séries détritiques continentales situées plus au Nord (Pélites Rouges du Gongmaru La, Molasses Multicolores de Nurla)."

Evolution sédimentaire:

".../... quelques mètres au-dessus des calcaires, nous avons récolté, dans des bancs centimétriques de grès calcaires, une faune d'ammonites qui témoigne de conditions franchement marines. Par la suite, après une passée décamétrique de black-shales, apparaît une épaisse série grés-pélitique ravinée au sommet par des conglomérats à galets relativement arrondis de grano-diorites et de grès. Tout cet ensemble représente la mésoséquence A.

La mésoséquence B est tronquée à son sommet par un contact tectonique qui sépare la série verte de Tar de l'ensemble continental (molasses multicolores de Nurla).

.../..."

Fin de citation.

Résumé des datations dans l'Unité de Tar:

- La base de la Formation des Calcaires de Kahlsi (base tectonique) est datée du Bédoulien (base de l'Aptien)

- Le sommet de la Formation de Calcaires de Kahlsi est datée de l'Albien inférieur.

Cette formation se termine par une surface érodée (sans émerision).

- A 3 mètres de sa base, la Formation Verte de Tar est datée de la base de l'Albien supérieur, sous zone à orbigny.

- A 100 mètres environ de sa base, la Formation Verte de Tar est datée du Maestrichtien.

Au Nord de l'Unité de Tar, la Formation Verte de Tar présente d'importantes variations de faciés (T. Van Haver 1984): son épaisseur est parfois très réduite, et sa composition pétrographique change, indiquant une paléogéographie très contrastée.

- Unité de Manlung -

Description du Sud vers le Nord, ce qui doit correspondre à la succession stratigraphique normale, car l'unité n'est plissée que dans sa partie Nord. Se reporter à la coupe générale fig. II.68.

Formation de Mindam.

Membre T1:

* Barre conglomératique de 100 mètres d'épaisseur.

Cette barre, en relief dans le paysage, et qui induit le développement de petites gorges, est en contact tectonique, au Sud, avec l'Unité du Tar La.

Elle est formée de greywackes lithiques et de para-conglomérats, notamment de débris flows à granules et galets mous dont un exemple est donné à la figure II.72. Ce sont des galets mous de remaniement synsédimentaire, car ils sont poinçonnés par les granules de la matrice. On y rencontre des granules de calcaires de type Kahlsi.

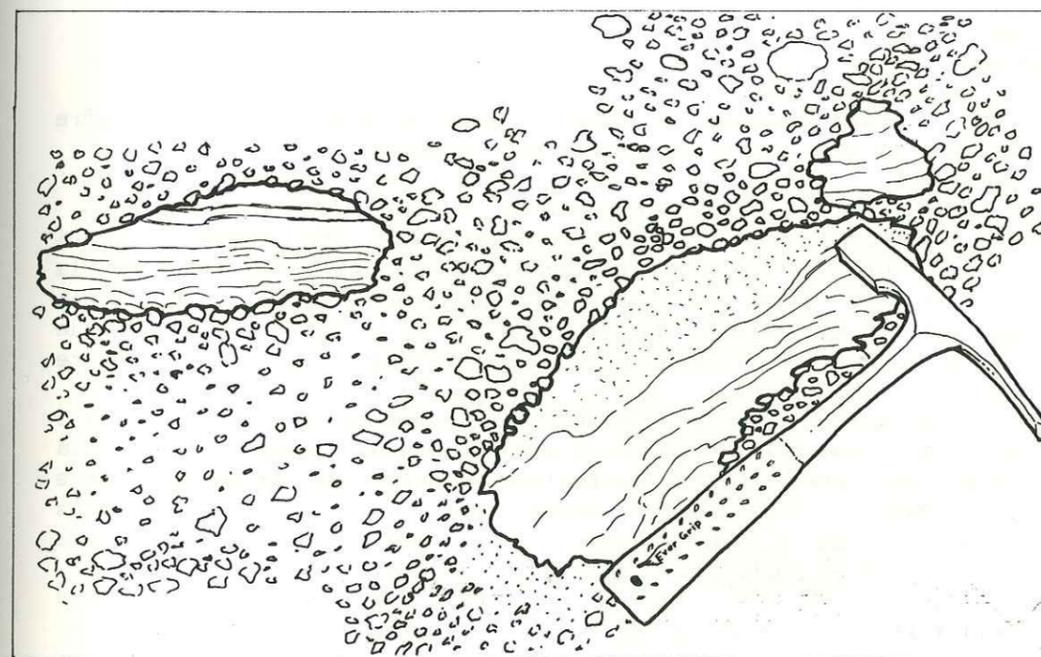


fig. II.72 Débris flow à galets mous, Formation de Mindam. Coupe de Tar - Urtsi, au niveau de l'échantillon 261.01. (E. Sutre 1984).

* 200 mètres de turbidites:

Formées de silts, de greywackes lithiques grossières dominantes et de rares bancs de conglomérats.

Les bancs sont formés de rythmes de type Tae, qui s'arrangent en rythmes d'ordre supérieur constitués:

- d'un rythme Tae à terme de base grossier, voire conglomératique, d'un mètre d'épaisseur.
- de 5 à 6 rythmes décimétriques de type Tae, de granulométrie plus fine.

La composition est classique:

- Les lithoclastes (sables grossiers, granules et plus rarement galets) sont des laves diverses, des cherts, des quartzites métamorphiques et de nombreux clastes de verre volcanique dévitrifié. Les clastes calcaires sont de type Calcaires de Kahlsi.
- La matrice dans les bases de rythme est formée de sables de même composition et de chlorite plus ou moins calcitisée secondairement. Les grains libres dans la matrice sont des quartz monocristallins "rhyolithiques", de gros feldspaths euhédriques.
- La matrice dans les hauts de rythmes est formée de silts chloriteux calcaires.

On notera la présence d'un niveau métrique de grès à altération blanche, qui pourrait servir de repère stratigraphique local.

Membre T2:

Il débute quelques dizaines de mètres au Nord du banc repère blanc, à la base de la barre conglomératique n° 1.

* Barre conglomératique repère N°1:

Dans l'affluent situé en rive gauche du torrent principal qui monte au Tar La, où ont été prélevés les échantillons 259.01 à 06, la base de cette barre montre des grès grossiers à plantes, suivis par des ortho-conglomérats qui contiennent des galets de lave et de roches plutoniques grenues, ainsi que de nombreux galets de calcaire très recristallisés.

Ces galets calcaires (plats, bien émoussés, L compris entre 5 et 10 cm) montrent des faciès provenant de différents niveaux de la plate forme des Calcaires de Kahlsi. Ce sont: des faciès grainstone à algues (udotécées) nombreuses et à foraminifères (ataxophragmiidés) ainsi que des wackestone et packstones à bioclastes d'échinodermes, lamellibranches dont des rudistes.

On notera que ces galets sont très arrondis et très recristallisés en surface, ce qui milite en faveur d'un façonnement continental.

A la base de T2, dans l'affluent rive gauche où ont été prélevés les grès à plantes (échantillon 84.29), on note la présence de nombreuses figures de bases de bancs: bounce, chevron, groove, frondescant marks... etc, de pitch compris entre 35 et 70°W dans So 112-77 S inverse.

Les flute casts dans So 115-70 S inverse, ont un pitch de 62° et un sens vers le 290.

* 100 à 200 mètres de turbidites:

Bancs décimétriques à pluridécimétriques de silts et greywackes lithiques en rythmes de type Tae.

Repère: ruines et champs abandonnés (camp 1984).

Présence de figures de base de bancs, notamment de flute casts:

A la base: dans So 112-60 S inverse, à pitch 25 et sens 270°.

Près des ruines: dans So 123-75 S, inverse, à pitch 62 et sens 280°.

* Barre conglomératique repère N°2:

Conglomérats grossiers chenalisés.

* 100 à 200 mètres de turbidites:

Bancs décimétriques à pluri-décimétriques de silts et greywackes lithiques en rythme de type Tae.

* Barre conglomératique repère N°3:

Conglomérats grossiers chenalisés à galets de lave et de roches plutoniques grenues. Rares clastes de calcaire.

Repère: petite construction ruinée en rive gauche 50 m en aval de la barre.

* 200 à 300 mètres de turbidites. Du Sud vers le Nord:

- Des silts noirs à débit en frites.

- Un faciès particulier de grès à galets: bancs métriques de greywackes lithiques (sables médium à grossiers) à galets mous de remaniement syn-sédimentaires contenant, en fin de séquence, de rares graviers ronds isolés (laves et surtout roches grenues granitique). Ce type de sédiment: grès à galets, signe un environnement de type D (cf fig. II.127 à II.130), situé entre le suprafan chenalisé et le suprafan à lobes de dépôt.

Nombreux terriers perpendiculaires puis parallèles à So, formés soit d'un tube simple soit de deux tubes accolés.

Le grand intérêt de ces couches est qu'elles sont les seules de cette coupe à renfermer une faune datable:

Echantillon 258.13 et 450.01 à 03: greywacke silto-calcaire à quartz, feldspath et échardes de verre volcanique. Faune déterminée par Mme Neumann: *Lepidorbitoides socialis*, *Siderolites calcitrapoides* (Lamark), *Orbitoides* sp. (*O. media* ?). Le tout donnant un âge Maestrichtien élevé. Ces faunes sont les mêmes que celles de la crête de Tar-Hipti.

* 100 mètres de silts calcaires et de greywackes:

En bancs décimétriques à métriques à la base, ils passent vers le haut à des rythmes métriques, fréquemment slumpés, composés de séquences contenant un terme centimétrique de chert vert pâle très dur, puis un terme centimétrique plus phylliteux.

Nombreux terriers arborescents, de diamètre 3 mm, dans le plan So.

Echantillons typiques:

258.05: greywacke à lits de calcaire finement détritique contenant des échardes et fragments de bulles de verre volcanique trifides. foraminifères hyalins.

258.07: chert formé de chute de cendres dévitrifiées, contenant des foraminifères.

258.08: greywacke silto-calcaire à échardes de verre volcanique, contenant des foraminifères hyalins (polymorphinidés ? à loges embrassantes, Crétacé à actuel).

La fin de la coupe est compliquée par des plis à l'approche d'un accident tectonique; on se reportera pour leur description à la coupe précédente de Tar-Trespan.

On notera que l'attitude de la schistosité de fracture par rapport à la stratification (So) est constante dans tout le Groupe de Manlung: So (inverse) est en moyenne à 110/120-80/60 S et Sf est en moyenne à 115-70N.

Les axes des synformes au Nord de l'unité sont 130-40 SE ou 120-45 SE. Pratiquement, les axes sont sub-parallèles aux lignes de plus grande pente des versants, ce qui complique le relevé de la géométrie des couches.

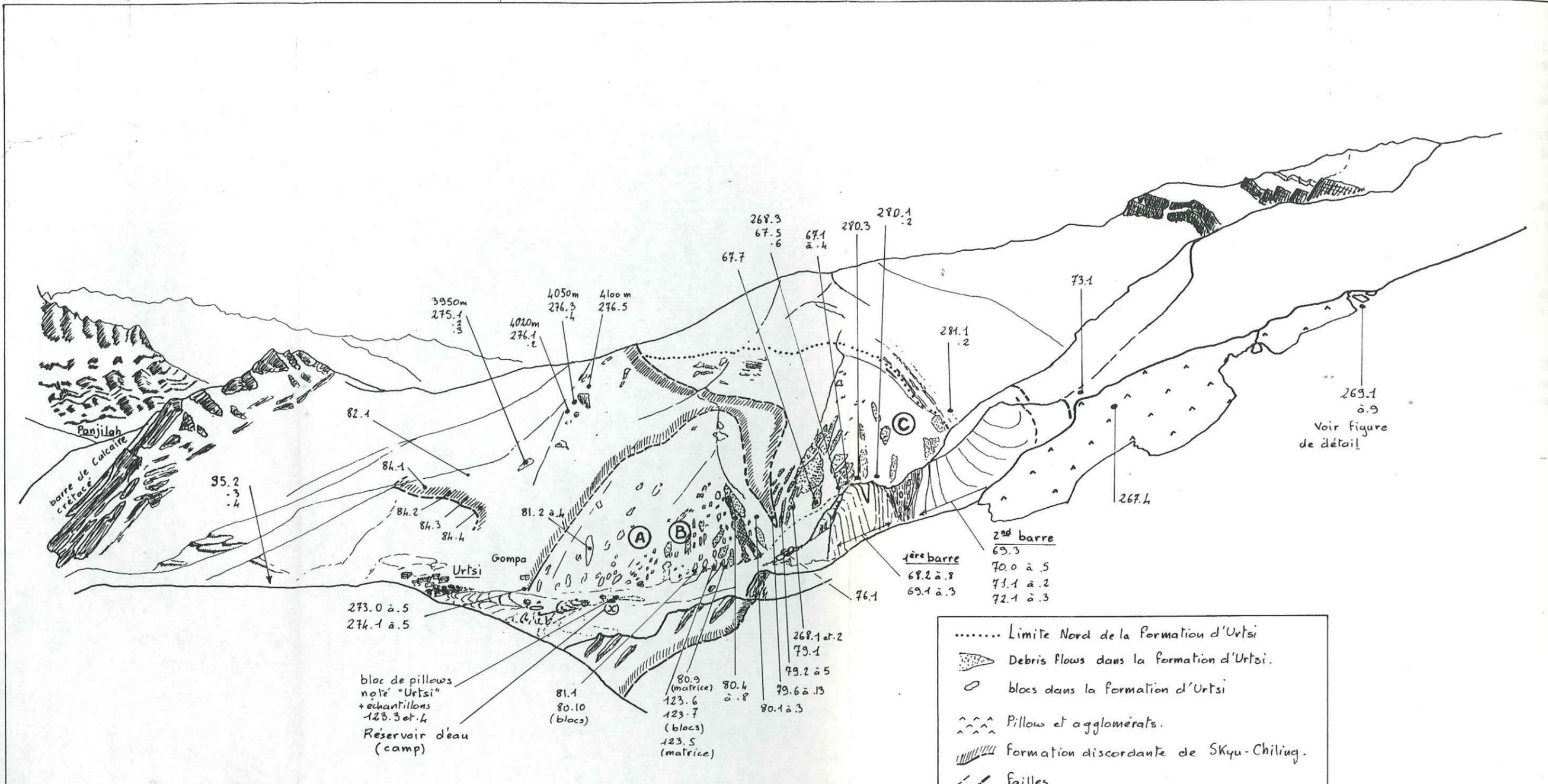


Fig. II.73 - Vue vers l'Ouest de la rive droite de la vallée d'Urtsi.
 (Sutre 1983, 1984)

Fig. II.73 - Vue vers l'Ouest de la rive droite de la vallée d'Urtsi.

- Unité du Tar La -

Description de bas en haut stratigraphiquement, donc du Sud vers le Nord, en débutant à Urtsi, en passant par le Tar La et jusqu'à l'accident qui sépare cette unité de l'Unité de Manlung.

Formation à Blocs d'Urtsi

Ma première impression, quand je parcourus pour la première fois cette vallée en 1983, fut que j'avais sous les yeux une "poubelle" indescriptible.

Puis rapidement les faits s'organisèrent, et il devint clair qu'il s'agissait d'une formation sédimentaire à blocs, en contact sédimentaire avec la Formation de Nindam dont elle constitue la base.

Un ré-examen rapide sur le terrain avec, M. Bonnet et E. Gilbert, quelques semaines plus tard, puis en compagnie de M. Colchen, en 1984, confirma cette interprétation.

Enfin, les participants à l'excursion de la Société Géologique de France de 1987 conduite par I. Reuber et M. Colchen ont pu vérifier, sur cette coupe, la nature sédimentaire de cette formation à blocs et son passage en continu à la Formation de Nindam.

* Panorama rive droite:

Description du Sud vers le Nord, de bas en haut stratigraphiquement, pour autant qu'on puisse établir une succession stratigraphique dans cette unité plissée qui ne contient pas de niveau repère. Panorama fig. II.73, coupe fig. II.68.

Zone A:

Au Sud, la Formation de Skyu-Chiling est discordante sur la Formation à Blocs d'Urtsi (fig. II.74).

La Formation d'Urtsi est, dans cette partie, une formation à blocs décimétriques à décamétriques, voire hectométriques.

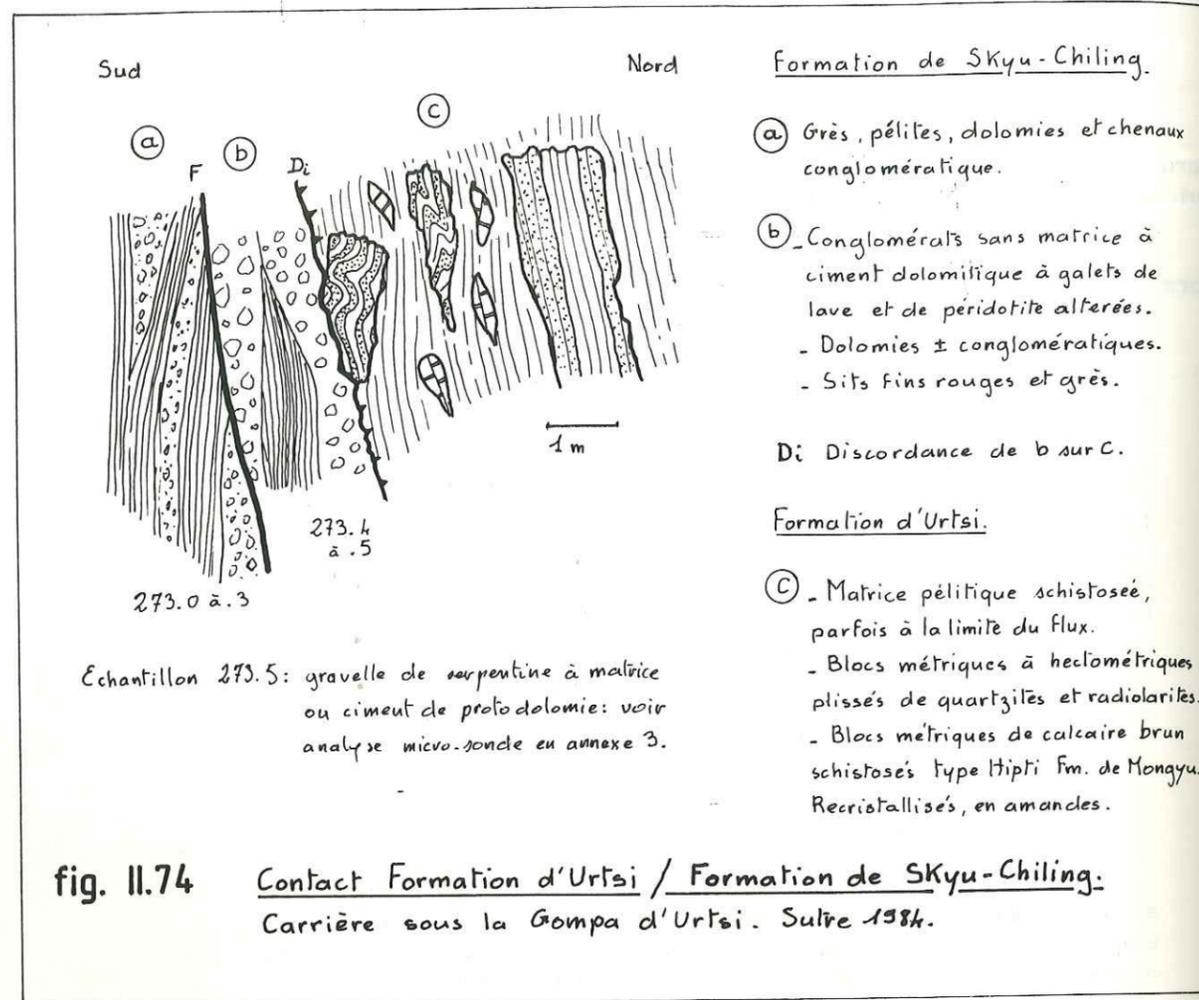
La matrice, de couleur gris sombre, est une greywacke plus ou moins lithique, à fort contenu pélitique. De ce fait, elle prend bien la déformation.

La matrice n'est pour l'instant pas datée.

Les blocs, de ce côté de la coupe, ne sont pas de natures lithologiques variées, ce sont des blocs pluri-métriques à hectométriques de sédiments siliceux rubanés, formés d'alternances de cherts verts translucides et de cherts argileux rouges, en bancs décimétriques, contenant des radiolaires (échantillons 81.02 et 04).

Ce peuvent être également des alternances de cherts et de grès calcaires à patine brun-jaune.

Certains blocs de calcaire sont du type "peau de crocodile", comme à Hipti et à Tar dans la Formation de Mongyu.



Echantillon 273.5: gravelle de serpentine à matrice ou ciment de protodolomie: voir analyse micro-sonde en annexe 3.

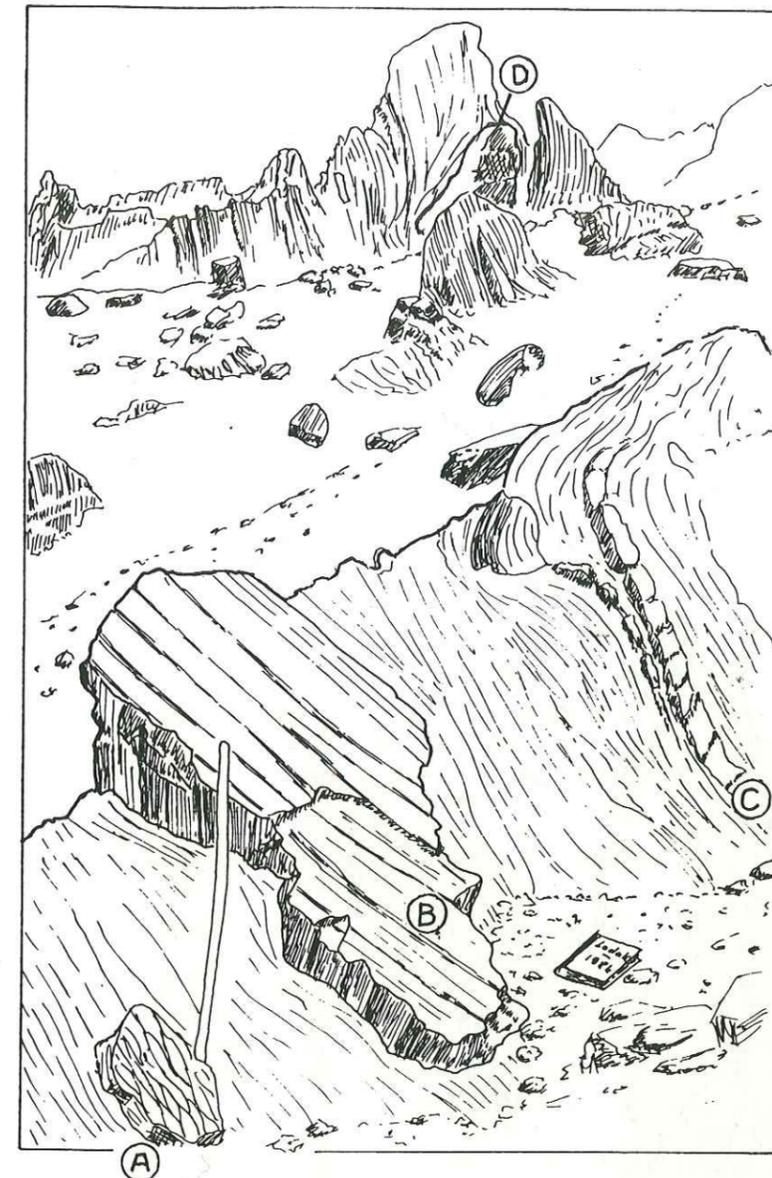
fig. II.74 Contact Formation d'Urtsi / Formation de Skyu-Chiling.
Carrière sous la Gompa d'Urtsi. Sutre 1984.

Au Sud du contact avec la Formation de Skyu-Chiling, on retrouve une écaïlle tectonique de la Formation à Bloc d'Urtsi, localisée sur la figure II.73 au niveau de l'échantillon 95.04 (rudite à granules de calcaires de type Kahlsi et de laves de type IAT).

Zone B:

Formation à blocs décimétriques, à débris flows, contenant une curieuse synforme lenticulaire de stéatite.

La matrice est de même nature que celle de la zone A. La matrice n'est, pour l'instant, pas datée.



- (A) Bloc de calcaire type "peau de crocodile": schistosité découpant des amandes limitée par un film chloriteux.
- (B) Bloc plurimétrique à sédimentation rythmique: grès bruns et chert à inter-lits plus pélitiques. Echantillons 81.1 et 80.10.
- (C) Banc de greywacke: quartz, feldspath, verre volcanique, clastes de calcaires rudistes et orbitolines.
- (D) Bloc dans une matrice gréso-pélitique.

Le bâton (1,10m) et le carnet de terrain (22,5x17,5 cm) donnent l'échelle.

fig. II.75 Blocs dans la Formation à Blocs d'Urtsi.
Rive droite de la vallée d'Urtsi, au niveau du réservoir supérieur.
E. Sutre 1983 et 1984.



Bloc métrique de chert rubané vert et translucide, plissé, dans une matrice grésopélitique plissée et schistosée. Correspond à l'échantillon 123.6 de la fig. II.73.

- A-A filon de quartz matérialisant un plan de faille.
- B passées arénacées lenticulaires fracturées.
- C la boîte de Budweiser donne l'échelle.

fig. II.76 Bloc dans la Form. à blocs d'Urtsi

Rive droite de la vallée d'Urtsi, au niveau du réservoir supérieur. E. Sutre 1983 - 1984.

Les blocs isolés sont:

- * Des blocs de cherts à Radiolaires et des blocs bien lités à alternances de calcaires et de cherts à radiolaires (échantillons 80.10, 81.01, figure II.75).
- * Des blocs de cherts rubanés, translucides, verts (échantillons 123.06 et 80.09) à radiolaires (fig. II.76).
- * Des blocs formés d'une alternance de cherts à Radiolaires et de greywackes lithiques dont le contenu est similaire à celles de la Formation de Nindam (123.06 & 07).

Les débris flows, tranchant par leur couleur verte sur la matrice, sont des greywackes lithiques et des ortho-conglomérats chenalisés composés de:

- * Galets de laves du même type que celles rencontrées dans la Formation de Nindam et dans les unités de Manlung et de Tar.
- * Galets de calcaires à rudistes et orbitolines.
- * Galets de cherts verts à radiolaires.
- * Grains de quartz rhyolitiques ou en coins et de feldspath très anguleux.
- * Lithoclastes à d'orbitolines et rudistes. Certaines orbitolines et débris de rudistes pourraient être des bioclastes datant cette formation: comme le fait n'a pas été établi avec certitude et qu'il serait lourd de conséquence, il n'en sera pas tenu compte.
- * Rares clastes de radiolarites rouges.
- * Matrice: greywacke lithique silteuse et calcaire.

La masse de stéatite:

Ces stéatites se suivent à l'Est, où elles forment une "couche savon" à la faveur de laquelle se développe un accident tectonique.

Elles se présentent ici en gisements stratiformes dont la genèse peut s'expliquer de plusieurs manières:

- elles ont pu être formées lors de processus contemporains d'un volcanisme effusif dans le bassin: altération de verres volcaniques. Elles seraient alors les témoins d'un volcanisme in situ.
- elles peuvent être dues à une altération de matériel volcanique par des venues hydrothermales, et ceci bien après son dépôt.

Le Gouvernement Indien cherche à développer une petite industrie artisanale de sculptures en stéatite. Celle-ci, sculptée, puis cuite, sert à fabriquer de petites figurines et surtout des coupes et tasses qui sont réputées détruire les éventuels poisons contenus dans les boissons qui vous seraient offertes par des amis trop bien intentionnés. Qu'une industrie soit née de cette nécessité ne manque pas de jeter rétrospectivement un voile de suspicion sur la nature des relations liées sur le terrain !

Au nord de la masse de stéatite, on notera la présence d'une petite synforme dans laquelle les conglomérats à galets de péridotite de la Formation de Skyu-Chiling sont discordants sur la Formation à Blocs d'Urtsi.

Zone C:

* Vallée Ouest:

Elle commence au col (fig. II.73), vers l'échantillon 280.03, au niveau de la petite cascade de l'affluent ouest.

Au col, en rive gauche, on observe:

- * Des débris flows de greywackes lithiques et de rudites.
- * De nombreux blocs de cherts verts rubanés.
- * De nombreux blocs de brèches syn-sédimentaires de cherts verts à matrice de type chert vert.
- * De nombreux blocs de calcaires bruns, décimétriques à métriques, de sparite ou micrite, entièrement recristallisés, très tectonisés, découpés en losanges, de type "peau de crocodile" (échantillons 280.01 & 02). Ils semblent avoir subi une déformation qui paraît parfois très supérieure à celle du reste de la formation.

Par endroits, ce sont probablement des lentilles ou bancs de calcaire appartenant à la "matrice" de la formation. Dans ce cas les couches sont d'ailleurs affectées d'un boudinage tectonique dû à une faille, ce qui expliquerait leur déformation. L'échantillon 280.03 est un calcaire silteux formés de 50% de calcaire de type mudstone et de 50% d'échardes de verre volcanique, à fantômes de Foraminifères (et traces de bioturbations ?).

Mais Ingrid Reuber a prélevé au même endroit, lors de l'excursion de 1987, des échantillons de calcaires qui se sont révélés être des péridotites très calcitisées: s'agit-il d'ophicalcites ou de galet de péridotites de la Formation de Skyu-Chiling engagés dans un contact tectonique ? La première solution est la plus vraisemblable.

Quel est le problème sous-jacent ?

Il s'agit de savoir si le substratum de la Formation d'Urtsi est formé par de la croûte océanique: la présence très probable de ces ophicalcites constitue un indice en faveur de cette hypothèse.

Vers le Nord la matrice devient de plus en plus abondante, de mieux en mieux stratifiée, plus dure et de moins en moins déformée.

Le passage à la Formation de Nindam se fait insensiblement, de manière stratigraphique, par l'intermédiaire de calcaires silteux rosés et de silts en bancs décimétriques.

Ces dépôts semblent se faire sur une ancienne surface topographique sous-marine: reprise de sédimentation hémipélagique et de chutes de cendres sur une topographie de bassin sous-marin à blocs ?

Il n'est pas étonnant que ce contact soit fréquemment faillé: il correspond à une discontinuité rhéologique.

** Vallée de l'affluent central:

Cette vallée est située immédiatement à l'Est de la vallée précédente: il s'agit de la vallée détaillée sur la coupe figure II.68, qui débute au Sud par l'échantillon 76.01.

Cette coupe se déroule dans les Zones C et B qu'il serait vain de vouloir ici séparer, du fait des nombreux plis et accidents tectoniques. Description du Sud vers le Nord:

- Première barre en relief:

Située au Sud, entre les échantillons 76.01 et 69.01, au début des petites gorges dans lesquelles s'engage le chemin menant vers le Tar La:

Il s'agit d'un synclinal de turbidites formées en majorité de rythmes décimétriques de cherts verts et de calcaires. Les termes de base sont parfois des greywackes ou des para-conglomérats verts. On y rencontre également quelques ortho-conglomérats remarquables formés uniquement de galets de calcaires à rudistes.

* Les cherts verts sont des séquences turbiditiques fines de base, composées de chlorite et de silice à fantômes d'acicules de verre volcanique. Ils contiennent des radiolaires.

* Les calcaires silteux, en bancs centimétriques, alternant avec les cherts précédemment cités, sont des interturbidites à radiolaires et globotruncanas mal conservés.

La fraction silteuse est formée d'acicules de verre volcanique.

* Les para-conglomérats, verts, sont des bases de séquences turbiditiques, la taille des clastes dépasse rarement les graviers.

* Les ortho-conglomérats (échantillon 76.01 de la figure II.77), peu nombreux et très localisés, sont des mass flows contenant uniquement des galets de calcaires à rudistes, et de très rares graviers anguleux de cherts argileux rouges à radiolaires. Les calcaires sont jointifs, seulement séparés par une pellicule de matériel chloriteux vert.

- Zone à blocs:

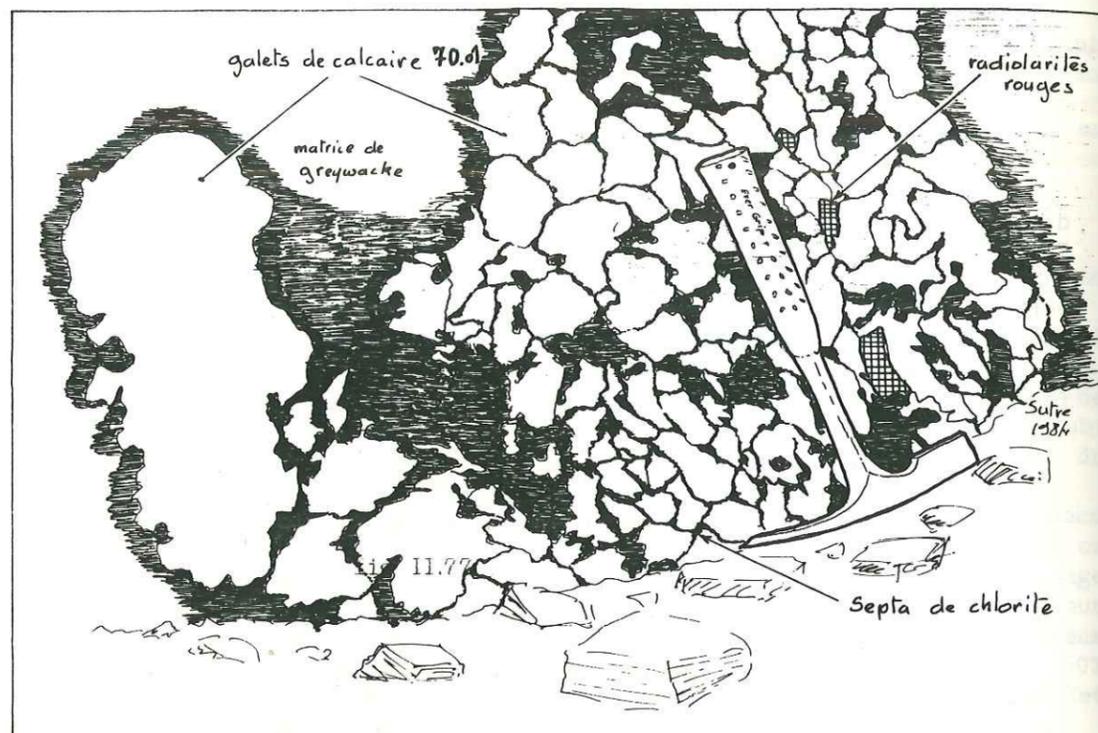
Du Sud vers le Nord, les débris flows et turbidites en bancs métriques de greywackes lithiques vertes s'espacent de plus en plus et sont remplacés par les pélites gréseuses formant la matrice normale de la formation à blocs. Au cœur de ce petit anticlinal, sur la crête, on observe des blocs métriques de calcaires de type "peau de crocodile" 280.01.

- Deuxième barre en relief:

Elle est très probablement, du moins dans ses 40 premiers mètres, l'équivalent latéral de la première barre (flanc nord d'un anticlinal).

Nous retrouvons dans le flanc Nord de cet anticlinal la même évolution sédimentaire: les bancs verts de greywackes dures sont séparés par des bancs d'interturbidites de plus en plus fins, jusqu'à l'obtention du même type de sédiments que ceux de la première barre.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013



Partie basale conglomératique d'ébris flow dans la Formation à blocs d'Urtsi. Seconde barre de la figure 11.73.

Les galets calcaires sont de type Calcaire de Kahlsi, et contiennent des bioclastes de rudistes et orbitolines. L'ÉCHANTILLON 70.01 EST DATE APTIEN SUP.-CENOMANIEN INF.

Rares plaquettes de radiolarites rouges (argilites silicifiées).

Les galets de calcaire se sont déformés plastiquement : ils sont engrenés et séparés par un film chloriteux.

fig. 11.77 Débris flow à galets de calcaires de type Kahlsi dans la Formation à Blocs d'Urtsi.

On retrouve en effet:

* Des rythmes turbiditiques fins (Tae ou Tde ou Te) composés de cherts verts et de calcaires.

Les cherts sont composés de chlorite, de silice à fantômes d'acicules de verre volcanique et d'une fraction (silts fins) de quartz en coin ou tablette, très anguleux. Ils contiennent des radiolaires (échantillons 69.03, 70.00, 71.01, 72.03).

Les calcaires silteux, en bancs centimétriques, alternent avec les cherts précédemment cités, sont des interturbidites à radiolaires et globotruncana mal conservés.

La fraction silteuse est formée d'acicules de verre volcanique et de quartz (échantillons 70.05, 71.02, 72.02).

* Les para-conglomérats, verts, sont des séquences turbiditiques de base. La taille des clastes dépasse rarement les graviers.

Les clastes sont des lithoclastes volcaniques, des lithoclastes de calcaire de type Kahlsi à algues diverses, rudistes, orbitolines. Présence d'orbitolines très probablement remaniées. Les grains sont des quartz rhyolitique ou en coin (échantillons 70.03 & 04, 72.01).

* Les ortho-conglomérats (fig. 11.77, échantillon 70.01.a) sont identiques à ceux décrits dans la première barre: ils contiennent uniquement des galets de calcaires à rudistes et orbitolines, et de très rares graviers anguleux de cherts argileux rouges à radiolaires. Les galets de calcaire sont jointifs, les limites étant seulement soulignées par de la chlorite verte. Fourcade a déterminé dans l'échantillon de galet 70.01.a des orbitolines et surtout favusella, qui donne un âge Aptien supérieur à Cénomaniens inférieur.

Ces ortho-conglomérats, identiques et équivalents à ceux de la première barre, présentent une curieuse particularité: les galets de calcaire sont "engrenés" et seul un mince film de matériel chloriteux vert en marque encore la limite.

Ce mode de gisement peut aussi bien s'expliquer par une compaction d'origine diagénétique de calcaires lithifiés, que par une compaction syn-sédimentaire de calcaires non indurés: on se gardera donc d'en faire un indice en faveur d'un démantèlement syn-sédimentaire de la plate-forme de Kahlsi dans la Formation à Blocs d'Urtsi.

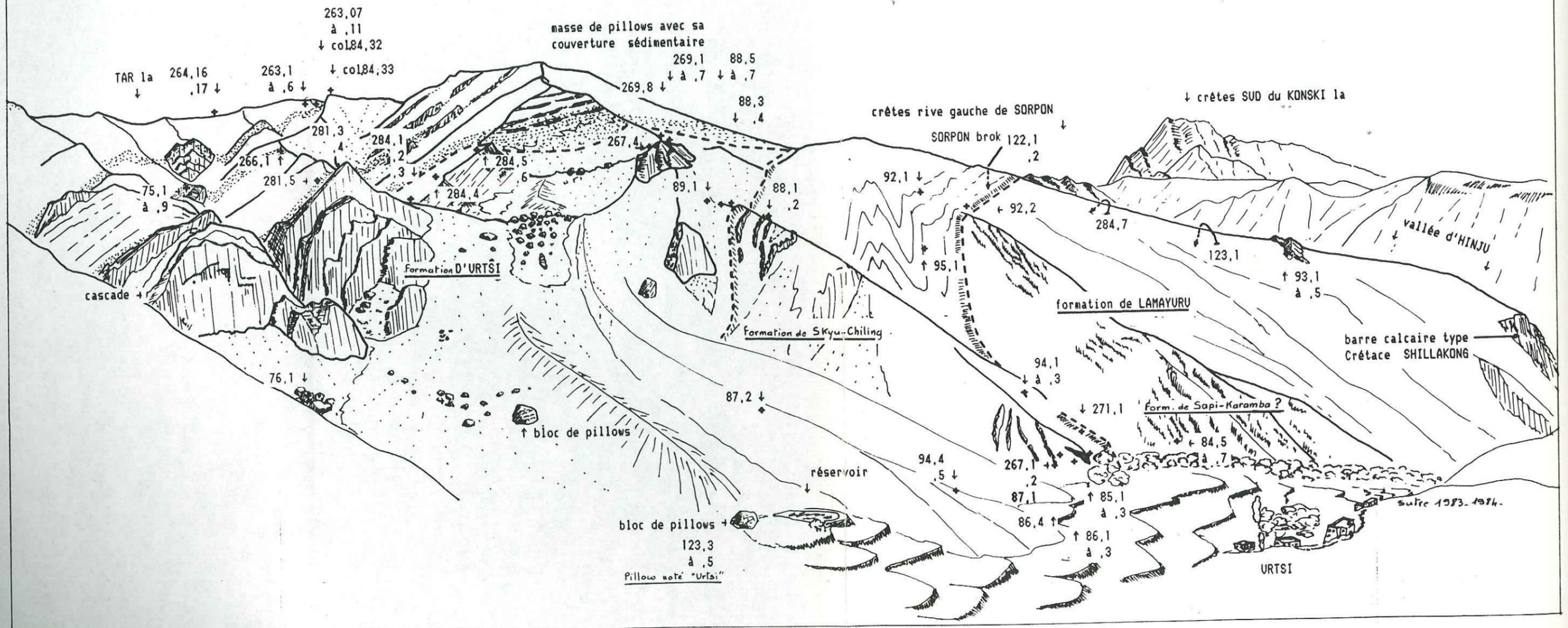
Ce type de conglomérats a été décrit par Naylor (1982) dans le Casanova Complex des Apennins du Nord, en Italie, dans un environnement sédimentaire caractérisé par des falaises sous-marines abruptes.

Fig. II.78 - PANORAMA DE LA VALLEE d'URTSI

- du Tar la au Konski la -

NORD

SUD - EST



- Passage à la Formation de Nindam:

Dans cette coupe, le contact est de nature tectonique. Les premiers sédiments de la Formation de Nindam sont des calcaires silteux roses.

**** Rive gauche de la vallée située immédiatement à l'Est de la précédente:*

Se reporter au panorama de la rive gauche (fig. II.78), pour situer l'affleurement, et à la vue de détail de cette coupe (fig. II.79).

Cette crête, comprise dans les Zones C et B, correspond à un passage latéral de faciès vers l'Est des niveaux décrits précédemment.

Dans la matrice pélitique de la formation à blocs on trouve des passées isolées, décamétriques, de conglomérats et de turbidites verts, durs, ainsi que des blocs décamétriques de cherts argileux rouges à radiolaires.

- Dans les blocs de radiolarites:

De Wever a déterminé les radiolaires de deux échantillons (situés sur le panoramique II.78) qui proviennent très certainement de cet affleurement:

94.04: éboulis récent (coulée boueuse actuelle), l'âge livré serait **Néocomien-Albien**.

87.02: gisement identique, l'âge livré est **Albo-Cénomaniens**.

- Les faciès de débris flows:

Ils contiennent des granules de calcaires à rudistes et orbitolines. Les lithoclastes de laves et de verre bulleux dominant.

***** Crêtes rive gauche de la vallée d'Urtsi:*

Consulter la figure II.78. Description du Sud vers le Nord:

Au Nord du contact tectonique avec les Conglomérats de Skyu-Chiling, la formation à bloc (zone A ?) se compose d'une matrice pélitique contenant divers blocs:

- La masse de pillow des échantillons 267.04 & 269.01 à 07 (coupe fig. II.80 et vues sur les fig. II.78 et II.79 au deuxième plan):

Il s'agit d'un bloc pluri-hectométrique de laves en coussins (267.04) portant, à sa terminaison Est, sa couverture sédimentaire (269.01 à 07).

L'échantillon de lave analysé (cf annexe 5) est une théralite, bien qu'il ne faille pas trop s'attacher à cette appellation, issue du diagramme silice/alcalin, pour nommer une roche qui semble plutôt être une hyaloclastite ou une croûte de pillow, plutôt que le pillow lui-même. Les analyses placent ces pillows dans les tholéiites d'arc insulaire.

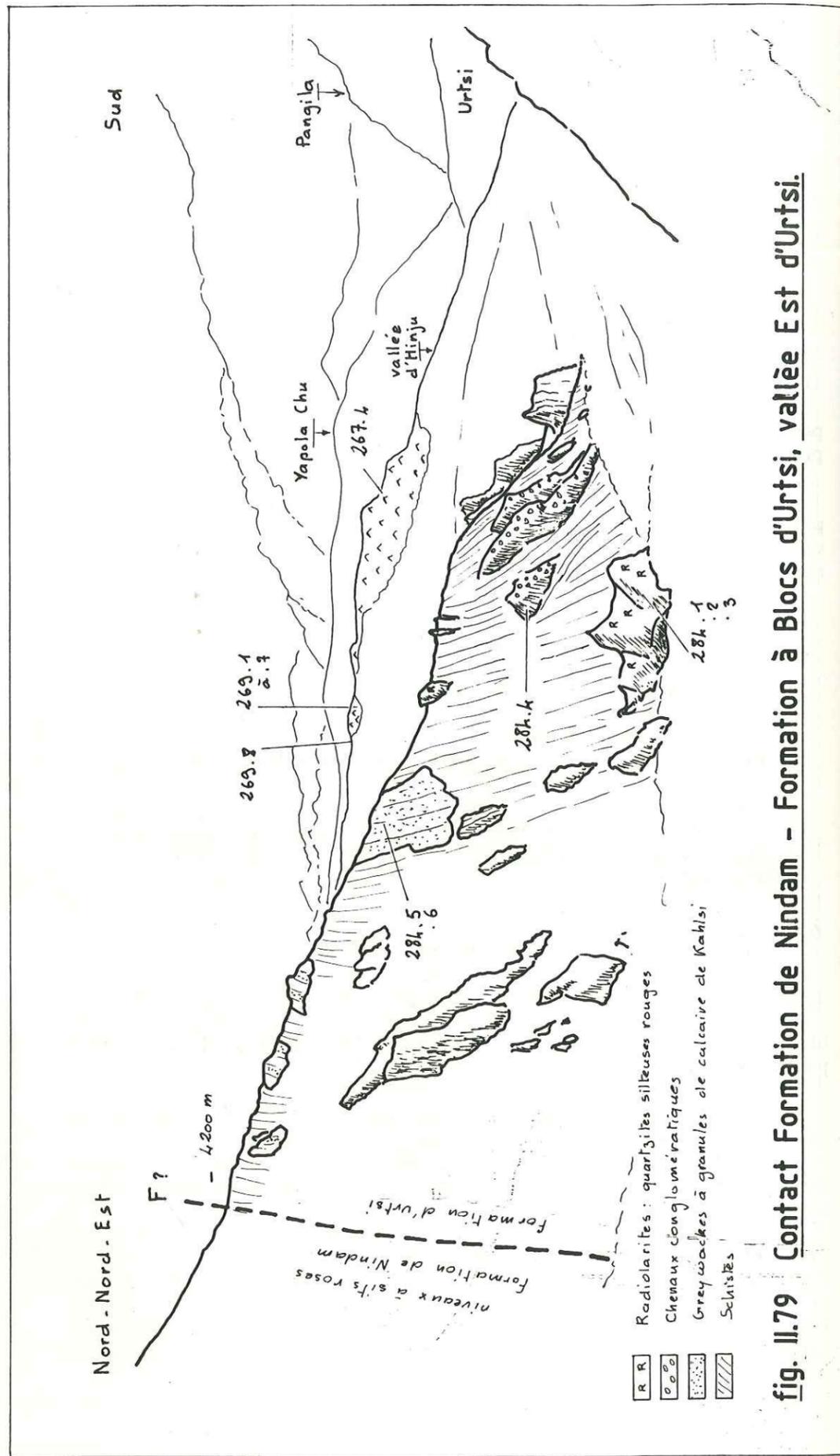


fig. II.79 Contact Formation de Nindam - Formation à Blocs d'Urtsi, vallée Est d'Urtsi.

- La couverture sédimentaire est composée de bancs centimétriques à décimétriques de calcaires silteux de type hémipélagiques (fantômes possibles de Foraminifères), de wackes arkosiques (60% de quartz et feldspath médium sand anguleux). Il semble y avoir, dans les calcaires, une forte proportion de verre volcanique.

- A l'Ouest de ce bloc, dans l'ancienne moraine frontale, présence de blocs de calcaires à Rudistes.

- En descendant le thalweg, vers l'étang supérieur d'Urtsi (en bas et au centre de la figure II.78), on notera la présence de blocs décimétriques de pillows brun-rouge. Ils sont en éboulis et n'ont pas été trouvés en place dans la matrice, mais on peut penser qu'ils font partie de la Formation à Blocs d'Urtsi. L'échantillon noté "Urtsi" de l'annexe 5, a été pris dans le même bloc que les échantillons 123.03 à 05. Les analyses le placent dans le champ des MORB.

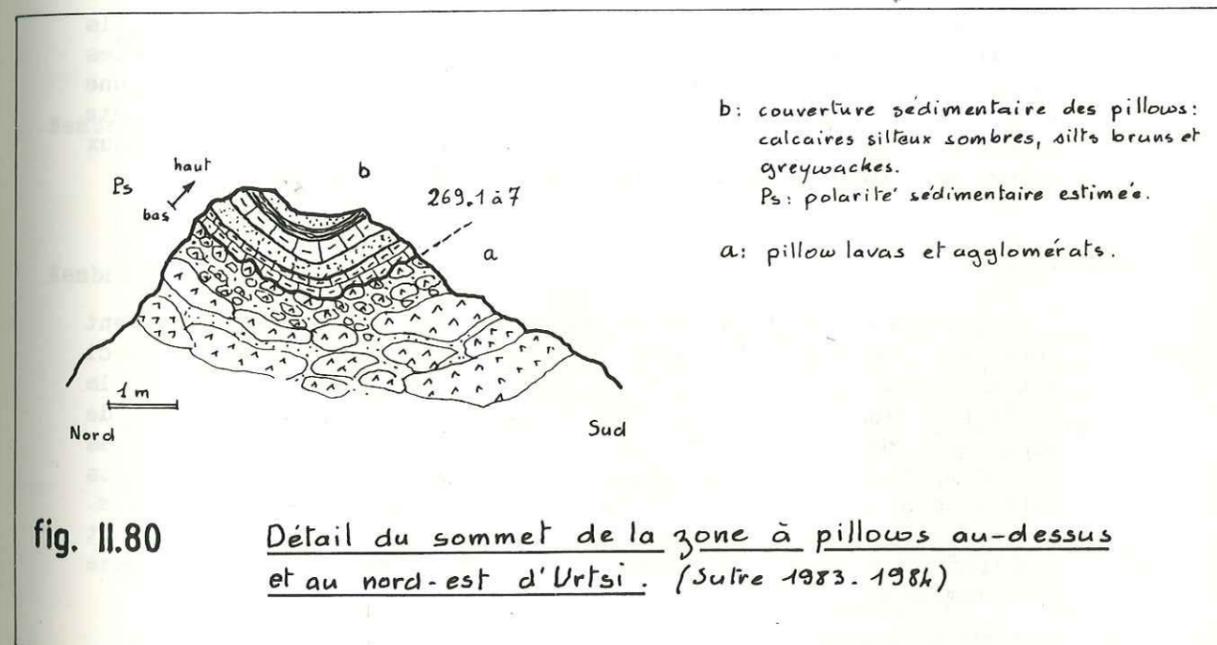


fig. II.80 Détail du sommet de la zone à pillows au-dessus et au nord-est d'Urtsi. (Sulre 1983, 1984)

Formation de Nindam.

Description du Sud vers le Nord, de bas en haut stratigraphiquement. On consultera coupe générale (fig. II.68) et les panoramas (fig. II.81 au Sud du Tar La et fig. II.82 au Nord du Tar La).

* Contact avec la Formation à Blocs d'Urtsi:

Du fait de la différence de compétence entre ces deux unités, ce contact est généralement tectonique. Toutefois, dans la vallée Ouest en amont d'Urtsi, j'avais pu observer en 1983 un passage stratigraphique conservé.

Comme il s'agissait d'un point important, il a fait l'objet de vérifications par Colchen et Reuber en 1985 et par les participants à l'excursion de la Société Géologique de France en 1987. Il en ressort que ce passage est de nature stratigraphique.

** Description de la formation:

Membre TL1:

Le passage entre les sédiments à blocs et la Formation de Nindam se fait par l'intermédiaire de quelques dizaines de mètres de greywackes fines et de silts calcaires rouge-rosé d'où provient l'échantillon 73.03: il s'agit d'un calcaire silteux (fraction détritique inférieure à 10% de silts fins à très fins), dans lequel sont visibles des fantômes de Foraminifères.

Localement, ces sédiments sont affectés de petits plis isoclinaux décimétriques à plan axial sub-vertical, dont les axes plongent soit vers l'Ouest, soit vers l'Est (échantillon 73.02) d'une vingtaine de degrés: il n'y a donc pas de composante décrochante générale, mais seulement des accommodements décrochants locaux autour des noyaux compétents de la Formation à blocs d'Urtsi.

Membre TL2:

Turbidites dont le terme de base (Ta) est le plus souvent formé de greywackes lithiques à matrice calcaire. Parfois celle-ci est composée de chlorite et de quartz, probablement issus de la dévitrification de verre volcanique. La granulométrie de ce terme de base est comprise entre les sables médium et grossier. Plus rarement, dans des dépôts chenalisés, on rencontre des conglomérats sableux dont les clastes sont au maximum de la taille des graviers. La matrice renferme souvent des radiolaires, mais ceux-ci sont inextractibles, car ils sont noyés dans des sables de même granulométrie.

Le terme sommital (Tde ou Te) est composé de silts calcaires chloriteux, ou bien de calcaires silteux.

Bien qu'apparaissant favorables à la présence de Foraminifères et de radiolaires, ces niveaux sont malheureusement très fréquemment recristallisés, et il faut faire énormément de lames minces pour espérer en trouver qui soient déterminables. Je n'ai pas eu cette chance.

Membre TL3:

50 à 100 mètres de sédiments fins, rouge lie de vin, qui se suivent bien d'Est en Ouest dans le paysage (fig. II.73). On les suit

également très bien sur l'image Landsat jusque dans la Yapola. Il s'agit peut être de l'équivalent de la dernière bande rouge sud, située au coude de la Yapola, en aval de Wanlah.

Ce sont des dépôts de type hémipélagique, dans lequel les détritiques dépassent rarement la taille des silts grossiers. La composition des lits varie entre deux pôles:

* Le pôle des cherts chloriteux, dans lesquels la silice et la chlorite forment un réseau: ils doivent représenter d'anciennes chutes de cendres volcaniques. Les détritiques plus grossiers, de la fraction des silts grossiers, au maximum des sables très fins, ne dépassent qu'exceptionnellement 10% : ce sont des quartz en tablette et en écharde, ainsi que des feldspaths anguleux.

* Le pôle des calcaires silteux micritiques. Ceux-ci sont très recristallisés ou dolomités, ce qui explique la rareté en Foraminifères identifiables.

Ces sédiments, qui traduisent une pose dans les apports volcano-détritiques à l'échelle d'une partie au moins du deep sea fan, sont donc de bons niveaux repère, tant sur un plan lithologique que stratigraphique.

Membre TL4:

Membre similaire au Membre TL2.

Membre TL5:

Quelques centaines de mètres d'une alternance de sédiments identiques à ceux du Membre TL3 (calcaires et cherts chloriteux rouge lie de vin) et de passées décamétriques de greywackes lithiques vertes. Ces calcaires sont envahis par des fantômes de cristaux de dolomie, et les foraminifères ne sont conservés que dans de petites enclaves plus riches en oxyde de fer.

Les échantillons 263.01 à 11 contiennent: des Radiolaires et surtout des Globotruncanidés (détermination J. Bellier): *Helvetoglobotruncana helveticae*, *Marginotruncana* sp, *Praeglobotruncana* sp, *Hedbergella* sp, association datant le Turonien.

Membre TL6:

Formé de turbidites vertes (greywackes lithiques) sur le versant sud, et de turbidites vertes à passées de calcaires silteux lie de vin sur le versant nord.

Sur ce dernier versant, les corps ortho-conglomératiques, débris flows à nombreux galets de calcaires, abondent (échantillons 264.10 & 11). Les éléments calcaires sont identiques à ceux de la Formation des Calcaires de Kahlsi. On rencontre dans ces clastes:

orbitolines, *rudistes*, *spicules réniformes de spongiaires*, *algues diverses dont Lithocodium aggregatum, nauticulines ?*

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

lithuolidés cf Daxia ? ou Mesosata, millioles, ataxophragmiidés, échinodermes, gastéropodes, lamellibranches, foraminifères hyalins benthiques et arénacés agglutinant des spicules de spongiaires. Des Pseudotextulariella Rossy, donneraient un âge Valanginien-Cénomanién pour certains de ces galets. Les Orbitolines (Praeorbitolines ?) déterminées par Fourcade donneraient un âge Aptien inférieur à Albien moyen.

Tout n'est d'ailleurs pas très clair sur le versant nord, à cause des accidents tectoniques et des nombreux plis (d'ampleur hectométrique et, plus rarement, métrique) : Voir fig. II.82.

Description des faunes datant les turbidites:

En éboulis:

* 84.33 col.: ammonite en éboulis, provient vraisemblablement de la zone du Tar La. Cette bête a été égarée par les P&T, mais une autre, ramassée elle aussi en éboulis un peu en dessous du Tar La en versant nord par G. Masclé et déterminée par Kennedy et J.P. Thieuloy a livré un âge Campanien.

En place:

* 264.01, 07 & 05: inocérames en éboulis et 264.09: en place. Faune mal conservée. Déterminés par J. Sornay il appartiendrait au groupe I. siccensis Perv. et I. cycloides Wegn. Ce groupe appartient au Santonien-Campanien. Bien que des exemplaires de ce groupe puissent atteindre le Maestrichtien inférieur, la grande masse des formes appartiennent au Santonien-Campanien inférieur.

* 264.02, 15, 16 & 17: calcaires silteux volcano-détritiques à Globotruncana sp datant le Crétacé supérieur.

Membre TL7:

Il est affecté de plis d'échelle pluri-hectométrique, ainsi que de plis métriques dans les sédiments silto-calcaires fins. On peut toutefois subodorer une sorte de succession stratigraphique, le bas étant au Sud, et le haut vers le Nord.

Il est formée de gros bancs métriques de para- et plus rarement d'orthoconglomérats à galets de laves, de roches plutoniques grenues et de calcaires à rudistes, qui forment des reliefs sur les crêtes.

Les parties en creux sont des greywackes lithiques et des silts calcaires, en rythmes turbiditiques (Tae ou Tadé) décimétriques. On note la présence de nombreuses figures de base de bancs, dont des flute casts ont des directions et des sens de transport identiques à ceux du Groupes de Manlung. Ces niveaux sont affectées de plis métriques.

L'échantillon 262.00, pris en éboulis, doit provenir de ce membre, c'est un galet calcaire provenant d'un corps conglomératique, il contient des lithuolidés, des orbitolines et Cuneolina ou Pseudotextulariella Rossy, ce qui donnerait à ce galet un âge compris entre le Valanginien et le Cénomanién.

262.01: calcaire silteux (3% de quartz en échardes de la fraction sable très fin à silt grossier), renfermant des radiolaires et des globotruncanas.

Membre TL8:

Sa base correspond au membre repère noté Cb1 sur les coupes situées plus à l'Est: ce sont des silts calcaires jaune argenté.

Ils sont affectés par des plis de toutes tailles, et par une schistosité de fracture très pénétrative accompagnée de phénomènes de pression-dissolution dans les niveaux calcaires: ceci explique le très mauvais état de conservation des foraminifères qu'ils contiennent.

Son sommet est constitué de greywacke lithiques plus grossières.

*** Observations tectoniques dans la Formation de Nindam:

- Entre la limite Sud de la formation et le Tar La:

Au contraire de l'Unité de Manlung, la Formation de Nindam a, dans cette partie où elle est monoclinale, une stratification (So) à regard Nord, et une schistosité de fracture principale (Sf) à regard Sud.

Exemple relevé au niveau de l'échantillon 74.02:

So ≈ 120-84 N normale.

Sf ≈ 110-85 S.

Sur la crête, on observe une sorte de fauchage des couches: il s'agit d'une inflexion des couches liée à des failles de direction 120 et de pendage 20 à 30° vers le Sud. Les lignes de crêtes sont dans ces plans de faille.

Nous reviendrons, dans le tome I, sur l'interprétation de ce fauchage qui semble caractériser un mouvement normal, alors qu'on s'attendrait plutôt à trouver des mouvements chevauchants.

- Entre le Tar La et la limite nord de la formation:

La formation est affectée de plis hectométriques et métriques, mais l'attitude de la schistosité ne change pas, quelque soit l'orientation de So. Donc, sauf dans les charnières, la schistosité est indépendante des plis.

Les panoramas de la figure II.82 donne une idée du style de plissement.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

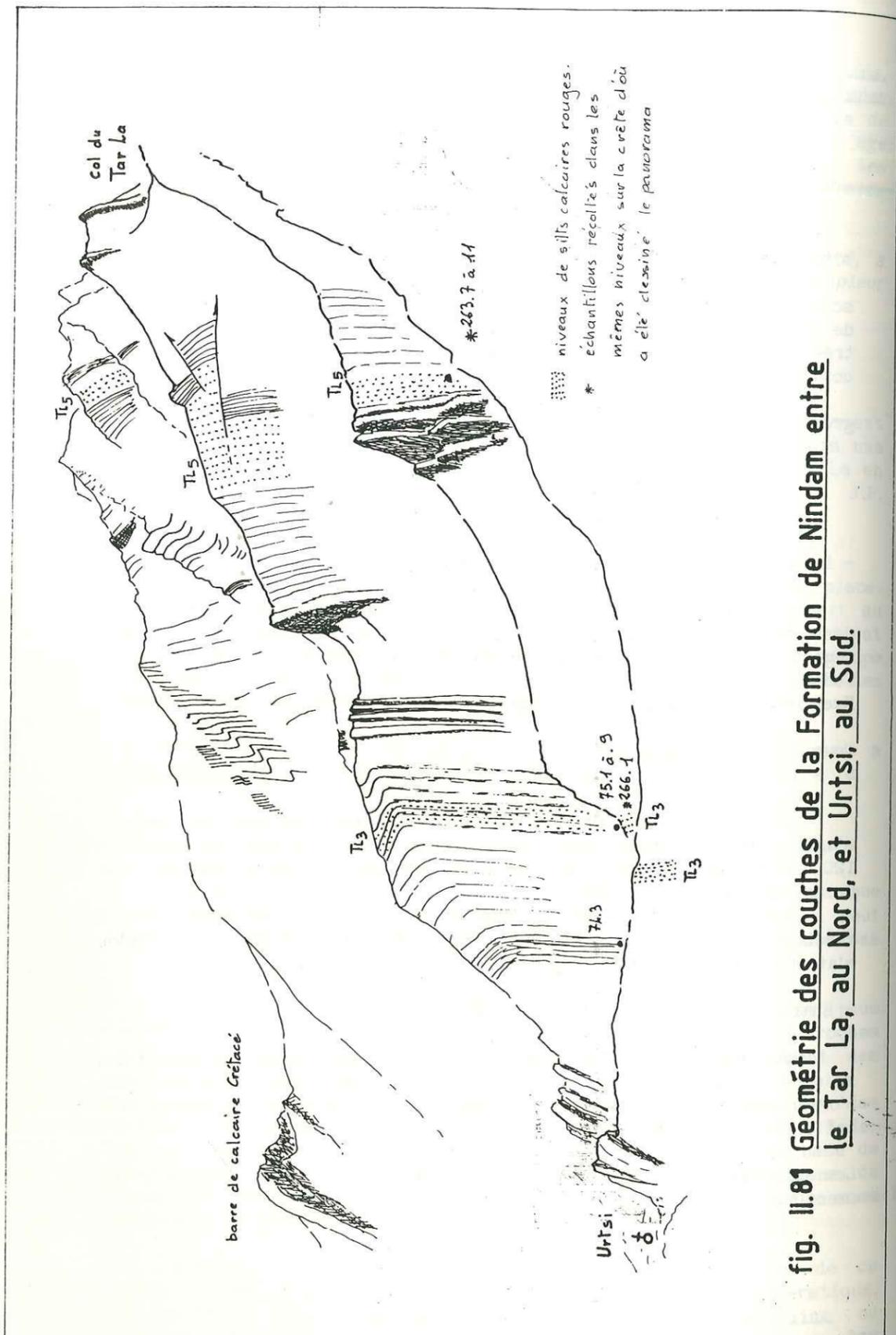


fig. II.81 Géométrie des couches de la Formation de Nindam entre le Tar La, au Nord, et Urtzi, au Sud.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- 199 -

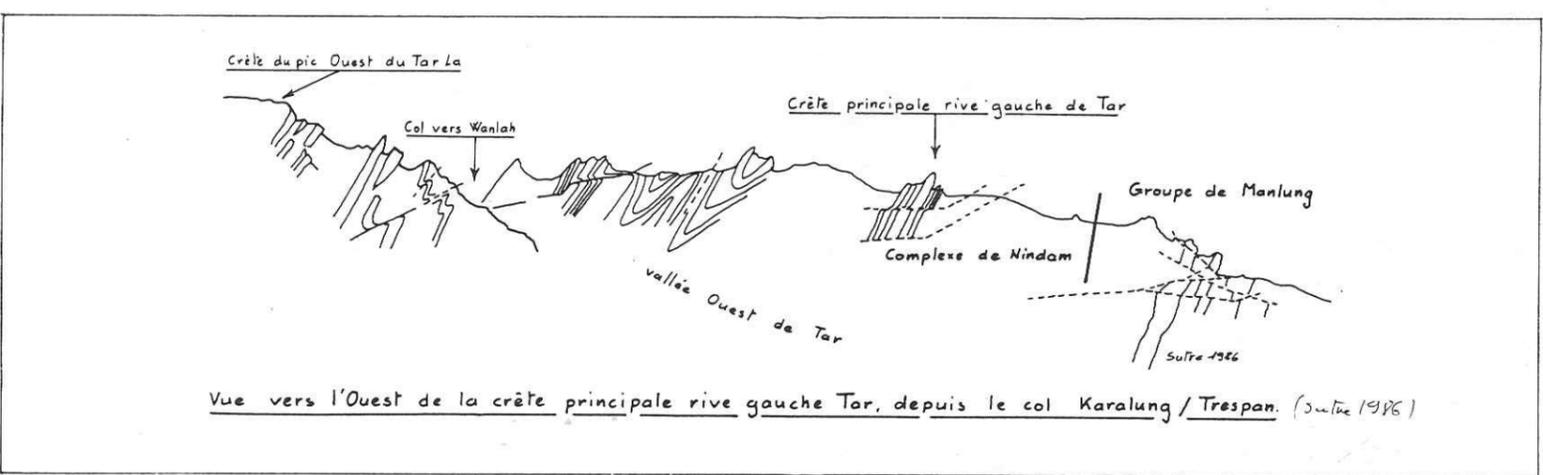
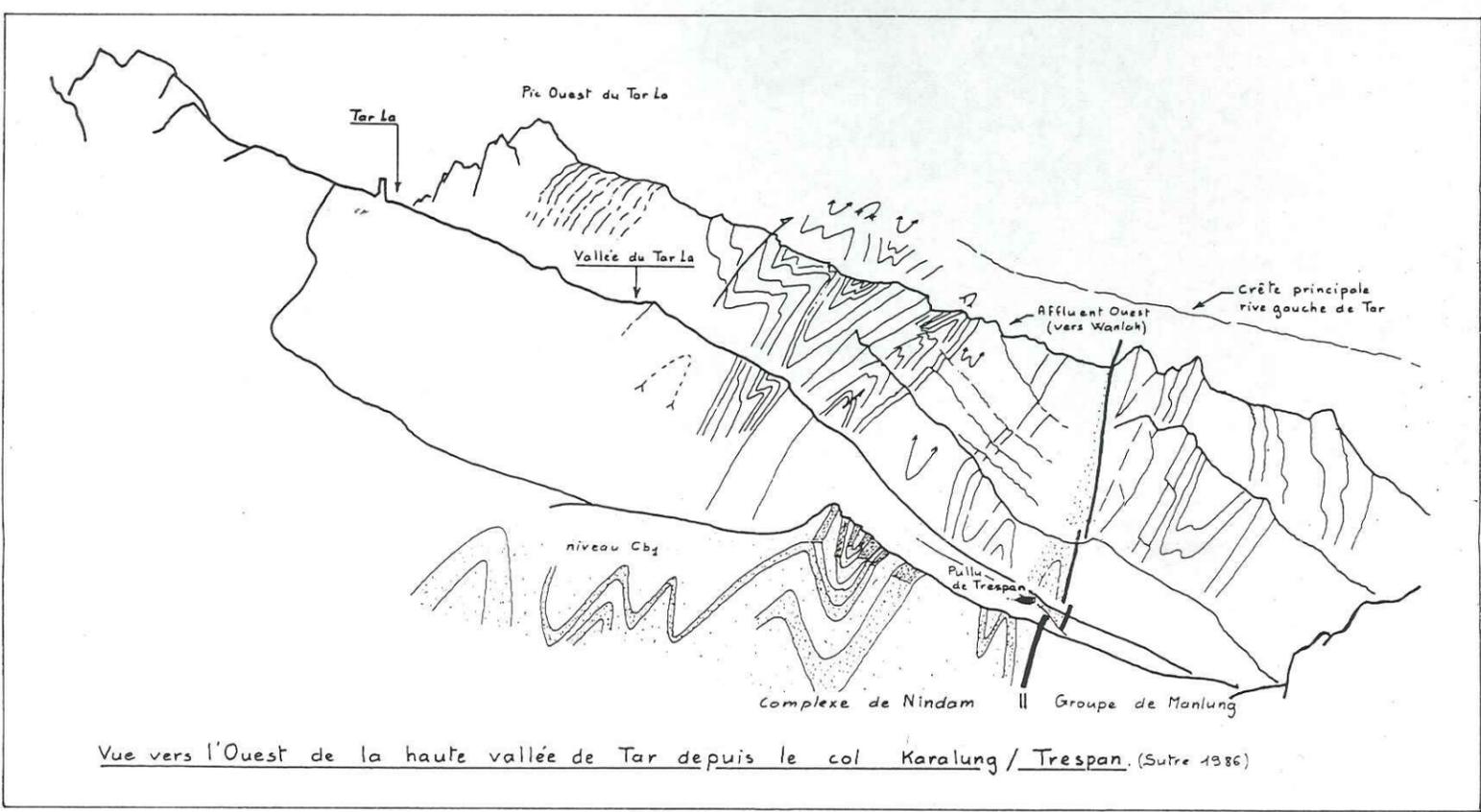
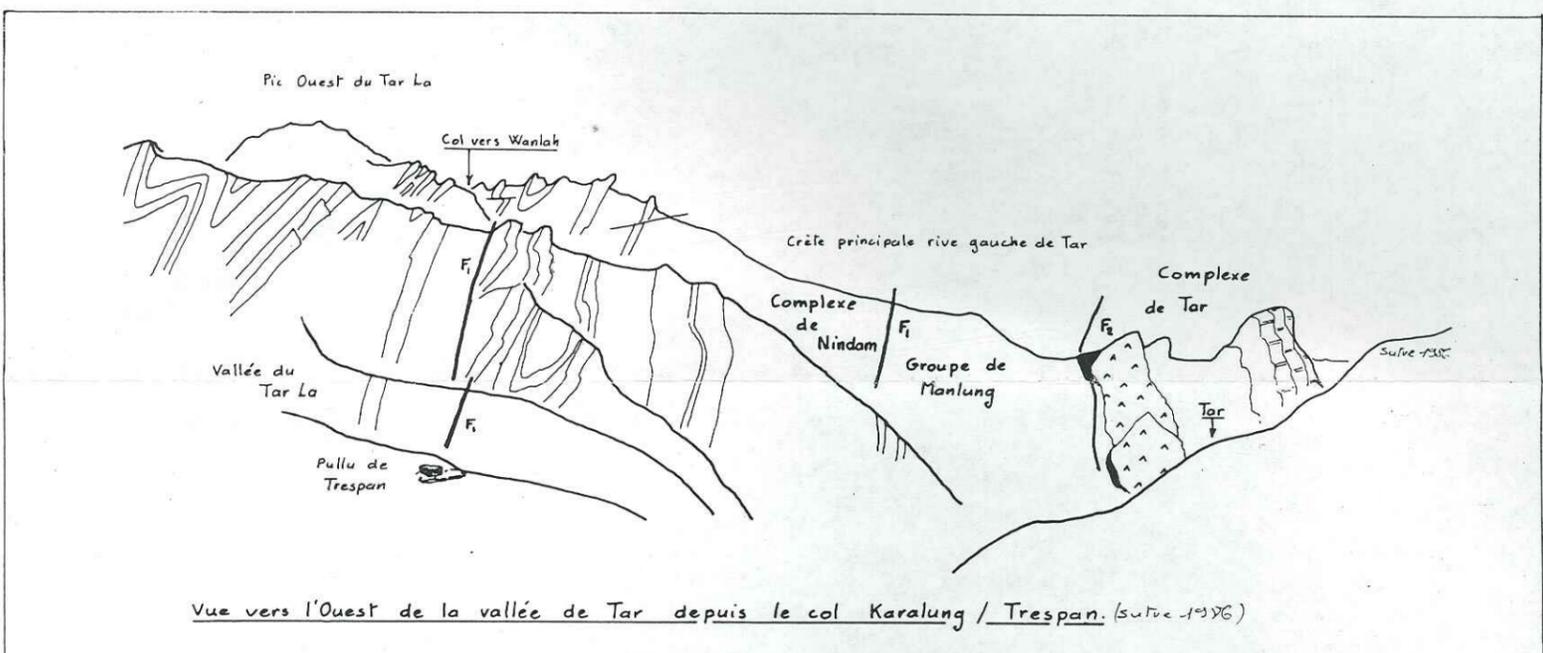


Fig. II.82 - Style de la tectonique dans la formation de Nindam à Tar.

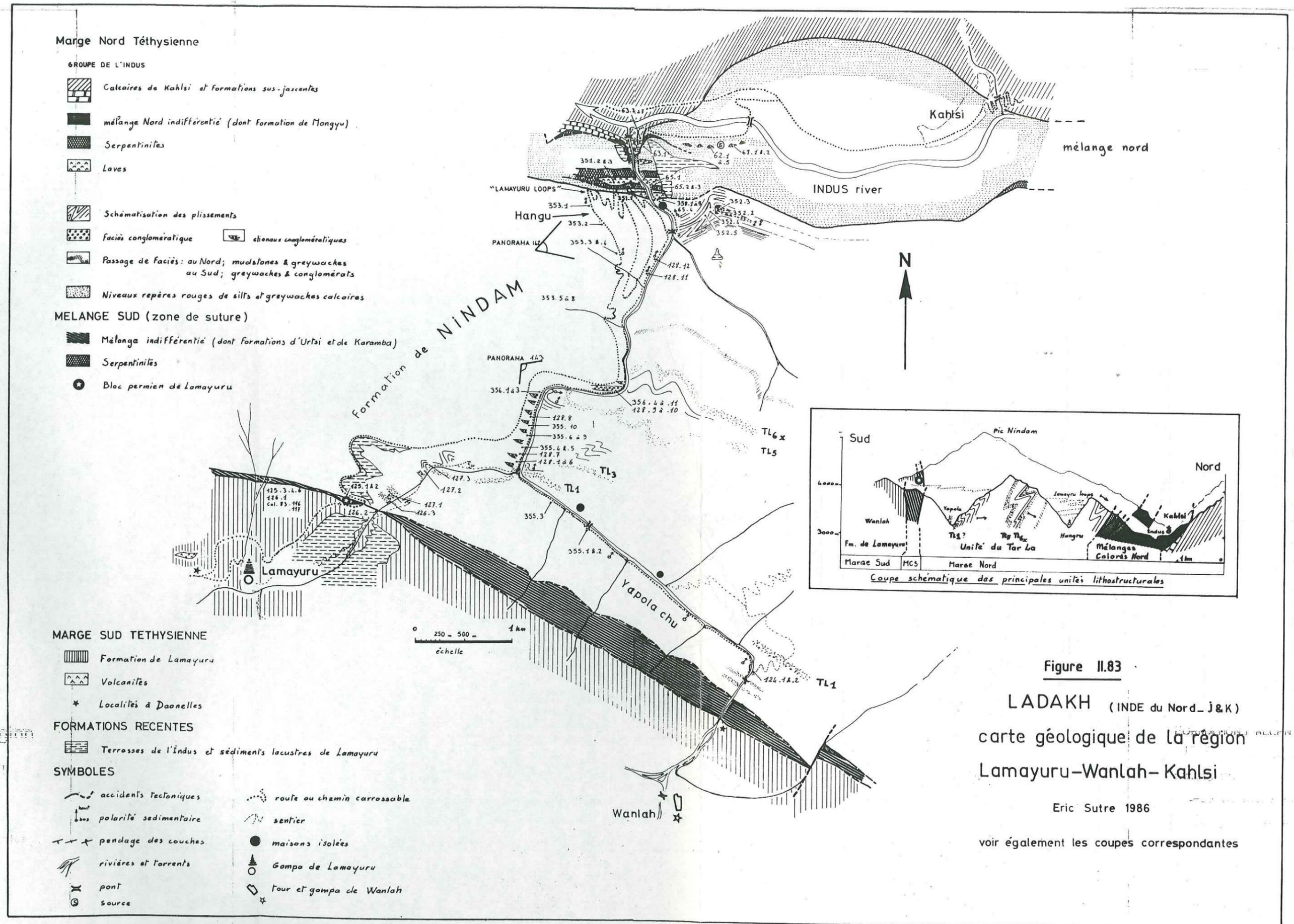


Figure II.83

LADAKH (INDE du Nord - J&K)
 carte géologique de la région
 Lamayuru - Wanlah - Kahlsi

Eric Sutre 1986

voir également les coupes correspondantes

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

1.3.4 - TRANSVERSALE DE LA YAPOLA

Bassoullet & al 1982, Van haver 1984. Sutre 1983, 1984, 1985.

Description du Nord vers le Sud de la coupe de la Yapola.

Carte fig. II.83 et coupes dans le fond de la vallée fig. II.84.

Les niveaux repères n'ayant pas été suivis depuis la coupe de référence du Tar La, et les renseignements de la photo satellite disponible n'étant pas très clairs, les formations de cette coupe seront décrites par zones. Seuls les Membres TL1 et TL5-6 peuvent être positionnés avec une précision raisonnable.

- Unité de Tar -

On notera (fig. II.44) que l'accident sub-vertical qui sépare, de Mongyu à Tar, l'Unité de Tar de celle de Manlung, devient chevauchant vers le Nord dans la région de Kahlsi.

Formation de Mongyu.

Il s'agit plus précisément d'écailles tectoniques appartenant à la Formation de Mongyu. Nonobstant le fait qu'elles puissent représenter des reliques de son substratum, les écailles de péridotites ne font évidemment pas partie de la Formation de Mongyu.

Cet ensemble est en contact tectonique, au Sud, avec l'unité du Tar La.

Description des écailles tectoniques du Sud vers le Nord en partant de Hangru (coupe centrale de la figure II.84 et panorama fig. II.85)

Unité 4:

Il s'agit de laves porphyriques à macrophénocristaux de pyroxènes et de feldspath, similaires à l'échantillon 450.04 de la coupe de Tar.

Elles sont très tectonisées et très altérées.

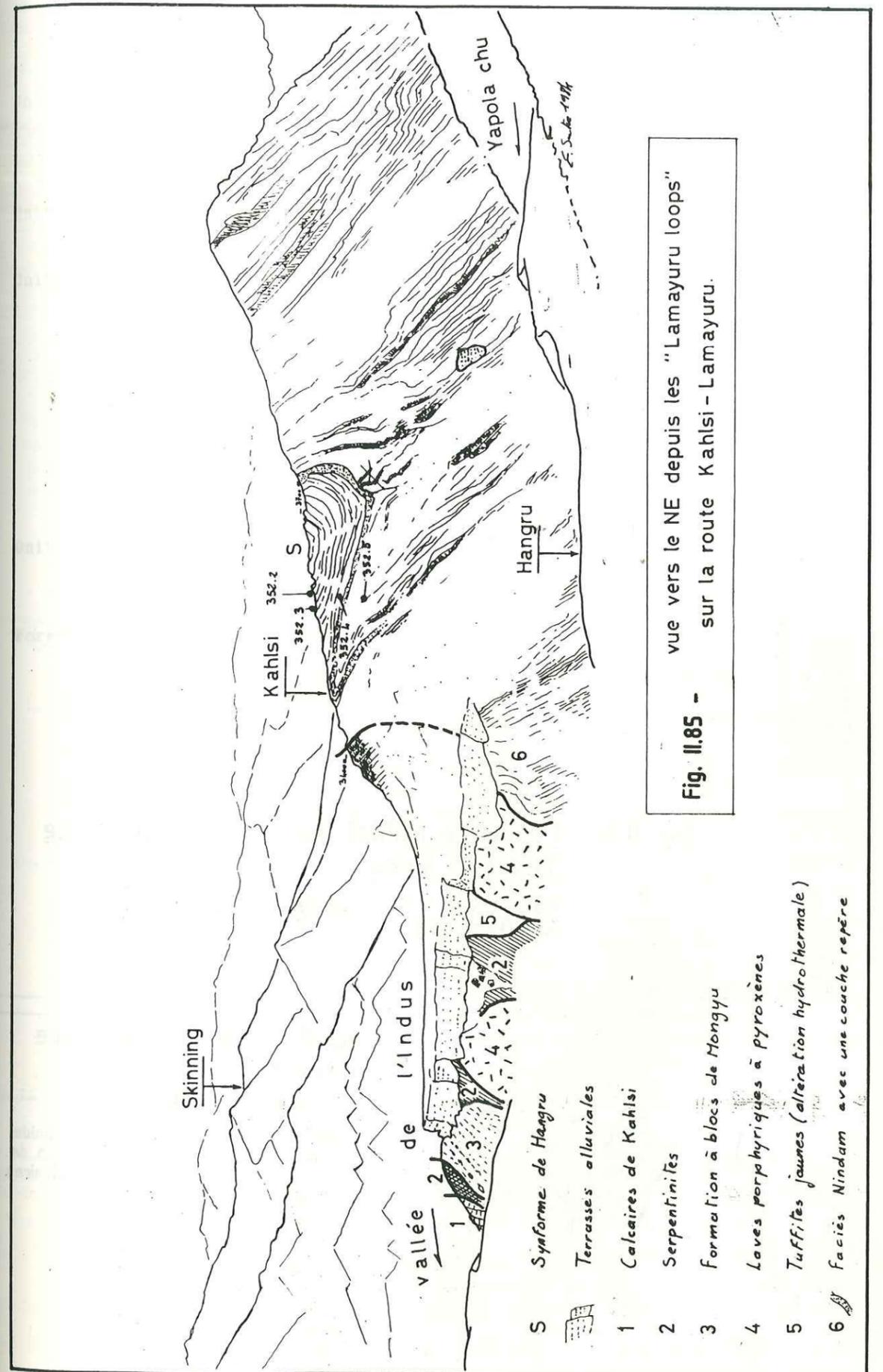
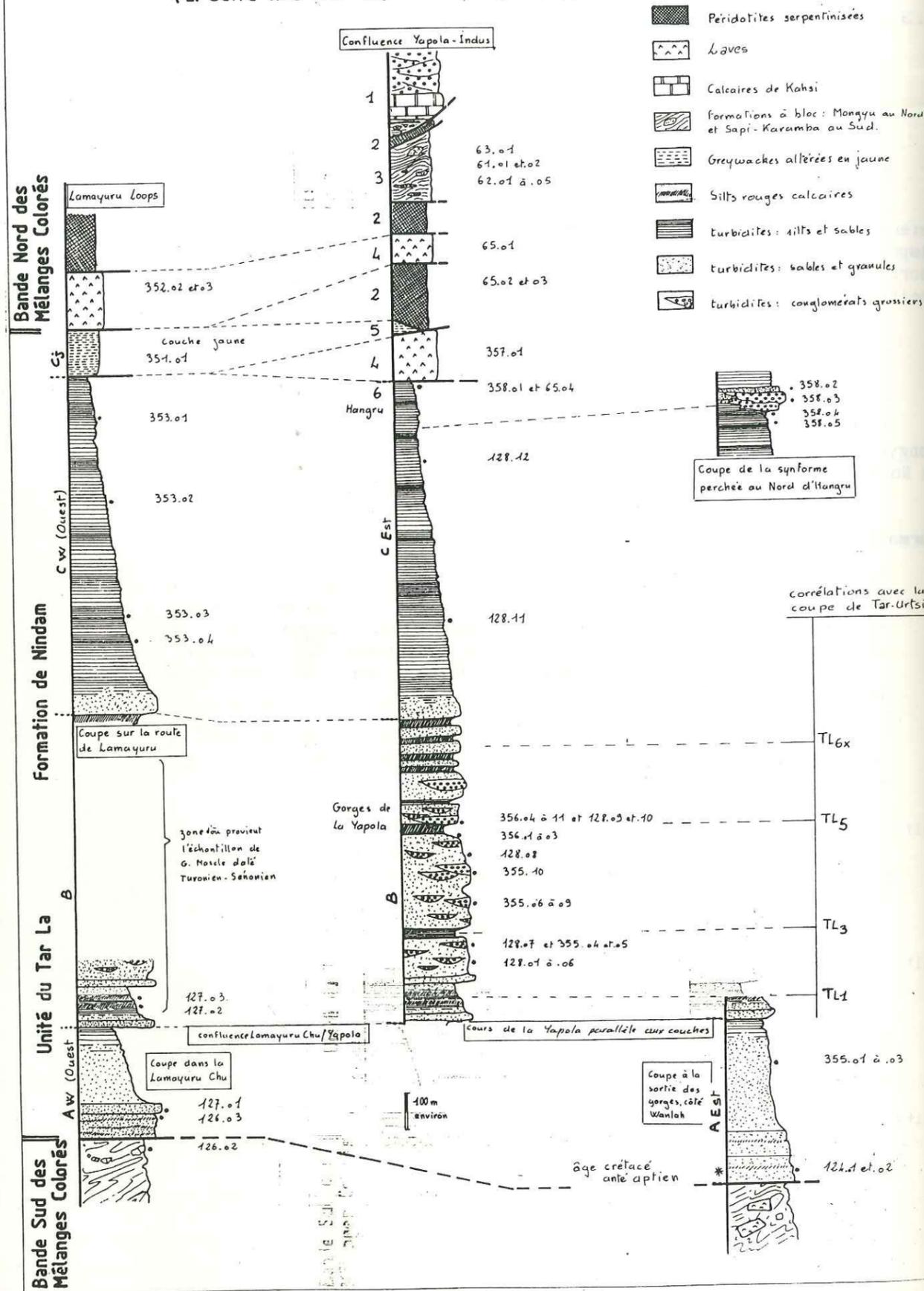
Unité 5:

turbidites volcano-sédimentaires de couleur jaune. Ces sédiments, qui peuvent appartenir, de par leur composition pétrographique, aussi bien à la Formation de Nindam qu'à celle de Mongyu, doivent leur altération et leur couleur à des processus probablement hydrothermaux.

Unité 2:

Serpentinites (péridotites), très tectonisées.

Fig. 11.84 - La Formation de Nindam dans la coupe de la Yapola Chu.
(E. Sutre 1983 -84 -85)



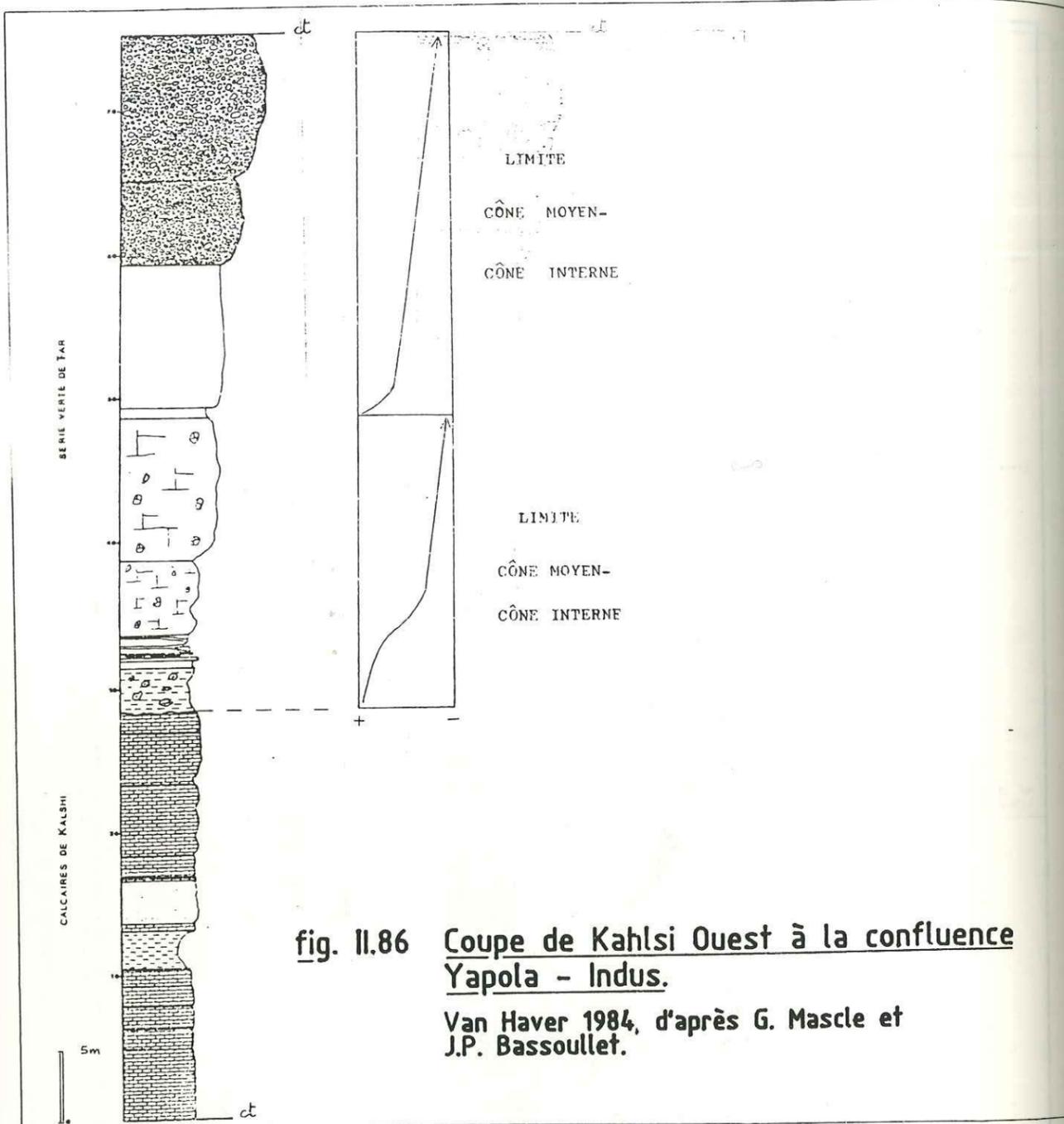


fig. II.86 Coupe de Kahlsi Ouest à la confluence Yapola - Indus.
 Van Haver 1984, d'après G. Mascle et J.P. Bassoullet.

Unité 4:
 Laves porphyriques à macrophénocristaux de pyroxènes et de feldspath, similaires à l'échantillon 450.04 de la coupe de Tar. Elles sont très tectonisées et très altérées.

Unité 2:
 Serpentinites (péridotites), très tectonisées.

Unité 3:
 * Au Sud: turbidites volcano-sédimentaires en contact tectonique avec une écaille de péridotites serpentinisées.

* Au Nord: turbidites fines, grises, à bancs décimétriques plus grossiers, contenant des blocs de laves.

Malgré la proximité de l'accident tectonique jalonné de lentilles de serpentinites qui la sépare des calcaires de Kahlsi, la déformation, peu intense, ne se traduit que par une schistosité de fracture, de petites failles conjuguées, et des rotations de blocs dans leur matrice.

Unité 2:
 Serpentinites (péridotites), très tectonisées.

Formation des Calcaires de Kahlsi

Dû à Van Haver (1984), le bloc diagramme de la figure II.86 expose la géométrie des couches.

La coupe II.87 a été publiée par Bassoullet & al en 1982 dans le but de dater les calcaires. Elle gagnerait à être refaite (en période de basses eaux !) dans le lit de la Yapola, où elle serait plus complète et où il serait possible de l'aborder d'un autre point de vue: celui qui consisterait à étudier les conglomérats qui font suite aux calcaires.

Description sommaire de la coupe, empruntée pour partie à Van Haver (1984):

* Passage Formation de Mongyu/Formation des Calcaires de Kahlsi: 10 mètres d'une alternance de calcaires noirs en bancs pluri-décimétriques, intercalés avec de minces bancs de shales (greywackes lithiques et silts biodétritiques. L'association de faune (*Orbitolines*, algues, foraminifères divers) indique un âge Aptien inférieur à Albien.

* 7 mètres d'alternance de shales gréseux gris-vert, de shales silteux, avec deux niveaux de calcaire massifs.

* 12 mètres de calcaires massifs, bréchiques, avec interlits de shales. Les brèches montrent des lithoclastes calcaires (biosparites à *Orbitolines* et *Algues*) et des fragments de *rudistes*.

* Au sommet de cette barre se développent des conglomérats à galets de laves et de granite, alternant avec des passées de sables grossiers.

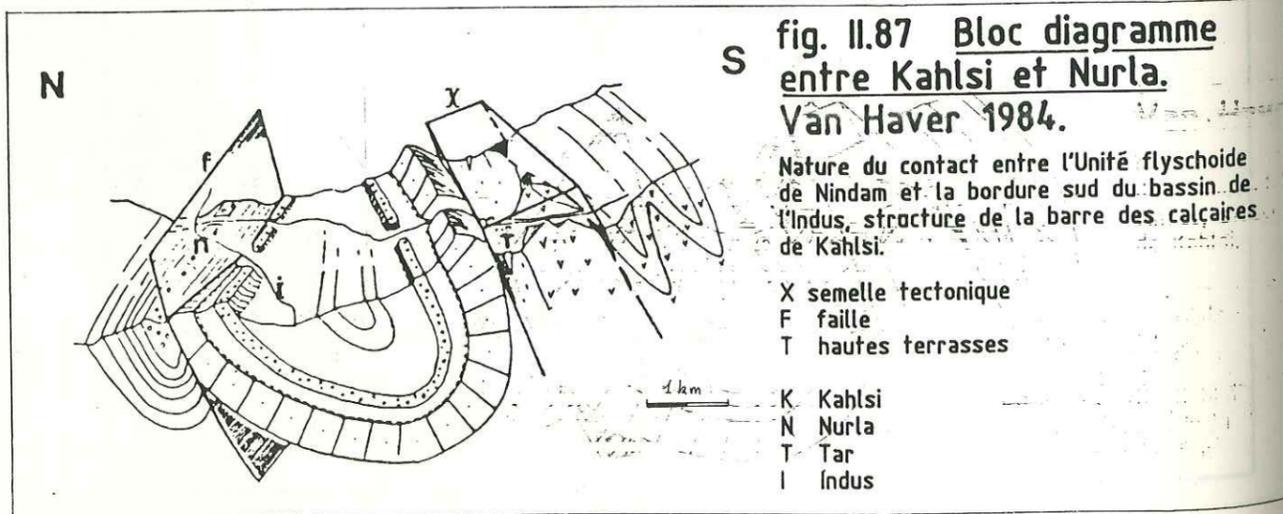


fig. II.87 Bloc diagramme entre Kahlsi et Nurla.
 Van Haver 1984.

Nature du contact entre l'Unité flyschoides de Nindam et la bordure sud du bassin de l'Indus, structure de la barre des calcaires de Kahlsi.

X semelle tectonique
 F faille
 T hautes terrasses

K Kahlsi
 N Nurla
 T Tar
 I Indus

En quoi ces conglomérats peuvent-ils être intéressants ?

On remarquera qu'il ne s'agit pas là d'une partie de la barre des Calcaires de Kahlsi équivalente à celle qui court de Mongyu à Tar. Il est fort probable qu'il s'agisse d'une partie plus proximale (par rapport au rivage).

D'autre part, des conglomérats si grossiers ne se rencontrent d'ordinaire que dans la partie supérieure de la Formation Verte de Tar, au dessus du Maestrichtien.

Et enfin, une telle proportion de galets de granites d'une telle taille ne semble pouvoir apparaître que vers la fin du Crétacé supérieur.

Les Calcaires de Kahlsi étant supposés ne pas dépasser, ici aussi, l'Albien inférieur, on peut se demander si la sédimentation ne redémarre pas au Maestrichtien, voire au Tertiaire, à la différence de la coupe de Tar dans laquelle le début de la Formation Verte de Tar est daté de l'Albien supérieur.

Ceci peut s'expliquer de deux manières:

- soit nous sommes dans une zone de transit des sédiments, comme semble l'attester la nature bréchique et conglomératique des calcaires de Kahlsi. Cette topographie persistant depuis l'Aptien jusqu'au Maestrichtien, voire l'Eocène inférieur.

- soit les niveaux conglomératiques à galets de granites n'ont érodé les calcaires de Kahlsi qu'au Tertiaire.

- Unité du Tar La -

L'Unité de Manlung disparaît par biseautage tectonique entre Tar et cette coupe: l'Unité du Tar La est donc directement chevauchante sur l'Unité de Tar. Précisons toutefois qu'il s'agit de déductions cartographiques appuyées par l'analyse des scènes Landsat.

Dans la Yapola, l'Unité du Tar La est uniquement représentée par la Formation de Nindam, en succession stratigraphique inverse à regard sud, continue depuis Wanlah jusqu'à Hangru (fig. II.83 & II.84).

Nous allons d'abord étudier sa stratigraphie, puis nous en donnerons une description pétrographique synthétique.

a - Description de la coupe du Sud vers le Nord:

Consulter la carte fig. II.83, la coupe fig. II.84 et le panorama fig. II.85 & II.88.

La Formation de Nindam, dans la Yapola, se présente comme une série globalement inverse, les plis et failles qui l'affectent, notamment au niveau des échantillons 356.01 à 03, ne perturbant que localement ce dispositif.

De ce fait, la description du Sud vers le Nord va nous permettre de retracer l'évolution sédimentaire de cette série.

- Contact Sud avec la bande Sud des Mélanges Colorés.

A l'Ouest, dans le lit de l'affluent de Lamayuru, la Formation de Nindam est en contact tectonique avec la Formation de Lamayuru (faciès triassico-liasiques à microfilaments).

A l'Est, dans la gorge de la Yapola, en aval de Wanlah, elle est en contact tectonique avec la bande Sud des Mélanges Colorés.

- Stratigraphie de la formation:

Les corrélations stratigraphiques avec la coupe de Tar-Urtisi sont indiquées en regard des coupes de la figure II.84.

Seul les membres TL6X et TL5 sont bien corrélés, puisque l'observation directe a été confirmée, pour la faible lacune d'observation restante, par les données des photos satellites.

En ce qui concerne TL3 et TL1, il reste quelques imprécisions.

Membre A ouest (Aw): coupe dans l'affluent venant de Lamayuru.

Turbidites en rythmes décimétriques, plus rarement métriques. Les séquences de base vont des silts grossiers aux greywackes lithiques grossières. Les séquences sommitales sont des silts chloriteux ou des calcaires finement micritiques.

Le sommet de l'unité (127.02 & 03) montre des passées décimétriques de sédiments rubanés. Les alternances de couleur lie de vin sont des calcaires silteux fins renfermant des fantômes de foraminifères, probablement des *globotruncanas*. Les alternances de couleur beige sont formées de silts grossiers à abondante matrice calcaire. Le tout forme des rythmes turbiditiques Tae, Tade et Tde.

Ces niveaux rouges sont bien visibles dans le paysage et peuvent servir de repère stratigraphique à l'échelle de la série: on les suit jusque dans la coupe de Tar à Urtisi.

Membre A est (Ae): coupe en aval de Wanlah, elle montre les mêmes couches que la précédente. Plus épais, sa base doit se trouver stratigraphiquement plus bas que les premiers niveaux de la couche précédente.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

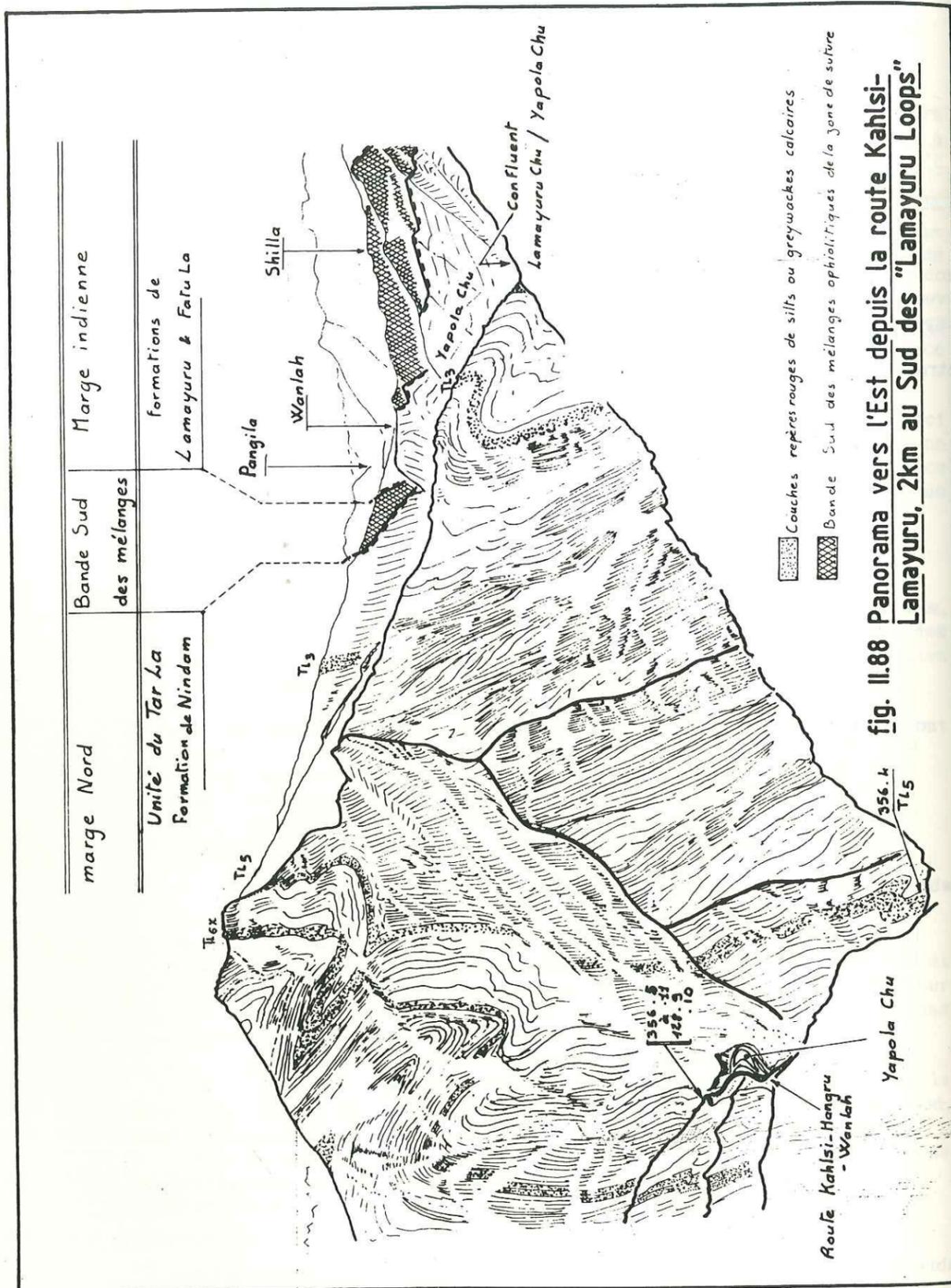


fig. II.88 Panorama vers l'Est depuis la route Kahlsi-Lamayuru, 2km au Sud des "Lamayuru Loops"

Les échantillons 124.01 & 02, pris à quelques dizaines de mètres au Nord du contact tectonique, sont des silts verts à foraminifères mal conservés dont la détermination est délicate. Ils donneraient, selon Bellier, soit un âge Tertiaire, soit un âge Crétacé inférieur antérieur à l'Aptien.

Comme on peut exclure d'emblée l'âge Tertiaire, il doivent donc être anté Aptien.

Membre B: cette unité part de la confluence entre la Yapola et le ru de Lamayuru.

Aux niveaux lie de vin du membre précédent succèdent des sédiments verts très grossiers, et notamment des para- et parfois orthoconglomérats chenalisés dont les éléments atteignent la taille des galets. On notera l'abondance des galets de calcaire de type Kahlsi qui sont des packstones à bioclastes de rudistes, Cuneolina ou Textulariella, Globospirella.

Vers le sommet, la granulométrie des sédiments décroît et le contenu en calcaires silteux rouges s'accroît. Ces couches, affectées par des plis hectométriques (cf panorama fig. II.88), se suivent jusqu'au Tar La.

Les échantillons (71 502) récoltés par G. Mascle en 1980 sur la route au dessus de la Yapola, et dans lesquels J. Sigal a déterminé des globotruncanidés donnant un âge Turonien-Sénonien (probablement inférieur), doivent appartenir à ce membre.

Membre Cw - Ce: il s'agit du membre antérieurement attribué à la Formation de Lamayuru par Gansser (1976) et Bassoulet et al (1980) (cf fig II.85 et discussion tome I).

Il est formé de turbidites ne dépassant pas les sables grossiers, sauf dans la passée conglomératique que représente la synforme perchée d'Hangru fig. II.85.

Les calcaires contiennent des fantômes de foraminifères, parmi lesquels on rencontre Globotruncana sp du Crétacé supérieur (échantillon 353.01, sommet du membre Ce dans les Lamayuru Loops).

b - Description pétrographique générale.

La Formation de Nindam est ici constituée d'une pile sédimentaire inverse. Elle est composée, de manière quasi-exclusive, par du matériel volcanique remanié dans des turbidites, ainsi que de sédiments "hémipélagiques" inter-turbiditiques.

Décrire les faciès fins et grossiers n'a de sens que si l'on se rappelle qu'ils sont associés dans des rythmes: les séquences grossières de base étant formées de sédiments "allochtones", et les séquences sommitales représentant généralement le "fond sédimentaire" propre aux environnements marins distaux (remaniement, dépôt de calcaires de type hémipélagique ...).

Description des différentes séquences:

* Les séquences de base à conglomérats grossiers.

Ce sont des para-, plus rarement des orthoconglomérats chenalisés, qui apparaissent en "essaims" dans certaines parties de la série. Les éléments ne dépassent pas 10 cm de diamètre. Ce sont:

- Des calcaires de faciès analogues à ceux de la Formation des Calcaires de Kahlsi.

Ces clastes sont très recristallisés, mais on y reconnaît: des rudistes, des orbitolines, des polypiers, des gastéropodes ainsi que des algues diverses. Tous les faciès de cette plate-forme qui s'appuie sur la marge Nord sont présents: wackestones, packstones et boundstones. On notera la présence de grainstones à oolites, faciès pour l'instant inconnu dans les calcaires de Kahlsi, mais que nous avons rencontrés dans la Formation de Mongyu (coupe rive gauche Zum-Sapta).

- Des radiolarites sous la forme de cherts argileux rouges. Rares, on ne les rencontre qu'à l'état de petites plaquettes anguleuses ("galets mous" de remaniement synsédimentaire ?).

- Des roches grenues, galets de granodiorites provenant des plutons du batholite.

- Des laves à phéno- ou microphéno-cristaux de plagioclases et matrice microlithique à baguettes de plagioclases.

- Des lithoclastes de même nature que les faciès fins propres à la formation.

- Des turbidites de remaniement synsédimentaire (galets mous).

- Des quartzites semblant métamorphisées.

La matrice sera décrite dans le paragraphe suivant qui traite des sédiments plus fins.

Ces conglomérats sont des séquences de base Ta de turbidites, grains flows, mass flows et débris flows.

* Les séquences de base dont la granulométrie est comprise entre les sables fins et les rudites ne dépassant pas les granules.

Ces sédiments sont les plus fréquents. Ils renferment:

- Des grains de calcaire type calcaire de Kahlsi.

- Des fragments de lave microlithiques qui vont de la taille des sables à celle des granules. Essentiellement à microphénocristaux de plagioclase, ce sont d'anciennes tuffites de pyroclastes, ou d'anciens tuffs, remaniés peu après leur dépôt, ou bien des épicalstites volcaniques.

- Des clastes de roches foliées, exclusivement des quartzites métamorphiques.

- Des fragments de roches grenues: roches plutoniques acides du batholite.

- Des grains de quartz "rhyolithiques" de la taille des sables grossiers, avec golfes de corrosion, ou bien en forme de coin.

Ces grains sont très anguleux et tous de la même taille: ce calibrage n'est sûrement pas dû à des processus sédimentaires, mais plutôt à des processus de croissance dans une chambre magmatique.

- Des grains de feldspath monocristallins, euhédriques, très anguleux, de la taille des sables grossiers, très altérés.

- Des plages de chlorite, ayant souvent gardé une texture bulleuse: il s'agit d'anciens verres volcaniques dévitrifiés.

- La fraction fine est composée de ces mêmes matériaux, avec toutefois une matrice assez importante de calcite et de chlorite. Pour cette dernière, il doit encore s'agir de verre dévitrifié, provenant de cendres volcaniques remaniées ou directement tombées dans la mer.

Les lithoclastes de roches métamorphique peuvent être des xénolithes remontés par les éruptions volcaniques, nous en avons déjà vus dans les dykes de la Formation de Mongyu, ou des éléments détritiques provenant de l'érosion de roches métamorphiques de la marge nord, nous savons que les plutons du batholite intrudent de telles roches (Honegger et Raz, à paraître).

Outre la faune contenue dans les clastes de calcaire de type Kahlsi, on trouve dans la matrice des Radiolaires qui ne sont malheureusement pas extractibles.

Ces séquences de base, Ta, b ou c, appartiennent à des turbidites en rythmes plus ou moins complets: Tabde rares, Tacde ou Tace plus fréquents, Tade ou Tde très fréquents dans les passées à sédiments fins. On peut les interpréter comme caractérisant des lobes de dépôt distaux, ou comme des turbidites de débordement de chenal.

* Les séquences sommitales de calcaires silteux fins.

- La fraction silteuse est formée de quartz, chlorite bien cristallisée et de chlorite diffuse se présentant sous la forme de fines acicules de verre volcanique dévitrifiés en chlorite et quartz: il s'agit de sédiments qui témoignent d'explosions volcaniques ayant provoqué des nuages de cendres. Ces cendres ont, soit été remaniées rapidement (pas de mélanges avec d'autres types de sédiments), soit sont tombées directement dans la mer.

- Le fond calcaire est formé de calcite micritique fine.

Ces niveaux représentent un mélange entre ce que l'on pourrait appeler une sédimentation hémipélagique (calcaire, argiles), et un bruit de

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

fond détritique provenant à la fois de lobes de dépôts éloignés, du remaniement par les courants (ripples), de la bioturbation et des chutes de cendres volcaniques.

Il s'agit de séquences sommitales Te ou Tde dans des turbidites de toutes natures. Dans les passées formées de turbidites lie de vin, ces calcaires sont associés à des séquences centimétriques Ta de silts grossiers à fins.

* Les bandes jaunes qui recourent les couches:

Elles sont dues à des altérations d'origine hydrothermale probable. Ces altérations ont emprunté un réseau de fissures subverticales qui semble dû à une compression subméridienne.

Chapitre deuxième

DESCRIPTION des COUPES entre MULBEK et la rivière SURU.

- INTRODUCTION	517
2.1 - REGION DE MULBEK - SHERGOL - SAPI LA	
2.1.1 Coupes de référence	
2.1.1.1 Coupe "1"; Coupe du Sapi La	521
2.1.1.2 Coupe "16"; Coupe de Karamba	522
2.1.2 Description des coupes entre Shergol et le Sapi La	
2.1.2.1 Coupe "2", à partir du pont sur la Wakka Chu	526
2.1.2.2 Coupe "3", 300 m à l'Ouest de la précédente	527
2.1.2.3 Coupe "4", au droit du bourg principal de Tringdo ...	529
2.1.2.4 Coupe "5", vallée du réservoir supérieur de Tringdo ...	530
2.1.2.5 Coupe "6", en tête de la vallée Est de Katse	531
2.1.2.6 Coupe "7" à l'Ouest de Sundal	532
2.1.2.7 Coupe "8" crête rive gauche de la Sundal Chu	533
2.1.2.8 Coupe "9" crête rive droite de la Sundal Chu	535
2.1.2.9 Coupes en tête de la vallée Est de Phu:	
- Coupe "10" dans la vallée en dessous de l'étang	
- Coupe "11" au niveau de l'étang	537
2.1.2.10 Coupe "12" sur la crête Nord du Sapi La	539
2.1.2.11 Coupe "13"; coupe Sapi La - Naktul	540
2.1.2.12 Cartes et coupes récapitulatives	540
2.2 - VALLEE DE LA SURU	
2.2.1 Dispositif structural	545
2.2.2 Formation de Sapi-Karamba	
2.2.2.1 Entre le Sapi La et le Rusi La	546
2.2.2.2 Au delà du Rusi La	547
2.2.3 Les unités du Naktul	
2.2.3.1 Coupe Naktul - Arju La	549
2.2.3.2 Coupes de Chaskor	555

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

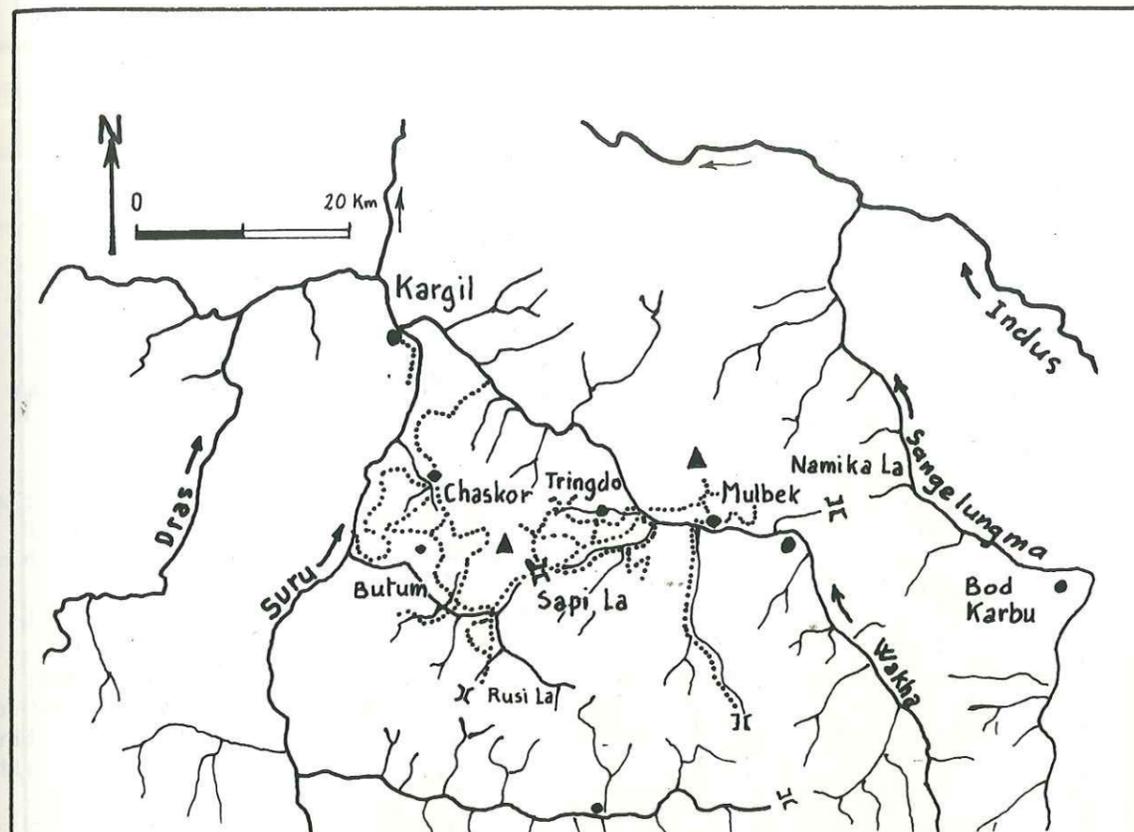


Fig. II.89 Itinéraires dans la région de Suru-Mulbek.

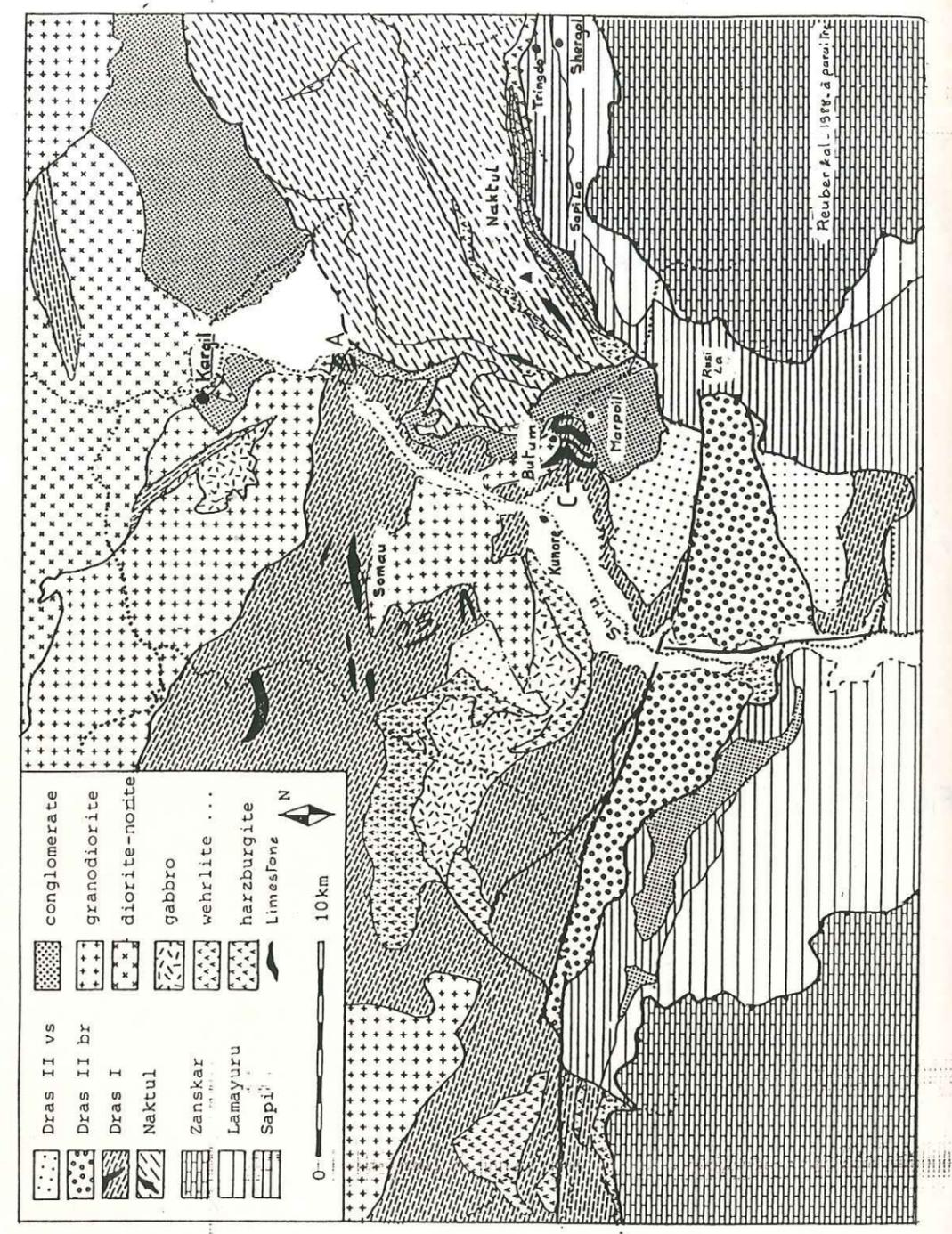
Masclé G., VanHaver T., Gilbert E et Sutre E. -1982.

Colchen M., Sutre E. -1983.

Colchen M., Reuber I., Sutre E., LeFlavre E., Carles-1984

Colchen M., Reuber I., Sutre E. 1985.

Fig. II.90 - Carte de la région Somau - Naktul - Sapi La - Shergol.



INTRODUCTION

A - Généralités

L'exposé des coupes est divisé en deux parties, qui correspondent à deux zones séparées par les crêtes difficilement franchissables du Naktul. La troisième partie synthétise les observations de terrain sur un bloc diagramme de la région.

La figure II.89 montre les itinéraires parcourus.

Dans cette région, une coopération pluridisciplinaire exemplaire a eu lieu lors du lever des coupes, associant ensemble, et sur le terrain, Ingrid Reuber, pour le magmatisme, et M^r Colchen ou moi-même, pour la partie sédimentaire.

B - Modalités de description

Dans ce chapitre, nous allons décrire des coupes dans lesquelles sont exposées des unités appartenant aux deux marges de la Néotéthys, ainsi que des conglomérats d'épisuture.

En ce qui concerne les conglomérats d'épisuture, nous retrouverons à peu près les mêmes faits que dans les chapitre précédents, par contre, nous allons décrire plus en détail la Formation de Sapi-Karamba, car c'est dans cette région qu'elle offre la plus grande surface d'affleurement.

Les cartes géologiques de cette région sont pour l'instant des esquisses synthétiques, car les principales formations lithostructurales commencent tout juste à être cernées.

Trois cartes sont présentées, sur lesquelles sont situées les coupes:

- La carte géologique générale figure II.90 dessinée par I. Reuber à la suite d'une mission commune en 1985.
- Une carte lithologique et structurale sommaire (Sutre 1983, 1984, 1985) de la région située entre Shergol et Phu (fig. II.103).
- La carte de Kaspi Honegger (1984, figure II.105):
Elle est traitée d'une manière spéciale: les membres de la Formation de Sapi - Karamba correspondent à ceux définis sur la

coupe synthétique de la figure II.107, laquelle résulte d'un travail commun entre J.P. Bassoullet, M. Colchen, K. Honegger, I. Reuber et moi-même (1984 à 1987).

En effet, K. Honegger avait levé la carte lithologique, et notre équipe a pu préciser par la suite l'âge des formations. Les coupes de la figure II.106, qui gardent le découpage lithologique initial de K. Honegger (1984) donnent la correspondance avec le nouveau découpage.

La coexistence de deux cartes de la même région s'explique par le fait qu'il n'a pas été possible de les harmoniser sur le terrain, à cause de la complexité géologique de la région, du manque de fond topographique fiable et de la mauvaise qualité de la scène Landsat.

Ma carte ne reflète que très imparfaitement la complexité de l'imbrication des unités structurales, ainsi que leur nombre: les coupes apporteront des précisions et permettront de situer les faunes datées.

1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

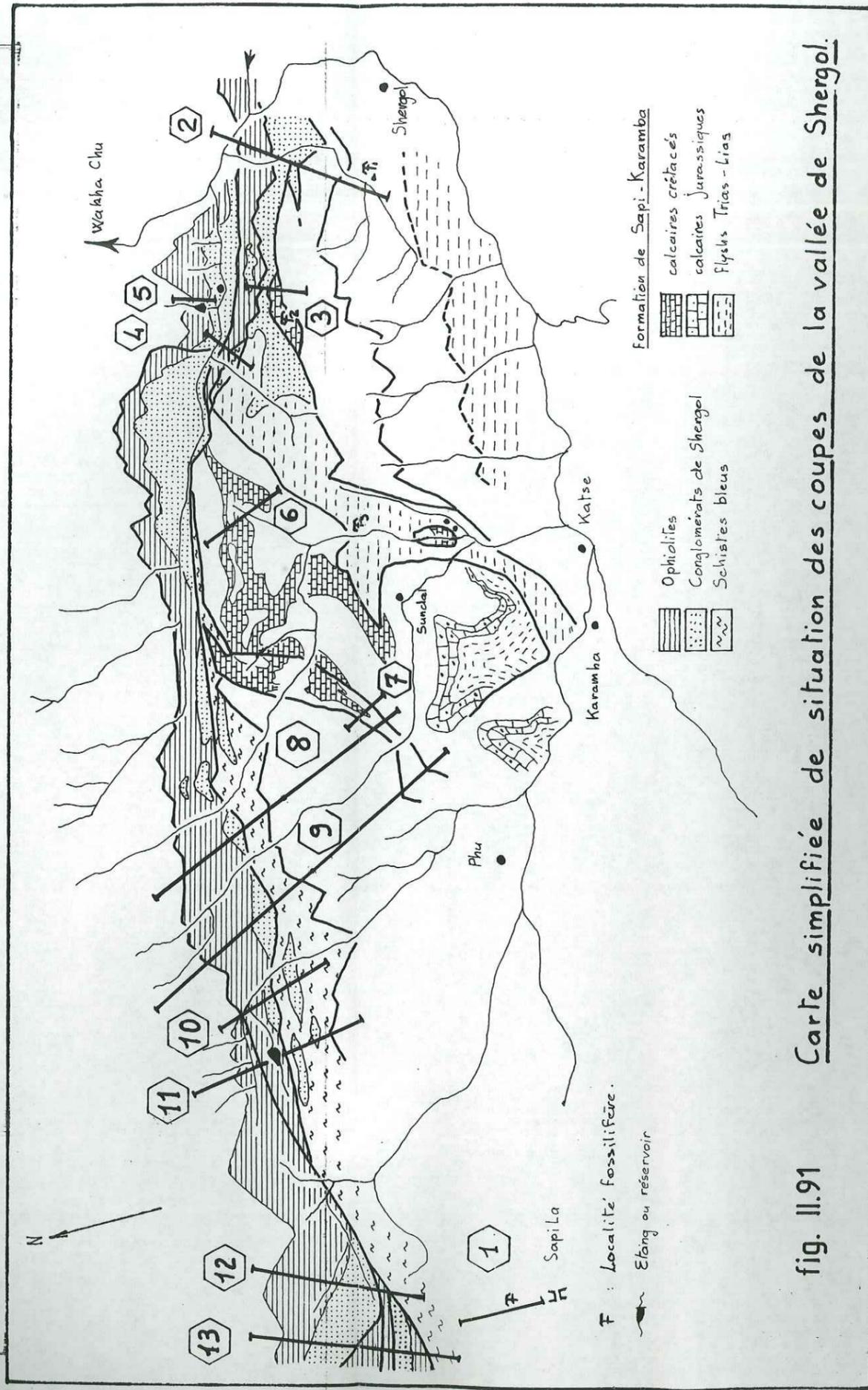


fig. II.91 Carte simplifiée de situation des coupes de la vallée de Shergol.

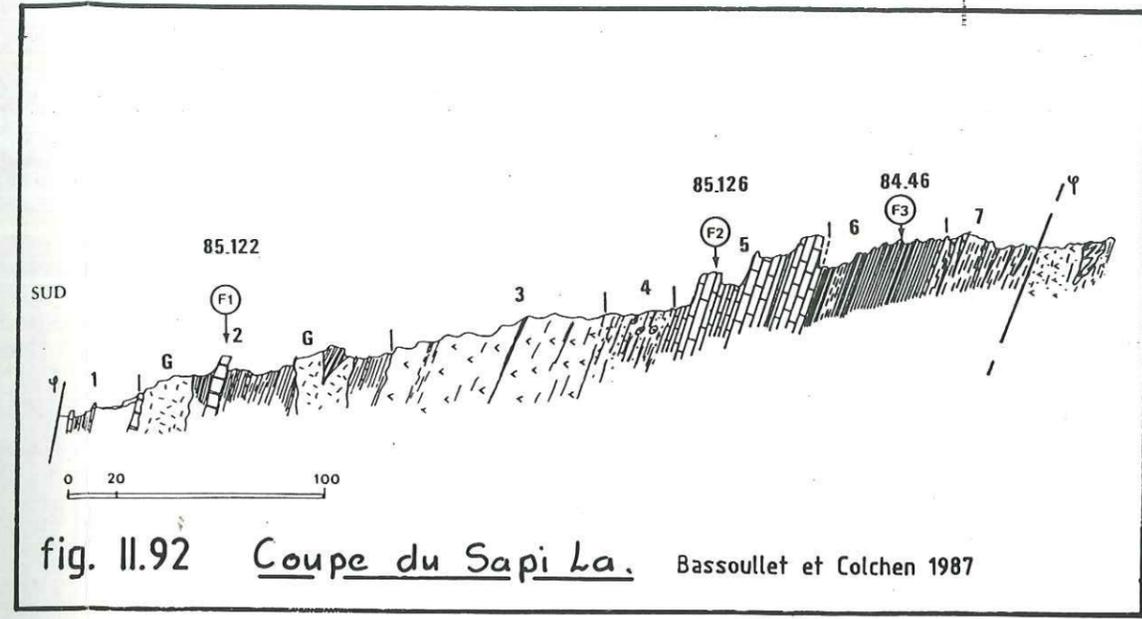


fig. II.92 Coupe du Sapi La. Bassoullet et Colchen 1987

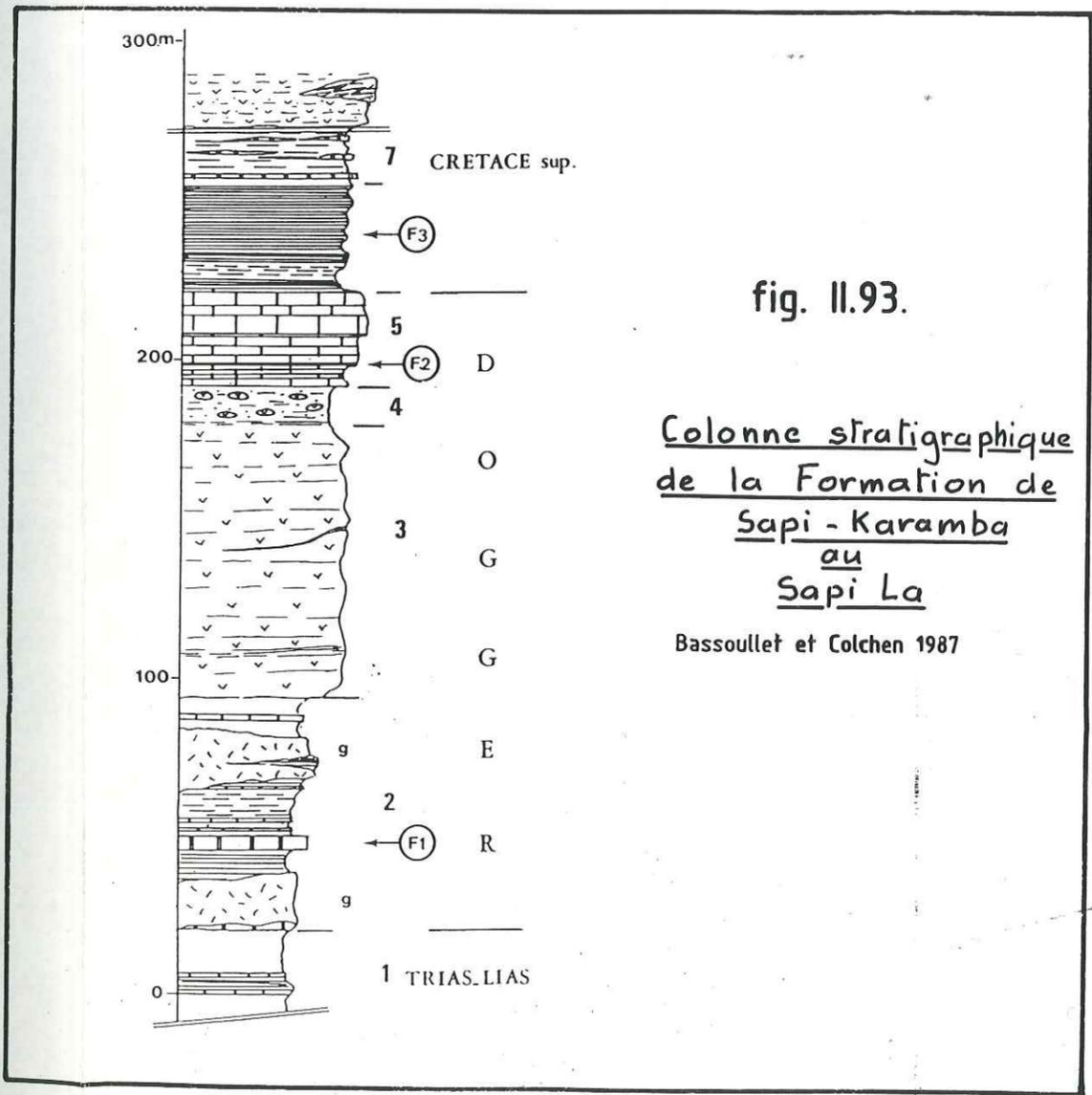


fig. II.93.
Colonne stratigraphique
de la Formation de
Sapi - Karamba
au
Sapi La
Bassoullet et Colchen 1987

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- 2.1 -

REGION DE MULBEK, SHERGOL, SAPI LA

2.1.1 - COUPES DE REFERENCE

2.1.1.1 Coupe "1": coupe du Sapi La. Colchen & Reuber 1984.

Colchen, Reuber 1984, 1985.

Coupe figure II.92 et colonne stratigraphique figure II.93.

Situation des coupes sur la carte géologique simplifiée fig. II.91.

La description est tirée de la publication de J.-P. Bassoullet et M. Colchen (1987).

Bien que la formation qui affleure dans cette coupe ait été reconnue, individualisée et publiée en 1984 par K. Honegger, la première étude stratigraphique précise, associant l'étude du volcanisme et de la sédimentation, est celle de M. Colchen et I. Reuber. En effet, K. Honegger s'est surtout attaché à la caractérisation géochimique des laves.

Description de la coupe:

1) Brèches calcaires et calcschistes: packstone/grainstone à micro-filaments que l'on peut rattacher par le microfaciès au Trias ou éventuellement au Lias;

2) Calcschistes et schistes verts recoupés par des dykes de gabbros à pyroxènes (G) et bancs de calcaires oolithiques interstratifiés dont le niveau 85-122 a livré *Archeosepta platiriensis* (F₁);

Ce fossile n'est connu pour l'instant qu'entre le Bajocien supérieur et le Bathonien supérieur.

3) Basaltes en coulées interstratifiées dans des lits silteux et carbonatés (environ 100 m);

4) Tuffites vertes à galets, conglomérats polygéniques à éléments volcaniques et sédimentaires (environ 30 m);

5) Calcaires bréchiques, puis calcaires oolithiques, en bancs, à patine blanche, lenticulaires, interstratifiés avec des pélites

rouges. Les calcaires oolithiques remanient des éléments volcaniques. L'un des niveaux (85-126) contient *Protopenneroplis striata* Weynschenk et *Trocholina sp* (Jurassique moyen-supérieur (F2)).

6) Radiolarites et silts rouges alternant (10 mètres) dont un niveau (84-46 station F3) contient des *radiolaires* d'âge albo-cénomaniens (dét. P. de Wever);

7) Schistes rouges, tuffites avec intercalations de calcaires à *Hedbergella sp* (dét. J. Bellier) du Crétacé supérieur et lentilles de calcaires oolithiques remaniés.

La série est en contact tectonique avec une formation à blocs très hétérogène métamorphisée dans le faciès schistes bleus.

Microfaciès.

Les microfaciès carbonatés renferment un ensemble d'organismes de bordure externe de plate forme, vraisemblablement resédimentés à une profondeur plus grande que celle de leur milieu d'origine.

On notera que, partout où il a été trouvé, *Archeosepta* est toujours localisé dans les domaines paléogéographiques bien déterminés: en bordure de plates-formes carbonatées.

2.1.1.2 Coupe de Karamba (K. HONEGGER 1984).

Carte fig. II.105, coupes fig. II.106 et colonne stratigraphique fig. II.107.

La colonne stratigraphique de la figure II.107 résulte de l'interprétation des coupes d'Honegger en fonction des datations de la coupe du Sapi La par M. Colchen et al. Bien que les échantillons proviennent de toute la région, cette colonne représente en fait la formation telle qu'elle affleure dans la région de Katse-Karamba.

En effet, bien que la série de la coupe du Sapi La soit datée et continue, elle est condensée, par contre celle de Katse-Karamba est discontinue, mais les calcaires sont plus développés.

Nous verrons que cette formation montre de rapides et importants passages latéraux de faciès.

Les subdivisions lithologiques de la carte d'Honegger sont celles du découpage de cette colonne synthétique.

Les échantillons préfixés "JK" ont été prélevés par K. Honegger, les échantillons préfixés "Col" l'ont été par M. Colchen.

Description de la colonne de bas en haut:

Membre A₁:

Flysch grésopélique, de type Lamayuru, montrant des sills et quelques dykes de ferrogabbros.

Ces faciès renferment, entre Tringdo et Sundal, ainsi qu'à Lamayuru Gompa des *Daonelles* qui lui confèrent un âge triasique. En fait, très peu de ces "Daonelles" ont été sérieusement déterminées. Ainsi, il s'avère que les *Daonelles* de Lamayuru sont en fait d'un autre genre. Pour ma part, je confesse avoir appelé "Daonelles" tous les lamellibranches à test mince trouvés dans des faciès schisteux rappelant les séries de Lamayuru, mais en général, l'âge triasique a été confirmé par d'autres faunes décrites dans la description de mes coupes.

On y rencontre des bancs lenticulaires de calcaires micro bréchiques.

Membre A₂:

Quelques mètres de bancs carbonatés bréchiques bien développés à Katsé.

Membre B:

50 à 100 m d'épaisseur à Katsé. Série carbonatée avec sills centimétriques à métriques et bancs ou lentilles de tuffites.

- Les carbonates sont des turbidites en bancs gradés avec interlits argileux et lentilles oolithiques. Des *Mégalodontes* ont été signalés par Gansser et Honegger dans le lit du torrent situé au-dessus (au Nord) de Karamba.

* L'échantillon JK 771 est une brèche calcaire. Les lithoclastes calcaires sont des calcaires à oolithes, des grainstones à peltoïdes et bioclastes. Rares clastes volcaniques. Les bioclastes libres sont des échinodermes très corrodés et usés, on trouve également des *Ataxophragmiidés* (cf *Valvulina* ?) et de probables *Glomospira* qui dateraient le Trias ou le Jurassique.

Selon J.P. Bassoullet, ces sédiments sont des brèches d'éléments rappelant les faciès du Trias-Dogger de la marge indienne. Par contre, certains lithoclastes, qui sont des wackestones à micro-filaments et fantômes de radiolaires, font penser aux faciès du Trias supérieur des blocs exotiques du Tibet. Au Ladakh ils semblent caractéristiques des portions des formations de Lamayuru proches de la suture, portions que j'ai rangées dans la Formation de Sapi-Karamba.

* Ech. JK 861: à la base de l'unité, bancs de calcaires à micro-filaments et Radiolaires.

- Les tuffites sont composées de clastes trachytiques anguleux de diamètre inférieur à 3 mm, dont le chimisme est identique à celui des sills décrits dans l'unité A₁, il s'agit de roches volcaniques intermédiaires à alcalines.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

L'échantillon JK 772 est une tuffite à Foraminifères marins (Nodosaridés épigénisés par de l'albite).

Membre C:

3 à 7 mètres de calcaires oolithiques en petits bancs contenant des débris d'agglomérats identiques à ceux de l'unité E.

* Ech. JK 893: micro-brèche calcaire dont les éléments sont des grainstones à oolithes et bioclastes, des pisolithes, des oncolites, des lithoclastes de laves à texture trachytiques. La matrice est un mudstone calcaire tuffitique.

* Ech. JK 862 et 863: Brèche et micro-brèche calcaire. Elle contient des oolithes dispersées. Les lithoclastes sont des grainstone-packstone et des wackestones à Polypiers, Stromatoporidés, mollusques et organismes fixés qui rappellent les faciès récifaux du Trias type Dachstein. Les Foraminifères (dans les clastes et dans la matrice ?) sont Agathamina ou Ophthalmidium et Ammobaculites (espèce triassique ?). Nombreux éléments tuffitiques volcaniques.

Membre D:

1 mètre de shales verts et noirs.

Membre E:

50 à 100 mètres d'agglomérats et coulées de laves (basaltes et gabbros à pyroxènes: basaltes alcalins et hawaïites), ainsi que des agglomérats remaniés dans des conglomérats à matrice carbonatée.

Les dykes d'alimentation ont été repérés dans les unités B, C et D. Certains sont recouverts en discordance par l'unité E.

La sédimentation est de type marin peu profond et le volcanisme est contemporain de la formation des oolithes des bancs carbonatés, puisque les nucléus de certaines oolithes sont des lithoclastes volcaniques.

Membre F:

A la base: conglomérats volcano-sédimentaires dans une matrice carbonatée contenant de grands crinoïdes, de gros ooïdes, des galets de calcaire oolithique.

Au sommet: calcaires à bio et lithoclastes.

Il s'agit donc de sédiments marins de plate forme carbonatée qui s'insinuent dans les fentes du sommet de l'unité E.

Membre G:

Sédimentation curieuse: alternance de bancs métriques de calcaires et de passées métriques de pélites rouges plus ou moins calcaires.

Les calcaires sont le plus souvent des oosparites (éch. JK 930) ou grainstones à oolithes à échinodermes et gastéropodes, clastes de lave. Faciès vraisemblablement resédimenté.

Au sommet de l'unité dans la coupe de Katsé (éch. JK 931) on trouve des packstones oolithiques à bioclastes libres dans la matrice: Belemnites, entroques en connection, clastes de laves.

Membre H:

Série rouge composée de silts calcaires à bancs lenticulaires de calcaire et tuffites.

Description de quelques échantillons:

* JK 933: silts calcaires à Radiolaires quartzeux équivalent à ceux de l'échantillon Col.84.46 de la coupe du Sapi La: âge Albo-Cénomaniens.

* JK 690: cette lame montre le passage d'un grain flow (à oolithes et lithoclastes volcaniques) au terme sommital hémipélagique de cette séquence turbiditiques.

Les oolithes sont abimées et mêlées aux laves de l'unité E: ce sont des oolithes resédimentées.

Le terme sommital est un mudstone calcaire silteux à Globotruncana. Ces dernières forment la totalité de la roche à la base, puis disparaissent progressivement vers le haut: il doit s'agir de boues à foraminifères resédimentées.

On interprète ces dépôts comme des oolites et clastes volcaniques jurassiques resédimentées au Crétacé supérieur.

En effet, le volcanisme semble limité au Dogger et la principale période d'oolithisation se situe au Jurassique (en principe les oolithes crétacées sont rares).

* JK 935 et JK 81 690: packstone à Globotruncana sp (dét. Bellier) passant vers le haut à des silts roses calcaires à Globotruncanas. Age Sénonien.

* JK 938 et 939: détermination J.P. Bellier: calcaire à Heterohelix sp, Globotruncana sp, Globotruncanas groupe arca, Globotruncanita sp, Globotruncana groupe stuartiformis (sections à épines). Cette association fournit un âge Campanien probablement supérieur.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

2.1.2 - DESCRIPTION DES COUPES ENTRE SERGOL ET LE SAPI LA

2.1.2.1 Coupe "2", à partir du pont sur la Wakka Chu, Sutre 1983.

Colchen, Sutre 1983, figure II.94.

Description du Nord vers le Sud, la coupe débute au pont sur la Wakka, puis remonte la petite vallée qui coupe la route Shergol-Tringdo. Cette vallée, ainsi que la coupe, se termine au dessus de Shergol, derrière la grande terrasse quaternaire dans laquelle est creusée la gomba de Shergol.

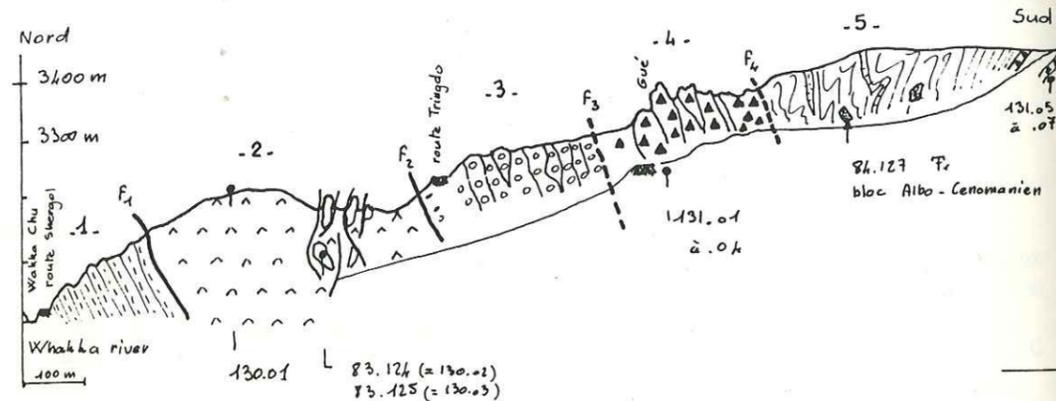


fig. II.94 Coupe "2" entre Shergol et Tringdo.

1 - Ecaille de turbidites volcano-sédimentaires appartenant au Complexe de Naktul.

F1 - Faille.

2 - Péridotites plus ou moins serpentinisées contenant des dykes de pyroxénites.

F2 - Faille.

3 - Formation des conglomérats de Shergol:

Ils sont composés de galets provenant de toutes les formations présentes actuellement à l'affleurement dans la région: turbidites volcano-sédimentaires de type Naktul, péridotites, calcaires d'origines diverses, grès pélitiques, laves, schistes bleus ... etc.

Ces sédiments sont assez peu indurés et la porosité est très grande.

Par endroits ils sont très affectés par la tectonique: les galets sont brisés, avec recristallisation de fibres syntectoniques dans les fentes. Près des failles, une schistosité de flux se développe dans les passées argileuses rouges.

F3 - Faille.

4 - Laves, et surtout agglomérats ou conglomérats de laves. Ce sont les laves du Dogger de la Formation de Sapi-Karamba.

F4 - Faille, ou bien contact sédimentaire par endroits tectonisé ?

5 - Flysch à matrice grésopélitique, bancs lenticulaires de grainflows de grès calcaires et blocs métriques de radiolarites (quartzites silteuses rouges à radiolaires). Le bloc 84-127 contient une faune qui donne un âge albo-cénomaniens (Radiolaires déterminés par De Weyer).

On y rencontre un volcanisme identique à celui de l'unité 4 (échantillons 131.05).

A la limite avec l'unité 6 (carte fig. II.103.a) on trouve une masse de pillows laves de basaltes alcalins (échantillons 472, annexe 5).

6 - Cette unité, qui n'est pas représentée sur la coupe, mais sur la carte fig. II.103.a, semble être en contact tectonique avec la précédente; mais il n'est pas à exclure que ce contact soit sédimentaire.

Le contact est de direction Est-Ouest, à mi-pente de la rive gauche entre Karamba et Shergol.

L'unité est formée d'une matrice grésopélitique, de sills de laves et de bancs calcaires. Elle doit correspondre à la partie de la Formation de Lamayuru en contact avec les Mélanges Colorés décrite dans la coupe de la Gomba de Lamayuru.

Son âge doit être triasico-liasique: G. Mascle y signale des Daonelles.

Au sud, la nappe de la Mulbek Chu (Gilbert 1984) chevauche cette unité.

2.1.2.2 Coupe "3", 300 m à l'Ouest de la précédente. Sutre 1983.

Sutre 1983, figure II.95.

1 - Péridotites serpentinisées, avec dykes de pyroxénites.

2 - Ecaille de flysch grésopélitique à bancs de calcaires type grainflow:

Echantillon 362.03 : calcaire type grainstone silicifié, à bioclastes de microfilaments et d'échinodermes. Niveaux riches en opaques.

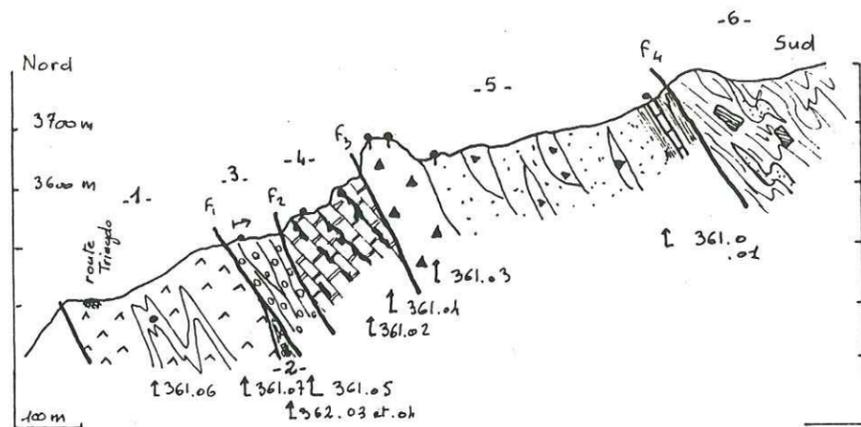


fig. II.95 Coupe "3", 300 m à l'Ouest de la précédente.

Echantillon 362.04 : Calclithite, ou micro-brèche de lithoclastes calcaires et peut-être de lithoclastes volcaniques.

Les clastes calcaires sont: des wackestones, des packstones à bioclastes et oolites. On y trouve notamment un Involutinidé cf Aulotortus sinuosus, Weynschenk (déterminaton Bassoullet).

Il s'agit donc de calcaires du Trias (Anisien - Rhétien) resédimentés. Il n'est donc pas possible de préciser l'âge de la matrice, mais sur des considérations de faciès cette unité sera provisoirement rangée dans les formations triasiques.

3 - Conglomérats de Shergol.

4 - Barre de calcaires type mudstone à interbanes de silex. Ces calcaires (éch. 361.05) contiennent des faunes déterminées par J.P. Bellier: Heterohelix sp, Rugoglobigerina sp, Globotruncana groupe arca, Rosita groupe fornicata, Globotruncana groupe stuartiformis. Ces calcaires sont d'âge **campanien**.

5 - Au Nord: barre de lave microlithique à baguettes de plagioclases, de texture fluidale. Vers le Sud, l'unité est composée uniquement d'agglomérats et de conglomérats. Les corps conglomératiques sont emballés dans des grès grossiers et des schistes qui deviennent dominants en se rapprochant du contact avec l'unité 6. A proximité de celui-ci on observe localement de minces niveaux de calcaires recristallisés.

6 - Flysch à blocs d'âge probablement crétacé supérieur (cf coupe précédente).

2.1.2.3 Coupe "4", au droit du bourg de Tringdo. M. Colchen 1985.

M. Colchen et I. Reuber 1985, figure II.96.

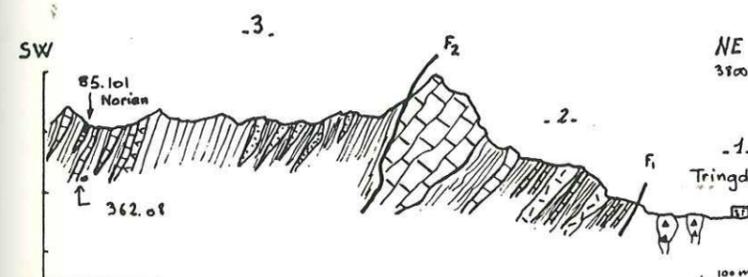


fig. II.96 Coupe "4". Au droit du bourg principal de Tringdo

1 - Péridotites serpentinisées.

F1 - Faille.

2 - Alternance de calcaires silteux, de schistes, et de roches volcaniques plus ou moins lenticulaires, passant au Sud à une barre de calcaires recristallisés lenticulaire.

Plus à l'Est, les schistes de cette unité semblent se rattacher à un flysch à blocs de radiolarites similaire à l'unité 5 de la coupe "2".

Je pense qu'il doit s'agir d'une écaille crétacée de la Formation de Sapi-Karamba (cf carte fig. II.103).

F2 - Faille probable.

3 - Flyschs grésopélitiques à lentilles de calcaires gréseux.

Datations:

- A la localité F3 de la carte fig. II.103.a et II.91 affleurent, près de la faille, des schistes à "daonelles".

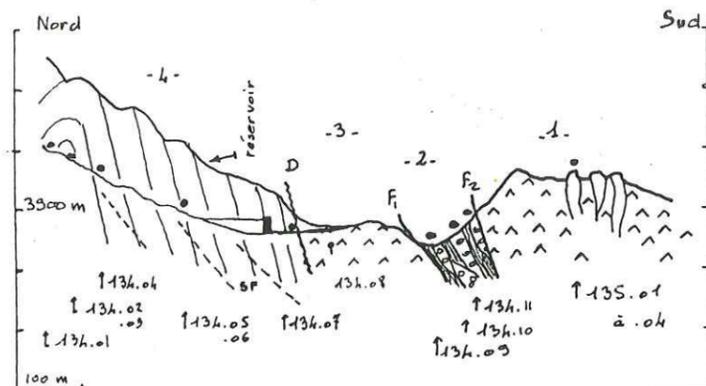
- L'échantillon 85-101, dans une lentille (ou un bloc ?) calcaire est daté du **Norien** par des conodontes (détermination B. Vrielinck).

- L'échantillon 362.08, prélevé dans des bancs lenticulaires de calcaires au petit col qui donne vers Katse, est une micrite calcaire finement gréseuse à microfilaments et conodontes.

Il s'agit donc d'un flysch triasique équivalent à l'unité 6 de la coupe "2" et 2 de la coupe "3".

2.1.2.4 Coupe "5", vallée du réservoir supérieur de Tringdo. Sutre 83.

Sutre 1983, figure II.97.

fig. II.97 Coupe "5". Réservoir supérieur de Tringdo.

- 1 - Péridotites serpentinisées à dykes de laves leucocrates.
- F2 - Faille probable.
- 2 - Formation des conglomérats de Shergol.
- F1 - Faille probable.
- 3 - Péridotite serpentinisée.
- D - Discordance très probable de l'unité 4 (Formation de Naktul) sur les péridotites.
- 4 - Unité du Naktul. Ce sont des turbidites volcano-sédimentaires portant des figures de base de banc (couches en position stratigraphique inverse).

De la base (ie depuis la discordance "D" des sédiments de l'Unité du Naktul sur les péridotites) jusqu'au réservoir, on trouve des flyschs grésopélitiques à intercalations gréseuses grossières.

Ensuite, les turbidites et bancs de cherts verts, d'épaisseur métrique, commencent (éch. 134.05 à .07).

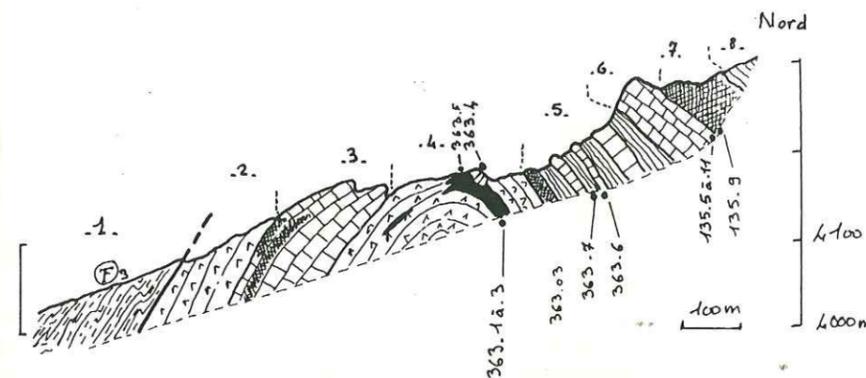
Les bases de séquences sont des rudites de la taille maximum des granules, les sommets sont des greywackes fines très calcaires (134.01 et .03).

Certaines bases de banc montrent des roches qui sont, lorsqu'on les observe en lame mince, très difficiles à différencier des laves: ce doivent être des hyaloclastites proches du centre émissif (134.02 et .04).

Plus à l'Est, I. Reuber et M. Colchen (1985), on observés dans de petits affluents des contacts clairement sédimentaires entre les péridotites et les sédiments du Naktul.

2.1.2.5 Coupe "6" en tête de la vallée Est de Katse. Sutre 1983-85

Sutre 1983 et 1985. Coupe figure II.98.

fig. II.98 Coupe "6". Tête de la vallée Est de Katse.

L'ensemble des unités 2 à 8 est probablement en position stratigraphique inverse.

- 1 - Flysch à lamelibranches à test mince: Daonelles (localité F3).
Age triasico-liasique.
- F1 - Faille importante de direction N60 et de pendage 55 SE, portant des stries de pitch 20 NE dextres.
- 2 - Agglomérats, coulées et tuffites volcaniques.
(cf laves du Dogger de la Formation de Sapi-Karamba dans les coupes de référence ?).
- 3 - Calcaires très recristallisés. La partie sud, au contact avec les laves, est riche en bancs de cherts sombres et en lits de tuffites; leur proportion décroît vers le Nord.
- 4 - Agglomérats, laves et niveaux volcano-sédimentaires: il s'agit du coeur de l'antiforme.
Sur le flanc nord, on observe des lentilles de claystone tendre plus ou moins calcaire (363.01 & .02) en bancs décimétriques à stratifications parallèles, qui contiennent des blocs de radiolarites (argiles rouges silicifiées, éch. 363.05) ainsi que des lentilles de calcaires de type grainstone à oolithes aplaties (éch. 363.04)

On rencontre quelques dykes ou coulées de laves, tel l'échantillon 363.03: lave à phénocristaux de plagioclases et de pyroxènes à reliques d'olivines, dans une matrice à micro-phénocristaux de plagioclases).

- 5 - Turbidites calcaires contenant très peu de détritiques, en séquences décimétriques, de la taille maximum des sables grossiers, admettant quelques bancs plus épais de calcaires type grainstone à oolithes.
Les bases de séquences turbiditiques (éch. 363.06) sont des calcarénites anguleuses bien triées à bio- et lithoclastes, les sommets de séquences (éch. 363.07) sont des mudstones calcaires à lamines.
- 6 - Barre de calcaires entièrement recristallisés au sommet (sparite équante), à proximité du contact avec le sill de lave (unité 7).
Au sommet, les calcaires sont riches en lits centimétriques de cherts chloriteux et sont eux-mêmes fréquemment silicifiés.
Au contact des laves du sill, des petits grenats se développent dans les cherts calcaires.
- 7 - Sill de lave à patine brune. Echantillon 135.09: dolérite à pyroxènes (notamment pyroxènes titanifères) et baguettes de plagioclase.
- 8 - Flysch grésopélimitique.

2.1.2.6 Coupe "7" à l'Ouest de Sundal. Sutre 1983-85.

Sutre 1983 et 1985. Coupe figure II.99.

- E - Unité composée de flyschs grésopélimitiques dont on démontrera l'âge triasique dans les coupes suivantes.
- G - Ecaille tectonique de la Formation de Sapi-Karamba formée d'agglomérats et d'une barre calcaire.
- H - Continuation vers le Sud-Ouest de l'antiforme décrite à la coupe précédente. La succession des couches et la même, mais on notera toutefois les différences suivantes:
 - Les flyschs grésopélimitiques du coeur de l'antiforme sont en volume plus important.
 - Les bancs de calcaires présents dans ces flyschs se biseautent et passent latéralement à des silts argileux rouges de moins en moins calcaires.

2.1.2.7 Coupe "8", crête rive gauche de la Sundal Chu. Sutre 1983-85.

Sutre 1983, 1985, figure II.99.

Description du Nord vers le Sud.

- A - Ecaille de Naktul:
elle est composée de turbidites volcano-sédimentaires. La granulométrie maximum des termes de base (Ta) est celle des sables grossiers, avec un quelques granules. Les termes supérieurs (Te ou Tde) sont des silts noirs plus ou moins calcaires. Ce sont donc des turbidites de cône externe à moyen, ou de débordement de chenal.
- B - Péridotites non altérées, massives, très peu de dykes.
Le contact avec le Naktul est ici de nature tectonique.
- D - Unité des Schistes Bleus.
- E - Formation de Sapi-Karamba, description du Sud vers le Nord:
 - * Plusieurs centaines de mètres de flysch grésopélimitiques à passées lenticulaires calcaires:
Ech. 472.04: mudstone à microfilaments. Faciès rappelant le Trias.
Ech. 472.03 et .02: micro-brèche calcaire. Grainstone à clastes volcaniques, oolithes, bioclastes. Foraminifères de plate-forme: involutinidés triasique genre *Caieuxia*, *Nodosaridés* et nombreux autres Foraminifères hyalins difficilement déterminables.
 - * Au sommet des flyschs, vers le Nord, apparaissent des blocs plurimétriques de calcaires silteux roses à radiolaires (éch. 472.01).
 - * La partie nord de l'unité est composée de laves en coulées (en coussins) ou en agglomérats, avec des intercalations de radiolarites rouges (argilites rouges silicifiées ou cherts argileux).
Il est possible que les flyschs précédemment décrits soient séparés de cette partie par une faille.
- G - Ecaille de la Formation de Sapi-Karamba, consistant en agglomérats de laves et olistolites de calcaire oolithique.
- H - Formation de Sapi-Karamba en antiforme à polarité sédimentaire inverse:
 - * Agglomérats volcaniques à olistolithes de calcaire oolithique (éch. 472.05: calcaire oolithique. Volcanisme contemporain sous la forme de lithoclastes et de noyaux d'oolithes).
 - * Calcaires passant latéralement à des mudstones calcaires silteux roses plus ou moins silicifiés à Radiolaires et Foraminifères, dont *Hedbergella* (éch. 137.01 et .02, ainsi que 472.06 et .07).
Le coeur de l'antiforme est flyschoïde.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

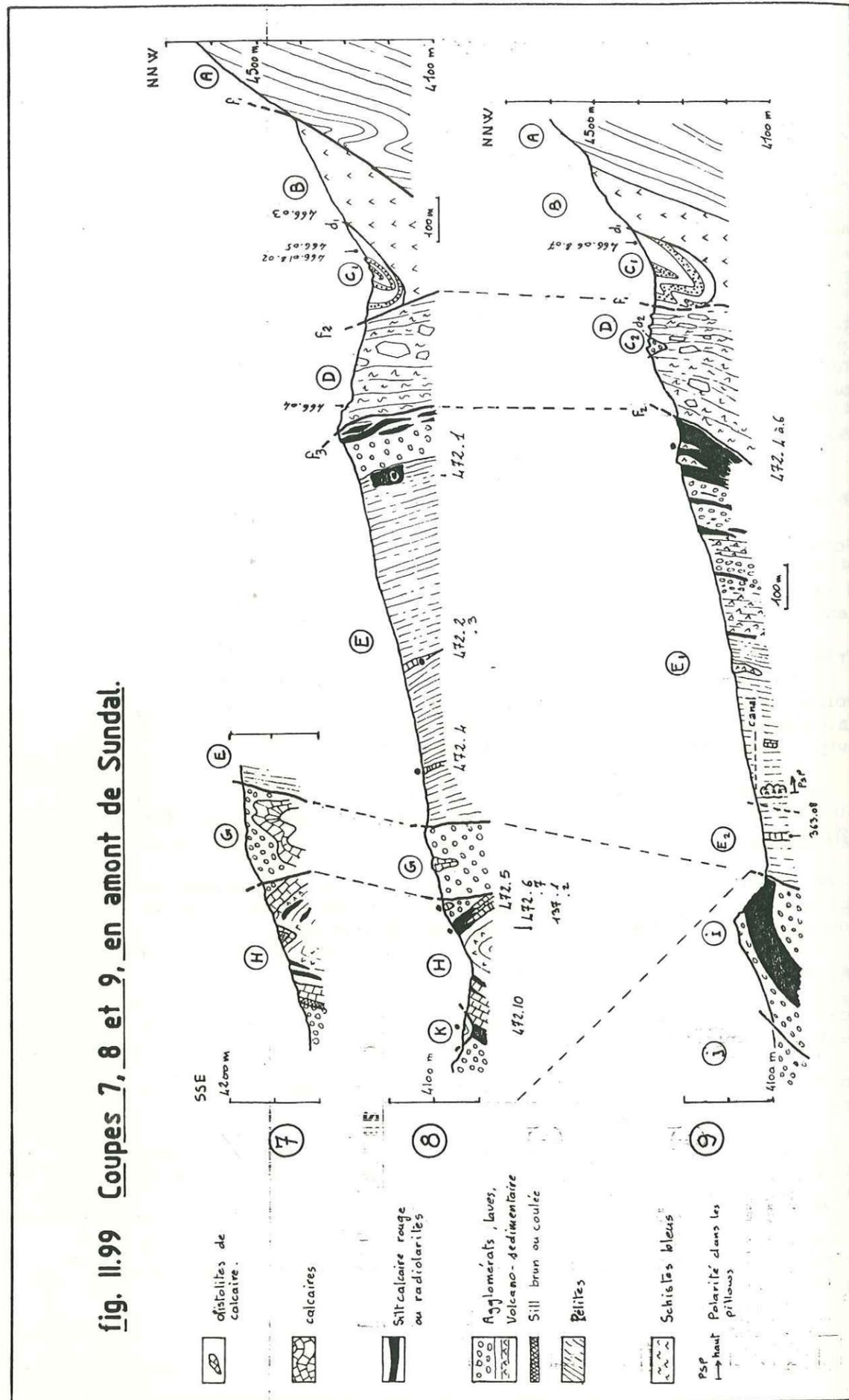


fig. II.99 Coupes 7, 8 et 9, en amont de Sundal.

l'âge de ces terrains est donc Hauterivien terminal-Santonien, selon l'échelle de Sigal.

K - Petite klippe de flyschs. Echantillon 472.10: micro brèche de calcaire à *Involutinidés* triasiques et de calcaires silicifiés à microfilaments. Il s'agit vraisemblablement de flyschs triasico-liasiques à clastes triasiques.

2.1.2.8 Coupe "9", crête rive droite de la Sundal Chu. Sutre 1983-85

Coupe figure II.99.

Description du Nord vers le Sud.

- A - Unités du Naktul
- B - Péridotites massives. Il se peut qu'un contact sédimentaire entre ces péridotites et la Formation de Naktul soit ici préservé: à vérifier.
- C₁ - Conglomérats continentaux en discordance érosive (D₁) sur les péridotites, couleur dominante rouge. Nature des clastes dominants: schistes bleus (éch. 466.06 & .07), péridotites altérées.
- D - Unité des Schistes Bleus.
- C₂ - Conglomérats continentaux en discordance érosive (D₂) sur l'unité des Schistes Bleus, couleur dominante bleue à la base, brun clair à blanchâtre quelques mètres au-dessus.
Nature des clastes: essentiellement schistes bleus à la base, plus variée au-dessus.
- E - Formation de Sapi-Karamba, description du Sud vers le Nord:

* Plusieurs centaines de mètres de flysch grésopélitiques à passées lenticulaires calcaires et nombreuses passées de laves en coussin (coulées en place et blocs):

Ech. 363.08: Grainstone à matrice micritique contenant des microfilaments. Les lithoclastes sont:

- des micrites à microfilaments.
- des packstones à foraminifères: *duostominidés*, *involutinidés*, *miliolidés*, *nodosaridés*, *Frondiculata* (cf woodwardi ?).

Il s'agit donc de débris triasiques dans un sédiment triasique. Les faunes de la matrice ne sont pas tout à fait discriminantes, mais les faciès sont assez caractéristiques...

* La partie nord de l'unité est composée de laves en coulées (en coussin) ou en agglomérats, les derniers cent mètres sont composés de calcaires argileux roses plus ou moins silicifiés contenant des radiolaires et des *globotruncana* (Cénomaniens-Maestrichtien).

Il est possible que les flyschs précédemment décrits soient séparés de cette partie par une faille.

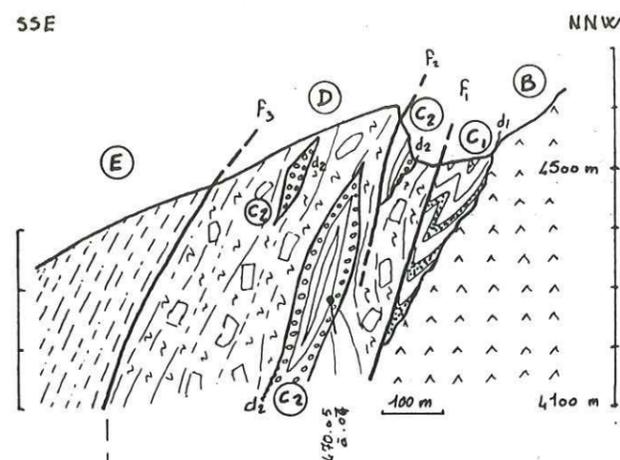


fig. II.100

Coupe "10" sous l'étang de Phu

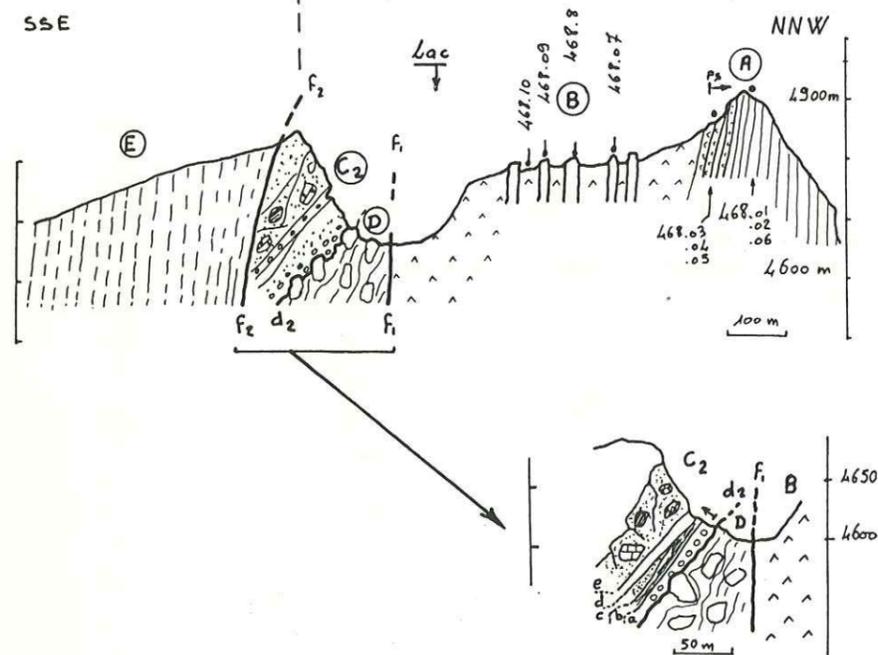


Fig. II.101 Coupe "11", étang de Phu

- I - Ecaille tectonique de la Formation de Sapi-Karamba: agglomérats et calcaires roses.
- J - Formation de Sapi-Karamba: ces deux dernières écailles sont présentées en détail dans la thèse de K. Honegger (1984), dont sont extraites les coupes de la figure II.106.

2.1.2.9 Coupes en tête de la vallée Est de Phu (Sutre 1985):

- Coupe "10" dans la vallée en dessous de l'étang.
- Coupe "11" au niveau de l'étang.

Figures II.100 et II.101.

Il s'agit de deux coupes parallèles situées l'une au-dessus de l'autre, la première passant dans le fond de la vallée, la seconde passant par l'étang et se continuant jusqu'à la crête Nord.

A - Unité du Naktul, coupe 11.

La stratification est inverse: le haut est vers le NNW.

La base de cette formation repose sur des roches magmatiques:

- Ech. 468.03: roche magmatique grenue. Composée de clinopyroxènes et plagioclases majoritaires, ainsi que de quelques amphiboles: gabbro de cumulat dans des péridotites.
- Ech. 468.04: roche microgrenue à lattes de plagioclases et à pyroxène altérés majoritaires, nombreux opaques (oxydes Fe-Ti), sphène. Volcanisme océanique de la série ophiolitique ou volcanisme d'arc insulaire intrusif dans une croûte océanique ?
- Ech. 468.05: roche magmatique grenue à olivines, clinopyroxène et amphiboles (rares): wherlite typique bien conservée.

Surmontant ces roches magmatiques nous retrouvons des sédiments turbiditiques tout à fait similaires à ceux qui composent la Formation de Nindam, à ceci près qu'ils ne contiennent pas de clastes de calcaires ni de radiolarites:

- Ech. 468.02: base de rythme turbiditique. Formée en majorité d'une fraction de sables grossiers composés de:
 - Clastes volcaniques majoritaires: verre dévitrifié bulleux, lave microlitique ou microgrenue à lattes de plagioclases.
 - Clastes syn-sédimentaires: greywackes plus ou moins fines.

La fraction inférieure (sables moyen) est composée des lithoclastes volcaniques décrits précédemment, ainsi que de grains de quartz rhyolithiques anguleux.

La matrice micro-cristalline, formée généralement de silice et de chlorite, est par endroit très calcaire.

Sur le terrain on ne voit pas de faille entre le terme de base, qui représente la série ophiolitique, et le terme sédimentaire

supérieur: la Formation de Naktul s'est donc déposée sur de la croûte océanique et plus précisément sur les termes de base de la séquence ophiolitique (absence des pillow lavas).

B - Péridotites massives (468.10) avec dykes en relief dans le paysage.

- Ech. 468.07, .08, .09: dyke de laves grenues à microgrenues identiques à 468.04, composées à parts égales de plagioclases en lattes et de pyroxènes. Apparemment pas d'amphiboles. Très nombreux opaques (oxydes Fe-Ti) et des cristaux d'illménite squelettiques: faciès tholéiitiques (magmas très évolués de croûte océanique?).

Comme nous l'avons vu précédemment, cette unité sert de substratum sédimentaire à la Formation du Naktul (unité A).

C₁ au niveau du lac:

Conglomérats de Shergol identiques aux C₁ de la coupe II.101: détritisme ophiolitique dominant, en discordance sur les péridotites de l'unité B.

D - Unité des Schistes Bleus, en contact tectonique avec l'unité B.

C₂ au niveau du lac:

Conglomérats de Shergol, coupe détaillée (détail de la coupe "11") de cette unité continentale discordante sur les schistes bleus:

- a- Conglomérat ravinant, comprenant presque uniquement des clastes de schistes bleus. Matrice rouge (péridotitique?).
- b- grès grossiers verts.
- c- coulée boueuse à clastes de péridotites anguleux.
- d- couche vert-jaune: galets roulés de Naktul?
- e- grosse barre rouge en relief dans le paysage. Sédiments de bas de pente à blocs pluri-métriques provenant des schistes bleus et de blocs et galets mieux roulés de calcaires de la Formation de Sapi-Karamba. Ces derniers sont des calcaires oolithiques.

On trouve également des blocs et galets de péridotites.

C₂ - en descendant dans la vallée de Sundal (coupe 10):

Conglomérats de Shergol:

Conglomérats fluviatiles discordants sur les schistes bleus. A la base, les éléments détritiques sont uniquement formés de schistes bleus: ils donnent leur couleur à cette formation.

Quelques mètres plus haut les sables et graviers sont de couleur brun clair: on y trouve alors, entre autres, des blocs et galets de calcaire de la Formation de Sapi-Karamba: ech. 470.04: calcaire oolithique de plate forme.

E - Formation de Sapi-Karamba

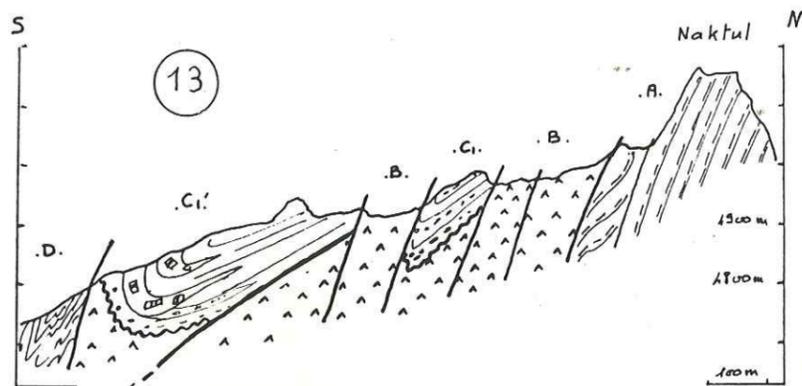
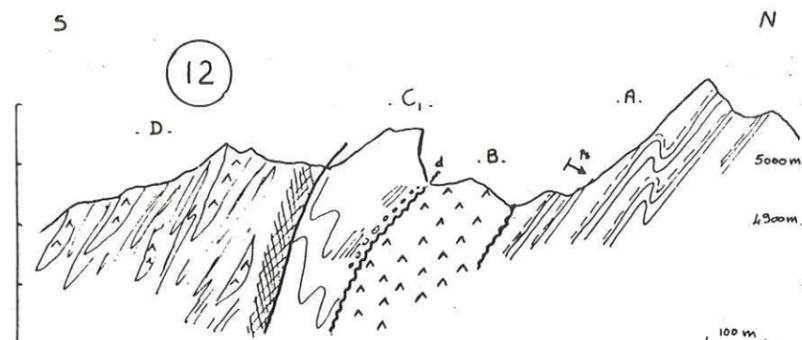


fig. II.102 Coupes "12" & "13" sur les crêtes entre le Sapi La et le Naktul. Reuber & Colchen.

2.1.2.10 Coupe "12" sur la crête Nord du Sapi La. Colchen, Reuber 1985

Description de la figure II.102.

- A - Formation du Naktul en discordance sur les ophiolites.
- B - Péridotites servant de substratum sédimentaire à la Formation du Naktul.
- C₁ - Grande barre conglomératique rouge en relief dans le paysage, qui se voit depuis Mulbek Gompa.

Il s'agit de conglomérats grossiers discordants sur les péridotites (Conglomérats de Shergol).

D - Unité des Schistes Bleus.

2.1.2.11 Coupe "13", coupe Sapi La - Naktul. Colchen, Reuber 1985.

Description de la figure II.102.

A - Formation du Naktul en contact tectonique avec les péridotites.

B - Ecaille tectonique de péridotites.

C₁ - Grande barre conglomératique rouge en relief dans le paysage.

Il s'agit de la Formation des Conglomérats de Shergol discordante sur les péridotites.

C₂ - Seconde barre conglomératique rouge identique à la précédente:

Ici, il convient de s'arrêter et d'examiner avec attention les relations entre ces conglomérats de Shergol et les péridotites sous-jacentes:

- Les conglomérats sont discordants au Sud sur les péridotites B".

- Mais sur les péridotites B', les conglomérats sont en contact par faille vers le bas, alors qu'ils sont en discordance en haut, vers la crête.

Nous aurions donc la trace d'une tectonique synsédimentaire, contemporaine du dépôt des conglomérats de Shergol.

On notera la présence, dans ces conglomérats, de blocs de calcaires créacés à rudistes et orbitolines d'âge albo-cénomaniens.

D - Unité des Schistes Bleus.

2.1.2.12 Cartes et coupes récapitulatives

Les colonnes stratigraphiques (fig. II.104) de chaque écaille tectonique sont repérées sur la carte la figure II.103. Carte la figure II.103.

La carte de K. Honegger (fig. II.105) représente les unités lithologiques telles qu'elles sont définies à la colonne stratigraphique synthétique de la figure II.107.

Les coupes lithologiques de la figure II.106 ont un découpage correspondant au découpage primitif de K. Honegger (thèse 1984).

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013
-541-

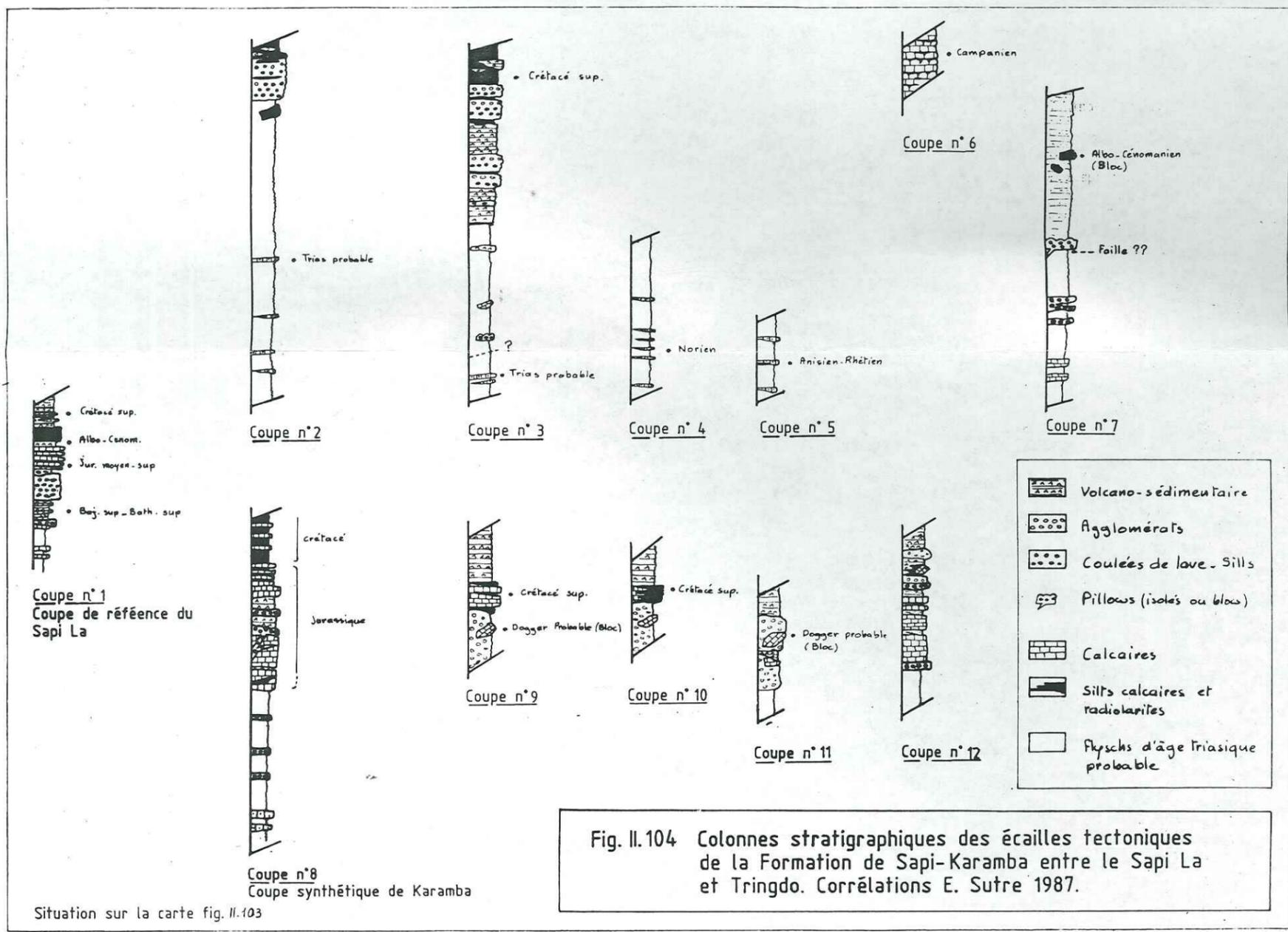


Fig. II.104 Colonnes stratigraphiques des écaïlles tectoniques de la Formation de Sapi-Karamba entre le Sapi La et Tringdo. Corrélations E. Sutre 1987.

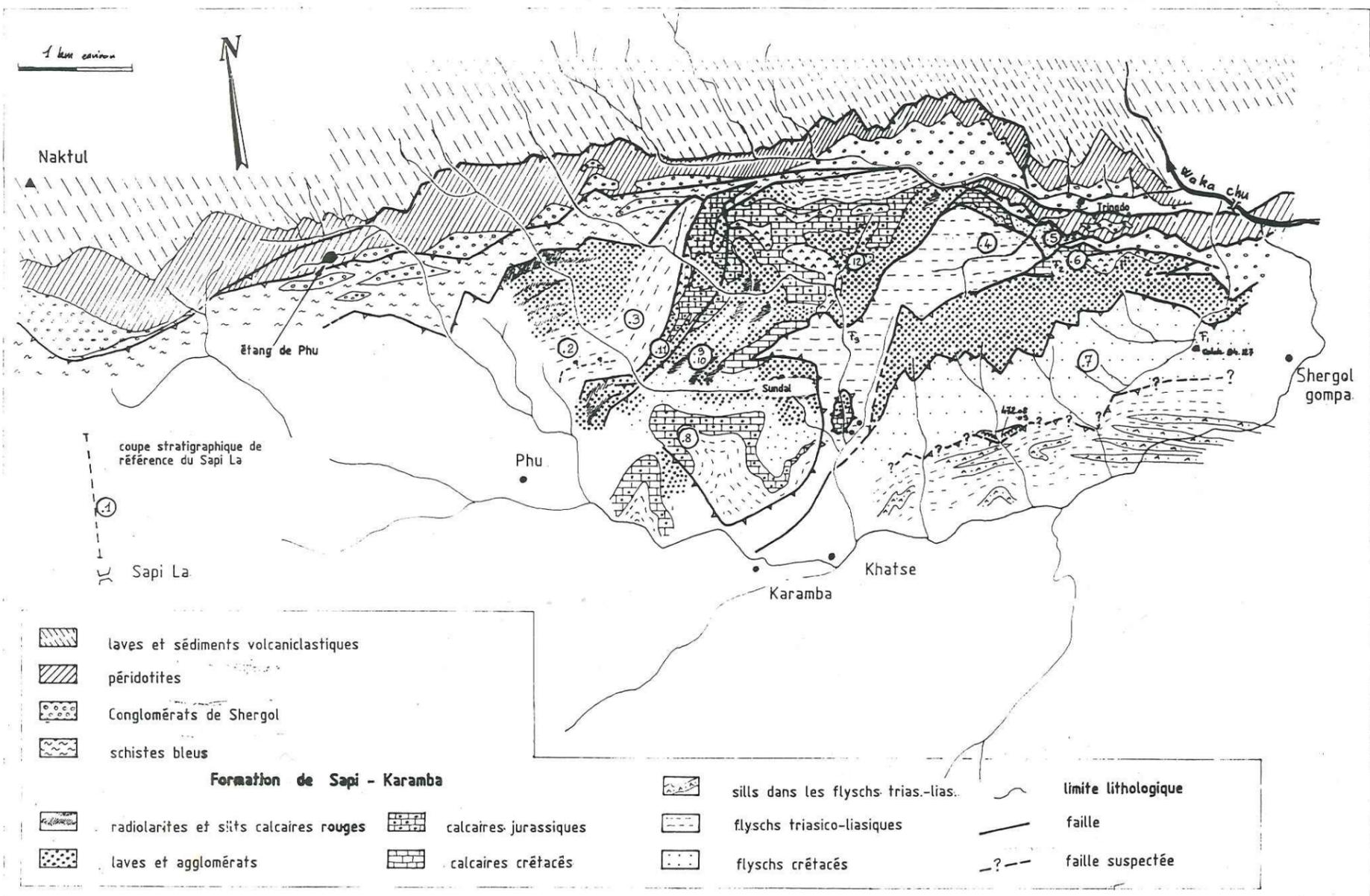


Fig. II.103 Carte de la région de Shergol - Sapi La. E. Sutre 1983 et 1984.

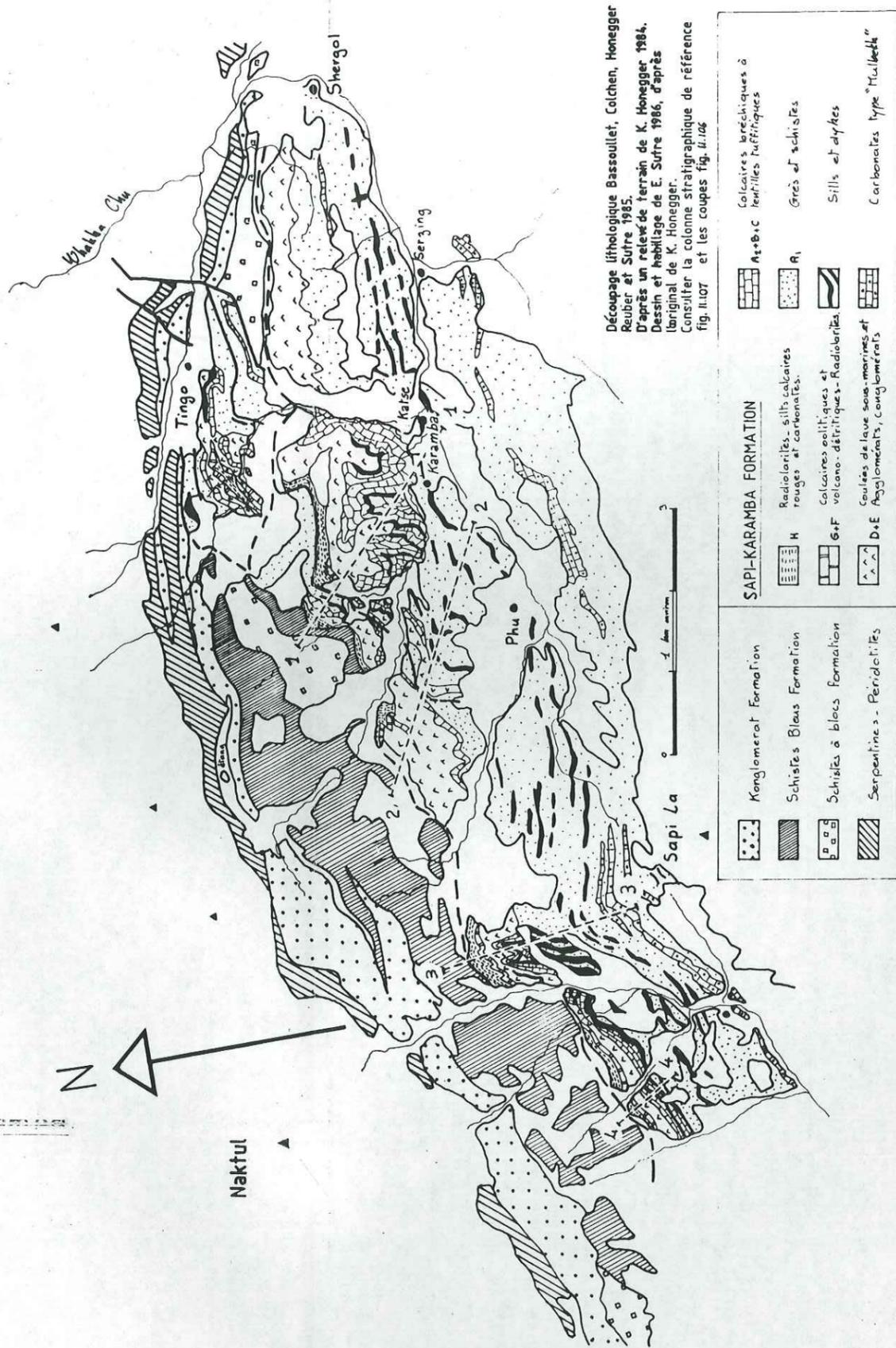


Fig. II.105 - Carte de la vallée Shergol-Sapi-La. K. Honegger 1983.

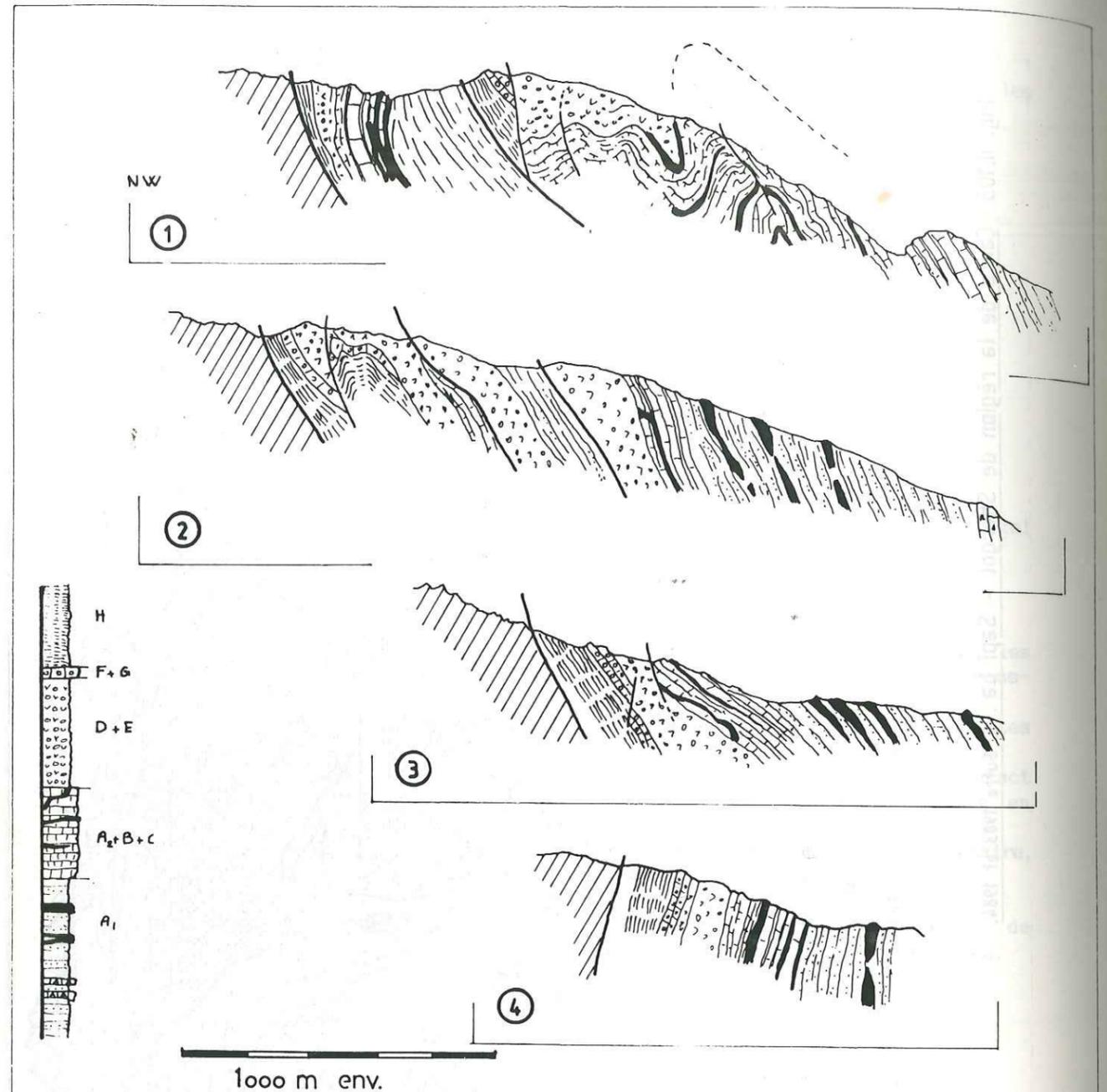


fig. II.106 Coupes dans la Formation de Sapi-Karamba.
 par K. Honegger 1983.

Situation sur la carte II.105.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

fig. II.107

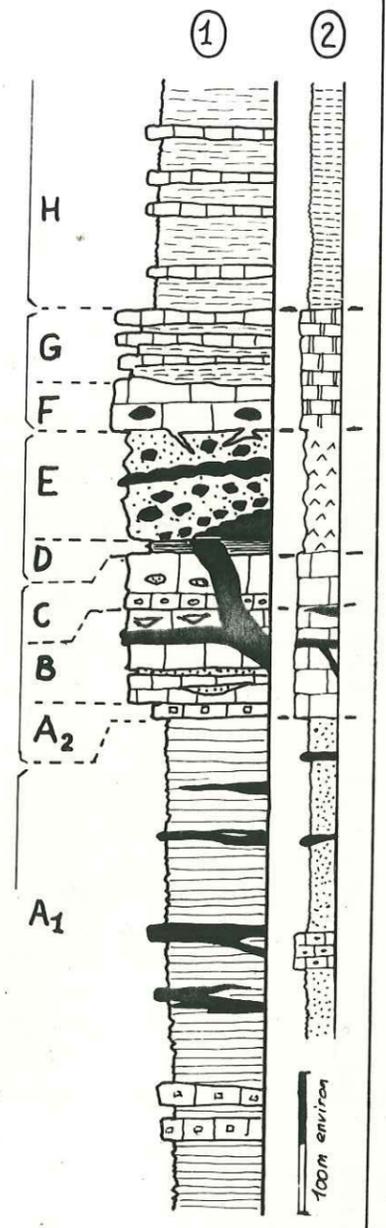
Colonne lithostratigraphique synthétique de la Formation de Sapi-Karamba.

K. Honegger, I. Reuber, M. Colchen, E. Suire. 1985.

- 1. Colonne détaillée
- 2. Colonne simplifiée correspondant au coupes et cartes de K. Honegger. Fig. et

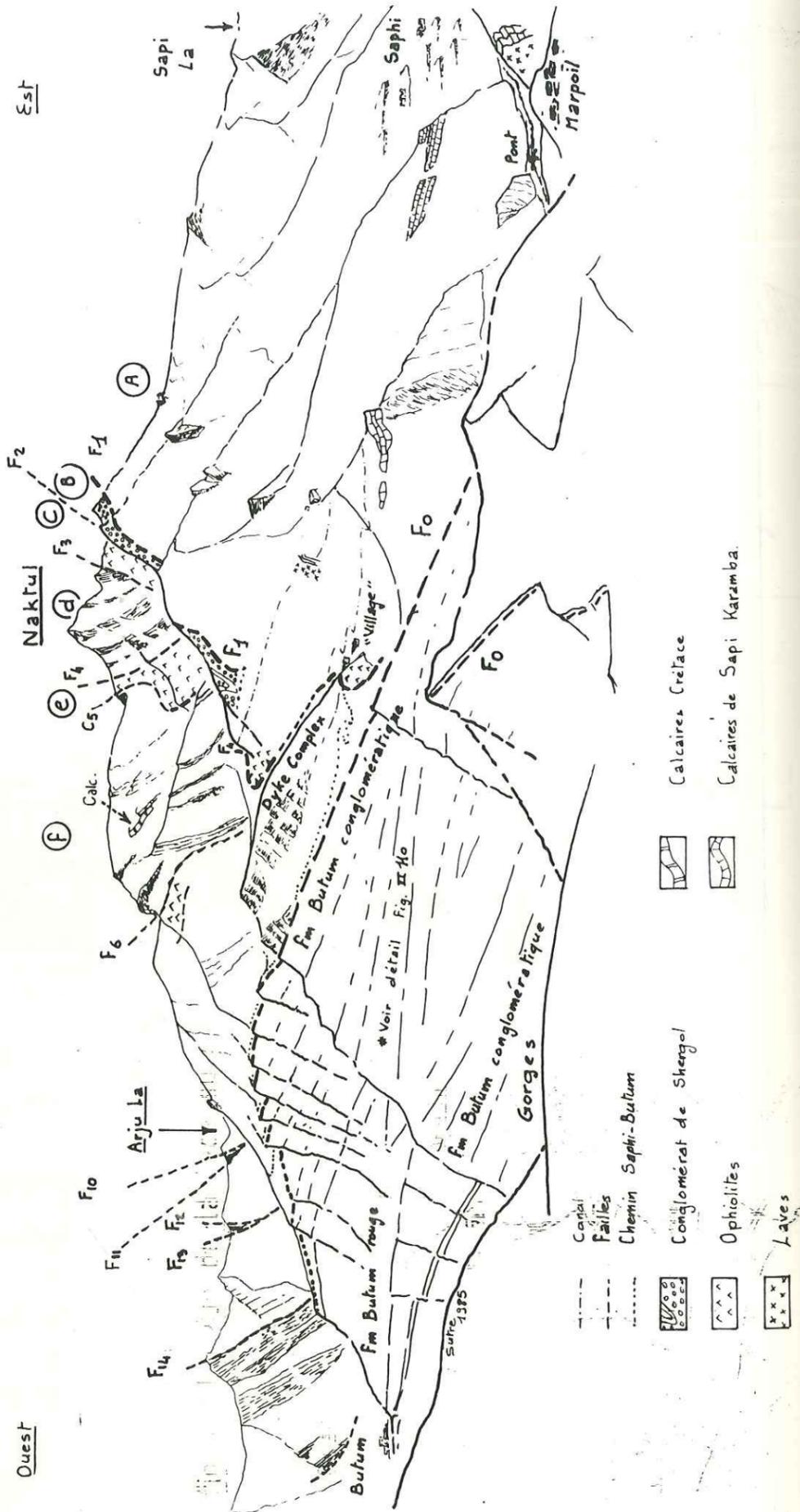
Légende colonne 1:

-  Silts calcaires rouges radiolaritiques
-  Tuffite
-  Coulée de laves et agglomérats
-  Sills et dykes
-  Calcaires à clastes de lave
-  Calcaires à clastes de tuffite.
-  Calcaires à Mégalodontès
-  Calcaires oolithiques
-  Calcaires bioclastiques
-  Calcaires bréchiques
-  Schistes



tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

fig. II.108 Vue de la face sud du Naktul depuis les hauts de Marpoil.



- 2.2 -

VALLEE DE LA SURU

2.2.1 - DISPOSITIF STRUCTURAL

Nous allons décrire du Sud vers le Nord la coupe schématique synthétique de la figure II.111:

- * Terrains de marge sud néotéthysienne charriés vers le NNW (cf thèse Gilbert 1986)
- * Ecailles de la Formation de Sapi - Karamba.
Les Conglomérats de Shergol sont par endroit discordants sur la formation.
- * Unités du Naktul.
Ces unités tectoniques, charriées vers le NNW et séparées par des lames de péridotites, sont constituées de terrains appartenant à la Formation de Naktul.
Localement, lorsque la tectonique ne le masque pas, on observe que les péridotites forment le substratum de dépôt de la Formation de Naktul.
Les conglomérats de Shergol sont discordants sur des écailles des Unités du Naktul, et notamment sur les péridotites.
- * Unité du Batholite.
Il forme le bâti sur lequel sont charriées les Unités du Naktul.
Dans l'ordre stratigraphique il est composé de:
 - la Formation de Dras I, intrudée par des plutons granodioritiques, et dont le substratum est formé de croûte océanique (I. Reuber 1987).
 - la Formation de Dras II, discordante (discordance d1) sur la Formation de Dras I.
 - La Formation des conglomérats de Butum, discordante (discordance d2) sur les formations de Dras I et II.

2.2.2 - LA FORMATION DE SAPI-KARAMBA

2.2.2.1 Entre le Sapi La et le Rusi La.

* Entre le Sapi La et Marpoil.

La carte d'Honegger (fig. II.105) montre les faciès de type Sapi La de la Formation de Sapi-Karamba se continuer vers l'Ouest.

Sur le panorama de la figure II.108, qui montre le versant Ouest du Sapi La, les écaillés de la Formation de Sapi-Karamba se situent au Sud de la faille F₁, dans l'unité notée "A".

D'Est en Ouest, à partir du col, les silts calcaires rouges disparaissent, on ne les retrouve qu'à Marpoil, en rive gauche du torrent de Butum.

Au niveau de Saphi les faciès dominants sont des flyschs à bancs de calcaires resédimentés. Localement, et notamment au niveau de Saphi, 100 mètres au dessus du pont, des sills de lave intrudent ces calcaires en y développant une petite auréole de métamorphisme de contact.

Des laves se rencontrent également au dessus de Saphi, à 1 km au Nord.

* Description de la coupe fig. II.110

Sutre, Colchen 1983. Reuber, Sutre 1985.

Voir également le panorama fig. II.108 et la coupe générale fig. II.111.

- Au Sud de Marpoil:

la Formation de Sapi-Karamba est chevauchée par une klippe (signalée par Fuchs en 1979) dont la racine est à chercher dans la nappe de la Mulbek Chu. Ce chevauchement se fait vers l'WNW, comme le montre le rebroussement des sills et des bancs de calcaires interstratifiés dans les flyschs de la Formation de Sapi-Karamba (fig. II.110).

Une coupe schématique de part et d'autre du pont de Marpoil montre, du Sud vers le Nord, la succession suivante qui, malgré la présence de failles, semble suivre l'ordre stratigraphique des coupes de référence:

- En dessous de Saphi:

Flysch grésopélitique dans lequel se regroupent par endroits des intercalations de bancs métriques de calcaires triasico-jurassiques. En rive droite, au dessus du pont, ces calcaires sont intrudés par des sills de laves qui développent un métamorphisme de contact.

- Au pont de Marpoil:

On rencontre en rive gauche des agglomérats ou coulées de laves sur lesquelles sont fixés des oursins: il s'agit donc de volcanisme sous-marin.

- En remontant la rive droite du torrent de Marpoil, vers la crête du Rusi La:

Nehlig et Humler (1982) ont analysé les roches magmatiques qui forment un alignement d'une cinquantaine de mètres de large qui monte jusqu'à la crête du Rusi La: on y rencontre notamment des dunités et des wherlites.

Selon I. Reuber (communication orale), il peut s'agir d'une écaille du substratum océanique du Complexe de Naktul, ou bien de roches intrusives dans la Formation de Sapi-Karamba.

- Entre Marpoil et l'accident F₁:

Le village de Marpoil est construit sur des pérites rose plus ou moins calcaires qui ressemblent à celles, d'âge jurassique-crétacé, de la coupe du Sapi La.

Vers l'Ouest, ces terrains disparaissent en rive droite par biseautage tectonique.

2.2.2.2 Au delà du Rusi La:

A partir du Rusi La, et jusqu'aux crêtes rive gauche de la Suru, la Formation de Sapi-Karamba est métamorphisée, ce qui ne facilite pas son étude: on consultera K. Honegger (1983), dont c'était le terrain de thèse.

De plus, la bande des Mélanges Colorés, très tectonisée, se pince entre les terrains des deux marges et parfois disparaît.

Dans la vallée de Dras et au delà vers l'Ouest, les Mélanges Colorés continuent, mais les observations existantes ne peuvent pour l'instant pas être reliées aux unités nouvellement créées.

Il existe une autre limitation à l'observation: cette zone jouxte la ligne de cessez-le-feu avec le Pakistan, tout près du check point de Dras. Elle est donc en zone interdite.

La zone située entre Mulbek et Marpoil reste donc la meilleure et la plus complète pour l'étude de la Formation de Sapi-Karamba.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

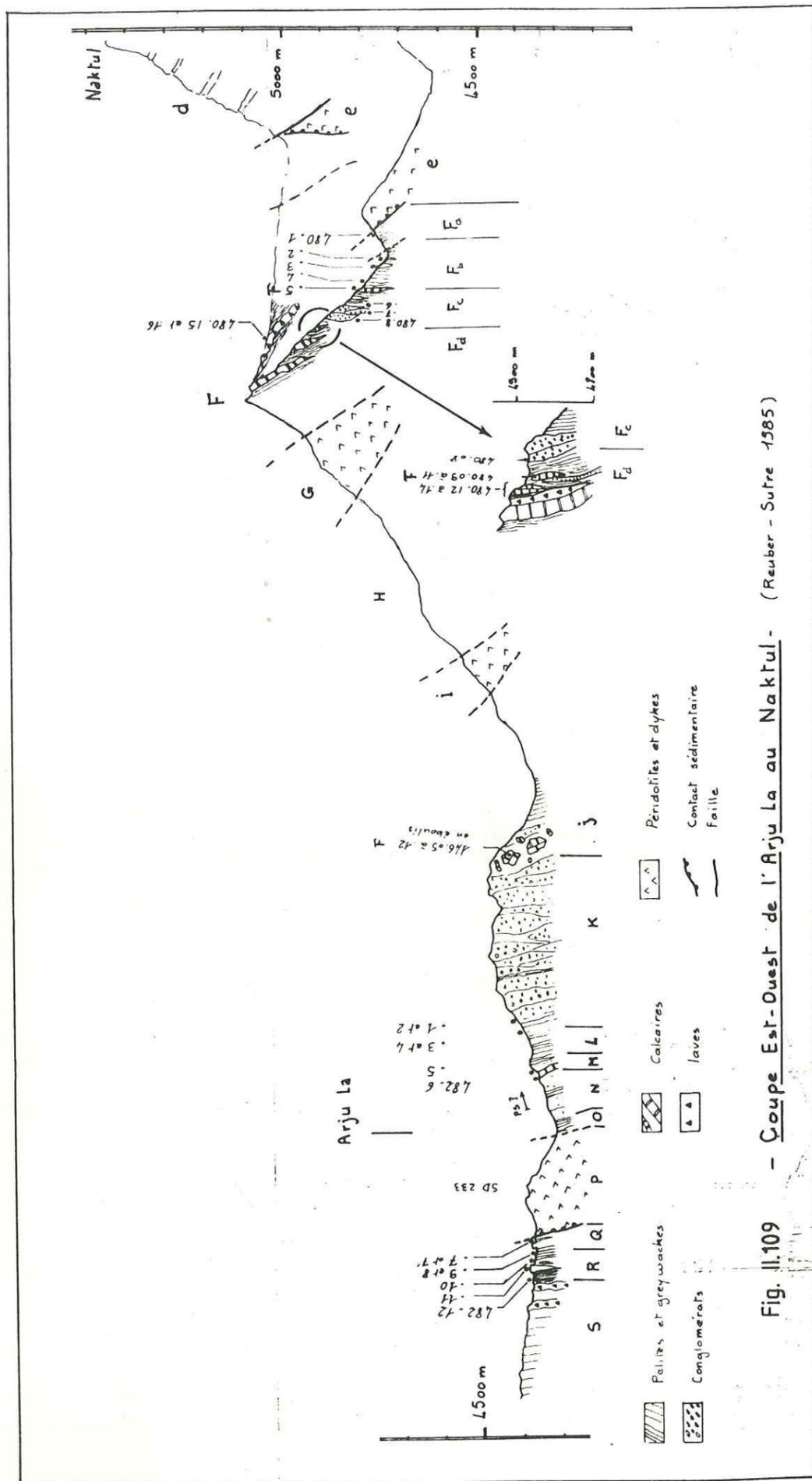


Fig. II.109 - Coupe Est-Ouest de l'Arju La au Naktul - (Reuber - Sutre 1985)

2.2.3 - LES UNITES DU NAKTUL

2.2.3.1 Coupe Naktul - Arju La.

Cette coupe a été levée en 1985. Ingrid Reuber s'est chargé de la partie magmatisme pendant que j'échantillonnais les faciès sédimentaires.

Les écaillles du Naktul chevauchent les formations du Complexe de Dras vers le NNW (coupes fig. II.110 et II.108).

Nous allons parcourir la crête rive droite depuis le Naktul jusqu'à Butum (panorama de la figure II.108). La description de la coupe débute par la figure II.110, puis continue par la coupe de détail de l'arrête de la figure II.109.

* Formations des Mélanges Colorés: panorama de la figure II.108.

- A - Formation de Sapi-Karamba.
- B - Barre rouge de conglomérats de la Formation des Conglomérats de Shergol discordants sur les péridotites.

* Unités du Naktul: fig. II.108 pour les unités C à E, fig. II.109 ensuite.

- C - Ecaille de péridotites.
- D - Ecaille de turbidites volcano-sédimentaires, qui, plus à l'Est, au-dessus de Phu, admet comme substratum de dépôt des péridotites.
- E - Au col Nord du Naktul: écaille de péridotites qui doit se relier au dyke-complexe situé au-dessous.

F -Description de cette écaille tectonique dans l'ordre stratigraphique (fig. II.109).

F_{6a} - Turbidites fines en bancs centimétriques: mudstones calcaires grésio-chloriteux à nombreux opaques (480.01), ainsi que greywackes et conglomérats de la taille des granules. Ce sont des dépôts volcano-sédimentaires.

F_{6b} - Après une petite faille probable, se développe toute une série volcano-sédimentaire.

Au sud, les turbidites sont fines, et semblent être affectées par des cheminées hydrothermales (480.02, 480.03).

Au niveau de l'échantillon 480.04, on trouve des silts rouges et calcaires fins (mudstones calcaires bioclastiques, silteux (quartz, feldspath à fantômes de foraminifères)).

La limite supérieure de F_{6b} a été placée au banc conglomératique lenticulaire, 480.05: il s'agit de calcaires à bioclastes de Rudistes

et à *Lepidorbitoides socialis* (détermination Bassoullet) de grande taille, qui donnent un âge Maestrichtien terminal pour ces dépôts.

F_c - A partir de cette unité, les conglomérats deviennent plus fréquents. Des passées turbiditiques de greywackes et de cherts ± calcaires contiennent (480.06) des empreintes de grandes feuilles (palmes ?).

Dans sa partie supérieure, ce membre est uniquement constitué de conglomérats.

F_d - Cette partie de la série, qui forme une tache claire bien visible dans le paysage, est complètement différente du reste: sur quelques dizaines de mètres d'épaisseur elle montre des ortho-conglomérats de calcaires à matrice calcaire, des para-conglomérats à galets calcaires dans une boue marno-calcaire à grands Foraminifères benthiques, des bancs de calcaires marneux à grands Foraminifères benthiques et des packstones grainstones à Rudistes.

De minces couches volcano-sédimentaires s'intercalent de temps à autres.

Plus haut, sur la crête, une coulée de laves en coussin s'intercale dans des marnes noires. Dans les agglomérats sont remaniés des galets de calcaires à Rudistes.

* Description des faunes:

- 480.09 à .12: packstones-grainstones à *Orbitolines*. Ces fossiles ont été pris dans des faciès qui semblent exclure leur remaniement.
- 480.14: packstone-grainstone à *Orbitolina* (*Mesorbitolina* sp) et peut-être *Orbitolina* (*Mesorbitolina* sp A ?), qui donnent un âge Aptien supérieur à Albien (détermination E. Fourcade). Ces fossiles ont été pris dans des faciès n'excluent pas leur remaniement.

L'échantillon de basalte 480.16 (cf annexe 5) est dans le champ des island arc tholéiites.

** Discussion:

La situation sur le terrain paraissait simple: il pouvait s'agir de dépôts de plate forme externe à rudistes d'âge albo-cénomaniens, cette plate forme formant un atoll autour d'un pointement volcanique.

Mais l'identification, au retour de la mission, de faunes du Maestrichtien terminal à une centaine de mètres au maximum des faunes de l'Aptien-Albien posait le problème différemment, sans que nous puissions retourner sur le terrain pour en revenir avec des certitudes.

En effet, si les dépôts font une centaine de mètres d'épaisseur entre l'Aptien supérieur-Albien (480.14) et le Maestrichtien terminal (480.05), alors nous avons affaire à une série très condensée, car je suis à peu près sûr qu'il n'y a pas de faille entre F_b et F_d.

La question la plus importante est donc de savoir si les faunes des échantillons 480.09 à 14 sont remaniées ou non car, dans l'écaille de l'Arju La (cf infra), on trouve des blocs pluri-métriques

de calcaires à Rudistes et Orbitolines albo-cénomaniens qui sont clairement remaniés.

- les Orbitolines des échantillons 480.09 à .12, non remaniées, ne peuvent fournir qu'un âge Barrémien-Cénomaniens moyen (qui représente la durée du groupe des Orbitolines).

- L'échantillon 480.14 donne un âge Aptien supérieur à Albien, mais il existe une possibilité pour que cet échantillon soit un élément de brèche,

On peut donc dire qu'il s'agit d'une écaille tectonique d'une série continue, épaisse d'une centaine de mètres, dont l'âge est compris entre le Barrémien-Cénomaniens et le Maestrichtien terminal.

G - Ecaille de péridotites qui semble fusionner à l'Est de la crête avec l'écaille de péridotite B (cf fig. II.113).

H - Ecaille de turbidites volcano-sédimentaires.

I - Ecaille de péridotites.

* les unités J à O forment l'écaille de l'Arju La.

J - Au Sud, turbidites volcano-sédimentaires à rares passées conglomératiques.

Au Nord, en relief dans le paysage, commence une barre conglomératique qui débute par 20 mètres de conglomérats grossiers à blocs plurimétriques de calcaires à Rudistes et Orbitolines.

Ces blocs calcaires ont été datés pour la première fois par Fuchs (1977), qui leur attribuait un âge albo-cénomaniens.

Les échantillons pris en éboulis au dessous du col, sont des packstones-grainstones de faciès particulier, à nombreux bioclastes, bioclastes encroûtés d'algues et de foraminifères, restes d'échinodermes, gastéropodes, foraminifères et spicules de spongiaires.

Les rudistes ont été déterminés par J.P. Masse qui a mis en évidence deux groupes de formes dans les échantillons 146.06, .07, .09, .12. Je cite:

- "Grandes formes à test compact : *Caprotinidae* probablement du genre *Horiopleura*.

- Formes coniques à allure de *Radiolitidae*, mais dont le test est dépourvu des cellules caractéristiques des représentants de cette famille. Ces formes sont donc à rapprocher de celles décrites par J. Philip (in Montenat et al 1982) en Afghanistan, dans l'Aptien supérieur, à savoir: "*Eoradiolites gilgitensis* (Douvillé)" et "*Sphaerulites griesbachi* (Douvillé)".

Ces formes font actuellement l'objet d'un projet d'étude Masse-Philip, car sur le plan taxonomique elles posent de sérieux problèmes".

Fin de citation.

Les Foraminifères et les Algues ont été déterminés par E. Fourcade (pour les Orbitolines) et par J.P. Bassoullet (pour les Algues)

- 146.05 : Orbitolines, Baccinella.
- 146.06 : Foraminifères encroûtants, Textulariidae.
- 146.07 : Orbitolines.
- 146.08 : Orbitoline (Mesorbitolina) lotzei ? Schroeder d'âge Aptien inférieur très élevé.
- 146.09 : Cuneoline.
- 146.10 : Orbitolines à calcite eyes (spicules de spongiaires ?), Lituolidae et Baccinella
- 146.11a : Orbitoline (Mesorbitolina) texana et Lenticuline qui donnent un âge Aptien supérieur.
- 146.11b : Everticyclammina et Orbitoline (Mesorbitolina) texana
Parva: limite Aptien inférieur-Aptien supérieur.
- 146.12 : Orbitoline à calcite eyes.

Donc, toutes les Orbitolines donnent un âge Aptien, et les Rudistes donnent un âge Aptien supérieur, bien que cette dernière précision soit donnée sous réserve des conclusions de la révision du taxon.

Ces blocs représentent des témoins d'une plate-forme carbonatée d'âge Aptien. Nonobstant les réserves exposées ci-après, les rudistes seraient plus précisément d'âge Aptien supérieur.

K - Bancs lenticulaires de conglomérats.

Dans la première moitié sud, les éléments de laves des conglomérats sont très grossiers: diamètre supérieur à 10 cm. Les blocs de calcaire sont rares.

Dans la moitié nord, les conglomérats sont de moins en moins grossiers et les galets de calcaires à rudistes, algues, échinodermes et gastéropodes (482.01 et .02) augmentent.

L - Argilites rouges à lamines et fantômes de foraminifères hyalins (482.03 et .04) et greywackes fines vertes à galets ou gravelles de calcaires à Rudistes.

M - Argilites et silts rouges à radiolaires (inextractibles: 482.05) et bancs décimétriques de mudstones calcaires à 25% de cristaux de quartz et feldspath (482.06). Gravelles de calcaires à rudistes.

N - Greywackes, conglomérats de roches volcaniques, passées schisteuses. La polarité sédimentaire semble être normale (à vérifier).

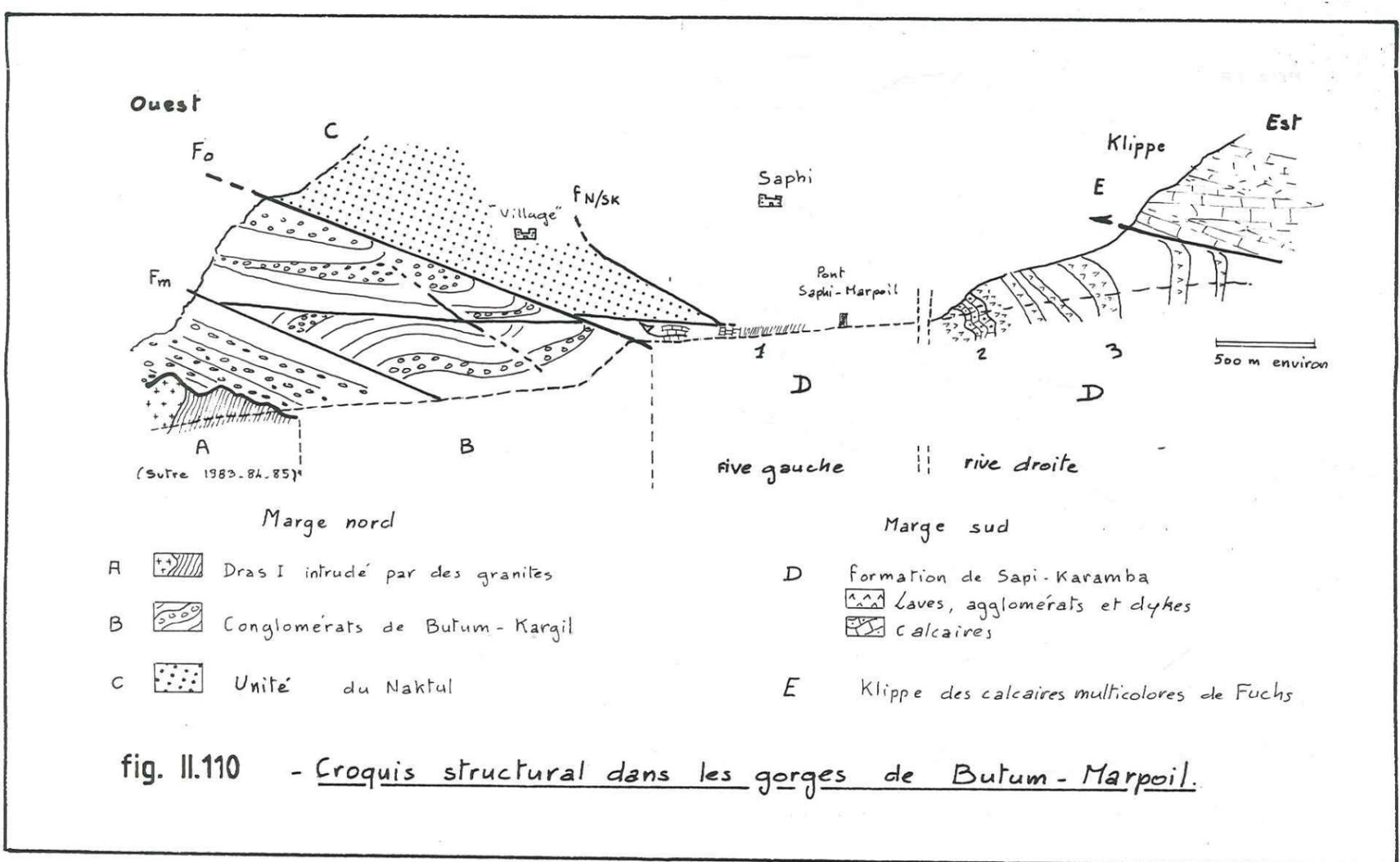
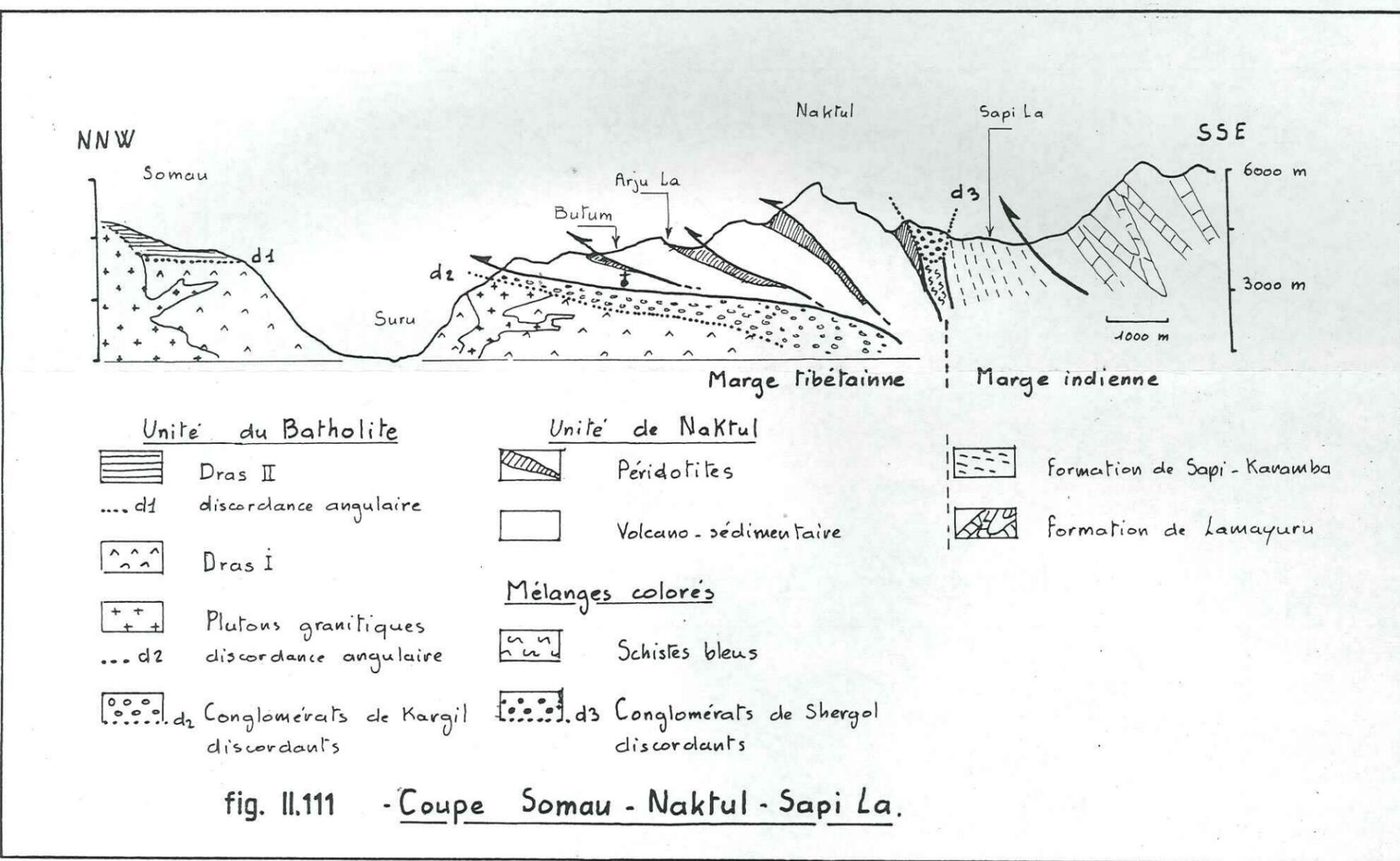
O - Pérites sombres: détritisme serpentineux ?

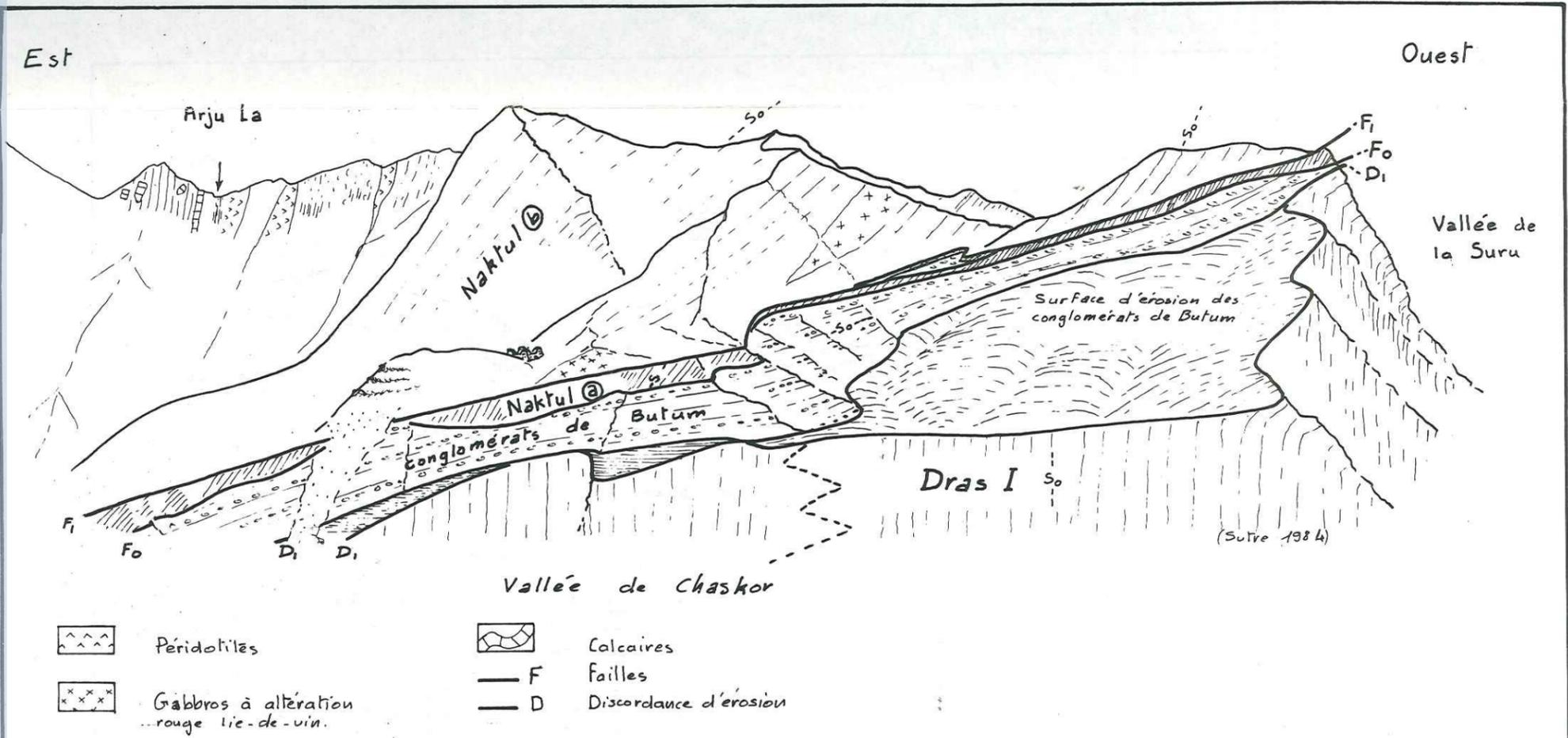
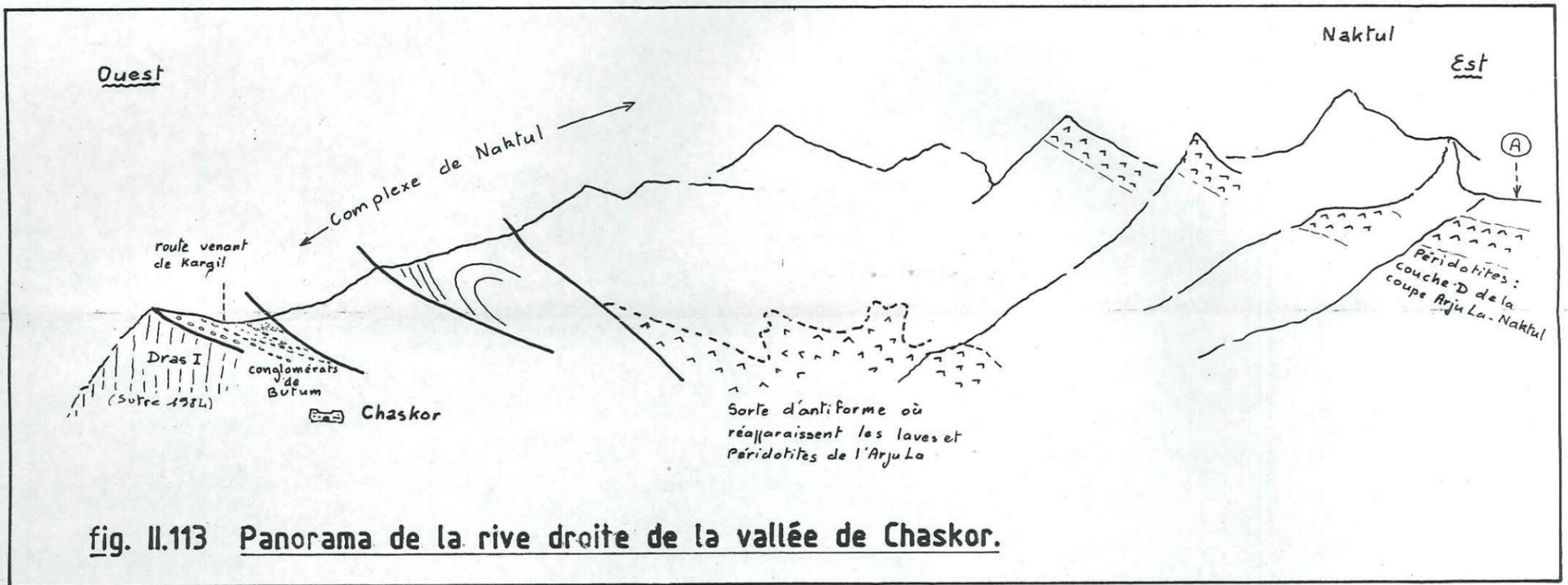
* Début d'une nouvelle unité volcano-sédimentaire dont le substratum semble constitué de péridotites.

P - Péridotites serpentinisées. Il semble y avoir une faille entre l'unité P et l'unité O.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- 553 -





tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

-455-

- Q - Cherts chloriteux (serpentineux) lités, parfois schistosés (482.07 et .07'). On peut penser que ces sédiments se sont déposés sur les péridotites de l'unité P.
- R - Volcano-sédimentaire fin: cherts à lamines arkosiques lithiques (482.08 et .09), quartzwackes fines chloriteuses (482.10 et .11), mudstone calcaire silteux (482.12).
- S - 700 à 800 mètres de turbidites de cinérites ou de laves, conglomérats et agglomérats, quelques coulées de laves.

Vers le Nord-Ouest le Complexe du Naktul se poursuit de la même manière, formé d'environ trois autres écaïlles tectoniques de matériel volcano-sédimentaire séparées par des péridotites. On regardera la figure 197, vue depuis Chaskor, qui montre cette arête depuis l'Arju La jusqu'à la falaise en rive gauche de la vallée de la Suru.

2.2.3.2 Coupes de Chaskor.

Le panorama de la rive gauche de la vallée de Chaskor (fig. II.112) montre les modalités du chevauchement des écaïlles du Naktul sur les Conglomérats de Butum. Description de bas en haut:

- Formation de Dras I, à la stratification subverticale.
- D₁ : discordance, surface d'érosion des conglomérats de Butum sur la Formation de Dras I. Correspond à ES₁ et ES₂ du bloc diagramme de la figure 192.
- Formation des Conglomérats de Butum. Curieusement, les couches de cette formation ne sont pratiquement pas affectées par le chevauchement des écaïlles du Naktul. Seuls les derniers mètres sont marqués par une schistosité qui manque par endroits totalement.
- Naktul (a): La présence de cette lame de terrains dérivés des Unités du Naktul explique l'absence de déformation dans les conglomérats sous-jacents. Elle est constituée de roches plus ou moins broyées, elle est affectée d'une multitude de failles montrant de nombreuses générations de stries de glissement. Malgré tout, la stratification (ou la schistosité ?) garde une attitude à peu près constante (notée S₀ sur le dessin).

A sa base, l'accident F₀ a par endroits l'allure d'une discordance angulaire. Au sommet, l'accident F₁ est le plan de chevauchement principal.

Le mouvement c'est donc produit entre l'écaïlle de Naktul (a) et le reste des unités du Naktul proprement dit, noté Naktul (b) sur le dessin.

Le Naktul (a), est une sorte de chemin de roulement qui s'est mis en place au fur et à mesure, au front de la nappe en mouvement, et qui, en prenant toute la déformation, a protégé les conglomérats de Butum.

- Naktul (b): écailles tectoniques qui sont pour la plupart en position stratigraphique inverse, avec, au Sud-Est, leur substratum probable de croûte océanique.

Le Croquis de la rive droite de la vallée de Chaskor (fig. II.113) esquisse sommairement la disposition des écailles du Naktul.

Chapitre troisième

Définition des termes et Classifications employées.

3.1 - LES MELANGES; DEFINITIONS,		
3.1.1 Historique	559	
3.1.2 Définitions employées	561	
* Mélanges tectoniques,		
* Mélanges polygénétiques,		
* Formation à blocs,		
* Mélanges colorés,		
3.2 - SEDIMENTS DETRITIQUES ET VOLCANO-SEDIMENTAIRES,		
3.2.1 Classes granulométriques et caractéristiques de forme	559	
3.2.2 Classification des rudites	559	
3.2.3 Classifications pétrographiques,		
3.2.3.1 Les roches détritiques	568	
3.2.3.2 Les roches carbonatées	568	
3.2.4 Les dépôts volcano-sédimentaires	570	
3.3 - MOLASSES, FLYSCHS; LEURS PROCESSUS PHYSIQUES DE DEPOT		
3.3.1 Molasses	573	
3.3.2 Flyschs	574	
3.4 - AGES ABSOLUS ET AGES RELATIFS,		
3.4.1 Ages absolus et âges relatifs	580	
3.4.2 Echelles employées	581	
3.5 - LES VOIES DU DETRITISME OPHIOLITIQUE,		
3.5.1 Exposé du problème	582	
3.5.2 Nomenclature des produits du détritisme ophiolitique		
3.5.2.1 Détritisme ophiolitique en milieu océanique	583	
3.5.2.2 Modalités de passage du milieu océanique	584	
vers le milieu continental	585	
3.5.2.3 Détritisme ophiolitique en milieu continental	585	
3.6 - MILIEUX DE DEPOT		586

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- 3.1 -

LES MELANGES: DEFINITIONS

3.1.1 - HISTORIQUE

Il n'existe toujours pas, à l'heure actuelle, de consensus sur la définition du terme "mélange". Le bref rappel historique qui suit va rapidement montrer pourquoi.

On pourra consulter, sur ce sujet, les articles suivant qui traitent de l'aspect historique de la question: Greenly (1919), Hsü (1968,1974), Blumenthal (1948), Bailey & Mac Callien (1950,1953), Künding (1959), Elter & Trevisan (1973), Gansser (1974), Gibbons (1983), Raymond (1984), Soyer (1984)...etc.

Dans un premier temps, jusque vers 1960, les géologues n'avaient pas encore les données nécessaires pour expliquer la formation et la signification d'unités que l'on décrivait de la manière suivante:

"formations chaotiques, composées de blocs emballés dans une matrice parfois 'normale': sédimentaire, parfois 'étonnante': serpentines ou gypse.

- Les blocs vont de la taille centimétrique à kilométrique, voire pluri-kilométrique.

- Association jusque là inexplicable d'une grande variété de roches sédimentaires, métamorphiques (notamment de faciès schistes bleus), plutoniques et volcaniques.

- Les blocs de roches sédimentaires font souvent partie de séries inconnues à l'affleurement: on parle alors de blocs exotiques.

- Fréquemment, les roches volcaniques ne développent pas de métamorphisme de contact dans "l'encaissant". Ces blocs, dont on ne s'explique pas la présence, peuvent également être qualifiés "d'exotiques".

- Une structure souvent très complexe, imbriquée, chaotique, accompagnée fréquemment d'écaillés charriées et de nappes."

Greenly, en 1919, exposa une première hypothèse: il qualifia "d'autoclastic melanges" les formations très tectonisées du Mona Complexe du Pays de Galles. Ces mélanges étaient dus, selon lui, à des processus de brassages tectoniques, et il existe depuis lors une école anglo-saxonne qui considère que le terme mélange ne s'applique qu'à des mélanges issus de processus tectoniques.

Ce mode de formation ne s'appliquait manifestement pas à toutes les unités qui étaient qualifiées de mélanges et, sans connaître les milieux de dépôts susceptibles de leur donner naissance, de nombreux auteurs suspectaient pour certains une origine sédimentaire. Certaines de ces roches, à structure chaotique, sont encore appelées diamictites.

Les progrès des connaissances sur la topographie et la composition pétrographique des fonds marins permirent à Kündig (1959) de localiser la formation des mélanges ophiolitiques des Célèbes sur les pentes de la fosse océanique, qui n'était pas encore dite "de subduction". En effet, il était alors envisagé qu'il s'agissait d'une zone d'où les sédiments de plate-forme et les ophiolites pouvaient, lors de phases diastrophiques, glisser par gravité dans des turbidites plus profondes.

Cette hypothèse, placée dans le cadre de la théorie des géosynclinaux, fut facilement transposée dans celle de la tectonique des plaques (K.J. Hsü 1973 in "Gravity and Tectonics").

Dans un dernier temps, au début des années 1970, la théorie de la tectonique des plaques étant à peu près unanimement acceptée, on vit apparaître le concept de "mélanges ophiolitiques", développé par A. Gansser en 1974 dans sa publication: "The ophiolitic melanges, a world-wide problem on tethyan examples". Soulignant que:

"La reconnaissance des mélanges en tant qu'unité tectonique cartographiable a aidé à clarifier et à débrouiller des schémas tectoniques désespérément irréductibles par la méthode de cartographie soigneuse de chaque bloc exotique".

L'auteur donne les mélanges ophiolitiques comme caractéristiques des zones de limites de plaques: zones de subduction par exemple, ou zones soulignant les sutures de plaques dans les orogènes.

Du strict point de vue de la sémantique, et sans que cette remarque enlève une once d'intérêt à une approche qui s'est révélée féconde, on peut reprocher une chose à la définition du terme "mélange ophiolitique" proposée par l'auteur: c'est qu'il puisse caractériser des unités qui ne contiennent pas d'ophiolites, mais qui auraient pu en contenir.

D'autre part, maintenant que, grâce à cette nouvelle attitude face aux mélanges, les modalités de leur genèse nous sont plus ou moins connues, il arrive que la cartographie soigneuse de chacun de leurs éléments nous permette de mieux appréhender les phénomènes et les milieux qui leur ont donné naissance; nous en verrons une illustration dans cette étude.

En résumé:

Il est maintenant devenu clair que les processus donnant naissance à ce que le géologue commun nomme "mélanges" (donc au sens large du terme) peuvent être de deux natures: sédimentaire ou tectonique.

On peut également avoir une combinaison ou une succession de ces deux modes de formation.

L'application n'est pas bijective car, si des mélanges peuvent se former dans des environnements sédimentaires ou tectoniques variés, des environnements différents peuvent donner des mélanges semblables.

De ce fait, tout le monde s'est mis d'accord pour ne pas baser la définition du mot "mélange", ainsi que la classification de ceux-ci, sur des critères génétiques, sur des critères de localisation particulière, ou sur la composition de la matrice.

Dès lors, si on laisse de côté l'acception tectonique du terme, quelles peuvent bien être les différences entre un mélange et une quelconque formation à blocs de type olistostromale ?

Autrement dit: où se termine la sédimentation et où commence la tectonique ?

Selon A. Raymond (1984), la différence vient du fait que le mélange sédimentaire contient des blocs exotiques. Malheureusement, sa définition d'un bloc exotique n'est pas convaincante. Je n'en veux pour preuve que sa réponse à De Jong (même publication): *"bien que la définition des blocs exotiques soit imparfaite, calà n'est pas une raison pour ne pas l'utiliser"*.

Quelle est donc la définition intuitive de "bloc exotique" ?

"Un bloc exotique est un bloc faisant partie d'une unité volcanique, plutonique ou d'une série sédimentaire qui sont (pour l'instant?) inconnues à l'affleurement, ou dont la présence est ressentie comme incongrue."

(définition du géologue de base).

Comme on le voit, l'appellation "bloc exotique" est précaire: il suffit de percer le mystère entourant la provenance du bloc pour qu'elle disparaisse.

La même constatation vaut pour le terme mélange: on l'a souvent utilisé pour des unités qu'on avait du mal à appréhender, unités que l'on s'est empressé de qualifier par leurs noms génétiques dès qu'on eût compris leur mode de formation.

Jacobi (in Raymond 1984) fait une revue complète des sites de formation des mélanges, qu'ils soient d'origine sédimentaire ou tectonique. Il faut noter que, dans la rubrique "mélange tectonisé", l'auteur a décrit les évolutions tectoniques probables de quelques mélanges formés dans des environnements tectono-sédimentaires particuliers.

Mais il apparaît que l'acception du terme "mélanges" utilisée par l'auteurs semble peu propice à une classification des objets qu'elle désigne, dans la mesure où une classification efficace doit posséder un nombre de classes très inférieur au nombre d'objets classés, ce qui n'est pas le cas ici.

Ceci, joint à la dérive historique du terme, est à mon sens la démonstration du fait que ce terme est employé pour désigner des objets en attente d'interprétation et de classement, objets qui ont été rangés dans la classe mélange "au feeling", comme disent les jazzmen.

3.1.2 - DEFINITIONS EMPLOYEES

J'appellerai:

Mélanges tectoniques: une unité cartographiable à des échelles inférieures au 1/25000^{ème}, composée de blocs emballés dans une matrice,

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

dont le processus de formation est dû au brassage tectonique, et où d'éventuels processus sédimentaires ont complètement été oblitérés par la déformation.

Mélanges polygénétiques: une unité cartographiable à des échelles inférieures au 1/25000, composée de blocs emballés dans une matrice, si fortement affectée par la tectonique, qu'il n'a, pour l'instant, pas été possible de démêler la part, dans la formation des blocs, des processus tectoniques et de processus sédimentaires suspectés.

Formation à blocs: une formation sédimentaire comprenant des blocs de quelque nature que ce soit (y compris des ophiolites), dans laquelle les blocs ont été incorporés à la matrice par des processus d'origine gravitaire. On pourra objecter que les débris flows des cônes sous marins rentrent dans cette catégorie. C'est exact, et pour cette raison j'ajouterai à la définition la condition subjective suivante: cette appellation ne vaut que pour les formations renfermant beaucoup de blocs, de nature et de taille très variées. On appréciera la nuance.

Mélange coloré: la zone géographique du Ladakh cartographiée comme telle par A. Gansser et ses successeurs.

En effet, certaines formations appartenant aux mélanges colorés, qui étaient préalablement décrites comme des unités tectoniques, sont en réalité en contact stratigraphique avec des séries appartenant au Groupe de L'Indus. De ce fait, bien qu'une de ces bandes de mélanges colorés garde une signification globale de zone de limite de plaque, on ne peut plus maintenant définir clairement et simplement les unités des mélanges colorés avec des critères tectoniques ou stratigraphiques.

En effet, la bande Nord des mélanges colorés n'appartient pas à la suture *sensu stricto*, ce qui ne va pas dans le sens de la définition de Gansser.

Ce terme, bien qu'il puisse induire des significations géodynamiques perverses, sera conservé uniquement parce que tous les géologues himalayens savent où ces terrains sont situés et parce que, réellement, ils sont hauts en couleurs.

J'essaierai donc de ne pas utiliser le mot "mélanges" sans qualificatif.

Pour les raisons évoquées plus haut, je n'emploierai pas la terminologie de A. Raymond: allolistostrome, endolistostrome, broken ou dismembered formation...etc, car elle s'appuie entre autres sur la notion de bloc exotique.

En guise de conclusion à cette dialectique, on peut dire que rien n'empêchera jamais un géologue d'employer la définition suivante: la définition suivante:

"une unité comprenant des blocs emballés dans une matrice sera appelée MELANGE, tant qu'on aura pas compris son mode de formation ou sa signification géodynamique."

Et, faisant fi de la sémantique, tout le monde le comprendra !

- 3.2 -
**SEDIMENTS DETRITIQUES
 et
 VOLCANO-SEDIMENTAIRES.**

Il s'agit d'exposer les classifications employées dans la description des caractéristiques granulométriques, pétrographiques et génétiques des sédiments.

3.2.1 CLASSES GRANULOMETRIQUES, CARACTERISTIQUES DE FORME

* **Classes granulométriques.**

Le tableau de la figure II.114 (in A.E Adams & Al, 1984) donne les limites des classes granulométriques employées: elles correspondent au découpage de C. K. Wentworth. Je n'ai pas trouvé de suite équivalente en français, aussi ai-je fabriqué une liste d'équivalences qui emprunte, pour les rudites, la classification de Cailleux et pour le reste, la traduction des termes anglais.

Se reporter à la figure II.115 pour les chartes visuelles d'estimation du tri.

* **Emoussé des grains.** se reporter à la figure II.116.

* **Maturité du sédiment:**

Stade immature: le sédiment contient plus de 5% de matrice argileuse ("clay"). Grains mal triés et pas bien arrondis.

Stade submature: le sédiment contient moins de 5% de matrice argileuse. Grains mal triés et pas bien arrondis.

Stade Mature: le sédiment contient pas ou très peu d'argile. Grains bien triés, mais pas bien arrondis.

Stade supermature: le sédiment ne contient pas d'argile. grains bien triés et bien arrondis.

Size in mm of class boundary	Class term	Grain size terms for rock	
256	boulders	rudite rudaceous rock conglomerate breccia	
64	cobbles		
4	pebbles		
2	granules		
1	very coarse sand	arenite arenaceous rock sandstone	
0.5(1)	coarse sand		
0.25(1)	medium sand		
0.125(1/2)	fine sand		
0.0625(1/16)	very fine sand		
0.0312(1/32)	coarse silt	siltstone	argillite argillaceous rock mudstone mudrock shale
0.0156(1/64)	medium silt		
0.0078(1/128)	fine silt		
0.0039(1/256)	very fine silt		
	clay	claystone	

Blocs	_____
Galets	_____
Graviers	_____
Granules	_____
Sable très grossier	_____
grossier	_____
médium	_____
fin	_____
très fin	_____
Silt grossier	_____
médium	_____
fin	_____
très fin	_____
Argile	_____

fig. II.114

Classification granulométrique de C.K. Wentworth.

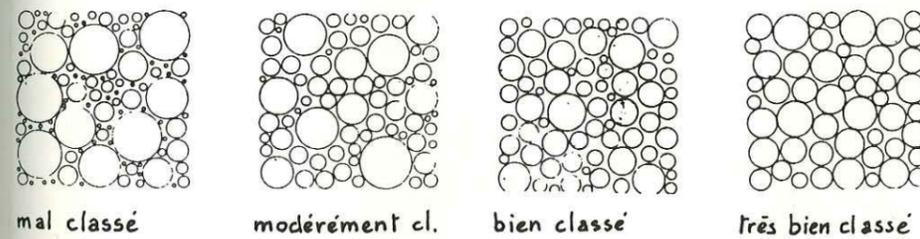


fig. II.115 Charte visuelle d'estimation du tri granulométrique. (Pettijohn & al 1973)

5. Well-rounded	4. Rounded	3. Subrounded	2. Subangular	1. Angular	0. Very angular	SPHERICITY
						HIGH

fig. II.116 Emoussé des grains. (d'après Pettijohn & al 1973)

3.2.2 - CLASSIFICATION DES RUDITES

La classification employée sera celle de J.D Collinson & D.B. Tompson 1982 (figure II.117), dont je cite la définition :

"Il n'existe pas d'accord universel concernant le pourcentage de clastes supérieurs à 2mm ($\phi=1$), qui doivent être présents dans le dépôt pour qu'il soit qualifié de rudite. Je préconise la définition suivante:

Une roche formée d'une mixture de boue, graviers ("gravels") et sables, est une rudite et je préconise l'emploi des termes **graviers, conglomérats ou brèches**, quand elle contient plus de 30% de clastes supérieurs à 2mm."

* Rudites particulières:

Calcirudite, calcarénite: roche essentiellement formée de fragments calcaires de la classe granulométrique des rudites, arénites ou lutites.

* Architecture des conglomérats:

Il s'agit de différencier les ortho- des para-conglomérats (figure II.118).

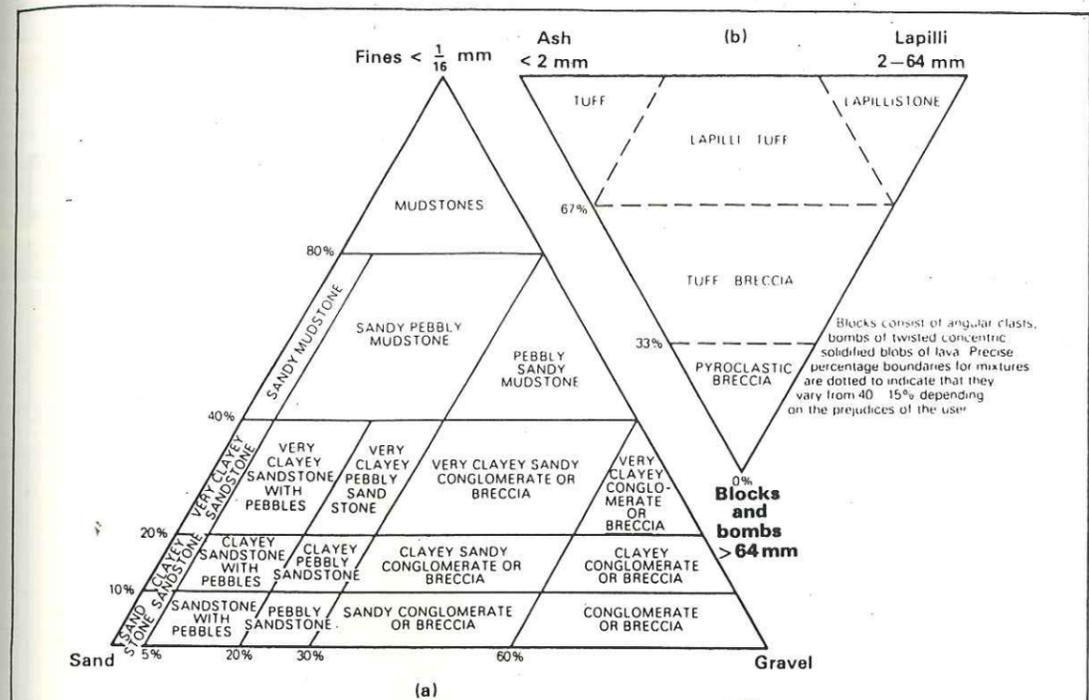


fig. II.117 Nomenclature des rudites. (in. Collinson 1984)

A: rudites consolidées définies par la proportion de leurs différentes classes granulométriques (modifié d'après Piper & Rogers 1980).
 B: roches pyroclastiques définies par la proportion de leurs différentes classes granulométriques.

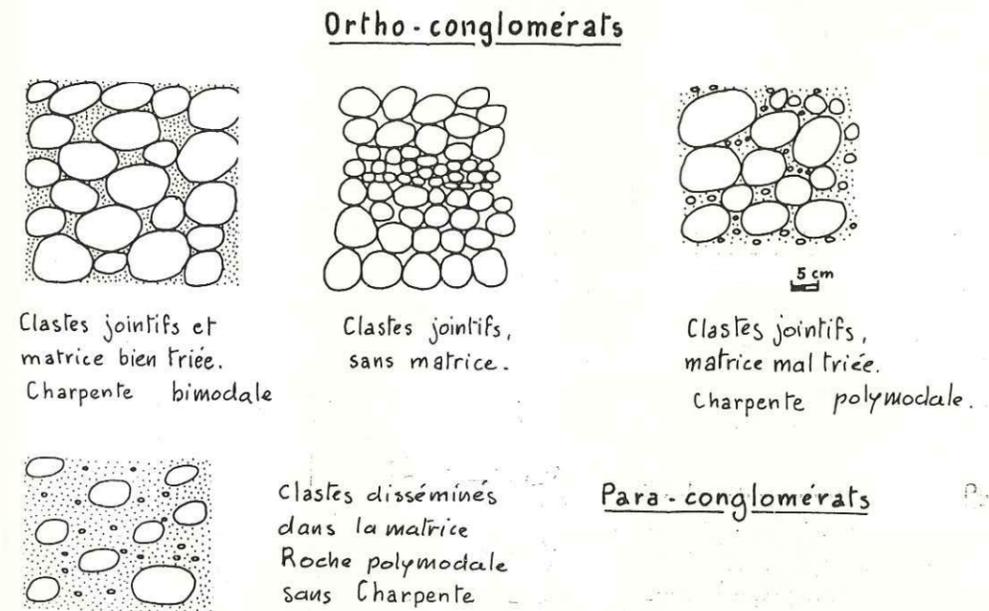


fig. II.118 Architecture des conglomérats

3.2.3 - CLASSIFICATIONS PETROGRAPHIQUES

3.2.3.1 Les roches détritiques (fig. II.119).

Les greywackes, ou graywackes, sont des "sables sales" avec plus de 15% de matrice de granulométrie inférieure à 30µ, et les arénites sont des "sables propres".

Les calcilithite: sont des sables formés en majorité de particules de calcaire ou de dolomies dérivées d'une roche calcaire préexistante.

On notera que la classification de Pettijohn (fig. II.119), à la différence de celle de Folk (1974), n'inclut pas les fragments de granite et de gneiss dans le pôle arkose: tous les fragments lithiques sont regroupés au même pôle.

3.2.3.2 Les roches carbonatées (fig. II.120).

La classification de Dunham sera la plus utilisée. En effet, les terrains étudiés contiennent souvent des calcaires de type grain flow ou débris-flow intercalés dans du volcano-sédimentaire et il est difficile de dire si les éléments figurés sont des allochèmes ou des débris.

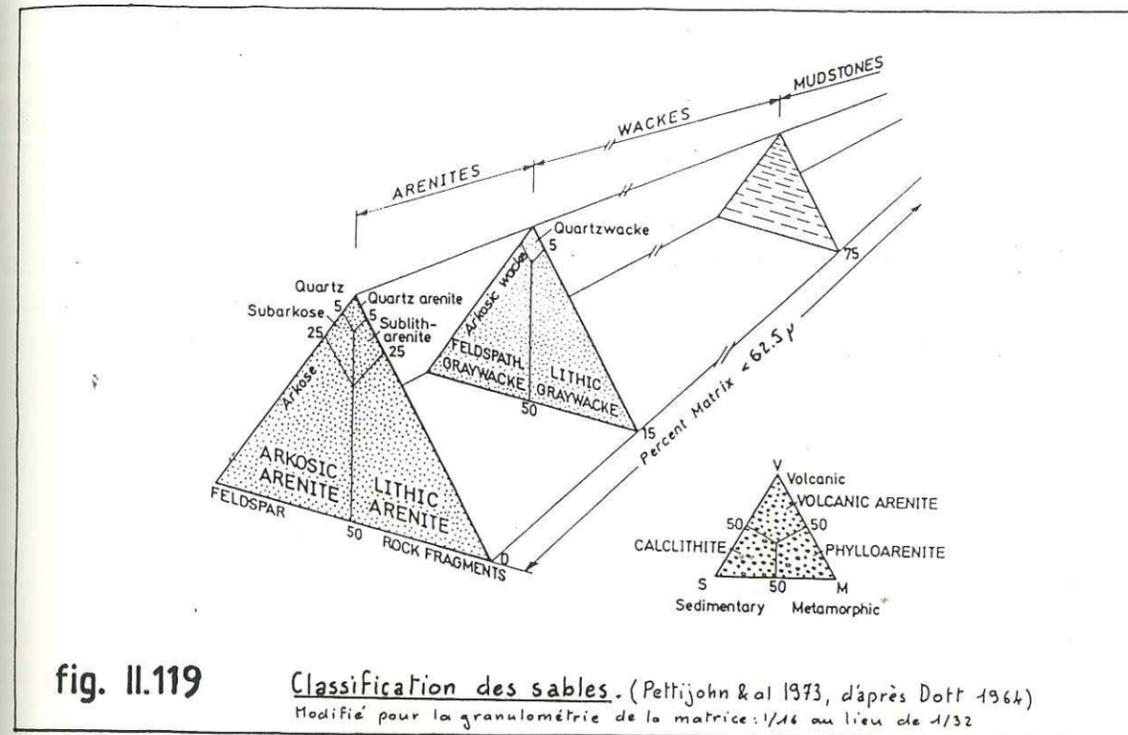


fig. II.119 Classification des sables. (Pettijohn & al 1973, d'après Dott 1964) Modifié pour la granulométrie de la matrice: 1/16 au lieu de 1/32

Original components not organically bound together during deposition		Components organically bound during deposition	
contains carbonate mud		no carbonate mud	
mud-supported		grain-supported	
< 10% allochems	> 10% allochems		
MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE
BOUNDSTONE			

Classification de Dunham (1962). Les noms de roches sont en lettres capitales.

fig. II.120 Classification des roches calcaires.

Variations de texture dans les roches carbonatées. (classification de Folk 1959)

Over 1 micrite matrix				Subequal spar & micrite	Over 1 spar cement		
0-1% Allochems	1-10% Allochems	10-50% Allochems	Over 50% Allochems		Sorting poor	Sorting good	Rounded & abraded
Micrite & dismicrite	Fossiliferous micrite	Sparse biomicrite	Packed biomicrite	Poorly-washed biosparite	Unsorted biosparite	Sorted biosparite	Rounded biosparite

■ Micrite matrix ▨ Sparry calcite cement

3.2.4 - LES DEPOTS VOLCANO-SEDIMENTAIRES

J'appliquerai la nomenclature descriptive et la classification des dépôts et des fragments pyroclastiques de la Subcommission IUGS sur la systématique des roches ignées (R. Schmid, 1981).

Classification de la sub-commission:

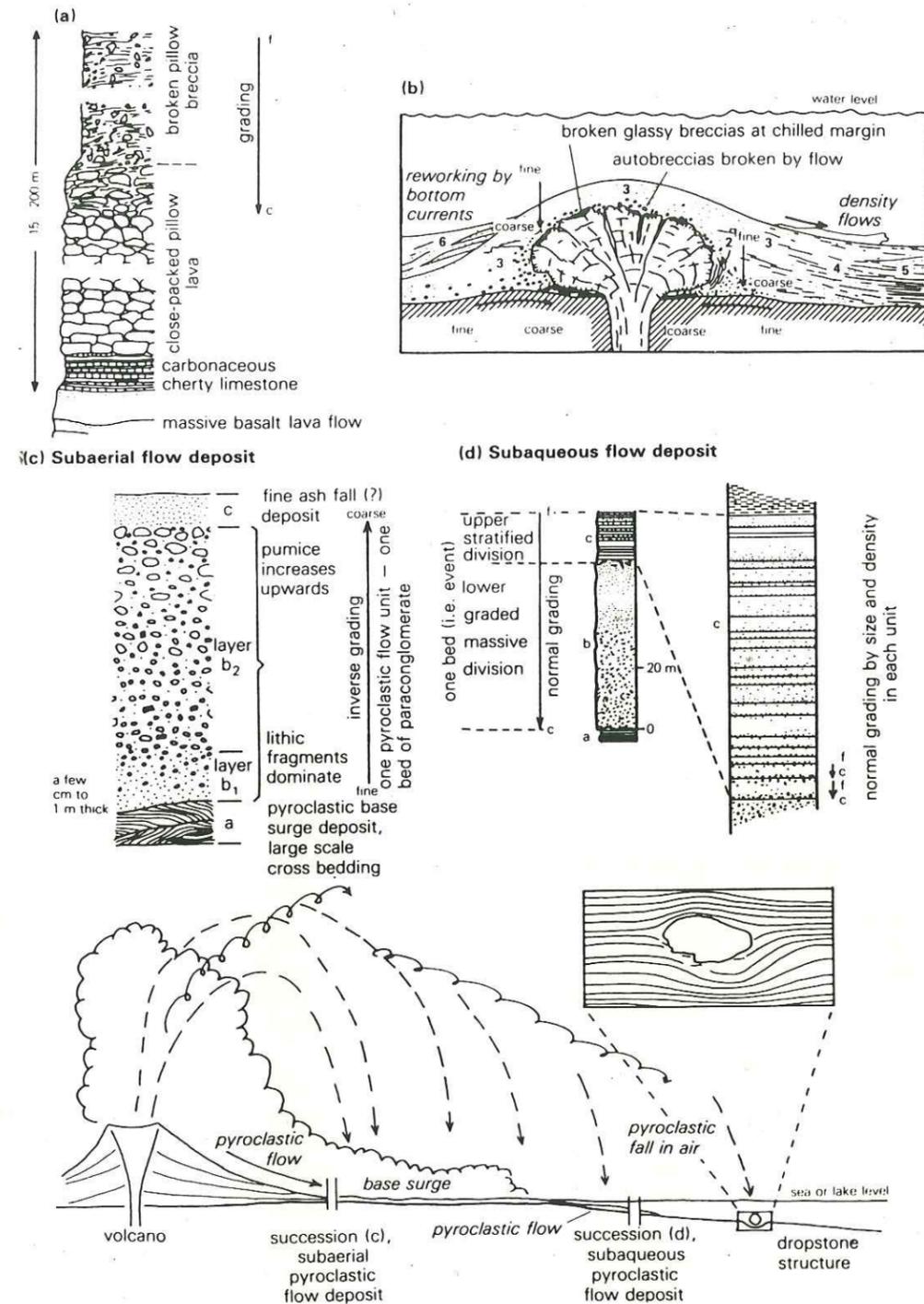
PYROCLASTITE	TUFFITE (pyroclaste + épiclaste)	EPICLASTITE (volcanique et/ou non volcanique)	TAILLE
agglomérat brèche pyroclastique	conglomérat tuffacé brèche tuffacée	conglomérat brèche	64 mm
lapilli tuff			2 mm
tuff de cendres	grossier sable tuffacé	sable	1/16 mm
	fin silt tuffacé	silt	1/256 mm
	shale tuffacé	shale	
100%	75%	25%	0%

<----- pyroclastes (% en volume)
 -----> épiclastes; volcaniques ou non, plus une faible proportion de constituants d'origine sédimentaire biogénique ou chimique et de constituants authigènes.

La principale idée à retenir, est qu'un pyroclaste est généré par une bréchification directement due à un processus volcanique, alors que l'ancienne proposait: "... durant les processus volcaniques..."

La subcommission donne l'exemple suivant: les fragments issus des processus d'autobréchification d'une coulée de lave ne s'appellent plus des pyroclastes, car c'est la coulée qui est directement due aux processus volcaniques, les brèches étant le résultat de la coulée.

La classification des dépôts volcano-sédimentaires est à double entrée: horizontalement le classement se fait sur le rapport entre pyroclastes et épiclastes, verticalement il se fait sur la granulométrie. Les dépôts mal triés posent les mêmes problèmes que les rudites, dont la dénomination est exposée à la figure II.117.



Volcanic processes and rudite sequences: (a) sub-aqueous flow sequence in basic magma; typical pillow breccia - hyaloclastite sequence (modified after Carlisle 1963, Lajoie in Walker 1979); (b) sub-aqueous autoclastic and hyaloclastic flow sequences in acid rhyolitic magmas with resedimentation. A conjectural model for vertical and lateral associations of rock types and rhyolitic hyaloclastites: 1, submarine extruded dome covered by autobreccia and hyaloclastites; 2, blocky talus with remnants of ancient crust; 3, unstratified sand-size hyaloclastites *in situ*; 4, 'stratified' hyaloclastites *in situ*; 5 and 6, resedimented 'hyaloclastites' (after Lajoie in Walker 1979); (c) subaerial and subaqueous pyroclastic flow deposits. Vertical sequence of primary structures commonly present in subaerial and subaqueous pyroclastic flow deposits. (After Sparks *et al.* 1973, Fiske & Matsuda 1964 and Lajoie in Walker 1979.)

(in Collinson 1984)

fig II.121 Processus volcani-clastiques et rudites associées.

Tout pyroclaste remanié, devient un épiclaste: les épiclastes comprennent les épiclastes volcaniques et les clastes non volcaniques.

Il semble qu'on puisse introduire un distinguo entre pyroclaste remanié, qui désignerait un pyroclaste dont la forme a été seulement un peu altérée par un faible remaniement, et un "épiclaste volcanique", qui peut être un fragment de pyroclaste (remaniement important).

A mon avis, on gagnerait à utiliser un diagramme triangulaire dont les pôles seraient: pyroclastes + pyroclastes remaniés, épiclastites volcaniques, épiclastes non volcaniques. Cela permettrait de différencier formellement les épiclastites volcaniques des autres, et l'on pourrait ainsi mettre en relief l'évolution des apports volcaniques dans le temps ou dans l'espace. Cela permettrait notamment de préciser la position des anciens centres émissifs.

La figure II.121 donne une illustration des termes anglais concernant les processus et les produits d'éjection, de transport et de sédimentation des produits volcaniques. Elle illustre les phénomènes volcaniques que nous rencontrerons dans la région étudiée.

- 3.3 -

MOLASSES, FLYSCHS, ET LEURS PROCESSUS PHYSIQUES DE DEPOT.

3.3.1 - MOLASSES

Définition du dictionnaire de géologie de Foucault et Racuit (1980):

"Formation sédimentaire détritique, épaisse, composée pour partie de couches turbiditiques mais aussi de couches terrigènes non turbiditiques (grès, conglomérats), déposées dans une zone orogénique en fin de tectonisation, et typiquement en discordance avec les couches sous-jacentes. Les molasses sont le plus souvent tectoniquement autochtones. (Voir aussi flysch, avec lequel les distinctions sont parfois difficiles à faire)."

Au Ladakh, où le terme "molasses" a été employé, la marge nord téthysienne a été le siège d'une sédimentation épicontinentale depuis le Crétacé supérieur jusqu'à l'actuel. De ce fait, il existe de nombreuses formations dont le faciès lithologique rappelle celui des molasses, mais qui ne possèdent pas toutes, à mon sens, le caractère de fin de phase orogénique, tel qu'il a été défini dans les Alpes.

Dans ces conditions décider, pour une formation, de son caractère de molasse ou non, amène à de telles difficultés qu'il me semble plus prudent de confiner ce terme à son lieu d'origine: le Massif Alpin.

Je le conserverai pour les formations définies par les auteurs, après tout ils ont pris leurs risques, mais je ne l'emploierai pas dans la dénomination des formations nouvellement individualisées.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

3.3.2 - LES FLYSCHS: ENVIRONNEMENTS SEDIMENTAIRES ET PROCESSUS PHYSIQUES DE DEPOT

Les termes et schémas utilisés sont tirés de la publication de Boirie et Souquet: "Le flysch: une mise au point", 1980.

Il s'agit surtout, ici, de définir la terminologie utilisée pour caractériser les milieux de dépôts ainsi que les processus physiques invoqués pour le transport des sédiments dans les zones de départ et de resédimentation définis à la figure II.122. C'est la zone de dépôt des flyschs, telle qu'elle est déduite de la définition suivante des flyschs (Boirie, 1980):

"Le flysch est une formation sous-marine dont le dépôt est soustrait à la dynamique de surface et commandé par la gravité et la resédimentation sur des pentes (milieu cliniforme)."

La définition des flyschs est clairement basée sur des critères génétiques, dont nous allons détailler les causes physiques, car elles peuvent caractériser les environnements.

* Rythme type de Bouma (fig. II.123):

Le rythme de dépôt type a été défini par Bouma (1962). Toutes les séquences du rythme ne sont pas forcément présentes sur une verticale, c'est d'ailleurs ce qui permettra, comme nous le verrons plus loin, de caractériser avec plus de précision le mode de transport et le milieu de dépôt.

* Processus physiques de dépôts (fig. II.124).

Les processus physiques conduisant au dépôt de flyschs sont principalement les mass flows.

G.V. Middleton et M.A. Hampton (in G.V. Middleton et A.H. Bouma, 1973) ont proposé quatre types de "mass flows" distingués d'un point de vue génétique:

- Les courants de turbidité.
- Le transport par lit fluidisé.
- Les grains flows.
- Les débris flows.

Il n'est pas toujours possible de les différencier avec certitude dans les sédiments anciens et le mot "turbidites" est souvent employé en lieu et place de "mass flows".

On reliera le schéma de la figure II.125 aux dessins de la figure II.118 qui représentent les différentes architectures de conglomérats: à une architecture correspond certaines caractéristiques de l'écoulement.

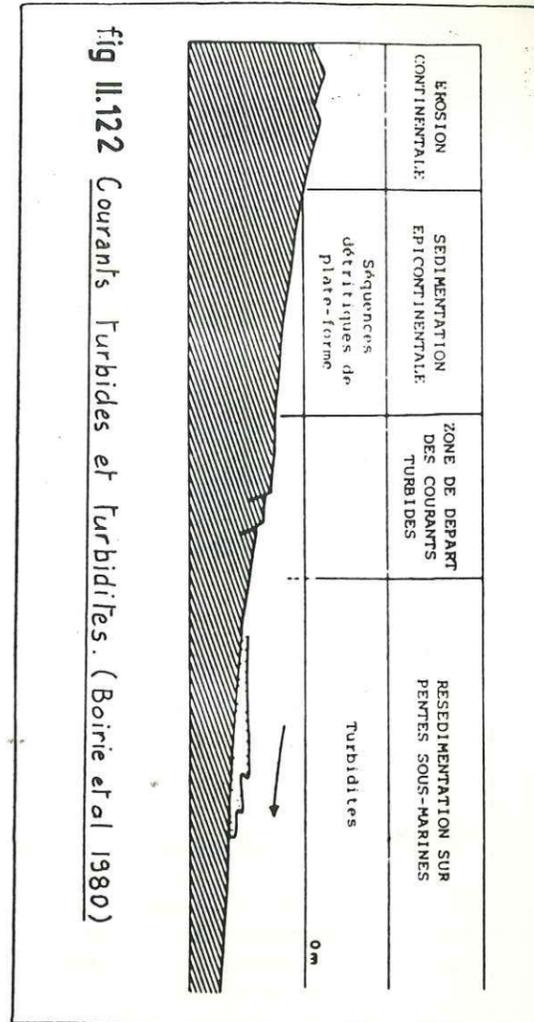


fig II.122 Courants Turbides et turbidites. (Boirie et al 1980)

Granulométrie	Divisions de Bouma (1962)	Interprétation
argile	0	Sédimentation pélagique, grain fin et courants de turbidité de basse concentration
boue	1	
sable	2	Haut régime couches planes
sable (granule à la base)	3	
	4	Haut régime couches planes
	5	
	6	Haut régime couches planes
	7	
	8	Haut régime couches planes
	9	
	10	Haut régime couches planes
	11	
	12	Haut régime couches planes
	13	
	14	Haut régime couches planes
	15	

fig II.123 Séquences Type d'une Turbidite. (Bouma 1962)

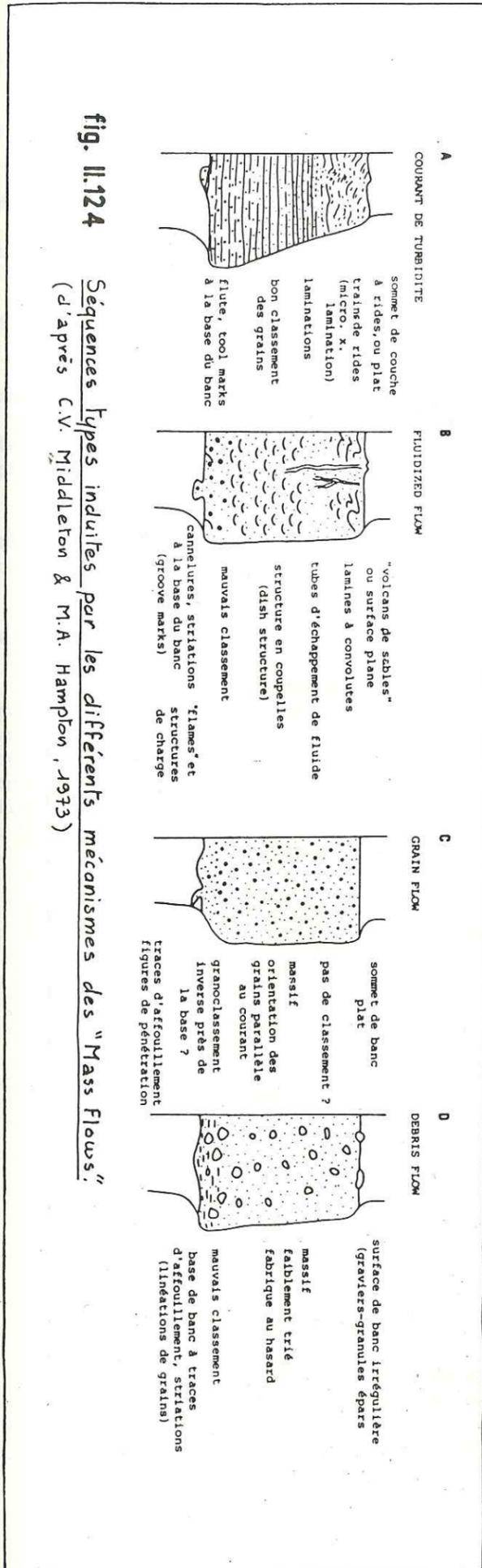
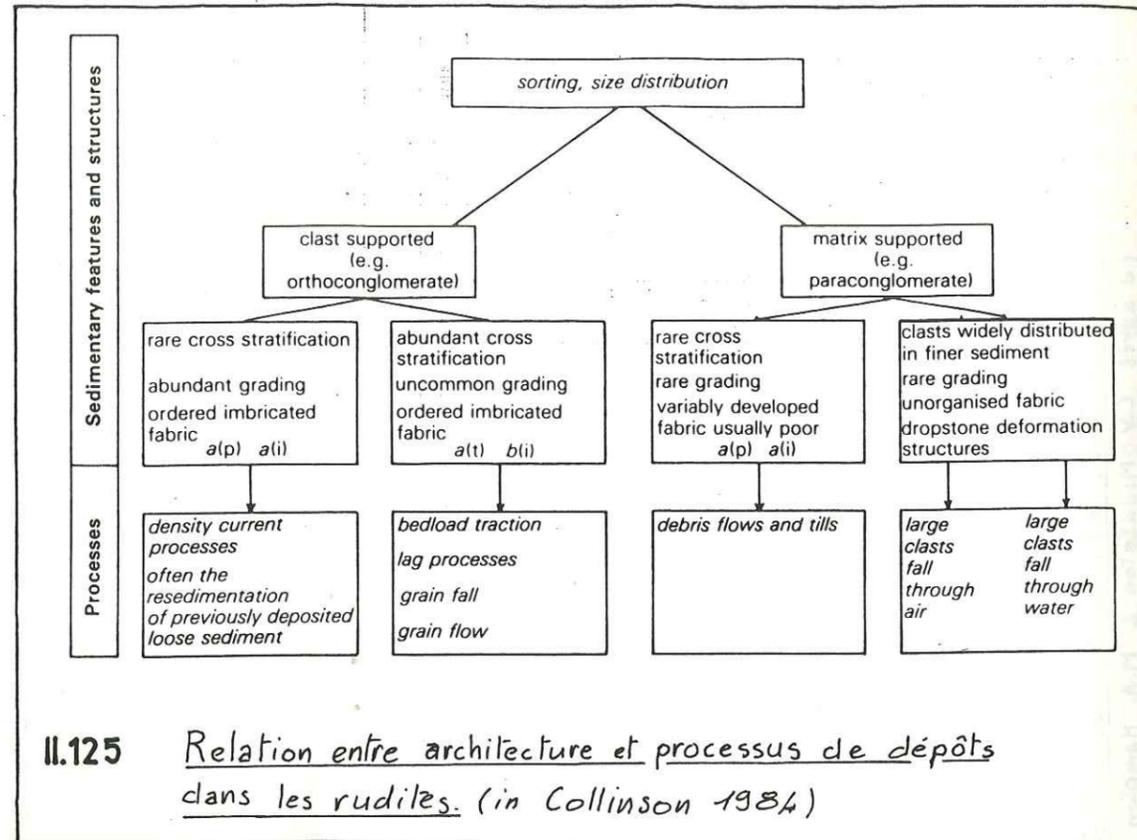
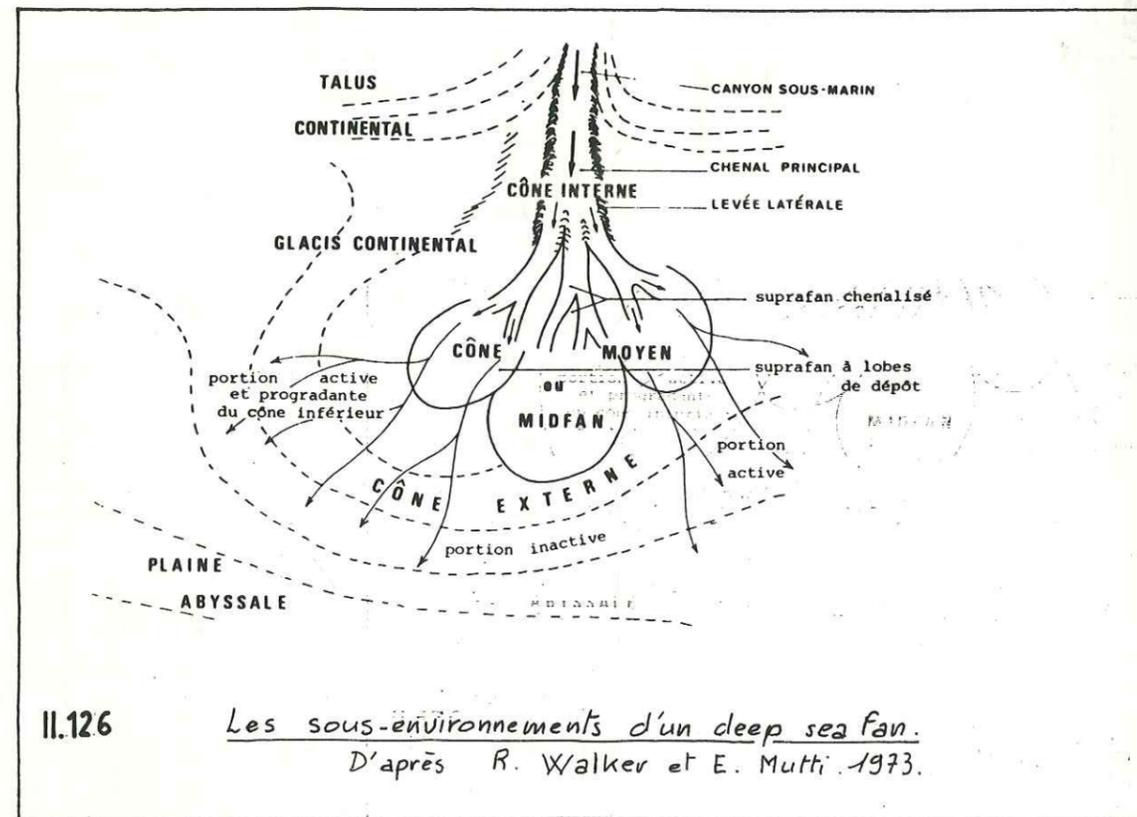


fig. II.124

Séquences Types induites par les différents mécanismes des "Mass Flows" (d'après C.V. Middleton & M.A. Hampton, 1973)



II.125 Relation entre architecture et processus de dépôts dans les rudites. (in Collinson 1984)



II.126 Les sous-environnements d'un deep sea fan.
D'après R. Walker et E. Mutti 1973.

* Lieux de dépôts.

Les dépôts turbiditiques sont localisés au débouchés (dans la mer ou dans un lac) des rivières qui apportent les sédiments.

Dans les cônes sous-marins le dépôt se fait au pied du talus continental.

La terminologie utilisée est exposée sur le schéma de la figure II.126.

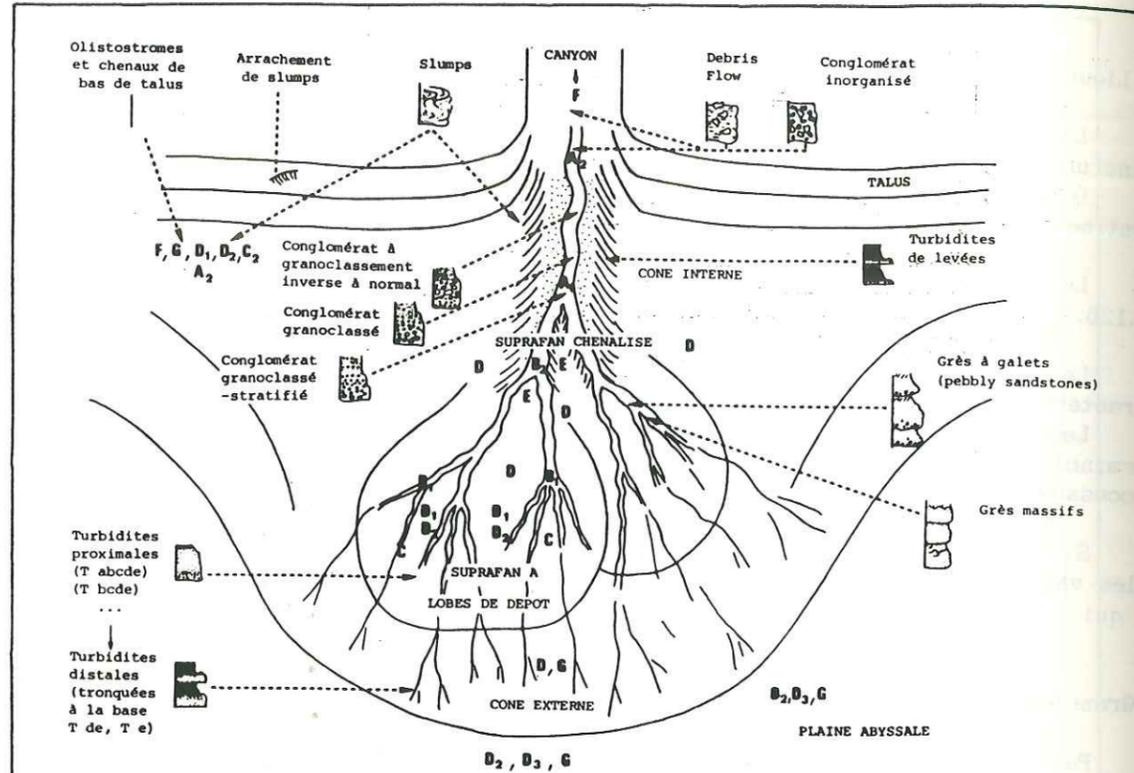
La répartition des faciès et des processus de dépôt associés caractérisent les sous-environnements du deep sea fan (figure II.127).

Les lettres capitales, en gras sur ce schéma, font référence à la terminologie exposée par la figure II.128. Elles caractérisent les processus de dépôt associés aux sous-environnements.

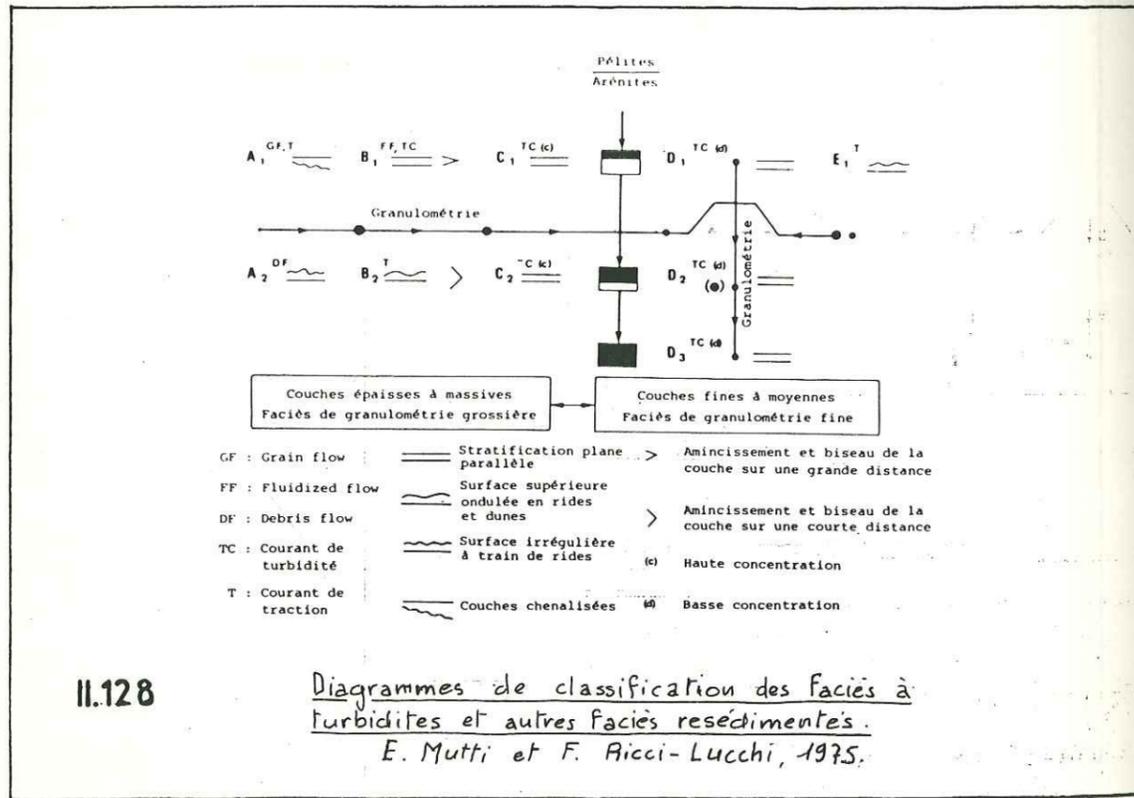
Si les séquences varient quand on se déplace dans l'axe du cône, elles varient également latéralement, de part et d'autre des chenaux. C'est ce qui est exposé par la figure II.129.

* Granulométrie des turbidites.

Parler de la granulométrie des turbidites n'a de sens que si l'on précise la partie de la séquence que l'on veut caractériser. En effet, la granulométrie du terme de base donne le type de dépôt du mass flow, alors que le terme final est toujours de même type, et caractérise le bruit de fond sédimentaire ainsi que les conditions hydrodynamiques normales du lieu de dépôt. Les termes sommitaux des séquences sont qualifiés d'interturbidites ou d'hémipélagites.



II.127 Répartition des faciès de Mutti et Walker dans un modèle de cône sous-marin. Inspiré de R.V. Ingersoll, 1978, in Boirie 1980.



II.128 Diagrammes de classification des faciès à turbidites et autres faciès resédimentés. E. Mutti et F. Ricci-Lucchi, 1975.

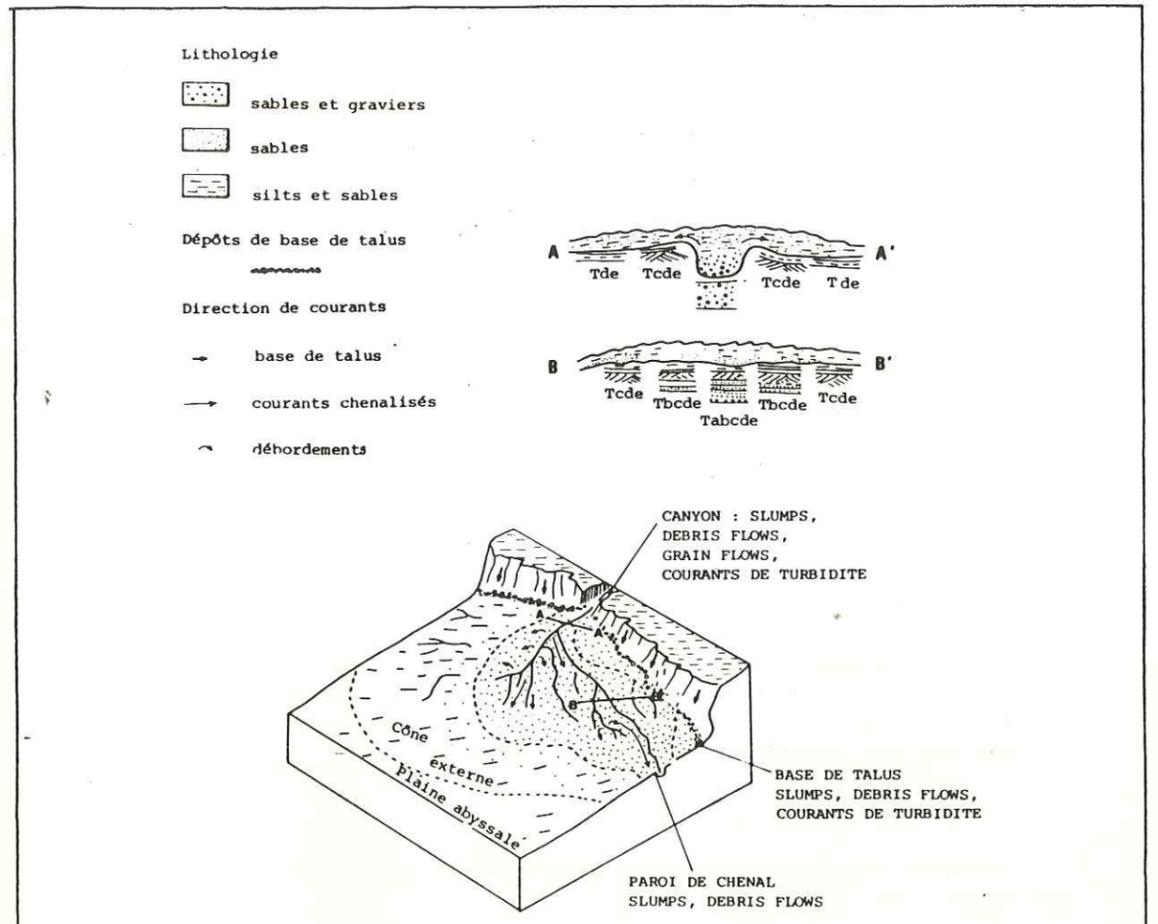


fig. II.129 Distribution des processus de sédimentation dans l'Astoria Fan. Variations latérales de faciès dans les lobes. D'après C.H. Nelson et Kulm, 1973.

- 3.4 -

AGES ABSOLUS et AGES RELATIFS.
ECHELLES STRATIGRAPHIQUES.

3.4.1 - AGES ABSOLUS ET AGES RELATIFS

Il s'agit de se remémorer, ici, les problèmes que posent la confrontation des unités biostratigraphiques et géochronologiques.

On doit, au Ladakh, porter une attention toute particulière aux correspondances entre les échelle biostratigraphiques et les âges absolus obtenus par les méthodes radiochronométriques.

Un exemple:

Prenons comme hypothèse un granite daté de 80 M.a., avec par exemple une incertitude de ± 3 MA.

Quel étage biostratigraphique peut-on mettre en regard de cette date ?

Si l'on prend comme référence l'échelle fournie par la Geological Society of America (1983), nous voyons que la base du Campanien est située à $84 \pm 4,5$ Ma et que la base du Santonien est située à $87 \pm 4,5$ Ma.

Une constatation s'impose: le Santonien "n'existe pas" dans cette échelle radiochronologique, puisque sa durée est inférieure à l'incertitude sur ses limites. On pourrait conclure la même chose pour le Coniacien et le Turonien.

L'échelle proposée par G. Odin (1982) est plus cohérente (mais à quoi est due cette cohérence ?), car les âges radiochronologiques de ses étages ne débordent pas les uns sur les autres. Tout au plus voit-on la base du Turonien à 89-92 Ma et son sommet à 87-89 Ma.

Selon l'échelle de la G.S.A., ces calcaires, dont l'âge est compris entre 83 et 77 MA, peuvent donc appartenir à l'intervalle stratigraphique suivant:

Sommet du Coniacien ($87.5 - 4.5 = 83$ MA) à base du Maestrichtien ($74.5 + 4 = 78.5$ Ma).

On se trouve alors dans la situation où cet âge radiométrique, par ailleurs précis, ne peut pas être employé pour faire des corrélations avec une autre formation dans laquelle on n'aura eu aucun mal, avec l'échelle biostratigraphique, à séparer le Coniacien, le Santonien, le Campanien et le Maestrichtien.

Conclusion:

Au Crétacé supérieur, notamment, l'échelle biostratigraphique n'est pas calée avec une précision suffisante par rapport à l'échelle géochronologique pour qu'on puisse faire l'économie de discussions sur les erreurs absolues de datation lors des corrélation stratigraphiques et des reconstitutions géodynamiques.

Ce sera précisément le cas pour l'Unité du Batholite, dans lequel les plutons sont datés par des méthodes radiochronologiques, et les sédiments intrudés par des méthodes relevant de la biostratigraphie.

3.4.2 - ECHELLES EMPLOYEES

Deux échelles reliant chronostratigraphie et biostratigraphie seront employées (cf annexe 4):

- la version 3.1B (mars 1987) de la "Mesozoic-Cenozoic cycle time chart" de B.U. Haq.
- les échelles de Cavelier & al 1986.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- 3.5 -

LES VOIES DU DETRITISME
OPHIOLITIQUE

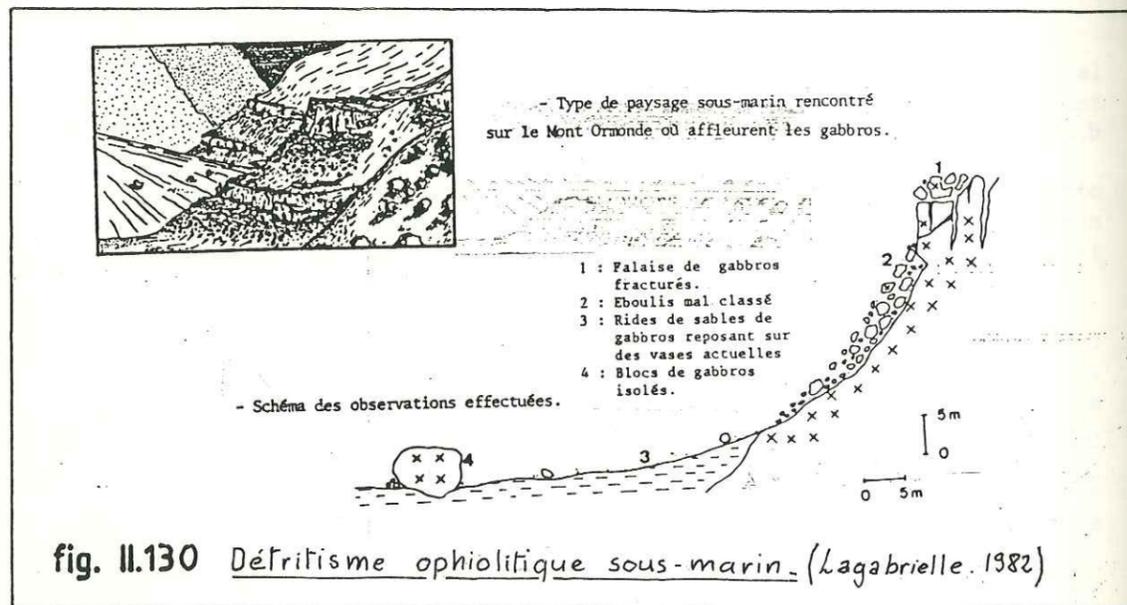
3.5.1 - EXPOSE DU PROBLEME

Il existe, au Ladakh, des sédiments composés en majorité de roches provenant de la série ophiolitique.

On considérait jusqu'à ces dernières années que seule l'érosion continentale pouvait conduire à la formation de tels sédiments.

En 1982, Lagabrielle a pu observer *in situ*, lors d'une plongée dans la région du Banc De Gorringe (fig. II.130), des brèches de pente et des sables composés de matériel ophiolitique, formés en milieu marin, sur de la croûte océanique et hors de portée du détritisme continental.

Le phénomène avait déjà été décrit lors de plongées antérieures, mais il n'avait pas encore été appliqué à l'étude des séries anciennes.



Depuis, de nombreux terrains ont été interprétés comme tels: par exemple les sédiments du domaine Liguro-Piedmontais du secteur du pic Bouchet et du Pelvas-Rocca Bianca (Lagabrielle, 1983) et d'autres sont venu appuyer la théorie, c'est le cas de la nappe d'Antalya en Turquie (Lagabrielle et al, 1987), où la matrice des conglomérats contient des foraminifères marins.

Ces brèches et sables s'accumulent au pied d'escarpements sous-marins générés par des failles dont le rejet est suffisant pour "porter à l'affleurement" les parties les plus profondes de la série ophiolitique. Ces failles peuvent dériver de faille transformantes: c'est l'exemple pris par Lagabrielle, ou bien de failles de détachement nées lors des stades précoces du rifting (Boillot, 1987).

Dans la vallée de la Marka, au Ladakh, la zone des mélanges colorés montre des masses de péridotites et de multiples formes de détritisme ophiolitique. La caractérisation des milieux de formation de ces sédiments, loin d'être une digression permettant seulement d'entrevoir une histoire océanique incertaine, va nous permettre, en rendant à chacun de ces milieux ce qui lui appartient, de contribuer à préciser la portion d'histoire de la suture qui nous est livrée par ce détritisme ophiolitiques.

Pour simplifier les descriptions, et dans la mesure où les critères d'observation macroscopiques nous suffiront à caractériser le type de genèse de ces sédiments, nous allons mettre en place une sorte de nomenclature génétique qui répondra à l'objectif suivant: pouvoir nommer les dépôts détritiques d'ophiolites formés dans les principaux environnements tectono-sédimentaires par lesquels passe la croûte océanique, depuis la dorsale, jusqu'à son émergence par obduction (au sens large).

Le problème principal étant de séparer les brèches d'origine océanique de celles d'origine continentale, je ne considérerai que les sédiments ophiolitiques monogéniques, les seuls dont l'interprétation soit délicate.

3.5.2 - NOMENCLATURE DES PRODUITS DU
DETRITISME OPHIOLITIQUE

3.5.2.1 Le détritisme ophiolitique en milieu océanique.

- Au niveau de la dorsale.

La formation de croûte océanique dans les dorsales est le résultat d'une intense activité tectonique et magmatique. Dans la série ophiolitique se forment alors des brèches que l'on pourrait qualifier d'intraformationnelles: des brèches tectoniques et des brèches de fracturation hydraulique.

Ces brèches ne seront donc pas issues de processus sédimentaires.

Sur le plancher, l'autobréchification des coulées de lave sous-marines donne des brèches de pillow, brèches autoclastiques, hyaloclastites et autres agglomérats, qui sont à classer dans la catégorie des brèches sédimentaires (voir classification paragraphe 3.4.4 de cette partie). Les hyaloclastites sont toutefois en volume assez réduit, du fait de la faible teneur en volatiles du magma tholéiitique et de la forte pression (\approx 250 à 300 atmosphères) régnant lors de l'émission de laves.

Au pied des escarpements de failles, mêlées ou non à des brèches de pillows, se déposent des brèches de pente que j'appellerai: **conglomérats** ou **brèches marines ophiolitiques**. Les clastes peuvent être massifs, ou bien formés de brèche tectonique ou hydraulique. La matrice de ces brèches est dans la plupart des cas serpentineuse.

- Au cours du vieillissement et du déplacement de la croûte océanique.

L'activité tectonique, qui se localise alors dans des zones bien précises, principalement les zones de failles transformantes, contribue comme précédemment à former des brèches marines ophiolitiques.

Au cours du temps, les brèches ainsi formées sont lithifiées.

3.5.2.2 Modalités de passage de la croûte océanique vers le milieu continental.

Les témoins de lithosphère océanique que l'on trouve sur les continents sont forcément allochtones, et seul un faible volume est incorporé aux continents, ou est charriée sur eux.

On dit de ces ophiolites qu'elles sont obductées, mais l'obduction recouvre des conditions de mise en place si variées que ce mot, trop général, ne décrit guère qu'un résultat. Et quand bien même il est utilisé sans connotation génétique, il se pose encore le problème de savoir à partir de quelle dimension d'écaïlle ophiolitique on commence à parler d'obduction, et non d'incorporation à un mélange !

Quoi qu'il en soit, deux types d'objets, aux mises en place et aux significations géodynamiques différentes, peuvent être soumis à l'érosion continentale:

- **Les nappes obductées de type Oman ou Antalya.** Ce sont des nappes d'écaïlles ophiolitiques, pouvant porter leurs brèches marines ophiolitiques plus ou moins lithifiées.

Remettons les choses à leur place: les brèches marines ne représentent qu'une faible partie du volume total des ophiolites obductées, la part la plus importante étant formée d'ophiolites massives.

- **Les écaïlles préalablement incorporées aux mélanges tectono-sédimentaires des prismes d'accrétion.** On peut théoriquement trouver le type d'objet décrit précédemment: des écaïlles portant leurs brèches, ainsi que des écaïlles d'ophiolites et de brèches seules. C'est l'exemple de Taiwan (B.M. Page & Al 1981, J Suppe 1980 et 1981).

Ici, il semblerait que le volume des ophiolites massives soit équivalent à celui des brèches.

Reviennent également dans cette catégorie les olistostromes ophiolitiques non associés à un prisme, du type Casanova Complex dans les Apennins du Nord (Naylor, 1982).

3.5.2.3 Détritisme ophiolitique continental.

Supposons les brèches marines ophiolitiques assez lithifiées pour pouvoir donner des clastes de brèche; car si elles donnaient de simples clastes déchaussés, le problème ne mériterait pas d'être posé.

Passons sur les avatars subis lors de l'obduction: principalement un démembrement et une bréchification tectonique.

Il ne nous reste plus qu'à faire agir l'érosion continentale sur les produits précédemment obtenus.

- **Les ophiolites "massives",** portions de la série ophiolitique contenant notamment ce que j'ai appelé des **brèches intraformationnelles**, sont altérées en une sorte d'arène et donnent des blocs, galets et arénites d'ophiolites massives ou de brèches intraformationnelles. Une évolution plus poussée de ces dépôts donne des dépôts alluviaux de plus en plus matures et de moins en moins monogéniques du fait du mélange avec d'autre source de détritisme.

Ces dépôts seront appelés **conglomérats** ou **brèches continentales ophiolitiques monogénétiques**: l'érosion aura joué une seule fois.

Au Ladakh elles se reconnaissent aisément, car, d'âge récent (tertiaire), elles sont peu consolidées.

- **Les brèches marines ophiolitiques** donnent des sédiments que j'appellerai: **brèches continentales ophiolitiques polygénétiques**, puisque formées par l'érosion en deux temps: sous la mer, puis en régime continental.

On peut soupçonner leur existence quand certains clastes sont des morceaux de brèche. Il ne reste plus alors à prouver que celles ci ont été formées sous la mer...

Au Ladakh, nous qualifierons ainsi des conglomérats dont les éléments sont des brèches bien lithifiées, et dont la matrice est peu lithifiée.

- **Les brèches marines ophiolitiques** et les **ophiolites massives** peuvent également donner des **olistolites** isolés dans les sédiments continentaux.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- 3.6 -
MILIEUX DE DEPOT

Nous allons devoir situer les sédiments dans les différents environnements marins. Ces environnements sont définis, soit par la faune, soit par la profondeur, soit par la morphologie, soit d'un point de vue sédimentologique.

Des correspondances, qui ne seront pas discutées, existent entre les différentes classifications. Les corrélations retenues sont exposées dans le tableau suivant, elles sont utilisées pour les descriptions des colonnes stratigraphiques synthétiques:

Faune	sédimentologie	morphologie	carbonates
Continental	continental	continent	
Supra-littoral	supra-tidal		
Médio-littoral	inter-tidal		plate-forme carbonatée
Infra-littoral	infra-tidal	plateau continental	
Circa-littoral			marin externe
Bathyal		talus continental	bassin
		plaine abyssale	

On voit qu'il faut utiliser les termes morphologiques avec prudence car ils ont été définis sur des marges continentales passives dont les talus, notamment, n'ont pas la même signification ni forcément la morphologie des marges d'arc.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

ANNEXES

- ANNEXE 1 -

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DE SEDIMENTS APPARTENANT AUX
FORMATION DE SKYU ET DE CHILING (Mélanges Colorés).

On peut se demander ce que peuvent apporter quatre analyses granulométriques isolées, alors que la simple analyse des séquences lithologiques suffit à caractériser, dans le cas présent, les milieux de dépôt des formations de Chiling et de Skyu. En fait, ces analyses ont été réalisées grâce à la conjonction de deux facteurs:

Le premier: mon ignorance en sédimentologie au moment de ma première mission sur le terrain, avec la conséquence suivante: je n'ai pas relevé les séquences sédimentaires, mais j'ai tout de même pris des échantillons. La seule manière de connaître les milieux de dépôt était donc l'analyse granulométrique de ceux-ci.

Et le deuxième: il était prévu que je fasse un stage de sédimentologie au RWTH de Aachen, RFA, dans le laboratoire de Monsieur le Professeur Muller, stage subventionné par l'Office Franco-Allemand pour la Jeunesse, j'en ai donc profité pour m'exercer sur des échantillons du Ladakh.

Ansï, il s'agit plutôt d'un exercice de style, qui conforte malgré tout les déductions obtenues par les autres méthodes lors des missions suivantes.

METHODES EMPLOYEES:

Les analyses employées en routine au RWTH sont très classiques et parfaitement rodées: elles constituent la base du travail de ce laboratoire. Ce sont:

- Décalcification, par un acide faiblement concentré, de l'échantillon préalablement broyé.
- Séparation, par tamisage sous l'eau, des fractions situées de part et d'autre de 62.5 μm .
- Tamisage a sec, dans une colonne, de la fraction supérieure à 62,5 μm .
- Obtention de la courbe granulométrique de la fraction inférieure à 62,5 μm par utilisation de la balance de sédimentation.
- Traitement des résultats par ordinateur. Le résultat le plus simple contient les pourcentages de chaque classe granulométrique et les indices les plus utilisés, il existe également un programme d'analyse factorielle permettant de comparer des ensembles d'échantillons: je n'en ai pas eu besoin.

UTILISATION DES INDEX GRANULOMETRIQUES CLASSIQUES:

Pour déterminer les milieux de dépôts, on a recours à des diagrammes tels que: $(SK_i \cdot \sigma_i^3)$ en fonction de σ_i^3 , ou bien SK_i en fonction de σ_i etc..., dans lesquels les champs correspondant aux divers environnements de dépôts sont tracés.

Les échantillons analysés tombaient en dehors des limites de validité de ces graphiques. Je me suis donc tourné vers les méthodes de Rivière (1977).

UTILISATION DES COURBES CANONIQUES DE RIVIERE (1977):

L'approche théorique de Rivière me semble plus correcte que celle par les courbes en ordonnées de probabilité, car il se propose de simuler les courbes granulométriques réelles par une relation mathématique qui ne préjuge par de la répartition gaussienne de la distribution. Effectivement, il semble bien que la distribution gaussienne ne soit pas la règle, mais un cas particulier.

L'utilisation des courbes canoniques implique le respect des contraintes définies par l'auteur de la méthode. Elles semblent raisonnables, comme par exemple la plus importante, qui consiste à garder tout le long de la courbe de granulométrie la même variable. Quoi de plus normal? Et pourtant:

La partie de la courbe située en dessous de 62,5 µm, très représentative des processus hydrauliques lors du transport et du dépôt, puisqu'elle est issue des vitesses limites de chutes mesurées à la balance de sédimentation, est exprimée en *dimensions équivalentes*. Ces dimensions équivalentes sont sans communes mesures avec les tailles réelles des particules, elles ne représentent qu'un coefficient hydrodynamique.

La partie de la courbe située en dessus de 62,5 µm, obtenue par tamisage à sec, est donnée en *diamètres nominaux ou en vide de maille*, ce qui correspond à une bonne approximation de la taille réelle des particules. Mais cette taille réelle ne rend pas compte d'une manière simple du comportement hydrodynamique des particules.

On en arrive donc à raccorder sur un même diagramme des courbes dont les variables ne sont pas identiques!

L'idée de Rivière est simple: il suffit de transformer la taille des fractions supérieures à 62,5 µm en dimensions équivalentes. C'est tout à fait possible, en passant par les équations de Berthois-Gendre.

C'est ce qui a été fait pour ces échantillons.

DIFFICULTES RENCONTREES:

- Présence de galets mous de remaniement syn-sédimentaire et de granules de serpentines qui ont pu être plus ou moins détruits lors du concassage.

- Présence de grains tendres (talc, chlorites, serpentinites) qui s'usent très vite sur les tamis.

- Présence de minéraux fibreux formant des "grains" très allongés, qui encrassent les tamis, et dont le diamètre à une signification assez éloignée du grain de quartz sphérique théorique.

COMMENTAIRES DES TABLEAUX DE RESULTATS (fig. A1.1 & A1.2), DES COURBES GRANULOMETRIQUES ASSOCIEES (fig. A1.3) ET DE L'ABAQUE DE DETERMINATION DU COEFFICIENT NG (fig. A1.4):

Sur 7 échantillons analysés, 3 ont été gâchés par la faute d'un tamis surnoisement déchiré. Les 4 rescapés font tous partie des conglomérats post-ilerdiens de la bande Sud des Mélanges Colorés.

CARACTERES GENERAUX COMMUNS:

- Ils sont tous très mal classés, mais la fraction grossière est mieux classée.

- Perte à l'acide importante: 32 à 35% en poids. Cela confirme les observations des lames minces. Il s'agit de carbonates de calcium et de magnésium.

- Ce sont des faciès paraboliques à ultra-paraboliques. Il s'agit de dépôts continentaux assez peu transportés, de tête de réseau hydrographique: matériel de pied de pente, de torrents. Leur courbe granulométrique est souvent ondulée, montrant des apports latéraux de stocks qui n'ont pas eut le temps d'être homogénéisés.

La forte modulation (fractions fine presque absentes), peut refléter plusieurs phénomènes: soit des dépôts sous fort courant avec lessivage des fines, soit une reprise des sédiments sous l'action de courants divers (milieux donnant des ripples), soit une altération pédologique des fines.

Ici, on peut penser que l'altération pédologique a pu jouer un rôle, car on a de nombreuses preuves de dissolution et de pseudomorphose de grains ou de galets par le calcaire. Mais ce rôle n'est pas exclusif, et n'a fait que renforcer les autres tendances.

CARACTERES PARTICULIERS:

33.06 Coupe au col Est de la haute vallée de l'Hankor Chu (fig. II.5). Il fait partie d'un banc métrique de greywackes vertes à ciment calcaire et altération argentée. Ce banc est divisé en des lits centimétriques, l'échantillon représente un de ces lits.

Faciès parabolique fluvatile modulé et ondulé, de type III / L, avec N=0.78. Modulé: la courbe tend vers l'angle droit: ça n'est donc pas un faciès parabolique pur. Traduit une élimination des fines: faciès fluvatile, banc de fond de chenal ou de plaine d'épandage, ou bien dépôts de ruissellement à indice d'évolution très élevé.

Ondulé: partie supérieure de cours d'eau avec apports latéraux: tête de réseau hydrographique avec stocks non homogénéisés. Ce dernier critère est le plus restrictif: c'est lui qui sera retenu.

42.01 Coupe de la Doltal Chu (fig. II.10). Banc d'arénite rouge dans des ortho-conglomérats de type "polymodal matrix, poorly sorted framework".

Faciès parabolique évolué typique, de type V, avec N=0,20. Dépôt de "sédimentation forcée" ou de "bed load" des auteurs. Dans les cours d'eau ou sur plaines alluviales, dépôts de courants en phase de décrue.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

120.06 Coupe du Dun Dun La (fig. 18). Très près de la masse des péridotites. Banc d'arénites dans une alternance de grès et de conglomérats.

Faciès parabolique à ultra-parabolique très modulé, de type L, avec N=0,91. D'après le contexte, il s'agirait plutôt de dépôts de ruissellement de pied de pente, ou de plaine alluviale.

88.02 Coupe d'Urtsi rive gauche, panorama de la fig. II.78. Formation analogue des conglomérats de Skyu. Passées fines dans un ensemble sédimentaire caractérisé par: des arénites à ripples (voir annexe 2) admettant des chenaux d'ortho-conglomérats grossiers.

Faciès ultra-parabolique très modulé, de type L, N=1.03. D'après le contexte, on peut songer à un fleuve large, ou à un milieu lacustre, car la maturation doit être due à la formation des ripples.

CONCLUSION:

Ainsi se trouve confirmée l'idée que l'on peut se faire du milieu de dépôt de ces formation post-illerdiennes continentales: celles qui ont été préservées se sont sédimentées dans des bassins intra-montagneux, et correspondent aux têtes de réseaux hydrographiques. Ce sont des dépôts de piedmont, de cône alluvial proximal à distal, de plaine alluviale et, pour certains, de milieu lacustre ou de type playa.

Table with columns: WAAGE, RUECKSTAND UND SCHALE, SIEBFRAKTION, etc. Includes sieve analysis data for sample LAK.336 and granulometric classification.

Table with columns: EINWAAGE, RUECKSTAND UND SCHALE, SIEBFRAKTION, etc. Includes sieve analysis data for sample LAK.421 and granulometric classification.

Fig. A1.1 Résultats du tamisage des échantillons 33.06 et 42.01.

- Calcul des différents index (voir définitions page)
- Classification granulométrique de Trask et de Folk et Ward.
- Perte à l'Hcl (principalement carbonates).

RWTH. Aix La Chapelle - RFA. Laboratoire prof. Muller.

OBENNUMMER = LAK.082		KATALOGNUMMER = 85.0362	
EINWAAGE = 173.540 (GR)		RUECKSTAND UND SCHALE (GR) = 441.250	
HCL-LOESLICH (GR) = 54.670		SCHALE = 322.380 (GR)	
RUECKSTAND (GR) = 118.870		SCHALE = 322.380 (GR)	
HCL-LOESLICH (GR) = 54.670		HCL-LOESLICH (0/0) = 31.503	
SIEBFRAKTION (GR) = 100.110		SIEBFR. KLEINER 63 (GR) = .390	
SIEBFRAKTION SOLL (GR) = 99.720		SIEBFRAKTION IST (GR) = 100.020	
VERLUST (GR) = -1.100		SCHLAEMFRAKTION (GR) = 19.150	

SIEBFRAKTION	SUMMEN-PROZENTE	WAEGUNGS-ERGEBNISSE	VERTEILUNG D. VERLUST
GROESSER ALS 2028.4 MUE	0.00 0/0	0.000 GR	0.000 GR
GROESSER ALS 2000.0 MUE	.16 0/0	.190 GR	.188 GR
GROESSER ALS 1414.2 MUE	.79 0/0	.950 GR	.940 GR
GROESSER ALS 1000.0 MUE	3.99 0/0	4.790 GR	4.738 GR
GROESSER ALS 707.1 MUE	10.92 0/0	13.120 GR	12.977 GR
GROESSER ALS 500.0 MUE	25.66 0/0	30.840 GR	30.504 GR
GROESSER ALS 353.6 MUE	43.38 0/0	54.940 GR	53.945 GR
GROESSER ALS 250.0 MUE	61.31 0/0	73.680 GR	72.876 GR
GROESSER ALS 176.8 MUE	70.07 0/0	84.210 GR	83.291 GR
GROESSER ALS 125.0 MUE	76.20 0/0	91.380 GR	90.581 GR
GROESSER ALS 88.4 MUE	80.61 0/0	96.880 GR	95.823 GR
GROESSER ALS 62.5 MUE	83.89 0/0	100.020 GR	99.720 GR
SUMME U SCHALENRUECKSTAND		101.210 GR	

SCHLAEMFRAKTION	SUMMEN-PROZENTE	PROZENTE D. SED.-KURVE	GRANNUERTE SCHL.-FRAKT
GROESSER ALS 44.2 MUE	05.83 0/0	12.025 0/0	2.303 GR
GROESSER ALS 31.3 MUE	07.73 0/0	23.840 0/0	4.565 GR
GROESSER ALS 22.1 MUE	09.66 0/0	35.443 0/0	6.707 GR
GROESSER ALS 15.6 MUE	09.06 0/0	44.515 0/0	8.325 GR
GROESSER ALS 11.0 MUE	02.28 0/0	52.110 0/0	9.979 GR
GROESSER ALS 7.8 MUE	03.51 0/0	59.705 0/0	11.433 GR
GROESSER ALS 5.5 MUE	04.09 0/0	63.291 0/0	12.120 GR

KORNGROESSEN	IN MUE	IN PHI	KENNVUERTE	IN PHI
1.0 0/0	1355.46	-.439	SO	1.94
5.0 0/0	934.79	.097	SK	.66
16.0 0/0	618.01	.694	ALPHA 5	5.23 EXTRAPD
25.0 0/0	506.80	.981	SO 5	4.16 EXTRAPD
50.0 0/0	321.65	1.636	KG	1.78 EXTRAPC
75.0 0/0	134.50	2.894	SK 1	.53 EXTRAPD
84.0 0/0	61.35	4.027	SIGMA 1	2.09 EXTRAPD
95.0 0/0	2.94	6.410 EXTRAPD	HZ	2.12

PROBENBESCHREIBUNG	UND FOLK UND WARD
GROBSAND 15 0/0	VERY COARSE SAND 4 0/0
MITTELSAND 52 0/0	COARSE SAND 22 0/0
FEINSAND 17 0/0	MEDIUM SAND 36 0/0
GROBSILT 6 0/0	FINE SAND 15 0/0
MITTELSILT 4 0/0	VERY FINE SAND 8 0/0
	COARSE SILT 4 0/0
	MEDIUM SILT 3 0/0
	FINE SILT 2 0/0
	VERY FINE SILT, CLAY 6 0/0

KLASSIFIKATIONEN NACH TRASK	UND FOLK UND WARD
ND-MITTELSAND	HZ-MEDIUM SAND
SCHLECHT SORTIERT	VERY POORLY SORTED
GROBFRAKTION BESSER SORTIERT	VERY POSITIVE-SKEWED
	VERY LEPTOKURTIC

HCL-LOESLICH 32 0/0

Fig. A.1.2 Résultats du tamisage des échantillons 88.02 et 120.06.

- Calcul des différents index (voir définitions page)
- Classification granulométrique de Trask et de Folk et Ward.
- Perte à l'Hcl (principalement carbonates).

RWTH. Aix La Chapelle. RFA. Laboratoire prof. Muller.

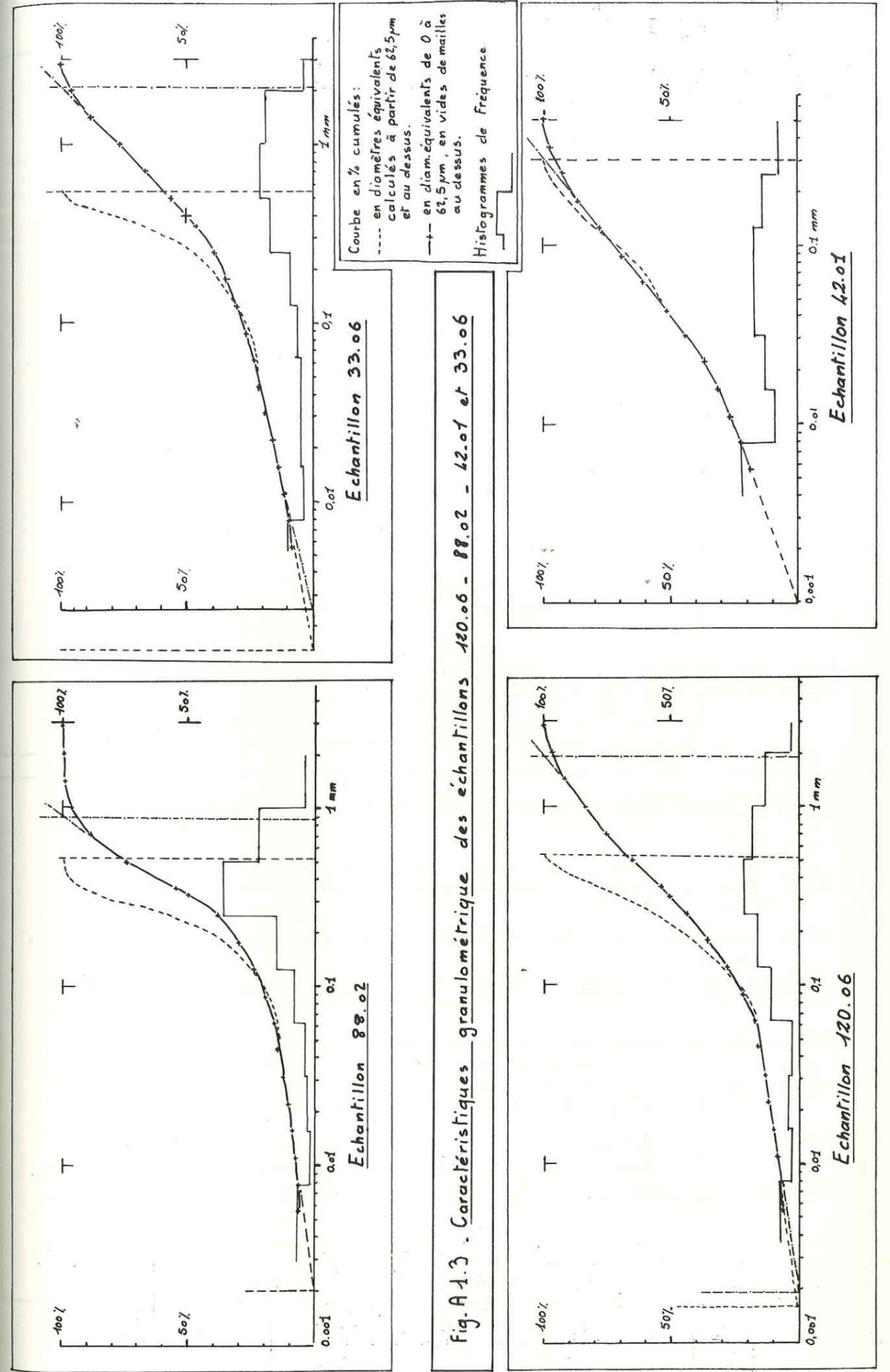


Fig. A.1.3. Caractéristiques granulométriques des échantillons 120.06 - 88.02 - 42.01 et 33.06

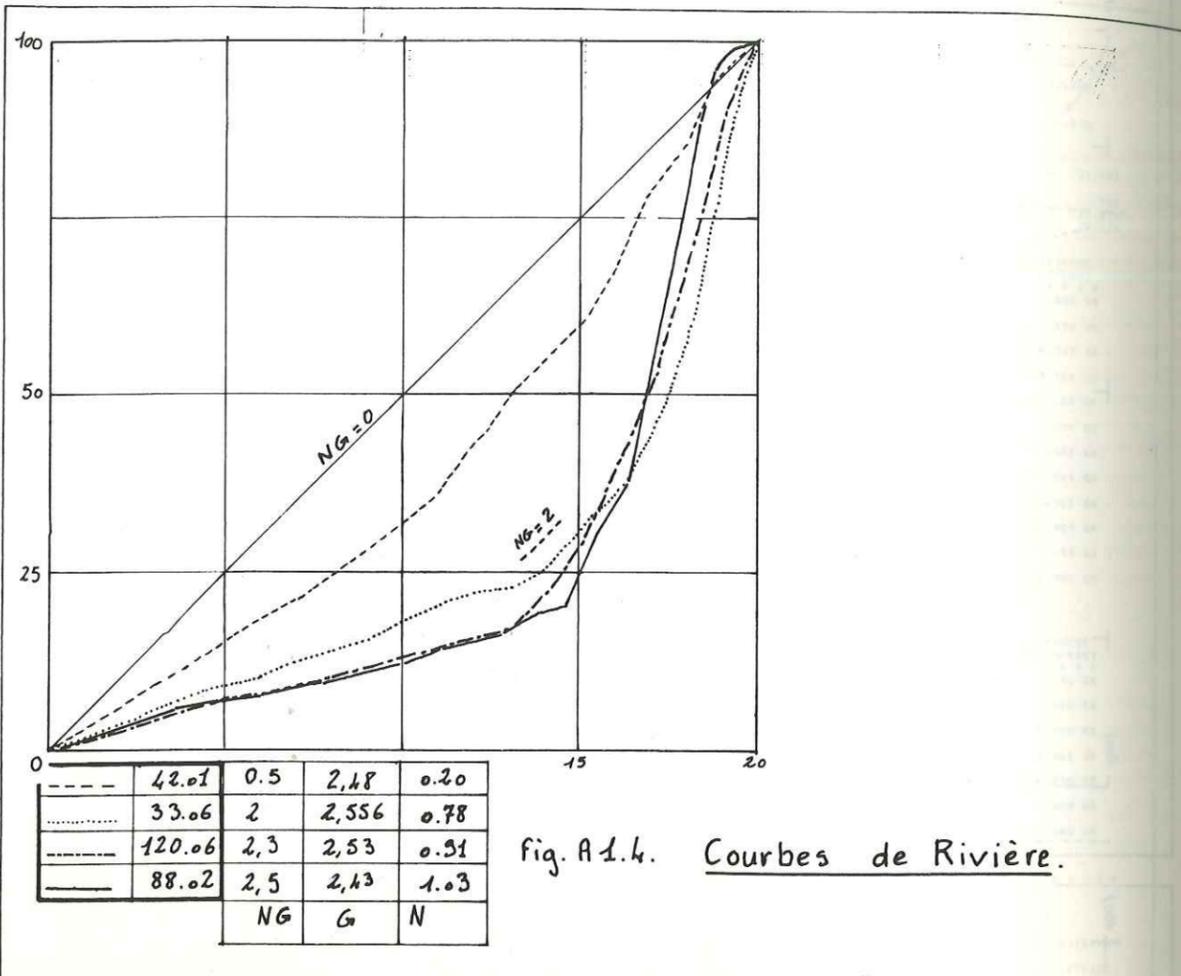


fig. A1.4. Courbes de Rivière.

Fig A1.5 Définition des indices granulométriques employés:

$S_o = \sqrt{\frac{\phi_{25} (\mu m)}{\phi_{75}}}$ - Trask, 1932. Interprétations selon Früchtbauer, 1952.

$S_k = \frac{\phi_{25} \times \phi_{75} (\mu m)}{(\phi_{50})^2}$ - Trask, 1932. $S_k > 1$: fraction fines mieux classés que les grossières

$Alpha S = \phi_{95} + \phi_5 - 2(\phi_{50})$ (unités ϕ) - Simple skewness measure - Friedman (1967).

$S_o S = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2}$ (unités ϕ) - Simple sorting measure - Friedman (1967).

$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$ (unités ϕ) - Graphic Kurtosis - Folk & Ward, 1957.

$S_k \pm = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2(\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2(\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$ (unités ϕ) - Inclusive graphic Skewness - Folk & Ward, 1957.

$SIGMA 1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$ (unités ϕ) - Inclusive graphic standard déviation - Folk & Ward, 1957.

$MZ = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$ (unités ϕ) - Mean size - Folk & Ward, 1957.

- ANNEXE 2 -

ANALYSE AUX RAYONS X DES ARGILES D'ECHANTILLONS PROVENANT DES FORMATIONS DE SKYU-CHILING ET DE LA FORMATION D'URTSI.

Ces argiles ont été analysées au RWTH de Aachen, à la suite des analyses granulométriques. Les modalités de préparation sont classiques:

- Prise d'une partie de la fraction inférieure à 62,5 μm lors du tamisage sous l'eau. La décalcification préalable de l'échantillon s'étant faite dans un acide assez faible pour préserver les argiles.
- Rinçage pour arriver à un Ph neutre.
- Déflouclation par saturation au chlorure d'argent.
- Centrifugation.
- Confection de plaques de pâte orientée.
- Analyse au rayons X par trois méthodes: pâte normale, pâte glycolée, puis après chauffage.

L'analyse des résultats a été faite par les étudiants du RWTH et par le Professeur Muller, pour la synthèse, j'ai été aidé par Monsieur Ducloux du laboratoire de pédologie de l'Université de Poitiers.

On consultera les diagrammes de la figure A2.1

MINÉRAUX PHILLITEUX PRESENTS DANS LES ECHANTILLONS DES FORMATIONS DE SKYU - CHILING:

40.05 Coupe de la Doltal Chu (fig. II.10). Matrice d'un conglomérat à galets et blocs de péridotites plus ou moins serpentinisées. Ciment de calcaire dolomitique.

Ont été caractérisés: *Talc*, *interstratifiés très irréguliers et peu abondants de type (14c 14m)*, *Chlorite*.

Mode de formation de la phase gonflante: par comparaison avec le Keuper allemand, on peut expliquer la présence d'interstratifiés du genre (14c 14sm) par néoformation pédologique en milieu sursallé. Mais de toutes façons, l'altération de basaltes ou de péridotites donne des smectites à plusieurs stades différents: altération au niveau du rift, altérations hydrothermales postérieures, altérations pédologiques..., qu'il est difficile de bien caractériser.

42.01 Coupe de Doltal Chu (fig. II.10). Greywacke rouge, voir la granulométrie à l'annexe 1. Le détritisme est majoritairement de type ophiolitique. Ciment: 33% du poids total de calcaire dolomitique.

Ont été caractérisés: *Mica (illite?)*, *interstratifié (14c 14sm)*, ou bien, selon une autre interprétation, de type (14c 14m 14g), *Sm*, *C*.

Tous ces minéraux sont très bien cristallisés et les interstratifiés peu abondants et très irréguliers.

120.06 Coupe du Dun Dun La (fig. II.18). Rudite couleur lie de vin. Voir la granulométrie en annexe 1. Détritisme uniquement ophiolitique, ciment de calcaire dolomitique: 35% du poids total, forte porosité intergranulaire.

Ont été caractérisés: minéraux de la famille des serpentines: Antigorite ou Chrysotile, Talcs.

La serpentine est visible dans cet échantillon car elle n'est pas masquée, comme dans les autres, par le pic de la chlorite. il n'y a pas de phase gonflante notable.

88.02 Coupe d'Urtsi rive gauche, panorama de la figure II.78. Voir la granulométrie en annexe 1. Ont été caractérisés: Chlorite, Micas, Quartz. Pas de phase gonflante notable.

MINÉRAUX PHILLITEUX PRESENTS DANS LES ECHANTILLONS DE LA FORMATION D'URTSI:

79.01 Coupe d'Urtsi rive droite, panorama figure II.73 et coupe figure II.68. Il s'agit de la matrice d'une formation marine crétacée de type flysch à blocs: la formation d'Urtsi, base du Complexe de Nindam.

Ont été caractérisés: Illite altérée, Chlorite, une phase gonflante très discrète, du quartz fin, des oxydes.

Il est étonnant de trouver une phase gonflante si peu importante, car cet échantillon a été pris à quelque dizaines de mètres seulement d'une "couche" de stéatite.

CONCLUSIONS:

Les échantillons des formations de Skyu-Chiling, d'origine continentale, montrent une phase gonflante très peu importante, eût égard à leur composition pétrographique (clastes de roches ultrabasiques facilement altérables).

Bien visibles aux microscope, les minéraux de type serpentine sont masqués par la présence de chlorite. Ceci doit être dû aux apports détritiques provenant du groupe de l'Indus. Ou alors les péridotites ne sont pas serpentinisées mais chloritisées !

Le seul échantillon dans lequel la serpentine est visible représente pratiquement une arène établie sur des péridotites.

Le climat ayant régné pendant leur formation devait être du type chaud et aride. Cette interprétation vient à l'appui de celle déduite de la présence des calcaires décrits dans ces formation, qui postulait des milieux de type playa.

L'échantillon pris dans la formation d'Urtsi montre que les sédiments volcano-sédimentaires, dont il est formé en majeure partie, n'ont pas été altérés avant d'être déposés dans ce deep sea fan. L'intérêt d'une telle analyse est assez réduit, mais il avait été fait à l'époque ou je ne savais pas faire la différence entre ces formations marines à blocs et les formation continentales tertiaires, pour tenter d'y voir plus clair.

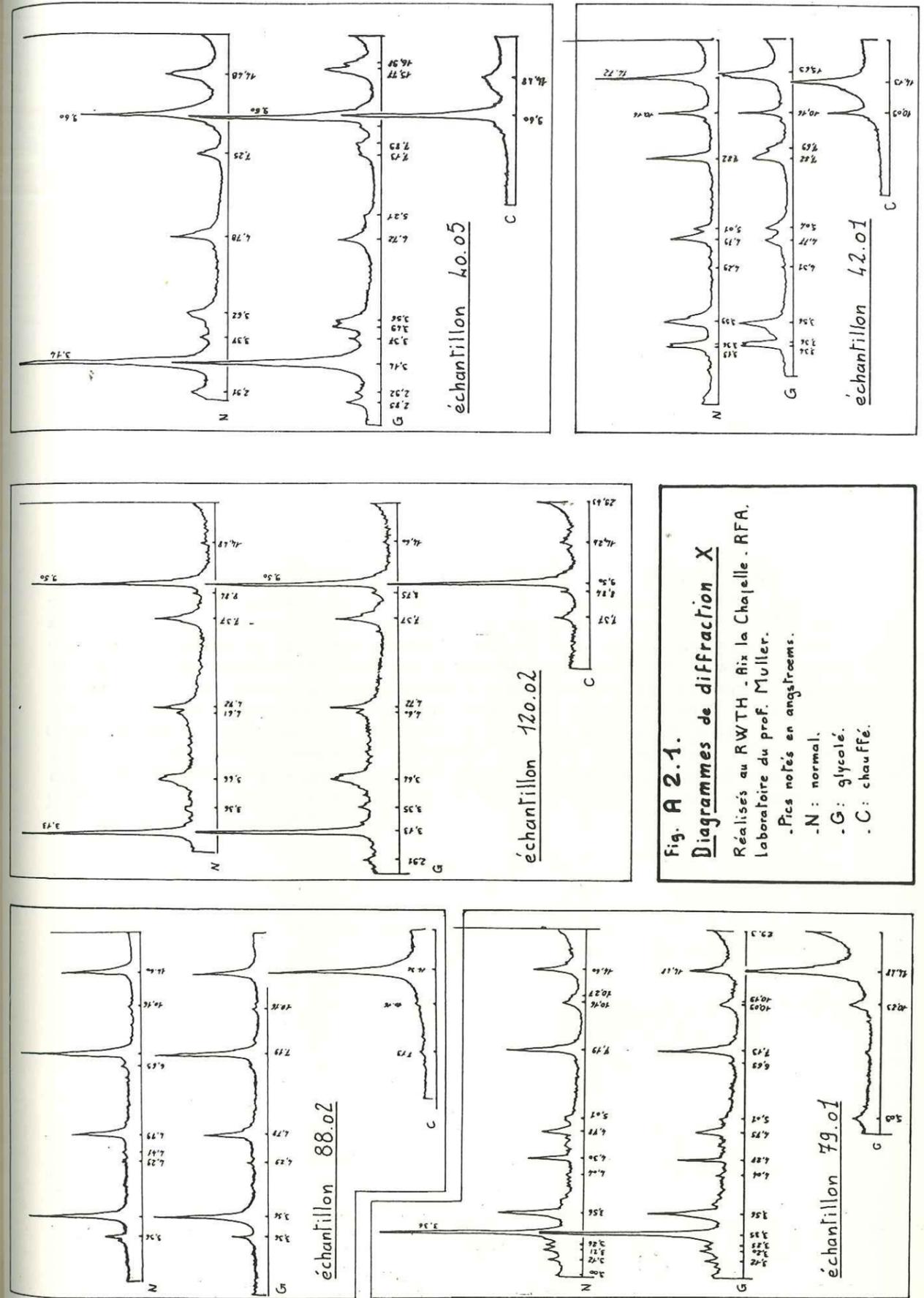


Fig. A 2.1.
Diagrammes de diffraction X
 Réalisés au RWTH - Aix la Chapelle - RFA.
 Laboratoire du prof. Muller.
 -Pics notés en angströms.
 -N : normal.
 -G : glycolé.
 -C : chauffé.

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- ANNEXE 3 -

ANALYSE A LA MICROSONDE DE LA MATRICE CARBONATEE
D'UN ECHANTILLON DES CONGLOMERATS D'URTSI EQUIVALENT
AUX FORMATIONS DE SKYU - CHILING.

Je tiens à remercier le Monsieur Lanau, de l'Université de Poitiers, qui m'a aidé pour ce chapitre, quelques semaines seulement avant son décès.

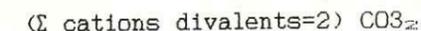
Dans le but d'avoir une idée de la composition chimique des carbonates de ces formation continentales, j'ai fait quelques points à la micro sonde du COB de Brest sur l'échantillon 273.05.a. Cet échantillon provient de la petite carrière située rive droite, immédiatement à la sortie du village d'Urtsi (coupe fig. II.74). Le sédiment est une rudite dont les granules et galets sont en grande majorite composés de serpentine et d'un peu de clastes de type Formation de Nindam. La matrice carbonatée est importante: plus du tiers du volume, et elle a "dissous" et pseudomorphosé une part importante des clastes. C'est un carbonate chimique déposé dans un milieu de playa ou en milieu souterrain en climat aride: voir les interprétation de l'annexe 2.

TABLEAU DE MESURES

% poids d'oxyde	Pt n°105	Pt n°106	Pt n°107
FeO	0,001 95	0,000 58	0,000 00
Na2O	0,000 17	0,000 29	0,000 00
SiO2	0,001 45	0,000 00	0,000 00
K2O	0,000 00	0,000 00	0,000 00
NiO	0,000 78	0,000 00	0,000 00
MgO	0,261 31	0,252 87	0,249 22
Al2O3	0,000 00	0,000 00	0,000 15
CaO	0,297 38	0,309 81	0,313 76
MnO	0,004 91	0,010 88	0,011 81
TiO2	0,000 00	0,000 00	0,000 00
Cr2O3	0,000 00	0,000 71	0,000 29
Total	0,567 95	0,575 14	0,575 24

CONCLUSION:

Les proportion relatives de CaO et MgO nous montrent qu'il s'agit d'une proto-dolomie. Le calcul d'une formule structurale simplifiée se fera sur la base de la formule suivante:



On prendra comme cations significatifs Mg, Ca, Mn.

Calcul de la formule structurale pour le point 105:

nom oxyde	% poids oxyde	poids moléc,	% moles oxyde x 1000	cation base 2	cation
MgO	0,261	40	6,51	1,098	Mg
CaO	0,297	56	5,30	0,890	Ca
MnO	0,005	71	0,07	0,012	Mn
total			11,88	2,000	

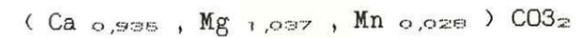
Calcul de la formule structurale pour le point 106:

nom oxyde	% poids oxyde	poids moléc,	% moles oxyde x 1000	cation base 2	cation
MgO	0,253	40	6,34	1,050	Mg
CaO	0,310	56	5,55	0,923	Ca
MnO	0,011	71	0,155	0,027	Mn
total			12,045	2,000	

Calcul de la formule structurale pour le point 107:

nom oxyde	% poids oxyde	poids moléc,	% moles oxyde x 1000	cation base 2	cation
MgO	0,249	40	6,23	1,037	Mg
CaO	0,314	56	5,61	0,935	Ca
MnO	0,012	71	0,169	0,028	Mn
total			12,009	2,000	

Ce qui donne les formules de proto-dolomie suivantes:



La source la plus évidente de ces proto-dolomies est constituée par les péridotites et leur détritisme associé, dont les pyroxènes sont des diopsides riches en Mg et Ca.

- ANNEXE 4 -

EHELLES STRATIGRAPHIQUES

Table with 5 rows and 1 column, containing faint text labels.

100
100
100
100
100

Faint text, possibly a title or description, located in the lower middle section of the page.

Faint text or a diagram located in the bottom right corner of the page.

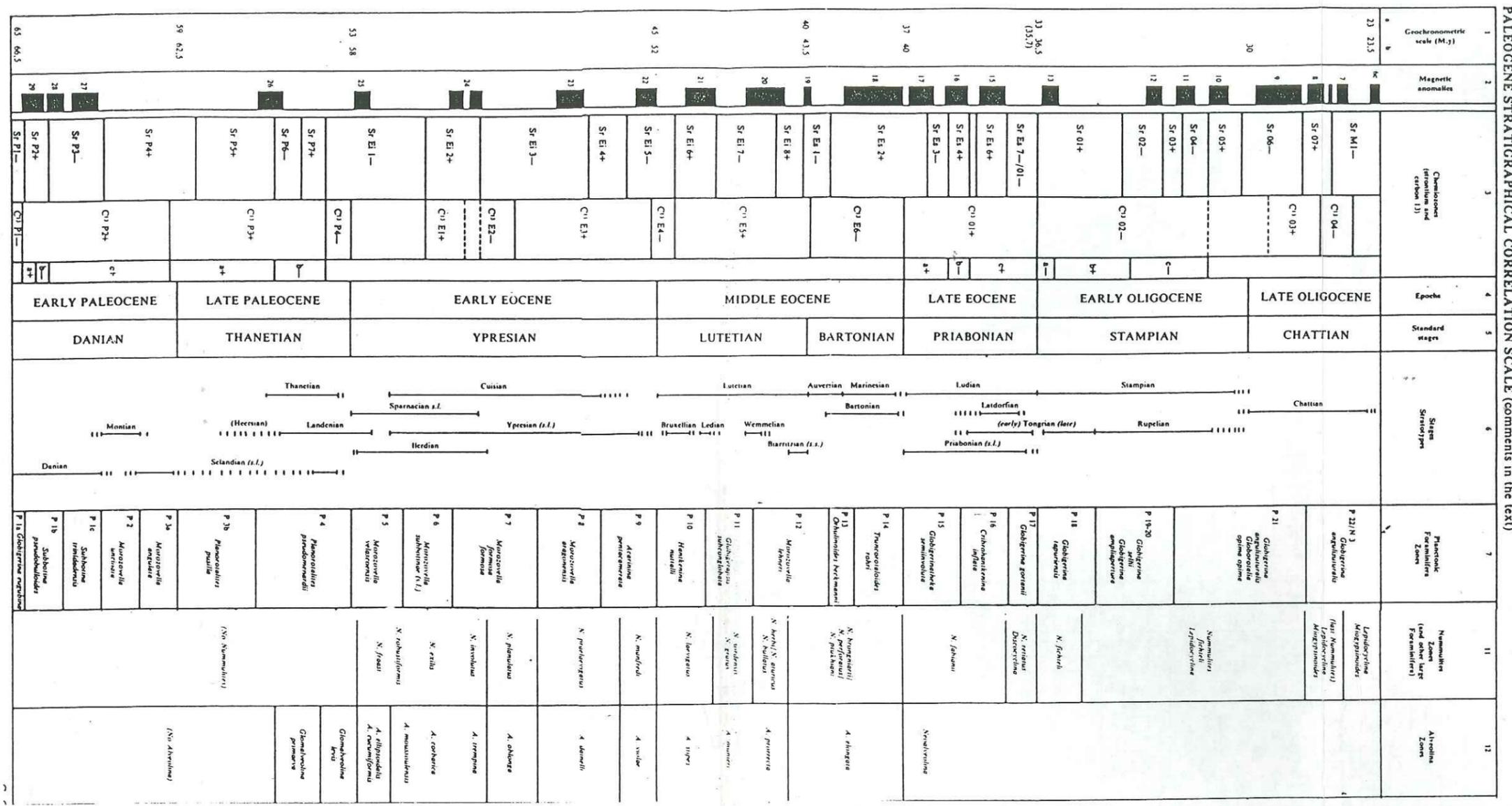
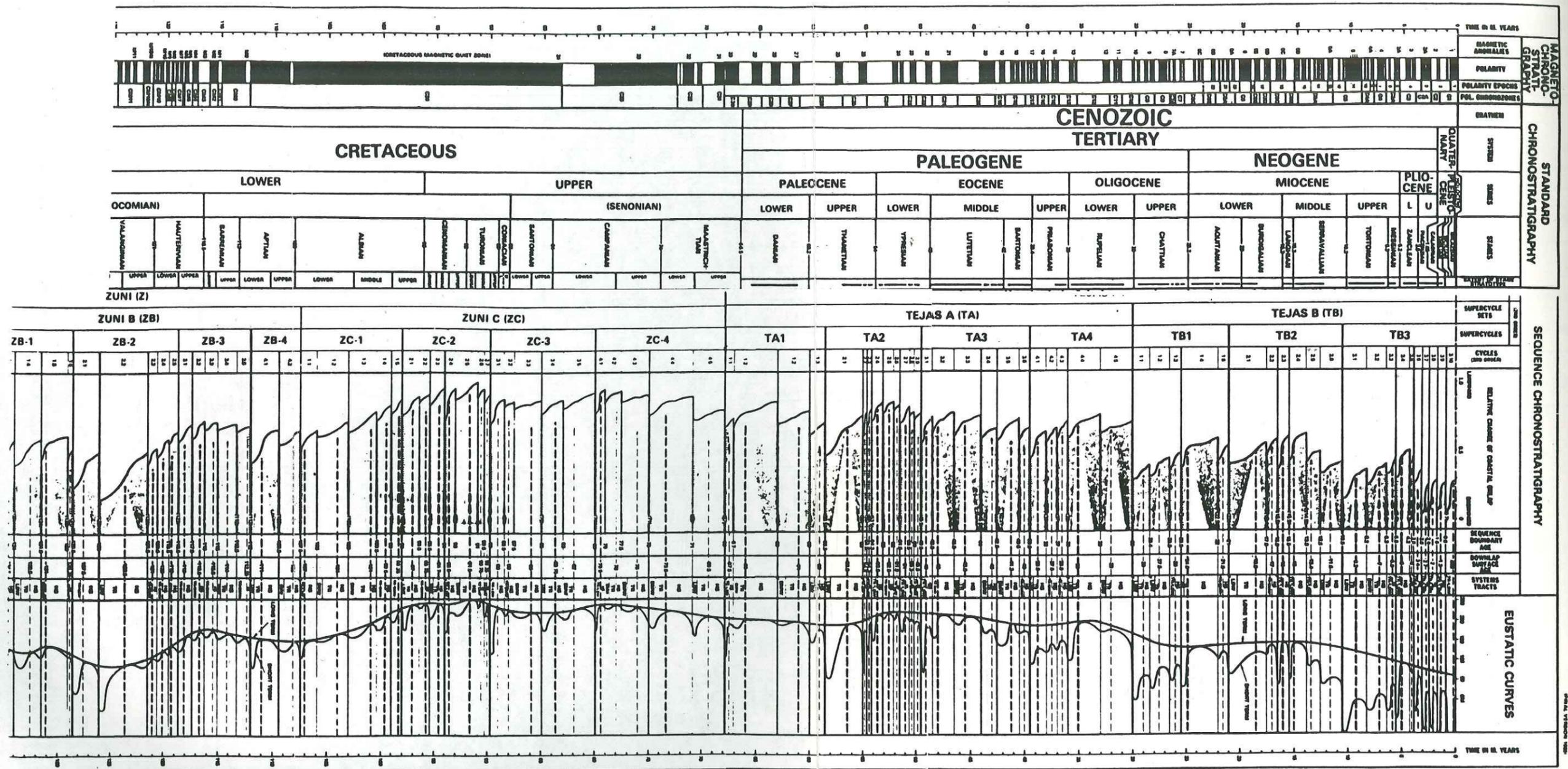


Fig. a 4.1 - Echelle de Cavelier & Pomerol - 1986. (B.S.G.F.)



4

A 4.2 Mesozoic-Cenozoic cycle chart. B.U. Haq version
3.1b march. 1987, (extracts)

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

ANALYSES CHIMIQUES DES ROCHES VOLCANIQUES.

Les analyses de roche totale (XRF et poudre) ont été effectuées en Octobre 1986 à l'Institut fuer Mineralogie und Petrographie, ETH Zuerich, ETH Zentrum, CH-8092 Zuerich, dans le laboratoire du professeur V.J. Dietrich, selon les techniques en vigueur à cette date. Les résultats de ces analyses ont été incorporés à la base de données de cet institut. Cette base contient toutes les analyses chimiques faites à l'ETH.

Consultation: se renseigner auprès du laboratoire. Fait partie d'un réseau international (réseau EARN ?).

Les analyses de minéraux à la microsonde ont été faites au COB (actuellement IFREMER) de Brest en Mars 1986. On consultera ces analyses à l'annexe 10.

Les échantillons se répartissent en six groupes:

* *Laves de la Formation de Mongyu*: échantillons 235.11.L, 235.11.M, 235.12, 450.04 et 418.12. Il s'agit de pillows et d'agglomérats de pillows, interstratifiés dans les sédiments du bassin crétaé de la marge nord.

* *Laves de la Formation d'Urtsi*: échantillon 267.04, semble issu du volcanisme contemporain du dépôt de la formation.

L'échantillon noté "Urtsi" provient du bloc de pillows situé à côté de l'étang supérieur du village d'Urtsi: ce bloc n'est pas en place. On peut tout de suite dire qu'il s'agit d'un MORB qui doit provenir de la croûte océanique néotéthysienne.

* *Laves de la Formation de Sapi-Karamba, dans la bande Sud des Mélanges Colorés*: échantillon 124.04, situé dans la vallée de la Yapola en aval de Wanlah. Pris dans un bloc formé de laves doléritiques en contact avec des radiolarites.

* *Laves de l'Unité de Naktul*: l'échantillon 480.16 provient d'une coulée sous-marine associée à des faciès carbonatés de lagon (calcaires à Orbitolines et Rudistes).

* *Laves de la base de la Formation de Sapi-Karamba*: l'échantillon 472.09 provient de pillows lavas situés à 400 mètres au dessus de la route reliant Shergol Gompa et Karamba.

1- DESCRIPTION DES ECHANTILLONS:

Description effectuée à l'ETH de Zuerich sous la direction de K. Honegger,

- Formation de Mongyu -

235,11,L

NOM: basalte à phénocristaux de plagioclase et Cpx,
AGE: Aptien - Albien,
UNITE: Unité de Tar, Formation de Mongyu,
COUPE: affluent Est de Mongyu,
GISEMENT: Agglomérats volcaniques, coulées de laves sous-marines dans des flyschs volcano-sédimentaires, Partie centrale, à gros phénocristaux, d'un élément dans un agglomérat,
DESCRIPTION: Macrophénocristaux de plagioclases et de Cpx dans une matrice à microphénocristaux de Cpx et de plagioclases, Olivines ou Opx pseudomorphosés ?
CASSURE: verte,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: Porphyrique - matrice microcristalline, Petites veines d'albite,
GROSSEUR DE GRAINS: macrophéno, 5-10 mm, Microphéno, 0,1-1 mm,
MINERAUX (macro): Cpx,
MINERAUX (micro): Cpx, plagioclases, chlorite, albite, ilménite, pumpellyite, opaques,
MINERAUX (accessoires): un peu de calcite,
TRANSFORMATIONS: Plagioclase --> albite, Olivine und Cpx --> chlorite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

235,11,m

NOM: basalte à plagioclase et Cpx,
AGE: Aptien - Albien,
UNITE: Unité de Tar, Formation de Mongyu,
COUPE: affluent Est de Mongyu,
GISEMENT: Agglomérats volcaniques, coulées de laves sous-marines dans des flyschs volcano-sédimentaires, Partie externe, à phénocristaux plus petits, de l'élément d'agglomérat précédent,
DESCRIPTION: idem 235,11,L, mais phénocristaux plus petits, Forme une sorte de "bordure figée" autour du faciés précédent,
CASSURE: verte,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: aphyrique - matrice microcristalline, Petites veines d'albite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

235,12

NOM: basalte à Cpx,
AGE: Aptien - Albien,
UNITE: Unité de Tar, Formation de Mongyu,
COUPE: affluent Est de Mongyu,
GISEMENT: Agglomérats volcaniques, coulées de laves sous-marines dans des flyschs volcano-

sédimentaires
DESCRIPTION: phénocristaux de Cpx, microphénocristaux de Cpx dans une matrice, Glomérules de chlorite, Vacuoles remplies d'albite, calcite, chlorite, opaques (hématite ? sulfures ?)
CASSURE: verte,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: Amygdaloïde, glomérulaire, Matrice microcristalline,
GROSSEUR DE GRAINS: macrophéno, 1-2 mm, Microphéno, 0,01 mm,
MINERAUX (macro): Cpx et plagioclases dans les vacuoles (analysés à la micro-sonde),
MINERAUX (micro): Cpx, chlorite, albite, calcite, hématite, pumpellyite, opaques,
MINERAUX (accessoires): un peu de calcite,
TRANSFORMATIONS: Plagioclase --> albite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

418,12

NOM: basalte,
AGE: Aptien - Albien,
UNITE: Unité de Tar, Formation de Mongyu,
COUPE: affluent Est de Mongyu,
GISEMENT: Agglomérats volcaniques, coulées de laves sous-marines dans des flyschs volcano-sédimentaires
DESCRIPTION: lave microcristalline contenant de petites amygdales, Chlorite, opaques titamifères ?
CASSURE: verte,
ALTERATION: verte,
TEXTURE: Microcristalline, Veines de calcite,
MINERAUX (macro): Chlorite,
MINERAUX (accessoires): calcite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

450,04

NOM: basalte à plagioclase et Cpx,
AGE: Aptien - Albien,
UNITE: Unité de Tar, Formation de Mongyu,
COUPE: coupe de Tar-Urtzi, barre en amont du village de Tar,
GISEMENT: Agglomérats volcaniques, coulées de laves sous-marines dans des flyschs volcano-sédimentaires
DESCRIPTION: Macrophénocristaux de plagioclases et de Cpx dans une matrice,
CASSURE: verte,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: Porphyrique, avec veines de calcite,
GROSSEUR DE GRAINS: macrophéno, de Cpx 1-3 mm, plagioclase 8 mm maximum,
MINERAUX (macro): Cpx, plagioclases,
MINERAUX (micro): Cpx, plagioclases, chlorite, opaques,
MINERAUX (accessoires): de calcite,
TRANSFORMATIONS: Plagioclase --> albite, Cpx --> chlorite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

Les analyses à la micro-sonde pour les échantillons précédents peuvent être résumées de la manière suivante:

- * Cpx des phénocristaux: augite
- * Cpx des matrice: enstatite. Selon C. Mevel, les enstatites sont typiques des séries d'arc, et sont absentes dans les MORB.
- * Plagioclases des phénocristaux, de la matrice et des vacuoles: albite avec CaO inf à 0,001% ou nul. Selon C. Mevel, ceci voudrait dire que l'albite est secondaire, et qu'il y a eu spilitisation.

- Formation d'Urtsi -

267,04

NOM: hyaloclastite,
AGE: Aptien - Albien ? Cénomaniens ?,
UNITE: Unité du Tar La, Formation d'Urtsi,
COUPE: Crête rive gauche d'Urtsi,
GISEMENT: hyaloclastites (cortex de pillow?) provenant d'un bloc pluri-hectométrique de pillows portant des sédiments volcano-sédimentaires marins,
DESCRIPTION: hyaloclastite,
CASSURE: verte,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: hyaloclastique,
MINERAUX (macro): Chlorite,
MINERAUX (accessoires): calcite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

Bloc de l'étang supérieur d'Urtsi,

"URTSI"

NOM: basalte,
AGE: anté-Crétacé ?
UNITE: Bloc de croûte océanique néotéthysienne ?
COUPE: Coupe de Tar-Urtsi, Bloc situé à l'étang supérieur d'Urtsi,
GISEMENT: coulées de laves sous-marines,
DESCRIPTION: partie externe d'un pillow,
CASSURE: lie de vin,
ALTERATION: brun foncé,
TEXTURE: microcristalline ou vitreuse, Pas de vacuoles,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

- Formation de Sapi-Karamba à Wanlah -

124,04

NOM: Dolérite,
AGE: entre le Trias et le Crétacé, Vraisemblablement Dogger,
UNITE: Formation de Sapi-Karamba, marge sud de la Néotéthys ?,
COUPE: vallée de la Yapola, 1km en aval de Wanlah,
GISEMENT: Bloc hectométrique de la bande Sud des Mélanges Colorés, Ce bloc montre ces laves en contact avec des radiolarites,
DESCRIPTION: Dolérite à plagioclase, matrice de chlorite et d'albite partiellement hématitisées,
CASSURE: gris-vert,
ALTERATION: brun rouge,
TEXTURE: doléritique,
GROSSEUR DE GRAINS: macrophéno, plagioclase; 3 mm maxi,
MINERAUX (macro): plagioclase, chlorite,
MINERAUX (micro): chlorite, albite, ilménite, titanite, magnétite, hématite,
TRANSFORMATIONS: Plagioclase --> albite, hématitisation,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

- Unité du Naktul -

480,16

NOM: basalte à Cpx,
AGE: Crétacé vraisemblablement supérieur,
UNITE: Unité de Naktul,
COUPE: Crête rive droite de la vallée de Butum-Marpoil,
GISEMENT: coulées de laves sous-marines dans des flyschs noirs jouxtant des faciès de calcaires de lagon à Rudistes et Orbitolines,
DESCRIPTION: Macrophenocristaux de Cpx dans une matrice amygdaloïde, Hornblende? Veines de phrenite et de pumpellyite,
CASSURE: verte,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: Porphyrique - matrice amygdaloïde,
GROSSEUR DE GRAINS: macrophéno, de Cpx; 5 mm maxi,
MINERAUX (macro): Cpx, vacuoles de calcite,
MINERAUX (micro): Cpx, chlorite, pumpellyite, calcite, hornblende? Albite,
MINERAUX (accessoires): veines de calcite,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

- Formation de Sapi-Karamba à Shergol -

472,09

NOM: Pillow lava,

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

AGE: Trias supérieur ou Jurassique, Dogger probable.
UNITE: Marge indienne de la Néotéthys, Formation de Sapi-Karamba,
COUPE: Entre Karamba et Shergol, 400m au dessus de la route, en dessous du replat, près d'une source.
GISEMENT: coulées de laves sous-marines interstratifiées dans des flyschs "de type Lamayuru"
DESCRIPTION: basalte aphyrique à matrice riche en amygdaloïdes, Nombreuses veines de calcite,
CASSURE: noire,
ALTERATION: vert foncé,
TEXTURE: microcristalline amygdaloïde,
MINERAUX (accessoires): calcite dans les veines et les amygdales,
BUT DE L'ANALYSE: signification géodynamique de ces laves,

2- RESULTATS DES ANALYSE ROCHE TOTALE:

Sample Nr	235,11,1	235,12	235,11,m	480,16	267,4	418,12	450,04	Urtsi
Weight %								
SiO ₂	52,30	52,00	49,14	60,35	40,00	54,98	54,18	52,00
TiO ₂	0,49	0,46	0,63	0,46	0,68	0,67	0,70	1,22
Al ₂ O ₃	10,10	10,23	13,35	10,54	14,17	17,52	16,27	17,22
Fe ₂ O ₃	7,94	6,33	9,97	6,32	7,59	9,16	7,58	8,15
MnO	0,17	0,16	0,18	0,13	0,12	0,17	0,14	0,14
MgO	9,42	6,99	6,32	5,82	4,42	3,67	4,38	5,14
CaO	13,00	13,32	12,79	9,16	18,00	2,80	6,08	5,06
Na ₂ O	2,84	4,53	2,53	3,47	3,16	7,05	3,05	5,28
K ₂ O	0,83	0,10	1,26	0,08	0,05	0,12	4,26	0,18
P ₂ O ₅	0,17	0,15	0,21	0,18	0,08	0,45	0,29	0,27
H ₂ O+ (= CO ₂)	1,62	4,50	3,01	3,27	8,90	2,76	2,55	4,37
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	98,88	98,77	99,39	98,78	97,17	99,35	99,38	99,03

REE en ppm:

Ba	91	24	103	34	41	66	615	64
Rb	<4	<4	<4	<4	<4	<4	83	<4
Sr	123	172	169	134	127	454	350	76
Pb	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Th	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
U	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nb	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
La	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Ce	<10	<10	17	<10	<10	58	38	<10
Nd	<10	<10	<10	<10	<10	32	19	12
Y	<3	<3	7	7	4	13	16	15
Zr	23	22	36	31	33	84	141	105
V	244	211	272	217	225	261	248	239
Cr	579	303	138	296	481	10	165	306
Ni	120	90	63	56	90	6	59	91
Co	47	29	44	29	32	31	34	41
Cu	37	65	<4	75	45	54	123	<4
Zn	43	39	66	39	34	87	67	74
Ga	2	<2	13	5	8	9	10	8
Sc	50	28	33	31	31	18	28	38
S	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
	---	---	---	---	---	---	---	---
Total	1359	983	975	954	1151	1183	1996	1069

Sample Nr	124.04	472.09
Weight %		
SiO ₂	53.09	40.00
TiO ₂	2.54	3.98
Al ₂ O ₃	14.90	14.85
Fe ₂ O ₃	11.08	12.62
MnO	0.22	0.16
MgO	3.27	4.82
CaO	3.49	12.52
Na ₂ O	5.37	3.33
K ₂ O	1.47	1.08
P ₂ O ₅	0.86	0.81
H ₂ O+ (= CO ₂)	2.40	5.23
	-----	-----
Total	98.69	99.40

REE en ppm:

Ba	220	820
Rb	28	20
Sr	165	330
Pb	<6	<6
Th	<5	<5
U	<1	<1
Nb	85	67
La	62	98
Ce	166	104
Nd	80	60
Y	51	22
Zr	543	270
V	31	399
Cr	15	68
Ni	8	41
Co	42	60
Cu	31	25
Zn	140	103
Ga	21	16
Sc	12	17
S	<20	<20
	---	---
Total	1700	2520

3- SERIES MAGMATIQUES: diagramme AFM (figure A 5-1).

* Formation de Sapi-Karamba: les échantillons sont situés dans le champ de la série alcaline et suivent sa tendance évolutive. Remarquons tout de même qu'on ne caractérise pas une série avec deux échantillons.

* Tous les autres échantillons s'inscrivent dans la tendance évolutive de la série calco-alcaline. C'est normal pour les laves d'arc des formations de Mongyu, d'Urtsi et de Naktul, par contre cela ne l'est pas pour l'échantillon noté "Urtsi". cela peut s'expliquer par le fait qu'un enrichissement secondaire en alcalins tire les roches vers le pôle Na₂O + K₂O.

4 DISCRIMINATION IAT / OFT. Diagramme Ti/Cr - Ni (figure A 5-2).

* Echantillon "Urtsi": c'est le seul à se trouver dans le champ des OFT.

* Tous les autres échantillons se trouvent dans le champ des IAT.

Ce diagramme n'est pas fait pour discriminer les roches alcalines: il ne doit pas être significatif pour les échantillons de la Formation de Sapi-Karamba.

5- DIAGRAMME Ti/V. Figure A 5-3.

* Les échantillons provenant des formations d'Urtsi, de Mongyu, et de la série du Naktul (marge Nord de la Néothétys) se regroupent dans un même champ qui se définit comme suit:

- Il est situé à droite du champ des MORB (Ti/V < 20).

- Il est entouré par les champs des boninite, des komatites de Gorgone et des IAT de Shervais.

* L'échantillon du bloc de pillows nommé "Urtsi" est franchement dans le champ des MORB.

* Echantillons de la formations de Sapi-Karamba:

124.04 est dans le champ des basaltes alcalins.

472.09 est également dans le champ des basaltes alcalins, mais proche de la limite du champ des MORB.

6- DIAGRAMMES DE PEARCE (1982) COMPARANT LES ELEMENTS TRACES A CEUX D'UN MORB TYPE MOYEN..

Tableaux de calcul et norme employée

		235,11,L		235,11,M		235,12		418,12	
norme		val,	roche / morb	val,	roche / morb	val,	roche / mor	val,	roche / morb
Sr	120 ppm	123	1,20	169	1,41	172	1,43	454	3,78
K20	0,15 %	0,83	5,53	1,26	8,4	0,10	0,66	0,12	0,8
Rb	20 ppm	< 4	< 0,2	4	0,2	< 4	< 0,2	< 4	< 0,2
Ba	20 ppm	91	4,5	103	5,15	24	1,2	66	3,3
Th	0,2 ppm	< 5	< 25	< 5	< 25	< 5	< 25	< 5	< 25
Ta	0,18 ppm								
Nb	3,5 ppm	< 3	< 0,86	< 3	< 0,86	< 3	< 0,86	< 3	< 0,86
Ce	10 ppm	< 10	< 1	17	1,7	< 10	< 1	58	5,8
P205	0,12 %	0,17	1,42	0,21	1,75	0,15	1,21	0,45	3,75
Zr	90 ppm	23	0,26	36	0,4	22	0,25	84	0,93
Hf	2,4 ppm								
Sm	3,3 ppm								
TiO2	1,5 %	0,49	0,33	0,63	0,42	0,46	0,31	0,67	0,45
Y	30 ppm	< 3	< 0,1	7	0,23	< 3	< 0,1	13	0,43
Yb	3,4 ppm								
Sc	40 ppm	50	1,25	33	0,83	28	0,7	18	0,45
Cr	250 ppm	579	2,36	138	0,55	303	1,21	10	0,04

		450,04		267,04		480,16		Urtsi	
norme		val,	roche / morb	val,	roche / morb	val,	roche / mor	val,	roche / morb
Sr	120 ppm	350	2,92	127	1,06	134	1,12	76	0,63
K20	0,15 %	4,26	28,4	0,05	0,33	0,08	0,53	0,18	1,2
Rb	20 ppm	83	4,15	< 4	< 0,2	< 4	< 0,2	< 4	< 0,2
Ba	20 ppm	615	30,75	41	2,05	34	1,7	64	3,2
Th	0,2 ppm	< 5	< 25	< 5	< 25	< 5	< 25	< 5	< 25
Ta	0,18 ppm								
Nb	3,5 ppm	< 3	< 0,86	< 3	< 0,86	< 3	< 0,86	< 3	< 0,86
Ce	10 ppm	38	3,8	10	1	< 10	< 1	< 10	< 1
P205	0,12 %	0,29	2,42	0,08	0,67	0,18	1,5	0,27	2,25
Zr	90 ppm	141	1,57	33	0,37	31	0,34	105	1,17
Hf	2,4 ppm								
Sm	3,3 ppm								
TiO2	1,5 %	0,70	0,47	0,68	0,45	0,46	0,31	1,22	0,81
Y	30 ppm	16	0,53	4	0,13	7	0,23	15	0,5
Yb	3,4 ppm								
Sc	40 ppm	28	0,7	31	0,78	31	0,78	38	0,95
Cr	250 ppm	165	0,67	481	1,92	296	1,18	306	1,22

		124,04		472,09	
norme		val,	roche / morb	val,	roche / morb
Sr	120 ppm	165	1,36	330	2,75
K20	0,15 %	1,47	9,8	1,08	7,2
Rb	20 ppm	28	1,4	20	1
Ba	20 ppm	220	11	820	41
Th	0,2 ppm	< 5	< 25	< 5	< 25
Ta	0,18 ppm				
Nb	3,5 ppm	85	24,29	67	19,14
Ce	10 ppm	166	16,6	104	10,4
P205	0,12 %	0,86	7,17	0,81	6,75
Zr	90 ppm	543	6,03	270	3
Hf	2,4 ppm				
Sm	3,3 ppm				
TiO2	1,5 %	2,54	1,69	3,98	2,65
Y	30 ppm	51	1,7	22	0,73
Yb	3,4 ppm				
Sc	40 ppm	12	0,3	17	0,43
Cr	250 ppm	15	0,06	68	0,27

Remarque de C. Mevel: les éléments Sr, K, Rb, Ba et Th sont mobiles, et ne sont donc pas significatifs. Les éléments les moins mobiles (Ti, Cr, Ni et V) ont déjà été utilisés dans les précédents diagrammes: ce diagramme paraît donc inutile.

On peut faire malgré tout quelques remarques sur la dispersion des éléments dans les différents groupes.

* Les échantillons de la Formation de Sapi Karamba (fig. A 5-4, échantillons 124 et 472) montrent des formes de courbes sensiblement identiques, surtout pour les éléments mobiles. Serait-ce dû à une altération identique sur des matériaux de départ comparables?

* La courbe de l'échantillon "Urtsi", très probablement de type MORB d'après le diagramme V/Ti et Ti:Cr/Ni, ne s'aligne pas sur la droite horizontale d'ordonnée 1.

* On remarque que les tous les échantillons de type IAT ont les mêmes teneurs en Ti (figure a 5-5), et que cet élément est moins abondant que dans les MORB. Par contre le Cr, supposé stable, montre une grande dispersion, qui explique l'étalement en hauteur des échantillons sur le diagramme Ti:Cr/Ni.

Honegger, qui m'avait conseillé de faire ce type de diagramme, m'a dit que le cocktail d'éléments à utiliser était en cours d'expérimentation, et qu'effectivement, celui que j'avais utilisé posait des problèmes.

7- TABLEAU RECAPITULATIF.

RESULTATS:

* Tous les échantillons appartenant aux formation de la marge nord néotéthysienne sont des tholéites d'arc insulaire.

* Il y a des blocs de basalte de ride médio-océanique à Urtsi.

* Les laves de la Formation de Sapi-Karamba sont des basaltes alcalin.

	Remarques de V, J, Dietrich	AFM	Ti:Cr/Ni	V/Ti
235,11,1	typical relatively primitive IAT lavas (see Cr and Ni)	Calc-alkalin	IAT	IAT
235,11,m	idem	Calc-alkalin	IAT	IAT
235,12	idem	Calc-alkalin	IAT	IAT
418,12	evolved IAT	Calc-alkalin	IAT	IAT
450,04	strange basalt (low Ti) shoshonitic affinities ?	Calc-alkalin	IAT	IAT
267,04	according to Ti/Y and V, IAT more primitive than 418,12	Calc-alkalin	IAT	IAT
480,16	Very similar to 235 but more evolved and metasomatosed	Calc-alkalin	IAT	IAT
"Urtsi"	MORB normal type (on Cr/Ni)	Calc-alkalin	OFT	MORB
124,04	typical alkali basalt Trachy-basalt	Alcalin		Alkali basalt
472,09	Alkali basalt	Alcalin		Alkali basalt

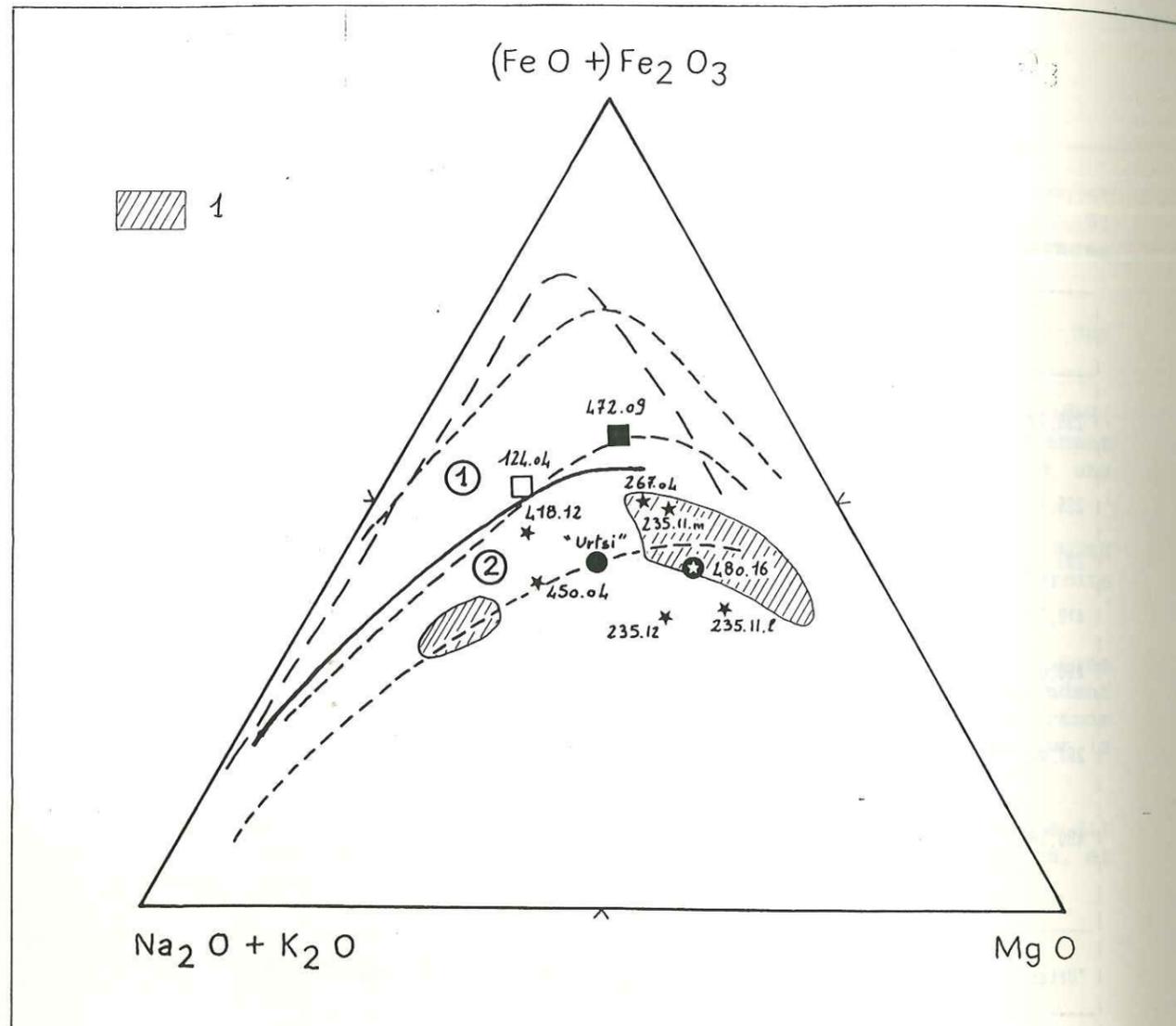


FIG. A.5.1.

DIAGRAMME AFM.

* L'analyse chimique des échantillons pointés sur ce diagramme ne donne le fer que sous la forme Fe₂O₃; il s'agit donc d'un diagramme Fe₂O₃ - MgO - Na₂O+K₂O.

cette ligne sépare TH/CA

* J'y ai superposé (figuré 1) les champs des échantillons des Dras Volcanics de K. Honegger (1982). Rappelons que les Dras volcanics montrent la tendance évolutive typique de la série calco-alcaline (ligne continue épaisse). Le fer est donné en FeO total, puisque ses analyses donnent Fe²⁺ et Fe³⁺.

* Les lignes en tireté courts indiquent les champs de la série tholéiitique (1) et de la série calco-alcaline (2) du Japon (d'après Kuno, 1968). Le trait en tireté long correspond à la série tholéiitique du Skaergaard au Groenland, Schéma titré de Girod & al, 1978.

Les figurés représentant les échantillons sont les mêmes que ceux de la figure 5-4.

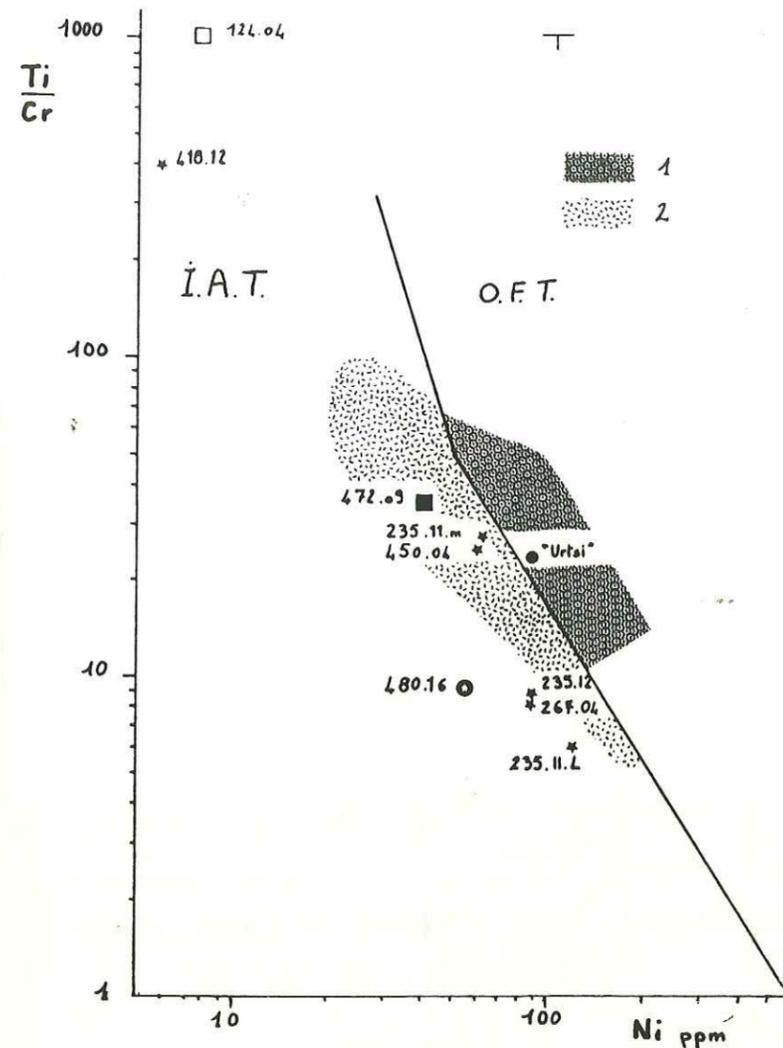


FIG. A.5.2

DIAGRAMME Ti/Cr - Ni.

A comparer avec le diagramme in K. Honegger & al, 1982: "Discrimination (solid line) between ocean floor (OFT equivalent to MORB) and island tholeiites (IAT) after Beccaluva & al (1973). The fields show the variation of the selected basalts from the Dras unit (design 2) and the melange zone (design 1)."

Formations de Mongyu et Urtsi : *

Unité de Naktul : ★

Echantillon "Urtsi" : ●

Formation de Sapi-Karamba à Wanlah : □

" " " " à Shergol : ■

→ alcalin

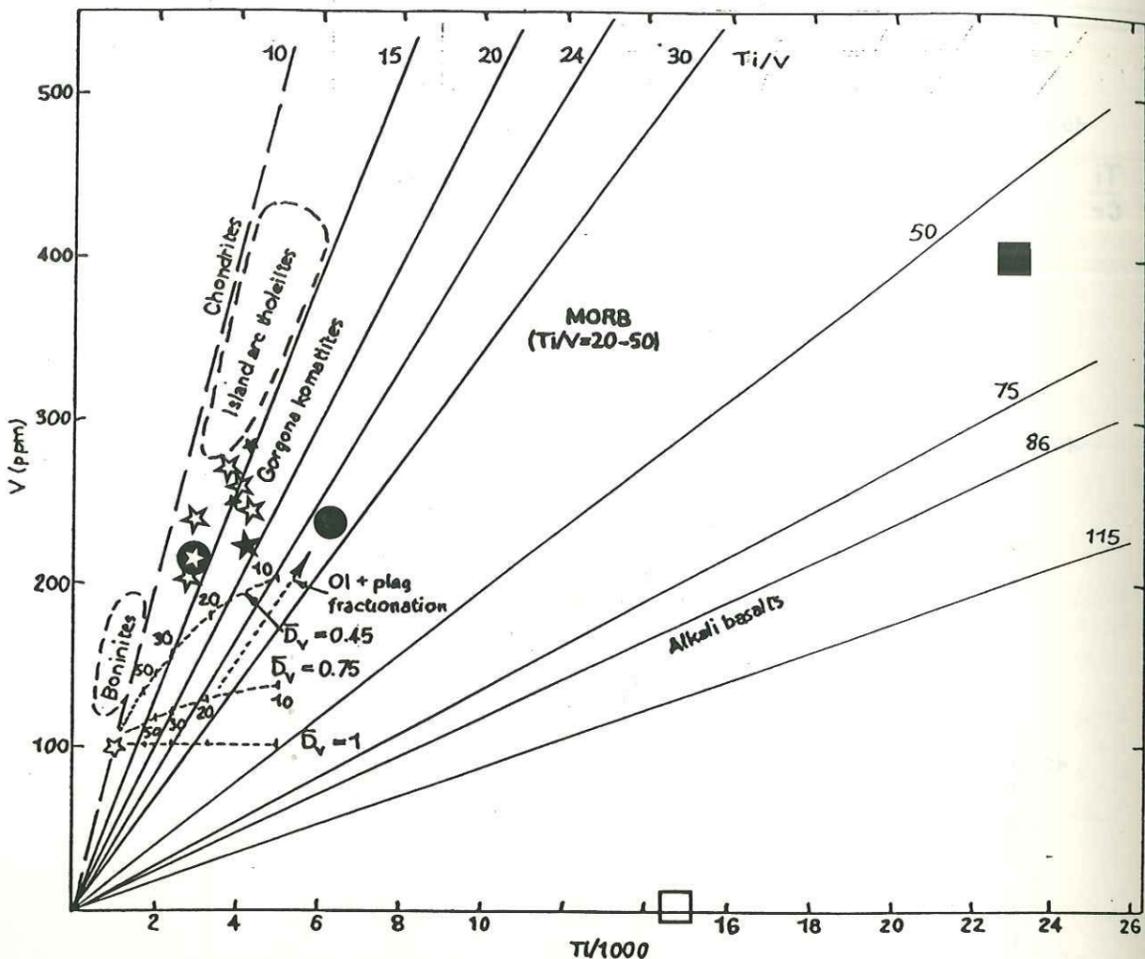


Fig. A 5.3. Discrimination IAT / MORB à l'aide du diagramme $V / Ti \cdot 10^3$

- ☆ formation de Mongyu
- ★ formation d'Urtsi (267.04)
- ⊙ série du Nahtul (480.16)
- échantillon "Urtsi"
- Wanlah (124.04)
- Shergol (418.18) } formation de Sapi-Karamba.

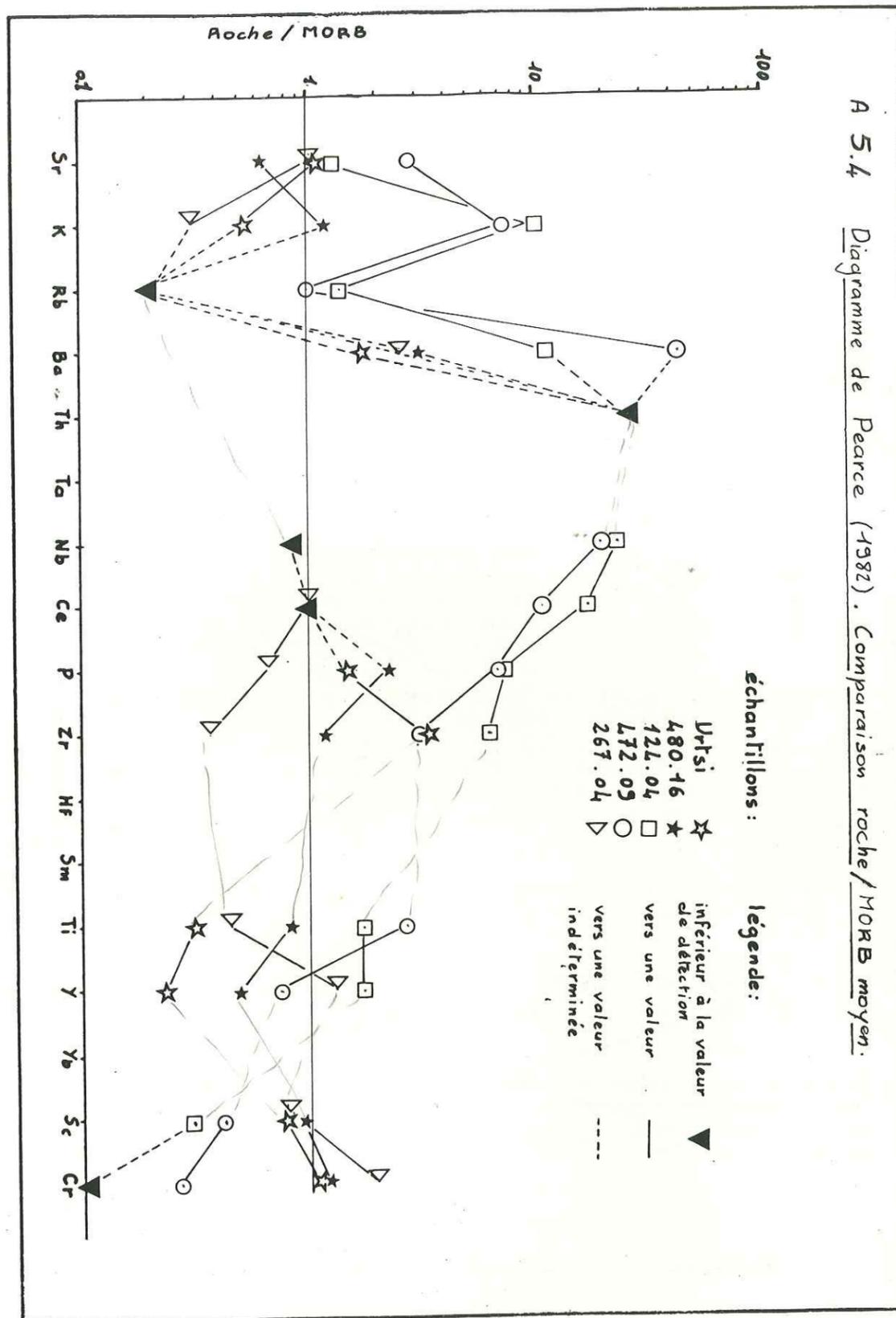
Diagramme tiré de:

Reprinted from Hsu, K. J., and La Brecque, J. L., et al., 1984
 Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume LXXIII, Washington (U.S. Government Printing Office)

21. GEOCHEMISTRY OF BASALTS FROM HOLES 519A, 520, 522B, AND 524, DEEP SEA DRILLING PROJECT LEG 73 (SOUTH ATLANTIC)

V. J. Dietrich, Department of Earth Sciences, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, CH-8092 Zürich, Switzerland
 M. F. Carman, Jr., Department of Geological Sciences, University of Houston, Houston, Texas
 A. Wyttenbach, Eidgenössisches Reaktorinstitut, CH-5303 Würenlingen, Switzerland
 and
 E. H. McKee, U.S. Geological Survey, Menlo Park, California

Ti-V relationships for Leg 73 basalts compared with chondrites (Mason, 1971), bulk earth (Pearce and Cann, 1973), komatiites (Dietrich et al., 1981), boninites (Dietrich et al., 1978; and Dietrich, unpublished data), island arc tholeiites (Shervais, 1982), and MORB (Langmuir et al., 1977; and Shervais, 1982). Straight arrow indicates path of fractional crystallization curves show degrees of partial melting of herzolite with different bulk partition coefficients for V, D_v (after Shervais, 1982). C.U. = Cooling Unit.

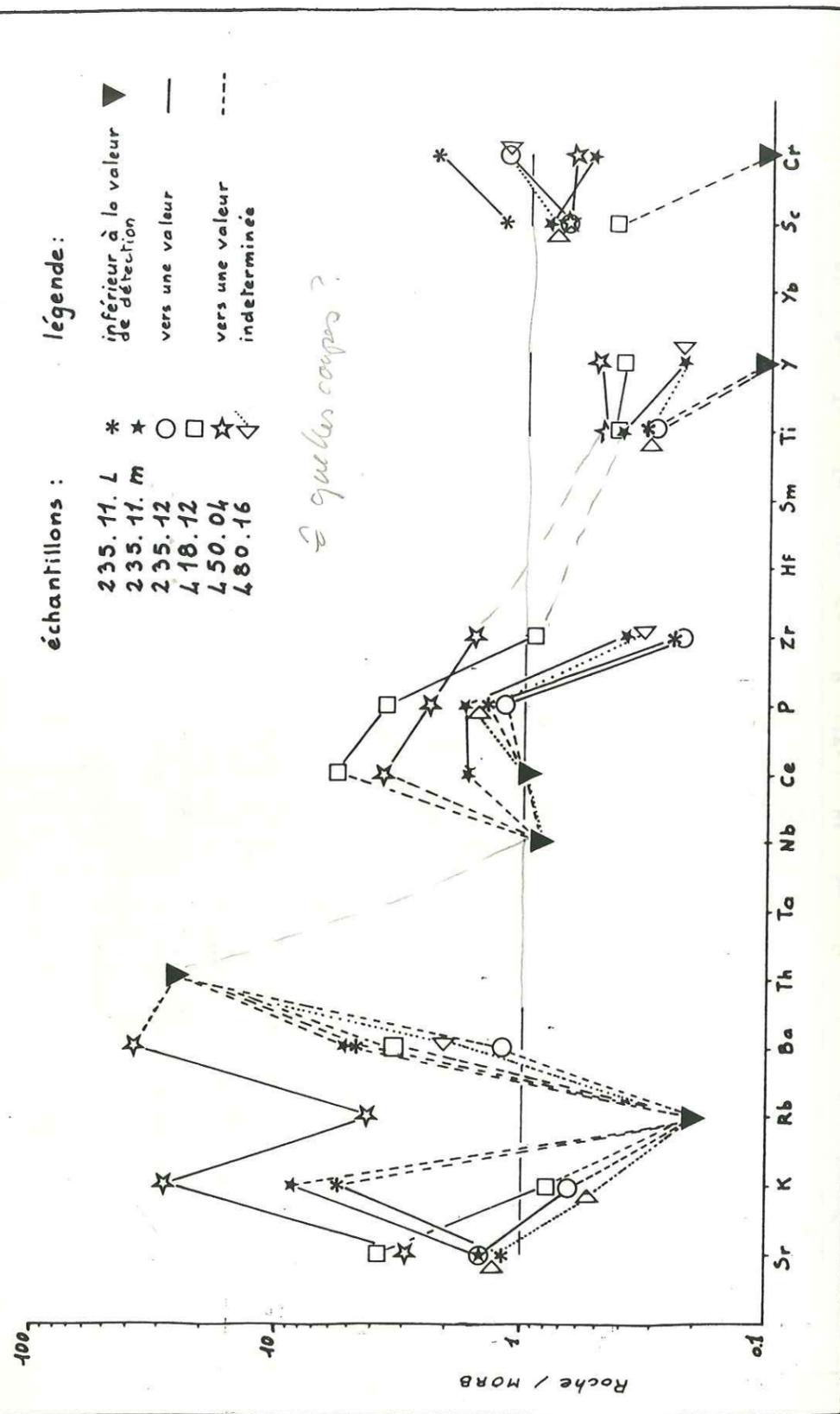


A 5.4 Diagramme de Pearce (1982). Comparaison roche / MORB moyen.

- échantillons :
- ☆ Urtsi 480.16
 - ★ Urtsi 124.04
 - ⊙ Urtsi 267.04
 - Wanlah
 - Shergol
- légende :
- ▲ inferieur à la valeur de detection
 - vers une valeur indéterminée
 - - - vers une valeur indéterminée

échantillons

A. 5.5 Diagramme de Pearce (1982) - Comparaison Roche / Morb moyen.



- ANNEXE 6 -

BASE DE DONNEES CONTENANT LES DESCRIPTIONS D'ECHANTILLONS.

Compte tenu de l'absence de macrofaune, il a fallu tailler de nombreuses lames minces pour trouver des microfaunes déterminables. Les échantillons rapportés de la première mission n'ont livré que de rares organismes, mais cela m'a permis de repérer les faciès favorables.

D'autre part, le nombre élevé de formations à caractériser impliquait une description de chaque lame mince, afin de mettre en évidence leurs contenu pétrographique.

Et enfin, il restait le problème de gérer tout ce matériel (plusieurs centaines de plaques minces), de savoir quelles lames restaient à déterminer, quels échantillons restaient à traiter... etc

J'ai donc été tout naturellement conduit à constituer une base de données informatisée.

La taille prévisible de la base rendait obligatoire une configuration musclée en taille mémoire. En 1983, les micro-ordinateurs à disque dur étaient encore rares et chers: je me suis donc tourné vers le centre informatique de l'Université de Poitiers pour développer cette application sur un Mini 6 - 92 de chez Bull. Cette solution présentait également l'avantage de régler le problème des sauvegardes périodiques du disque, opération de routine dans un centre de calcul.

Le logiciel utilisé est le logiciel de base de données "TEXTO", de chez Chemdata. Il convient parfaitement à l'archivage de textes, puisque la longueur de chaque champ n'est pas limitée.

Il possède de nombreuses possibilités d'indexations, de tris multicritères, de modification du nombre et de l'intitulé des champs.

Il est d'ailleurs utilisé par le Muséum d'Histoire Naturelle pour l'archivage de tous les fossiles types de France.

A partir d'Aout 1988 la base de données sera implantée sur le Vax du centre de calcul, et on pourra la consulter à distance sur minitel (sur demande auprès du laboratoire de M. Colchen). Une bonne connaissance du logiciel est nécessaire, car il n'a pas été développé d'interface utilisateur avec le module "Logotel".

Voici quelques exemples de description d'échantillon:

1 356^07^b
 nofich ~000404
 ref ~356^07^b
 localite~HANGRU
 coupe ~GORGES YAPOLA
 serie ~Nindam
 nomroche~RUDITE pebble - cobbles / tres peu de matrice type coarse sand +
 ~silt .Clastes de lave microlithique a baguettes de cl agio et
 ~rares phenocristaux, de roche microgrenue a gros phenocristaux de
 ~plagios a golfes de corrosion, d'amphicoles entierement
 ~chloritisees: on a afaire a une premiere cristallisation lente de
 ~plagios et d'amphiboles, puis cristallisation plus rapide de la
 ~matrice qui contient du quartz avec corrosion des premiers cristaux
 ~formes et chloritisation des amonidoles. CLASTE DE PACKESTONE de
 ~calcaire type Kahlsi a rudistes et oroitolines et litnocodium
 typdepo ~debris flow. remplissage de chenal et depot de T(cde) de deboroement
 micrfaun~ORBITOLINES ^LITHOCODIUM tout ca dans les clastes
 macrfaun~RUDISTES
 fait ~1 lame
 affaire ~dater montrer Fourcace ^Ingrid
 finech ~o
 finfich ~n

1 277^01
 nofich ~000327
 ref ~277^01
 localite~URTSI
 coupe ~URTSI WANLAH
 serie ~Melanges
 nomroche~CLAYSTONE ROUGE A RADIOLAIRE surmonte par des pillows
 micrfaun~RADIOLAIRES
 fait ~extraction radiolaires
 encours ~cellule montree a De waewer par Colchen le 29/02/86
 finech ~n
 finfich ~n

1 235^03
 nofich ~000203
 ref ~235^03
 localite~MONGYU
 coupe ~MONGYU EST
 serie ~Inous-Nindam
 age ~Tertiaire ??
 nomroche~tuffite calcaire a phenocristaux de feldspaths euecriques,
 ~pyroclastes et cendres volcaniques, matrice micrite et chlorites
 ~aciculaires
 typdepo ~debris volcaniques dans une boue calcaire
 descgen ~forte orientation optique de la matrice--> tectonisation.. Les
 ~craquelures sont surement dues a la nouvelle machine
 fait ~1 lame sonde non polie
 affaire ~Ingrig sonde sur cristaux
 finech ~n
 finfich ~n

- ANNEXE 7 -

BASE DE DONNEES DES ANALYSES MICRO-SONDE.

TRANSMISSION DE DONNEES, ORGANISATION
PROGRAMMES DE CALCUL DES FORMULES
STRUCTURALES DES MINERALES.

J'ai été conduit à développer quelques programmes pour calculer la formule structurales des minéraux des roches volcaniques analysés à la micro-sonde.

Il a été décidé d'archiver ces analyse à l'aide du logiciel "Texto" sur le Mini 6-92 du Cicup de l'Université de Poitiers (cf l'annexe 6).

L'archivage dans une base de données offrait les fonctionnalités suivantes:

- L'archivage des données d'analyses micro-sondes dans la base devait se faire automatiquement, par transfert téléphonique, autant pour éviter les fastidieuses recopies de listing, que pour éviter les erreurs de saisie.
- L'ordre de saisie des % d'oxydes devait s'adapter facilement à celui utilisé pour l'analyse.
- Possibilité de pouvoir adjoindre aux analyses des renseignements complémentaires précisant le contexte et pouvant servir aux tris.
- Tri des analyses suivant la provenance de l'échantillon, la nature du minéral, le pourcentage d'un corps, la nature de la lave ... etc.

Les analyses sélectionnées par les tris devaient ensuite être utilisées par les programmes de calculs, ces derniers devant fournir les formules structurales, ainsi que des fichiers de chiffres utilisables par les programmes de fabrication de diagrammes.

De ces contraintes sont nés les modules de programmes exposés dans le tableau suivant.

L'exemple choisi pour cette illustration a fonctionné, mais dans une configuration un peu différente.

Site, matériel	Logiciel	Résultat
C.O.B. de Brest, PDP 11 de chez DEC,	(1) KERMIT	-- Transfert des fichiers d'analyse micro-sonde,
Centre d'Informatique de l'Université de Poitiers (CICUP), Mini 6-92 de chez Bull,	(2)* TRANSFERT	-- Accepte en entrée le fichier d'analyse, Transforme ce fichier en fichier "Texto" en ajoutant automatiquement les noms de champs, Permet d'ajouter les renseignements concernant l'échantillon,
	(3) TEXTO	-- Base de données des analyses chimiques, Tri des analyses à soumettre aux calculs avec constitution du fichier soumis au programme de calcul,
	(4)* CALCULS	-- Calcul des formules structurales des minéraux, répartition des cations dans les sites, Fichiers résultats; * Listing des tableaux résultants des calculs, * Fichier pour le tracé des diagrammes,
	(5)* TRACE	-- Tracé des diagrammes sur table traçante Benson trois plumes à rouleau,

(* logiciels développés)

- CARACTERISTIQUES DES LOGICIELS -

- 1 - KERMIT: logiciel de transfert de fichier entre ordinateurs différents.
Logiciel du domaine public.
- 2* - TRANSFERT: logiciel en attente de finition, suite à la migration en
cours du Mini 6 vers le Vax.
- 3 - TEXTO: base de données de chez Chemdata.
- 4* - CALCULS: calcul des formules structurales des minéraux. Répartition des
cations pour les péridots, les pyroxènes et les amphiboles.
Sélection des paramètres pour les différents diagrammes.
- 5* - TRACE: trace différents diagrammes concernant les pyroxènes.
. Diagramme triangulaire de classification des pyroxènes (J.
Stephen & Hubner, in "Pyroxenes, Reviews in Mineralogy. Min.
Soc of America, 1980)
. Diagramme Ti/Al total (J. Leterrier et al 1982).
. Diagramme Ti+Cr/Ca (J. Leterrier et al 1982).
. Diagramme Na/Cr des Cpx mantellaires (Kornprobst &
Ohnenstetter 1981)
. Diagramme Ti/Ca+Na (J. Leterrier et al 1982).
. Diagramme SiO₂/Al₂O₃ (Nisbet & Pearce 1977).
. Diagramme SiO₂/TO₂ (Nisbet & Pearce 1977).

Les programmes ont été écrits en Advanced Fortran. La version du
compilateur utilisée possédait quelques particularités désagréables, la plus
embêtante concernant le passage par adresse des tableaux de chaînes de
caractère entre sous-programmes: les résultats étaient imprévisibles. Ceci
m'a conduit à écrire des programmes non structurés, constellés de "GOSUB".
Il est donc évident que ces programmes devront être réécrits, si toutefois
ils doivent continuer à être utilisés.

EXEMPLE DE FICHE CONCERNANT UN POINT D'ANALYSE.

nofich	-0030
ref	-235,12,a
nopoint	-106
typana	-Fk
code	-13
observ	-Cristaux dans des glomérules, Cortex de pyroxènes,
local	-Coupe de Mongyu Est rive gauche,
typlav	-Basalte à phénocristaux de Px et feldspath,
fait	-analyse microsonde COB Brest 29/05/86,
affaire	-Voir C. Mevel pour interprétation,
FeO	-0,0013
Na2O	-0,1151
SiO2	-0,6906
K2O	-0,0007
NiO	-0,
MgO	-0,0004
Al2O3	-0,1968
CaO	-0,0005
MnO	-0,
TiO2	-0,
Cr2O3	-0,0005
Total	-1,0056

- ANNEXE 8 -

CORRELATIONS STRATIGRAPHIQUES.

Il s'agit d'une revue des principales colonnes stratigraphiques synthétiques du Ladakh.

Il est devenu inutile, avec l'avancement des connaissances, de continuer cet exercice, car certaines formations ont changé de signification sans changer de nom, ce qui ne peut pas apparaître sur ce type de schéma. Ces tableaux sont toutefois indispensables pour la lecture des publications antérieures à 1980.

Tectonic Framework of the Miogeosynclinal Sedimentation in Ladakh 515 -Devendra Pal et al 1979 [377]
 TABLE 1. CORRELATION OF DIFFERENT STRATIGRAPHIC HORIZONS IN CENTRAL LADAKH

Age	Authors' nomenclature	Shah et al. 1976	Tewari 1964	Raiverman & Misra 1977	Fuchs 1977	Frank, Gansser & Trommsdorff 1977	Ravi Shanker et al. 1976	Others
Holocene Pleistocene	Glacial, Fluvio-glacial & Lacustrine deposits and 3 River Terraces, viz. T ₁ , T ₂ & T ₃ along the Indus River	Alluvium				Young river terraces	Glacial, Fluvio-glacial Lacustrine deposits	
Pliocene to Miocene	Karrou Formation	Kargil Fm.	Ladakh Molasse	Kargil and Tarumsa facies	Indus Molasse	Indus Molasse	Liyan Fm.	Lydekker 1883 De Terra 1935 Ladakh Molasse Group. Bhandari et al. 1974
Oligocene								
Eocene	Indus Formation D E	Mamman Phyllite Serpentinite, dunite, Radiolarian chert, 1. st & melange	Dras volcanic belt & Cretaceous Flysch belt	Dras Complex	Indus Flysch (= Hemis Cong.)	Indus Flysch (= Hemis Cong.)	Upper Indus Fm.	Dras Volcanics, De Terra, 1935 Indus Ophiolite Gansser, 1964
Palaeocene	Formation C						Lower Indus Fm. (= Samdo Fm.)	
Cretaceous	Formation B A	Lava and Agglomerate Changthang, Slate		Dras Complex	Indus Flysch Ophiolitic melange		(= Samdo Fm.)	
Miocene							Dras volcanics	
Jurassic Triassic	Bodhkarbu B Formation A	Matyan L.st. Zoji La Fm.		Mulbekh L.st. Serzing Phyllite	Lamayuru Fm. (= Kiotio L.st.)	Namica La Flysch Lamayuru Flysch	Triassic L.st	Upper Triassic Middlemiss, 1911. Triassic L.st., Auden, 1935
Palaeozoic	Zanskar sediments (Tethyan)	Panjtal Trap and Agglomeratic Slate			Zanskar	Zanskar Zone sediments	Up. Palaeozoic	

PAL et MATHEU 1957	FUCHS 1977-79	Age	SRIKANTIA et al 1979	Age	STERNE	1979	Age	BAUD et al 1982	Age
Membre A	Calcaires de Khalisi (nappe de Mindam)	APTIEN	A red and green shaly flysch with subordinate sandstone/limestone	C	Barremian-Apizian limestone	Barremien APTIEN			
Membre B	flysch de l'Indus	CRET.	B arenaceous flysch with subordinate shale	R	Indus flysch (nappe de Mindam)	CRET. sup. EOCENE			
Membre C			C grey shaly flysch with subordinate sandstone/limestone	E	Hemis conglomerates Nimu grits	pre-SENONIEN			
Membre D (Lac. cong.)			D red shaly flysch with subordinate sandstone/siltstone	T	UPSHI-MIRU conglomerates	CRET. term. EOCENE moy.			
Membre E			E conglomeratic flysch with subordinate sandstone and shale	A	LYDECKER Nummulitic Jurutze marls				
				C	Stakspi-la-Basgo shales	OLIGOCENE MIOCENE			
				E					
				D					
				O					
				C					
				E					
				D					
				C					
				E					
				M					
				E					

Age	BROOKFIELD et ANDREWS SPEED 1983	Age	MATHUR et al 1983	Age	VAN-HAVER et al 1984	Age
	Khalisi limestone	APTIEN ALBIEN inf.	Dorbitolina zone (zone I)	CRETACE inf.	Calcaires de Khalisi	BEDOUILIEN ALBIEN moy.
	Khalisi flysch basal clastic	CRETACE	Zone II	CRETACE moy. PALEOCENE	Série verte de Tar (Calcaires de Sundar-gompa)	ALBIEN sup. MAESTRICHTIEN PALEOCENE?
EOCENE inf. EOCENE moy.	Jurutze marls	CUISIEN	Zone III	Zone IV & X	Série à Nummulites Marnes d'Urucha	ILLERDUIEN-CUISIEN LUTETIEN?
POST EOCENE ?	Jurutze flysch (and Nummulitic limestone) SUD	PALEOCENE sup.	?	?	Pétiles rouges du Gongmaru-la (=molasse de Sundoh Conglomerats d'Hemis-conglomerats du Stakspi-la)	P E D M S C O T
?	Rumbok molasse Kongmaru-la molasse				Molasse multicolore de Nurla Conglomerats de Choksti Grès de Jitmu-Aitch	P E D M S C O T
	Zinzhong molasse Nimu grits Hemis Congl.	OLIGOCENE				P E D M S C O T

- ANNEXE 9 -

IMAGERIE LANSAT.

- TRAITEMENT D'IMAGE EN VUE DE FAIRE RESSORTIR LA LITHOLOGIE.

Nous avons tenté de traiter la scène Landsat du Ladakh à l'ORSTOM de Bondy. Le document de départ était la bande magnétique.

Une première tentative avait déjà été faite pour extraire les linéaments d'origine tectonique entre Lamayuru et Sumda Chen (J.F. Parrot et M. Colchen 1980).

A posteriori, on peut dire que l'image obtenue était difficilement interprétable, car dans cette région les accidents sont sub-parallèles aux limites lithologiques. En fait, cet exercice a surtout servi à tester un programme qui enlevait les ombres et de ce point de vue, il s'agit d'une réussite.

Avec Eric Gilbert, nous avons tenté de trouver une combinaison de canaux qui nous aurait fourni une image en fausses couleurs faisant ressortir les différences lithologiques. Il est ressorti de nos tentatives que le Ladakh, région au couvert végétal très peu développé, est un terrain idéal pour ce type d'études.

La manipulation, que nous n'avons pas pu mener à bien faute de temps, devra faire l'objet d'un programme spécial incluant des missions de terrains et regroupant une équipe de géologues et de spécialistes du traitement de l'image.

- OBTENTION DU FOND TOPOGRAPHIQUE.

Nous nous sommes contentés d'utiliser le cliché Landsat noir et blanc haute définition pour tirer des agrandissements photographiques qui nous ont servi de fond topographique. Rappelons que les cartes topographique au 1/50 000 ^{ème} du Ladakh ne sont pas en vente libre.

Dans la région de Shergol, où le versant SE a des arêtes molles et dont la topographie, sur la photo dont nous disposons, est écrasée par la lumière de 10H du matin, n'a pas donné de document intéressant. Par contre, partout ailleurs, on se positionne aisément sur la photo, et certaines couches se suivent aisément.

A partir de l'échelle 1/25 000 ^{ème} la définition des photos baisse sérieusement et on commence à voir la trame de balayage.

- ANNEXE 10 -

ANALYSES DES MINERAUX DES LAVES A LA MICRO-SONDE

Analyses effectuées sur la micro-sonde du COB de Brest (IFREMER) les 28 et 29/05/1986.

But des analyses effectuées:

- Pyroxènes et feldspaths des laves de Mongyu:

Caractériser le contexte géodynamique. I. Reuber et moi-même pensions, en utilisant les diagrammes d'analyse des minéraux, échapper aux coûteuses analyses de roche totale: nous verrons que ces dernières sont plus discriminantes.

- Spinelles dans les laves d'arc et dans les péridotites:

Le but était de savoir les différencier, puis d'appliquer les résultats à l'analyse des spinelles détritiques de la Formation de Nurla et de la Formation à Nummulites, afin de savoir à partir de quelle époque commençait le détritisme ophiolitique.

Cette idée venait de K. Honegger, qui l'a appliquée avec succès aux sédiments postéocène inférieur de la marge indienne (Garzanti et al 1987).

Je n'ai pas eu le temps de mener à bien cette manipulation; j'espère que les données qui sont présentées serviront à un successeur.

- Pyroxènes des péridotites:

Voir s'il existait différents types de péridotites dans les mélanges (utilisation du diagramme de Leterrier et al 1982).

1 - PYROXENES DES PERIDOTITES.

Figure 10-1 à 10-4.

* Péridotites de la bande Nord des Mélanges Colorés, associées à la Formation de Mongyu.

235.10 : lentille de péridotites serpentinisées de la coupe II.50 rive gauche de Mongyu Est, entre les unités M1 et M2. Diopsides.

254.04 : masse de péridotite en rive Est de la vallée d'Hipti (fig. II.67). Enstatite.

211.06 : lentilles de péridotite de l'unité F, en rive gauche, dans le torrent situé en dessous de Sapta (fig. II.61). Enstatite.

211.06 : lentille de péridotite de l'unité F, en rive gauche, dans le torrent situé en dessous de Sapta (fig. II.61). Enstatite.

* Péridotites de la bande Sud des Mélanges Colorés.

290.07 : lentille de péridotite dans la bande Sud des Mélanges Colorés en dessus d'Hinju (fig. II.37). Enstatite et diopside.

La disposition des (trop peu nombreux) échantillons sur le Diagramme de Leterrier ne permet pas de conclure.

2 - SPINELLES DES PERIDOTITES.

Figure 10-5 et 10-6. Les échantillons sont les mêmes que précédemment.

Les spinelles sont calculées sur 32 oxygènes; Les points d'analyse ont été pris dans la partie du minéral la plus sombre et la moins altérée. Ces spécifications correspondaient au minimum en SiO₂, ce dernier étant détecté au couineur.

3 - PYROXENES DES LAVES DE LA FORMATION DE MONGYU.

* Localisation géographique et classification (figure 10-7 à 10-10).

235.11 et .12 : Coupe de Mongyu Est, rive gauche (fig. II.49 et II.50). Ces lames minces proviennent des

mêmes échantillons que les roches utilisées pour les analyses roche totale de l'annexe 5.

Le code graphique 12 concerne les analyses des phénocristaux centimétriques.

Le code graphique 11 concerne les analyses des microphénocristaux de la matrice.

Ces pyroxènes s'étalent entre le pôle du diopside et celui des augites.

211.07 : laves en rive gauche, dans le torrent situé en dessous de Sapta (fig. II.61).

Ces pyroxènes sont des diopsides.

208.05 : granules de laves dans des turbidites de l'unité A de la coupe de Mongyu-Manlung (figure II.57). Age des sédiments: Sémonien.

Il s'agit d'un diopside.

255.03 : Barres de laves dans un affluent Est de la vallée d'Hipti (fig. II.67).

Ce sont des augites.

* Commentaire des diagrammes:

Fig. 10-11. Diagramme Ti/Ca+Na:

Tous les pyroxènes sont situés dans le champ tholéitique et calco-alcalin: ceci est cohérent avec les analyses roche totale qui donnent des basaltes tholéitiques d'arc.

Fig. 10-12. Diagramme SiO₂/TiO₂:

Tous les pyroxènes sont situés dans le champ des MORB: compte tenu des autres résultats, ce diagramme ne semble pas donner des résultats fiables.

Fig. 10-13. Diagramme SiO₂/Al₂O₃:

La majorité des pyroxènes sont situés dans le champ subalcalin, mais les échantillons 235 ont une grande dispersion en Al₂O₃ qui en déplace quelques uns dans le champ alcalin: diagramme à utiliser avec prudence.

Fig. 10-14. Diagramme Ti/Al total:

Tous les pyroxènes, sauf 255.03 qui est très riche en Ti, sont situés dans le champ tholéitique.

Fig. 10-15. Diagramme Ti+Cr/Ca:

Les pyroxènes se regroupent dans le champ "orogéniques", sauf 255.03, riche en Ti, et quelques pyroxènes des échantillons 211.07 et 235, riches en Cr.

En conclusion, on peut dire que pour un magma originel donné, la diversité de compositions des minéraux est trop grande pour que ces diagrammes soient raisonnablement discriminants. Les analyses roche totale, qui font une moyenne sur un plus grand volume de roche, sont donc plus fiables.

4 - FELDSPATHS DES LAVES DE LA FORMATION DE MONGYU.

Figure 10-16.

L'échantillon 235.13 est équivalent aux autres échantillons 235.

Tous les feldspaths analysés sont des albites.

Les points 106, 107 et 108 de l'échantillon 235.12a sont des cristaux d'albites radiaires dans des glomérules (vacuoles ?) sphériques dans ces laves. Le cortex de ces vacuoles comprend de petits pyroxènes.

5 - OPAQUES DES LAVES DE LA FORMATION DE MONGYU.

Figures 10-17 et 10-18

Les tableaux montrent que les analyses bouclent mal: elles sont données à titre indicatif.

Fig a 10.1 Analyse microsonde des pyroxènes des péridotites.

	290^07		290^07		290^07		290^07		290^07		211^04	
	P. 26	Min:OPX cations	P. 28	Min:CPX cations	P. 30	Min:OPX cations	P. 32	Min:OPX cations	P. 37	Min:OPX cations	P. 39	Min:OPX cations
SiO2	0.4312	1.524	0.5211	1.334	0.5251	1.373	0.4174	1.517	0.4135	1.705	0.4093	1.501
TiO2	0.0005	0.001	0.0009	0.003	0.0010	0.002	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Al2O3	0.0000	0.000	0.0335	0.226	0.0521	0.226	0.0023	0.010	0.0056	0.027	0.0000	0.000
Cr2O3	0.0000	0.000	0.0174	0.049	0.0083	0.024	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0009	0.003
FeO	0.0857	0.253	0.0219	0.065	0.0264	0.079	0.0857	0.260	0.0275	0.095	0.0916	0.281
MnO	0.0004	0.001	0.0018	0.005	0.0007	0.005	0.0002	0.001	0.0004	0.001	0.0003	0.001
MgO	0.5093	2.634	0.1609	0.362	0.1792	0.956	0.4945	2.679	0.3981	2.443	0.4923	2.682
CaO	0.0000	0.000	0.2295	0.564	0.2112	0.512	0.0002	0.001	0.0009	0.004	0.0007	0.003
Na2O	0.0003	0.002	0.0040	0.028	0.0025	0.028	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0006	0.004
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
NiO	0.0029	0.008	0.0012	0.003	0.0000	0.003	0.0039	0.011	0.0001	0.000	0.0047	0.014
Total	1.0303	4.475	1.0120	4.000	1.0065	4.001	1.0043	4.478	0.8462	4.281	1.0003	4.499
WOLLASTONITE	0.00	46.81	43.90	0.03	0.03	0.16	0.03	0.03	0.03	0.16	0.09	0.03
ENSTATITE	91.37	47.61	51.82	91.12	91.12	96.12	91.12	91.12	91.12	96.12	90.46	97.20
FERROSILLITE	8.63	5.59	4.28	8.86	8.86	3.72	8.86	8.86	8.86	3.72	9.44	2.71
code graphique	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Problemes gr.	0 2 0	0 0 0	0 0 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0	0 2 0

0: pas de problèmes pour l'affichage graphique
 1: il y a des valeurs supérieures aux bornes d'un ou plusieurs diagrammes. La valeur affichée sur le diagramme est tronquée à la valeur maxi des axes.
 2: Idem pour les valeurs trop basses pour être représentées.
 3: un ou plusieurs oxydes n'ont pas été analysés; les points ne seront pas affichés dans les diagrammes correspondants.
 Ou bien: W+E+F=0

	235^10^a		235^10^a		235^10^a		235^10^a		235^10^a	
	P. 51	Min:cPx	P. 53	Min:cPx	P. 54	Min:cPx	P. 56	Min:cPx	P. 61	Min:cPx
	oxyde	cations								
SiO2	0.5090	1.871	0.5349	1.893	0.4910	1.848	0.5123	1.873	0.5292	1.900
TiO2	0.0042	0.012	0.0036	0.010	0.0027	0.003	0.0035	0.010	0.0034	0.009
Al2O3	0.0594	0.257	0.0590	0.249	0.0543	0.241	0.0618	0.266	0.0563	0.233
Cr2O3	0.0070	0.020	0.0049	0.014	0.0047	0.014	0.0043	0.012	0.0048	0.014
FeO	0.0242	0.074	0.0244	0.072	0.0331	0.104	0.0294	0.090	0.0228	0.068
MnO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
MgO	0.1590	0.871	0.1528	0.805	0.1832	1.028	0.1559	0.850	0.1518	0.812
CaO	0.2129	0.833	0.2333	0.886	0.1552	0.747	0.2149	0.842	0.2321	0.893
Na2O	0.0095	0.063	0.0105	0.073	0.0065	0.048	0.0094	0.067	0.0089	0.062
K2O	0.0003	0.001	0.0001	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
NiO	0.0003	0.001	0.0000	0.000	0.0015	0.005	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Total	0.9858	4.014	1.0248	4.003	0.9622	4.041	0.9925	4.012	1.0093	3.996

WOLLASTONITE	47.00	50.23	39.75	47.26	50.34
ENSTATITE	48.83	45.68	54.71	47.70	45.81
FERROSILLITE	4.17	4.09	5.54	5.05	3.36

Code graphique	15	15	15	15	15
----------------	----	----	----	----	----

Problemes gr.	1 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	1 0 0
---------------	-------	-------	-------	-------	-------

	254^04		211^05		211^06	
	P. 95	Min:OPx	P. 91	Min:CPx	P. 92	Min:OPx
	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations
SiO2	0.4339	1.732	0.3895	1.629	0.3923	1.659
TiO2	0.0007	0.002	0.0009	0.003	0.0003	0.001
Al2O3	0.0347	0.163	0.0186	0.092	0.0199	0.099
Cr2O3	0.0035	0.011	0.0122	0.040	0.0074	0.025
FeO	0.0516	0.172	0.0747	0.261	0.0668	0.236
MnO	0.0006	0.002	0.0011	0.004	0.0000	0.000
MgO	0.3515	2.092	0.3639	2.208	0.3572	2.252
CaO	0.0008	0.003	0.0004	0.002	0.0000	0.000
Na2O	0.0000	0.000	0.0006	0.005	0.0000	0.000
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
NiO	0.0003	0.001	0.0005	0.002	0.0016	0.005
Total	0.8776	4.179	0.8624	4.305	0.8454	4.278

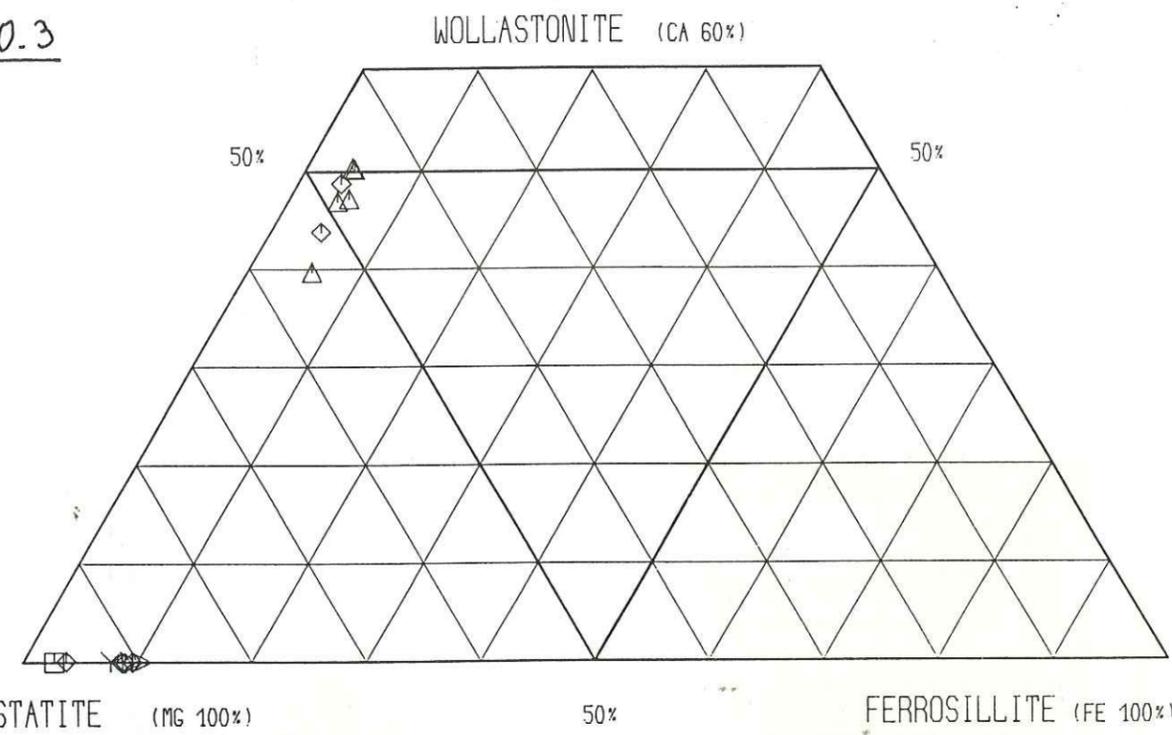
WOLLASTONITE	0.15	0.07	0.00
ENSTATITE	92.25	89.61	90.51
FERROSILLITE	7.60	10.32	9.49

Code graphique	23	21	21
----------------	----	----	----

Problemes gr.	0 2 0	0 2 0	0 2 0
---------------	-------	-------	-------

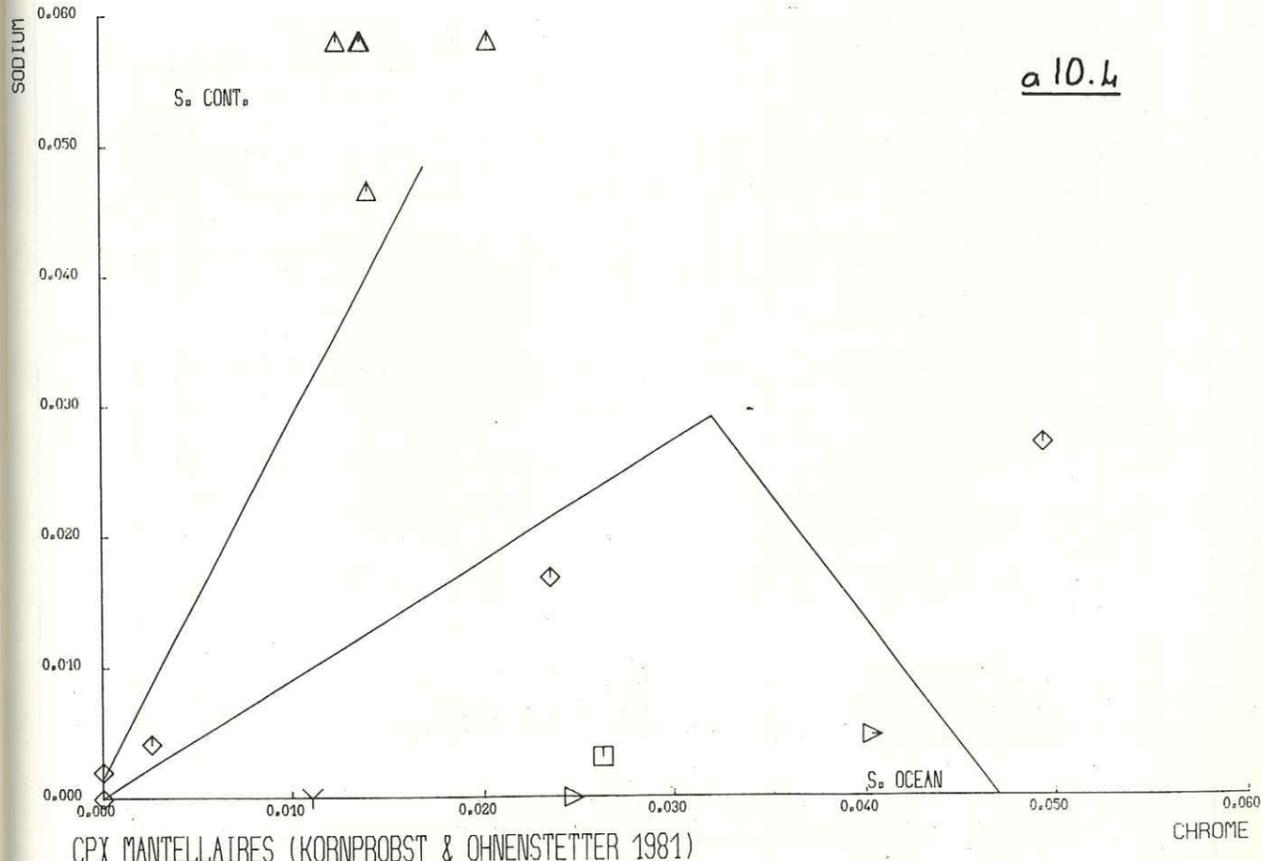
Fig. a 10-2
Analyse micro sonde
des pyroxènes des
péridotites

a 10.3



CLASSIFICATION DES PYROXENES

J. STEPHEN HUBNER 1980
(PYROXENES, REVIEWS IN MINERALOGY, MIN. SOC. OF AM. 1980)



a 10.4

Fig. a 10.3 et a 10.4 - Pyroxènes des péridotites.

	235^10^a		211^06		211^06		211^06		211^06		254^04		254^04	
	P. 63	Min:Spi	P. 67	Min:Spi	P. 68	Min:Spi	P. 39	Min:Spi	P. 90	Min:Spi	P. 93	Min:Spi	P. 94	Min:Spi
	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations
SiO2	0.0025	3.393	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0010	0.041	0.0009	0.036
TiO2	0.0006	0.017	0.0001	0.002	0.0005	0.009	0.0000	0.000	0.0003	0.005	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Al2O3	0.0494	2.193	0.3456	9.273	0.3469	9.251	0.3725	9.890	0.3358	9.280	0.0000	0.000	0.0002	0.010
Cr2O3	0.0763	2.272	0.3650	6.570	0.3646	6.523	0.3325	5.922	0.3525	6.535	0.0004	0.013	0.0038	0.281
FeO	0.7732	24.358	0.1320	2.894	0.1488	2.812	0.1613	3.039	0.1540	3.020	0.9292	31.776	0.9254	31.273
MnO	0.0066	0.211	0.0011	0.021	0.0026	0.050	0.0007	0.013	0.0006	0.012	0.0010	0.035	0.0007	0.024
MgO	0.0074	0.415	0.1557	5.318	0.1602	5.404	0.1554	5.215	0.1438	5.202	0.0008	0.049	0.0010	0.060
CaO	0.0006	0.024	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0003	0.013
Na2O	0.0008	0.058	0.0000	0.000	0.0003	0.035	0.0000	0.000	0.0001	0.005	0.0010	0.079	0.0023	0.180
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
NiO	0.0012	0.036	0.0000	0.000	0.0021	0.038	0.0007	0.015	0.0016	0.030	0.0000	0.000	0.0008	0.026
Total	0.9165	29.682	1.0204	24.077	1.0262	24.122	1.0231	24.094	0.9936	24.089	0.9334	31.992	0.9404	31.903

	211^04		211^04		235^10^a									
	P. 47	Min:Spi	P. 49	Min:Spi	P. 52	Min:Spi	P. 55	Min:Spi	P. 57	Min:Spi	P. 59	Min:Spi	P. 60	Min:Spi
	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations
SiO2	0.0379	1.158	0.0000	0.000	0.1463	3.526	0.1544	4.093	0.1945	4.779	0.0028	0.102	0.0036	0.132
TiO2	0.0014	0.032	0.0003	0.005	0.0024	0.045	0.0007	0.014	0.0009	0.017	0.0031	0.085	0.0007	0.019
Al2O3	0.0634	2.280	0.4053	10.725	0.1815	5.302	0.1451	4.534	0.1728	5.004	0.0725	3.125	0.0435	1.385
Cr2O3	0.2777	6.700	0.2664	3.084	0.1492	2.924	0.1143	2.396	0.1002	1.947	0.0764	2.209	0.0615	2.370
FeO	0.4568	11.958	0.1404	2.636	0.2576	5.340	0.2709	6.006	0.1713	3.530	0.7509	22.963	0.7907	24.313
MnO	0.0678	1.752	0.0013	0.034	0.0174	0.365	0.0166	0.373	0.0114	0.237	0.0078	0.242	0.0111	0.346
MgO	0.0590	2.684	0.1666	5.576	0.1777	6.556	0.1765	6.975	0.2228	8.161	0.0069	0.376	0.0087	0.477
CaO	0.0016	0.052	0.0000	0.000	0.0003	0.021	0.0011	0.031	0.0005	0.013	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Na2O	0.0002	0.012	0.0007	0.030	0.0002	0.010	0.0003	0.015	0.0006	0.029	0.0011	0.078	0.0009	0.064
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0003	0.009	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.009	0.0001	0.005
NiO	0.0000	0.000	0.0008	0.014	0.0009	0.018	0.0000	0.000	0.0013	0.026	0.0000	0.000	0.0047	0.139
Total	0.9658	26.327	1.0022	24.106	0.9343	24.226	0.8798	24.436	0.8767	23.743	0.9216	29.189	0.9456	29.755

Fig. a 10.5 . Analyses microsonde des spinelles des p6ridotites.

	290^07		290^07		290^07		290^07		290^07		290^07		290^07	
	P. 25	Min:Spi	P. 27	Min:Spi	P. 29	Min:Spi	P. 31	Min:Spi	P. 33	Min:Spi	P. 34	Min:Spi	P. 35	Min:Spi
	oxyde	cations												
SiO2	0.1063	3.167	0.0006	0.024	0.0049	0.196	0.0005	0.020	0.0002	0.004	0.0000	0.000	0.0015	0.060
TiO2	0.0003	0.007	0.0000	0.000	0.0001	0.003	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0005	0.008	0.0000	0.000
Al2O3	0.0440	1.545	0.0000	0.000	0.0017	0.080	0.0009	0.042	0.4716	11.918	0.4816	12.403	0.0007	0.033
Cr2O3	0.1746	4.113	0.0021	0.066	0.0150	0.474	0.0241	0.756	0.2293	3.837	0.1932	3.336	0.0134	0.427
FeO	0.4745	11.325	0.9515	31.804	0.9027	30.200	0.9179	30.448	0.1348	2.417	0.1174	2.145	0.9198	31.007
MnO	0.0142	0.358	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0015	0.050	0.0013	0.024	0.0014	0.026	0.0000	0.000
MgO	0.1106	4.913	0.0003	0.018	0.0073	0.465	0.0031	0.183	0.1827	5.840	0.1891	6.160	0.0016	0.096
CaO	0.0011	0.035	0.0000	0.000	0.0010	0.043	0.0002	0.008	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0003	0.013
Na2O	0.0003	0.017	0.0006	0.046	0.0006	0.047	0.0015	0.115	0.0001	0.004	0.0000	0.000	0.0018	0.141
K2O	0.0000	0.000	0.0003	0.015	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0001	0.005
NiO	0.0010	0.024	0.0003	0.000	0.0012	0.039	0.0005	0.016	0.0000	0.000	0.0023	0.040	0.0000	0.000
Total	0.9269	26.005	0.9553	31.974	0.9350	31.547	0.9503	31.639	1.0198	24.095	0.9855	24.121	0.9391	31.782

	290^07		290^07		211^04		211^04		211^04		211^04		211^04	
	P. 36	Min:Spi	P. 40	Min:Spi	P. 42	Min:Spi	P. 43	Min:Spi	P. 44	Min:Spi	P. 45	Min:Spi	P. 45	Min:Spi
	oxyde	cations												
SiO2	0.0006	0.024	0.0026	0.106	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0493	1.500	0.0001	0.002	0.0000	0.000
TiO2	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0006	0.010	0.0007	0.012	0.0023	0.053	0.0008	0.014	0.0006	0.010
Al2O3	0.0000	0.000	0.0001	0.005	0.3976	10.649	0.4125	10.739	0.0514	1.844	0.3930	10.690	0.4073	10.563
Cr2O3	0.0071	0.228	0.0000	0.000	0.2632	5.038	0.2917	5.094	0.2681	6.451	0.2781	5.075	0.3049	5.307
FeO	0.9283	31.515	0.9301	31.680	0.1479	2.811	0.1473	2.721	0.4544	11.565	0.1354	2.613	0.1487	2.733
MnO	0.0002	0.007	0.0000	0.000	0.0020	0.038	0.0023	0.043	0.0648	1.670	0.0019	0.037	0.0014	0.026
MgO	0.0003	0.048	0.0014	0.085	0.1620	5.488	0.1648	5.427	0.0682	3.094	0.1644	5.656	0.1641	5.385
CaO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0015	0.049	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Na2O	0.0010	0.079	0.0000	0.000	0.0003	0.013	0.0000	0.000	0.0008	0.047	0.0000	0.000	0.0003	0.034
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.006
NiO	0.0000	0.000	0.0005	0.016	0.0017	0.031	0.0021	0.037	0.0021	0.051	0.0007	0.013	0.0000	0.000
Total	0.9381	31.901	0.9348	31.892	0.9953	24.128	1.0213	24.072	0.9628	26.324	0.9743	24.101	1.0279	24.073

Fig. a 10.6 . Analyses microsonde des spinelles des p6ridotites.

	235A11a		235A11b		235A11c		235A11d		235A11e		235A11f	
	oxyde	Min:cpx										
SiO2	0.5237	1.925	0.5259	1.945	0.5255	1.927	0.5119	1.903	0.5303	1.934	0.5013	1.875
TiO2	0.0032	0.009	0.0023	0.008	0.0025	0.007	0.0037	0.010	0.0020	0.005	0.0347	0.013
Al2O3	0.0279	0.121	0.0263	0.114	0.0253	0.124	0.0358	0.157	0.0249	0.107	0.0470	0.260
Cr2O3	0.0018	0.005	0.0000	0.000	0.0012	0.003	0.0027	0.005	0.0057	0.016	0.0019	0.006
FeO	0.0769	0.236	0.0677	0.206	0.0698	0.214	0.0701	0.213	0.0590	0.180	0.0785	0.249
MnO	0.0015	0.005	0.0012	0.004	0.0024	0.007	0.0015	0.005	0.0022	0.007	0.0010	0.003
MgO	0.1590	0.871	0.1623	0.891	0.1607	0.879	0.1572	0.871	0.1687	0.917	0.1492	0.832
CaO	0.0021	0.015	0.0022	0.016	0.0024	0.017	0.0030	0.022	0.0034	0.024	0.0030	0.014
Na2O	0.0000	0.000	0.0002	0.001	0.0000	0.000	0.0004	0.002	0.0000	0.000	0.0000	0.000
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
NiO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Total	1.0049	4.010	0.9996	3.999	1.0048	4.010	0.9920	4.016	1.0062	4.011	0.9887	4.017

WOLLASTONITE	42.62	42.47	43.19	42.95	42.80	43.03
ENSTATITE	45.13	45.65	45.68	45.63	47.82	43.99
FERROSILLITE	12.25	10.88	11.13	11.41	9.58	12.98

Code graphique	12	11	12	12	11	11
Problemes gr.	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0

0: pas de problemes pour l'affichage graphique
 1: il y a des valeurs superieures aux bornes d'un ou plusieurs diagrammes. La valeur affichee sur le diagramme est tronquee a la valeur maxi des axes.
 2: Idem pour les valeurs trop basses pour etre representees.
 3: un ou plusieurs oxydes n'ont pas ete analyses; les points ne seront pas affichees dans les diagrammes correspondants.
 Ou bien: W*E*F=0

Fig a 10.7 - Analyses microsonde des pyroxenes des laves dans la région de Mongyu.

	235A11g		235A11h		235A11i		235A11j		235A11k		235A11l	
	oxyde	Min:cpx										
SiO2	0.5195	1.916	0.5218	1.926	0.5263	1.916	0.4957	1.844	0.5350	1.964	0.5113	1.913
TiO2	0.0051	0.009	0.0033	0.009	0.0030	0.008	0.0074	0.021	0.0008	0.002	0.0028	0.008
Al2O3	0.0326	0.142	0.0285	0.124	0.0303	0.130	0.0322	0.229	0.0146	0.063	0.0268	0.118
Cr2O3	0.0046	0.015	0.0011	0.003	0.0024	0.007	0.0000	0.000	0.0008	0.002	0.0015	0.005
FeO	0.0385	0.181	0.0451	0.201	0.0463	0.208	0.0482	0.306	0.0408	0.125	0.0709	0.222
MnO	0.0011	0.003	0.0025	0.008	0.0013	0.004	0.0014	0.004	0.0017	0.005	0.0017	0.005
MgO	0.1587	0.873	0.1575	0.868	0.1592	0.854	0.1386	0.769	0.1699	0.930	0.1565	0.873
CaO	0.0031	0.017	0.0024	0.017	0.0031	0.022	0.0040	0.029	0.0011	0.001	0.0015	0.011
Na2O	0.0002	0.001	0.0009	0.004	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.001
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0013	0.004	0.0000	0.000	0.0010	0.003	0.0000	0.000
NiO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0013	0.004	0.0000	0.000	0.0010	0.003	0.0000	0.000
Total	0.9952	4.008	0.9972	4.010	1.0143	4.018	1.0064	4.035	0.9946	4.005	0.9895	4.023

WOLLASTONITE	44.53	44.23	44.38	43.69	45.06	44.17
ENSTATITE	45.97	45.27	44.83	40.29	47.53	44.51
FERROSILLITE	9.51	10.50	10.79	16.02	9.40	11.31

Code graphique	12	11	12	11	12	12
Problemes gr.	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0

Fig a 10.8 - Analyse microsonde des pyroxenes des laves de la région de Mongyu.

WOLLASTONITE	44.02	27.01	42.46	43.29	44.43	44.46
ENSTATITE	45.20	44.07	44.56	46.08	45.95	45.81
FERROSILLITE	10.76	28.93	12.99	10.63	9.61	29.35

Code graphique	12	13	13	13	14	14
Problemes gr.	0 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	1 2 0	0 0 0

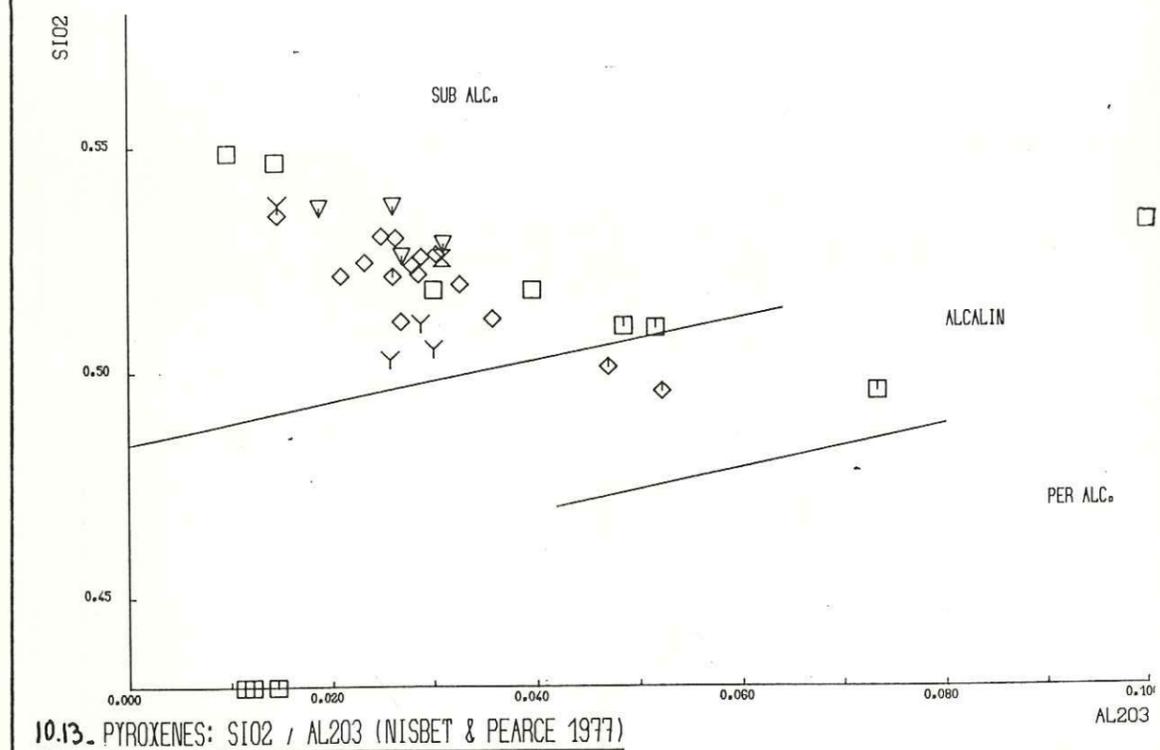
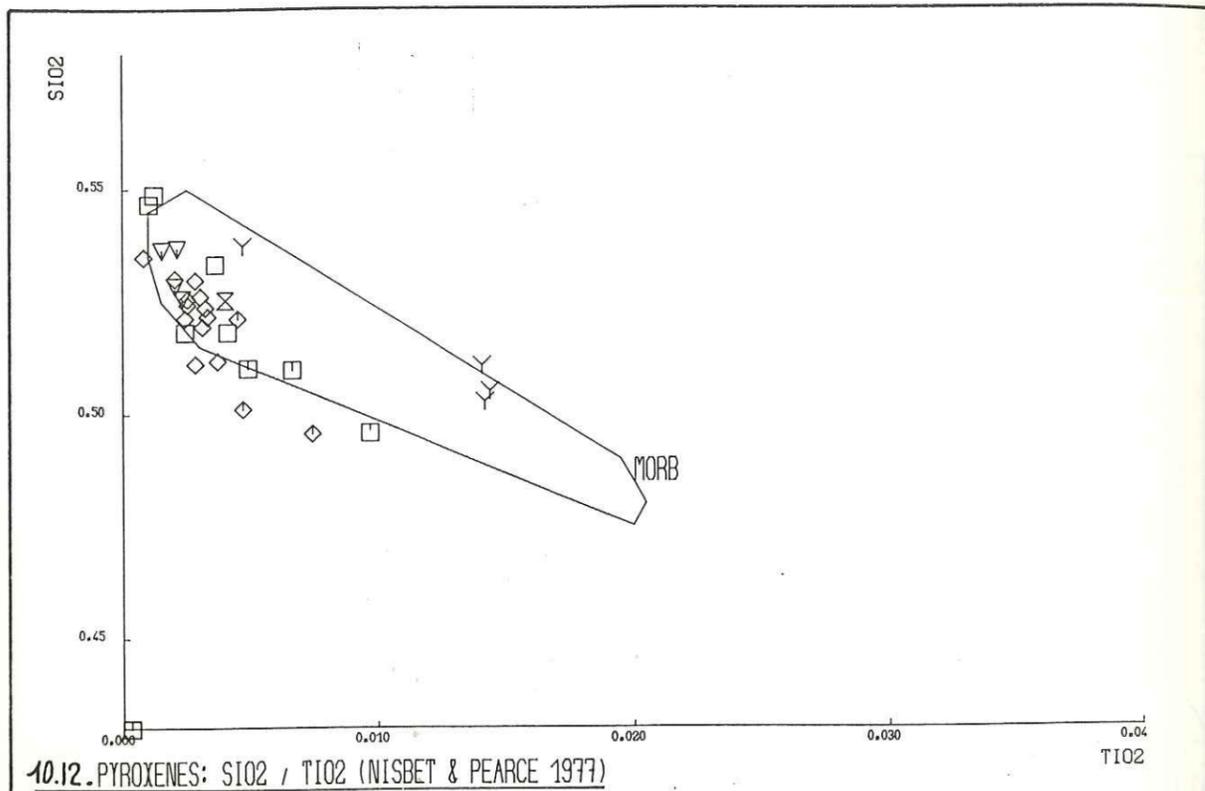


Fig. a10.12 et a10.13. Pyroxènes des laves de la région de Mongyu.

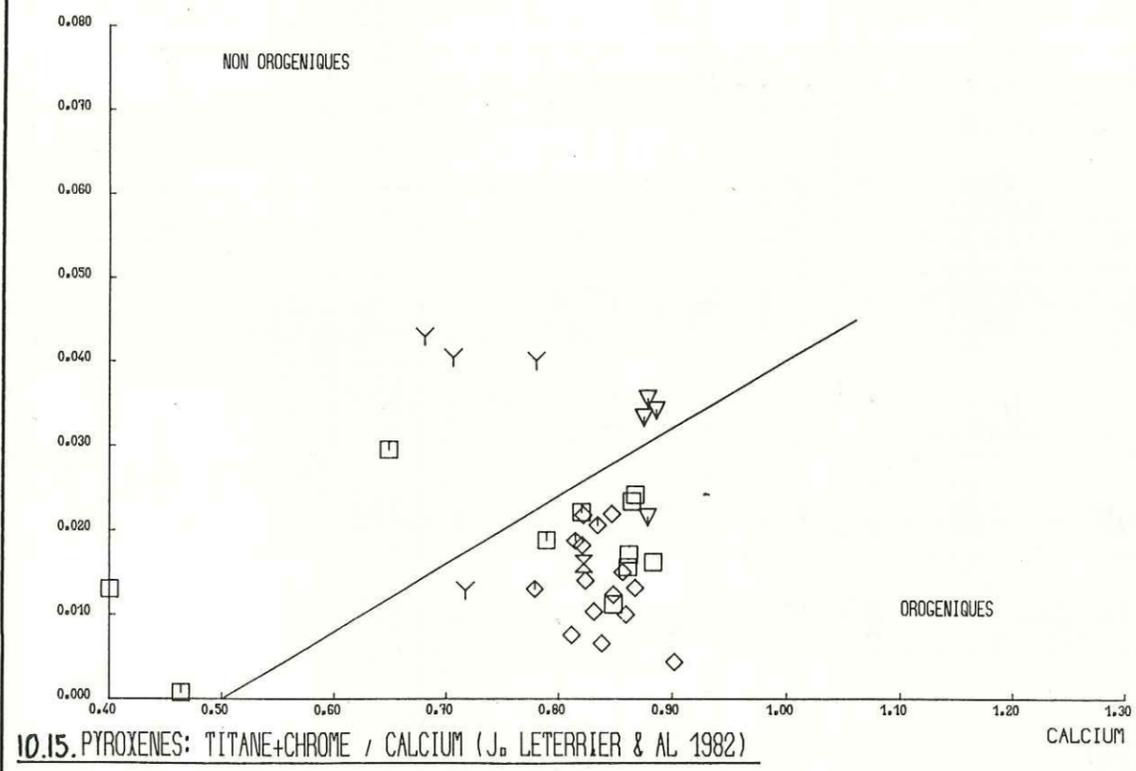
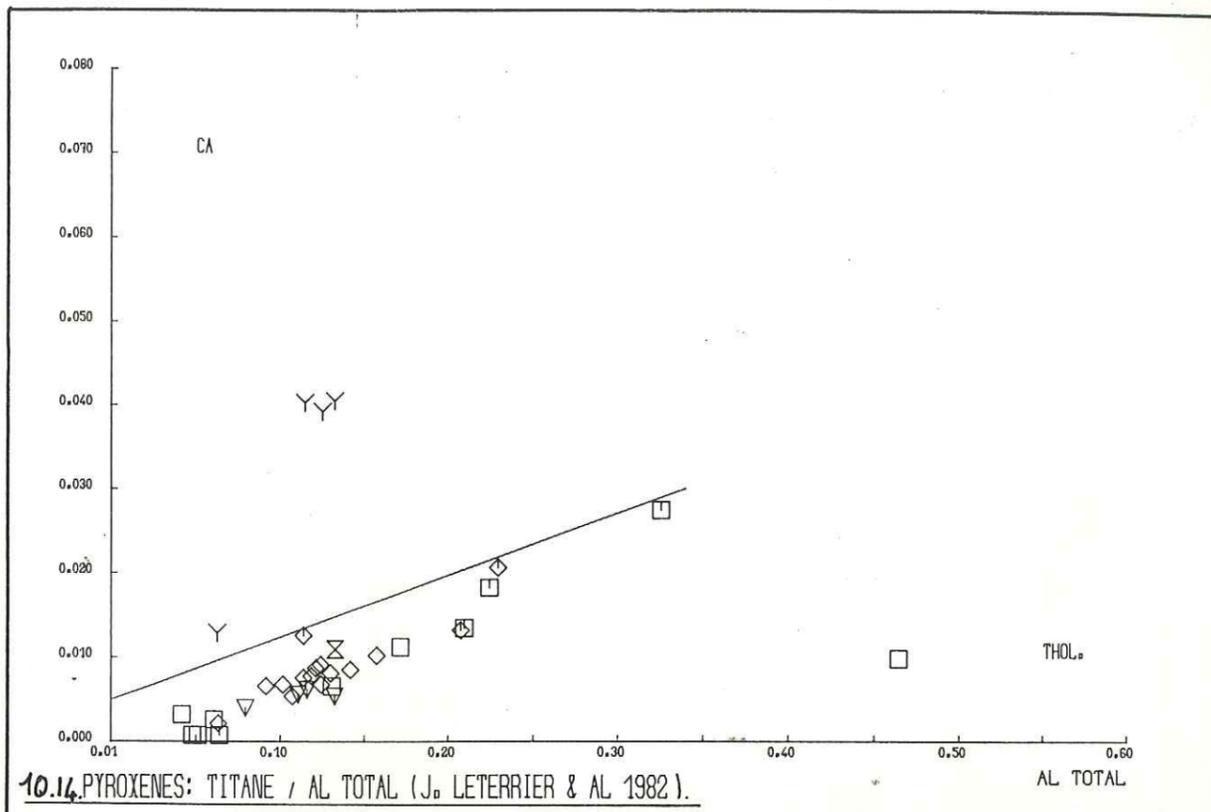


Fig. a10.14 et a10.15. Pyroxènes des laves de la région de Mongyu.

Fig. a 10.16. Analyse microsonde des Feldspaths des laves de la région de Mongyu

	235^11^a		235^11^b		235^11^b		235^12^a		235^12^a		235^12^a		235^12^b	
	P. 56	Min:Fk	P. 58	Min:Fk	P. 64	Min:Fk	P. 106	Min:Fk	P. 107	Min:Fk	P. 108	Min:Fk	P. 124	Min:Fk
	oxyde	cations												
SiO2	0.6989	3.024	0.6923	3.009	0.6934	3.005	0.6906	2.996	0.6850	2.999	0.6925	3.007	0.6896	2.991
TiO2	0.0001	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Al2O3	0.1965	1.002	0.1951	1.000	0.2002	1.022	0.1968	1.006	0.1957	1.010	0.1961	1.004	0.2002	1.023
Cr2O3	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
FeO	0.0022	0.006	0.0016	0.006	0.0000	0.000	0.0013	0.005	0.0001	0.000	0.0000	0.000	0.0015	0.005
MnO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0011	0.004	0.0000	0.000
MgO	0.0003	0.005	0.0000	0.000	0.0001	0.001	0.0004	0.003	0.0000	0.000	0.0002	0.001	0.0000	0.000
CaO	0.0009	0.004	0.0007	0.003	0.0003	0.004	0.0005	0.002	0.0006	0.003	0.0005	0.002	0.0006	0.003
Na2O	0.1019	0.355	0.1121	0.345	0.1076	0.304	0.1151	0.368	0.1137	0.365	0.1125	0.347	0.1126	0.347
K2O	0.0006	0.003	0.0000	0.000	0.0003	0.002	0.0007	0.003	0.0001	0.001	0.0000	0.000	0.0006	0.003
NiO	0.0005	0.002	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Total	1.0023	4.904	1.0018	4.963	1.0024	4.937	1.0056	4.986	0.9951	4.979	1.0029	4.965	1.0052	4.973

	235^13		235^13		235^13		255^03		255^03		255^03		255^03	
	P. 115	Min:Fk	P. 116	Min:Fk	P. 117	Min:Fk	P. 77	Min:Fk	P. 84	Min:Fk	P. 85	Min:Fk	P. 86	Min:Fk
	oxyde	cations												
SiO2	0.6900	2.986	0.6809	2.974	0.6933	2.998	0.6880	2.891	0.6582	2.889	0.6684	2.934	0.6522	2.905
TiO2	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Al2O3	0.2025	1.033	0.2015	1.037	0.2039	1.039	0.2263	1.154	0.2172	1.124	0.2124	1.099	0.2097	1.101
Cr2O3	0.0000	0.000	0.0007	0.002	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.001	0.0000	0.000	0.0008	0.003
FeO	0.0021	0.003	0.0024	0.009	0.0011	0.004	0.0011	0.004	0.0000	0.000	0.0005	0.002	0.0143	0.053
MnO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.001	0.0004	0.001	0.0000	0.000	0.0006	0.002
MgO	0.0003	0.002	0.0002	0.001	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0001	0.001	0.0002	0.001	0.0052	0.035
CaO	0.0016	0.007	0.0013	0.006	0.0023	0.011	0.0232	0.108	0.0199	0.094	0.0099	0.047	0.0110	0.053
Na2O	0.1098	0.321	0.1119	0.345	0.1012	0.343	0.0892	0.348	0.1031	0.377	0.1013	0.366	0.0900	0.377
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0011	0.006	0.0002	0.001	0.0002	0.001	0.0004	0.002	0.0009	0.005
NiO	0.0005	0.002	0.0000	0.000	0.0011	0.004	0.0000	0.000	0.0005	0.002	0.0002	0.001	0.0000	0.000
Total	1.0068	4.953	0.9996	4.932	1.0040	4.910	1.0081	4.907	0.9998	4.969	0.9937	4.951	0.9847	4.934

	208^05		208^05		208^05		208^05	
	P. 96	Min:Fk	P. 98	Min:Fk	P. 101	Min:Fk	P. 102	Min:Fk
	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations
SiO2	0.6427	2.835	0.6955	2.999	0.6803	2.915	0.6357	2.952
TiO2	0.0001	0.000	0.0002	0.000	0.0001	0.000	0.0002	0.001
Al2O3	0.2364	1.229	0.2011	1.022	0.2203	1.113	0.2083	1.057
Cr2O3	0.0001	0.000	0.0007	0.002	0.0000	0.000	0.0000	0.000
FeO	0.0043	0.016	0.0002	0.001	0.0010	0.004	0.0000	0.000
MnO	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
MgO	0.0011	0.007	0.0000	0.000	0.0003	0.002	0.0004	0.003
CaO	0.0115	0.054	0.0014	0.006	0.0017	0.008	0.0076	0.035
Na2O	0.0322	0.103	0.1073	0.397	0.1050	0.372	0.1114	0.390
K2O	0.0197	0.111	0.0014	0.008	0.0018	0.010	0.0028	0.015
NiO	0.0000	0.000	0.0010	0.003	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Total	0.9932	4.957	1.0036	4.940	1.0205	4.969	1.0154	4.992

	235^12^a		235^12^a		235^12^a		235^12^a		235^13		255^03		255^03	
	P. 103	Min:Spi	P. 104	Min:Spi	P. 105	Min:Spi	P. 113	Min:Spi	P. 114	Min:Spi	P. 72	Min:Spi	P. 79	Min:Spi
	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations	oxyde	cations
SiO2	0.1273	5.447	0.1797	8.120	0.0124	0.768	0.1437	5.633	0.0319	1.419	0.2961	6.379	0.0002	0.005
TiO2	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.3239	5.248	0.4959	10.180
Al2O3	0.0003	0.015	0.0044	0.234	0.0004	0.029	0.0036	0.158	0.0000	0.000	0.0440	1.117	0.0014	0.045
Cr2O3	0.0000	0.000	0.0010	0.036	0.0000	0.000	0.0016	0.050	0.0007	0.025	0.0000	0.000	0.0000	0.000
FeO	0.5680	20.325	0.3436	12.965	0.3213	16.650	0.5824	19.263	0.7692	28.615	0.0603	1.036	0.4403	10.052
MnO	0.0004	0.014	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0030	0.100	0.0005	0.019	0.0031	0.057	0.0587	1.357
MgO	0.0001	0.006	0.0038	0.256	0.0000	0.000	0.0016	0.094	0.0032	0.212	0.0121	0.389	0.0008	0.033
CaO	0.0133	0.610	0.0191	0.925	0.0010	0.066	0.0179	0.758	0.0055	0.262	0.2395	5.528	0.0037	0.108
Na2O	0.0027	0.224	0.0018	0.158	0.0005	0.060	0.0010	0.077	0.0002	0.017	0.0005	0.021	0.0004	0.021
K2O	0.0006	0.033	0.0041	0.236	0.0001	0.008	0.0021	0.106	0.0003	0.017	0.0001	0.003	0.0000	0.000
NiO	0.0000	0.000	0.0273	0.992	0.2743	13.670	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Total	0.7126	26.674	0.5846	23.942	0.6100	31.251	0.7568	26.300	0.3115	30.586	0.9796	19.827	1.0014	21.802

Fig. a 10.17. Analyses microsonde des opaques des laves de la région de Mongyu.

	255^03		255^03		211^04		211^04		211^04		211^04		211^04	
	P. 80	Min:Spi	P. 82	Min:Spi	P. 42	Min:Spi	P. 43	Min:Spi	P. 44	Min:Spi	P. 45	Min:Spi	P. 46	Min:Spi
	oxyde	cations												
SiO2	0.0011	0.030	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0493	1.500	0.0001	0.002	0.0000	0.000
TiO2	0.4943	10.147	0.5090	10.564	0.0006	0.010	0.0007	0.012	0.0023	0.053	0.0008	0.014	0.0006	0.010
Al2O3	0.0013	0.058	0.0011	0.035	0.3976	10.649	0.4125	10.739	0.0514	1.844	0.3930	10.690	0.4073	10.568
Cr2O3	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.2832	5.088	0.2917	5.094	0.2681	6.451	0.2781	5.075	0.3049	5.307
FeO	0.4312	9.844	0.4327	9.798	0.1479	2.811	0.1473	2.721	0.4544	11.565	0.1354	2.613	0.1487	2.738
MnO	0.0028	1.452	0.0587	1.346	0.0020	0.038	0.0023	0.043	0.0648	1.670	0.0019	0.037	0.0014	0.026
MgO	0.0005	0.020	0.0003	0.012	0.1620	5.438	0.1648	5.427	0.0682	3.094	0.1644	5.656	0.1641	5.355
CaO	0.0061	0.237	0.0017	0.049	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0015	0.049	0.0000	0.000	0.0000	0.000
Na2O	0.0001	0.005	0.0005	0.026	0.0003	0.013	0.0000	0.000	0.0008	0.047	0.0000	0.000	0.0003	0.034
K2O	0.0000	0.000	0.0001	0.003	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0002	0.006
NiO	0.0002	0.004	0.0000	0.000	0.0017	0.031	0.0021	0.037	0.0021	0.051	0.0007	0.013	0.0000	0.000
Total	1.0002	21.797	1.0037	21.634	0.9953	24.123	1.0213	24.072	0.9628	26.324	0.9743	24.101	1.0279	24.073

	211^04		211^06		211^06		211^06		211^06		211^06		208^05	
	P. 47	Mini:SpI	P. 49	Mini:SpI	P. 87	Mini:SpI	P. 88	Mini:SpI	P. 89	Mini:SpI	P. 90	Mini:SpI	P. 99	Mini:SpI
	oxyde	cations												
SiO2	0.0379	1.156	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
TiO2	0.0014	0.032	0.0005	0.005	0.0001	0.002	0.0005	0.009	0.0000	0.000	0.0003	0.005	0.4530	9.607
Al2O3	0.0634	2.280	0.4053	10.725	0.3456	9.273	0.3469	9.251	0.3725	9.890	0.3358	9.280	0.0020	0.066
Cr2O3	0.2777	6.700	0.2664	5.084	0.3650	6.570	0.3646	6.523	0.3325	5.922	0.3525	6.535	0.0000	0.000
FeO	0.4568	11.653	0.1404	2.636	0.1520	2.894	0.1486	2.812	0.1613	3.039	0.1540	3.020	0.4849	11.437
MnO	0.0678	1.752	0.0013	0.034	0.0011	0.021	0.0026	0.050	0.0007	0.013	0.0006	0.012	0.0402	0.960
MgO	0.0590	2.684	0.1666	5.576	0.1567	5.318	0.1602	5.404	0.1554	5.213	0.1483	5.202	0.0000	0.000
CaO	0.0016	0.052	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0090	0.272
Na2O	0.0002	0.012	0.0007	0.030	0.0000	0.000	0.0008	0.035	0.0000	0.000	0.0001	0.005	0.0006	0.033
K2O	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000
NiO	0.0000	0.000	0.0008	0.014	0.0000	0.000	0.0021	0.038	0.0007	0.013	0.0016	0.030	0.0000	0.000
Total	0.9658	26.327	1.0022	24.106	1.0204	24.077	1.0262	24.122	1.0231	24.094	0.9936	24.089	0.9897	22.375

Fig. a10.18. Analyses microsonde des opaques des laves de la région de Mongyu.

	203^05	
	P. 100	Mini:SpI
	oxyde	cations
SiO2	0.3203	6.794
TiO2	0.2298	4.782
Al2O3	0.0535	1.537
Cr2O3	0.0000	0.000
FeO	0.0210	0.373
MnO	0.0000	0.000
Y2O3	0.0015	0.047
CaO	0.2826	6.422
Na2O	0.0000	0.000
K2O	0.0000	0.000
NiO	0.0000	0.000
Total	0.9786	19.756

LISTE DES FIGURES

- Figures du tome I -

- I.1 - Les grandes unités de la chaîne himalayenne
- I.2 - Les domaines tethysiens au nord du bouclier indien du Permien à l'actuel
- I.3 - Structure schématique de l'Himalaya sur la transversale de l'Everest
- I.4 - Carte géologique et structurale schématique du Bloc du Ladakh
- I.5 - Les grandes unités himalayennes au Ladakh
- I.6 - Coupe générale de la région Ouest-Ladakh
- I.7 - Coupe générale de la région Est-Ladakh
- I.8 - Carte géologique de la zone de suture de l'Indus (Himalaya du Ladakh)
- I.9 - Unités structurales de marge nord-néotéthysienne dans la région Est-Ladakh
- I.10 - Coupes sériées dans la région Est-Ladakh
- I.11 - Formations continentales de l'Unité du Batholite
- I.12 - Coupe de Tar à Urtsi
- I.13 - Carte et coupes de l'Unité de Tar
- I.14 - La Formation de Mongyu dans l'affluent Est de Mongyu
- I.15 - Calcaires de Kahlsi et série Verte de Tar
- I.16 - Les unités de Manlung, du Tar La et du Konkri La dans l'Est-Ladakh
- I.17 - La Formation à Blocs d'Urtsi dans sa localité type
- I.18 - La Formation à Blocs d'Urtsi; coupe synthétique
- I.19 - L'Unité de Manlung entre Tar et Lardo-Brok
- I.20 - Colonne stratigraphique de la Formation de Nindam dans l'Unité de Manlung
- I.21 - La Formation de Nindam dans la coupe de Tar à Urtsi, Unité du Tar La
- I.22 - La Formation de Nindam dans la coupe de la Yapola, Unité du Tar La
- I.23 - Colonne stratigraphique de la "Formation à Nummulites" (Unité de Manlung)
- I.24 - Corrélations biostratigraphiques dans la "Formation à Nummulites" à Mongyu
- I.25 - La région Ouest-Ladakh
- I.26 - Coupe de la Suru, région Ouest-Ladakh
- I.27 - Panorama du Naktul, du Sapi La à la rivière Suru
- I.28 - Coupe de la crête de l'Arju La
- I.29 - Bloc diagramme du Bassin de Kargil
- I.30 - Carte de la région de Shergol-Sapi La
- I.31 - Colonnes stratigraphiques des écaillés tectoniques de la Formation de Sapi-Karamba entre le Sapi La et Tringdo
- I.32 - Formation de Sapi-Karamba; paléogéographie durant le Trias
- I.33 - Formation de Sapi-Karamba; paléogéographie durant le Lias
- I.34 - Formation de Sapi-Karamba; paléogéographie durant le Dogger
- I.35 - Formation de Sapi-Karamba; paléogéographie durant le Crétacé supérieur
- I.36 - Corrélations stratigraphiques entre les écaillés de la Formation de Sapi-Karamba
- I.37 - Carte de la vallée de Shergol-Sapi La
- I.38 - Coupes, colonnes stratigraphiques synthétiques et carte de la Bande Sud des Mélanges Colorés entre Nimaling plain et la rivière Zanskar
- I.39 - Hypothèses de corrélations entre les formations de la Bande Sud des Mélanges Colorés entre Zanskar et Nimaling
- I.40 - Discordance de la Formation de Skyu-Chiling sur la Formation à Blocs d'Urtsi
- I.41 - Les dépôts de playa
- I.42 - Transgression de faciès lacustres
- I.43 - Conglomérats de Shergol; coupes n°10 et 11
- I.44 - Corrélations lithostratigraphiques entre unités structurales de marge nord néotéthysienne
- I.45 - Age des formations de marge nord néotéthysienne
- I.46 - Colonne stratigraphique de la Formation de Nindam
- I.47 - Colonne stratigraphique des formations de Mongyu et des calcaires de Kahlsi

- I,48 - Paléogéographie lors du dépôt des formations de Mongyu et des calcaires de Kahlsi au Crétacé inférieur
- I,49 - Paléogéographie de l'unité du Batholite et de l'Unité du Naktul (région Ouest-Ladakh) à l'Aptien
- I,50 - Région Est-Ladakh; tentative de restauration des paléosens de courants de turbidité dans les cônes sous-marins du Crétacé supérieur
- I,51 - Les formations sédimentaires de l'Unité de Manlung
- I,52 - Schéma stratigraphique crétacé à éocène de la marge passive indienne
- I,53 - Blocs et zones de suture en Eurasie
- I,54 - Dérive vers l'Est de l'Afrique depuis le Lias jusqu'à l'Albien
- I,55 - Configuration de la marge eurasiatique du Lias à l'Albien
- I,56 - Position des blocs de la marge eurasiatique au Sénonien
- I,57 - La marge eurasiatique au Crétacé supérieur
- I,58 - Transformation de la PFT en zone de subduction à l'Albien
- I,59 - La Néotéthys au Jurassique et au début du Crétacé inférieur, avant la subduction sous l'Eurasie
- I,60 - La Néotéthys à partir de l'Albien; deux zones de subduction dans la marge eurasiatique
- I,61 - Schémas théoriques montrant l'influence de la forme initiale des déchirures continentales sur les contours et la nature d'un futur bassin océanique
- I,62 - Carte paléogéographique à l'Aptien inférieur
- I,63 - Coupes dans les régions Est- et Ouest-Ladakh à l'Aptien inférieur
- I,64 - Carte paléogéographique à l'Aptien-Albien moyen
- I,65 - Coupe dans la région Est-Ladakh à l'Aptien-Albien moyen
- I,66 - Coupes dans les régions Est- et Ouest-Ladakh à l'Albien supérieur
- I,67 - Carte paléogéographique au Crétacé supérieur
- I,68 - Coupe dans la région Est-Ladakh au Crétacé supérieur
- I,69 - Carte paléogéographique au Paléocène inférieur
- I,70 - Coupe dans la région Est-Ladakh au Paléocène inférieur
- I,71 - Coupe dans la région Ouest-Ladakh au Paléocène inférieur
- I,72 - Coupe dans la région Est-Ladakh au Paléocène supérieur
- I,73 - La zone de suture à l'Eocène moyen
- I,74 - La zone de suture à l'Eocène inférieur
- I,75 - La zone de subduction de Taiwan, coupe structurale simplifiée
- I,76 - Collision Inde-Asie à l'Eocène moyen d'après le modèle de Suppe à Taiwan
- I,77 - Marge nord et zone de suture fin Eocène début Oligocène
- I,78 - Individualisation du bassin des formations continentales d'épisuture
- I,79 - Esquisse paléogéographique de la chaîne himalayenne au Néogène
- I,80 - Serrage et déversement vers le Nord des unités de la zone de suture

- Figures du tome I -

- II,1 - Itinéraires entre Lamayuru et Nimaling
- II,2 - Carte hydrographique et toponymique entre Lamayuru et Sumda
- II,3 - Localisation des coupes entre Nimaling et Chiling
- II,4 - Haute vallée de l'Hankor Chu
- II,5 - Détail A de la figure II,4, col 4050 mètres
- II,6 - Détail B de la figure II,4; bloc de péridotites
- II,7 - Détail C de la figure II,4
- II,8 - Détail D de la figure II,4; carbonates conglomératiques
- II,9 - Panorama vers l'Est de la Doltal Chu
- II,10 - Coupe de la Doltal Chu
- II,11 - Coupe d'Omlung Gompa d'après G. Fuchs et A. Baud et al.
- II,12 - Coupes rives droite et gauche de la Latho Chu
- II,13 - Coupe de la Latho Chu d'après C. Talon
- II,14 - Coupe de Shingo-Skyu Gaya d'après G. Fuchs
- II,15 - Coupe Skyu-Kanda La
- II,16 - Détail de la coupe précédente
- II,17 - Détail de la coupe précédente
- II,18 - Panorama vers l'Est de la masse ophiolitique du Dun Dun La
- II,19 - Vue vers le Nord de la vallée de la Zanskar à Chiling
- II,20 - Démantèlement, en milieu continental, de la masse ophiolitique de Sanak Brok
- II,21 - Carte de situation des coupes dans la vallée de Sumda
- II,22 - Coupe schématique de la rivière "P", rive gauche
- II,23 - Vallée du Spanting La - Sumda Chen; vue de puis le col séparant les rivières "P" et "Q"
- II,24 - Coupe de la rivière "Q", rive droite
- II,25 - Groove et flute casts dans la Formation de Nindam, rivière "Q"
- II,26 - Panorama de la rive droite de la rivière "Q"
- II,27 - Groove casts dans la rivière "Q"
- II,28 - Terriers en base de bancs, rivière "Q"
- II,29 - Coupe de la rivière "M", rive droite
- II,30 - Discordance angulaire de la Formation de Skyu-Chiling sur la Formation de Nindam, rivière "M"
- II,31 - Panoramique N-E-S-W depuis l'ancienne plate-forme d'observation militaire, 800 mètres à l'Est du Spanting La
- II,32 - Carte de la Bande Sud des Mélanges Colorés entre Lamayuru et le Konkri La
- II,33 - Coupe de la rivière "K", rive droite
- II,34 - Coupe de la rivière "J", rive droite
- II,35 - Coupe de la rivière "J", rive gauche
- II,36 - Coupe de la rivière "I", rive gauche
- II,37 - Coupe de la rivière "H", rive gauche
- II,38 - Coupe de la rivière "F", rive droite
- II,39 - Coupe de Sorpon Brok
- II,40 - Mélanges Colorés; vue depuis les hauts de Wanlah en direction du Nindam Peak
- II,41 - Coupe de la Yapola Chu à Wanlah, Bande Sud des Mélanges Colorés
- II,42 - Bande sud des Mélanges colorés à Lamayuru, Bloc Permien de Lamayuru
- II,43 - Coupe de la Bande sud des Mélanges Colorés à Lamayuru
- II,44 - Carte de situation des coupes et échantillons hors coupe entre Tar et Lardo
- II,45 - Coupes générales du Stakspi La et du Spanting La
- II,46 - Panoramique W-N-E depuis l'ancienne plate-forme d'observation militaire, 800 mètres à l'Est du Spanting La
- II,47 - Rive droite de l'affluent ouest de la vallée Lardo Brok-Spanting La

tel-00805270, version 1 - 27 Mar 2013

- II.48 - Face sud de la dent de Lardo Brok
- II.49 - Coupe rive droite de l'affluent Est de Mongyu
- II.50 - Coupe rive gauche de l'affluent Est de Mongyu
- II.51 - Carte de détail de la Formation de Mongyu, coupe II.50
- II.52 - Détail de la barre de pillows dans la Formation de Mongyu
- II.53 - Formation de Mongyu; bancs de calcaire conglomératique
- II.54 - Contact entre Formation de Mongyu et Calcaires de Kahlsi
- II.55 - Coupe de la vallée Mongyu-Manlung-Spanting Ouest
- II.56 - Vue vers le Sud du synclinal de Mongyu
- II.57 - Panorama vers l'Ouest de la vallée de Mongyu
- II.58 - Contact Formation de Mongyu et Calcaires de Kahlsi, région de Mongyu-Sapta
- II.59 - Vue panoramique vers la Sud-Ouest de la région Mongyu-Manlung-Zum
- II.60 - Vue vers le NE, depuis la côte 4000m au dessus du village de Sapta
- II.61 - Coupes dans les affluents ouest de la vallée de Mongyu
- II.62 - Mass flow dans la Formation de Nindam
- II.63 - Panorama des vallées ouest de Mongyu
- II.64 - Flute cast dans la Formation de Nindam
- II.65 - Mass flow dans la Formation de Nindam; turbidites Tad/Tade
- II.66 - Panorama vers l'Est de la vallée d'Hipti
- II.67 - Panorama vers l'Ouest de la vallée d'Hipti
- II.68 - Coupe de Urtsi-Tar La-Tar-Indus
- II.69 - Détail de la coupe de Tar en rive droite de Tar Gompa
- II.70 - Coupe de Tar à Trespan, rive droite
- II.71 - Calcaires de Kahlsi et série verte de Tar
- II.72 - Débris flows à galets mous, Formation de Nindam, Unité de Manlung
- II.73 - Rive droite de la vallée d'Urtsi, vue vers l'Ouest
- II.74 - Contact Formation à Blocs d'Urtsi/Formation de Skyu-Chiling
- II.75 - Blocs dans la Formation à Blocs d'Urtsi
- II.76 - Bloc dans la Formation à Blocs d'Urtsi
- II.77 - Débris flow à galets de calcaires de type Kahlsi dans la Formation d'Urtsi
- II.78 - Rive gauche de la vallée d'Urtsi, vue vers l'Est
- II.79 - Contact Formation de Nindam/Formation à Blocs d'Urtsi, vallée E-st d'Urtsi
- II.80 - Détail du sommet de la zone à pillows au-dessus et au Nord Est d'Urtsi
- II.81 - Géométrie des couches de la Formation de Nindam entre le Tar La et Urtsi
- II.82 - Style de la tectonique dans la Formation de Nindam au Tar La
- II.83 - Carte géologique de la région de Lamayuru-Wanlah-Kahlsi
- II.84 - Coupes de la Yapola Chu
- II.85 - Vue vers le NE, depuis les "Lamayuru Loops" sur la route de Kahlsi-Lamayuru
- II.86 - Coupe de Kahlsi Ouest à la confluence Yapola-Indus
- II.87 - Bloc diagramme entre Kahlsi et Nurla
- II.88 - Panorama vers l'Est depuis la route Kahlsi-Lamayuru
- II.89 - Itinéraires suivis dans la région Ouest-Ladakh
- II.90 - Carte géologique de la région Ouest-Ladakh
- II.91 - Carte géologique simplifiée de situation des coupes de la vallée de Shergol
- II.92 - Coupe du Sapi La
- II.93 - Colonne stratigraphique de la Formation de Sapi-Karamba au Sapi La
- II.94 - Coupe "2" entre Shergol et Tringdo
- II.95 - Coupe "3", 300 m à l'Est de la précédente
- II.96 - Coupe "4" au droit du bourg principal de Tringdo
- II.97 - Coupe "5" Réservoir supérieur de Tringdo
- II.98 - Coupe "6", Tête de la vallée Est de Katsé
- II.99 - Coupes "7", "8" et "9" en amont de sundal
- II.100 - Coupe "10", sous l'étang de Phu
- II.101 - Coupe "11", étang de Phu
- II.102 - Coupes "12" et "13" sur les crêtes entre le Sapi La et le Naktul
- II.103 - Carte lithostratigraphique de la vallée de Shergol (E. Sutre)

- II.104 - Colonne stratigraphiques dans les différentes écailles tectoniques de la Formation de Sapi-Karamba entre le Sapi La et Shergol
- II.105 - Carte lithostratigraphique de la vallée de Shergol (K. Honegger)
- II.106 - Coupes dans la Formation de Sapi-Karamba d'après K. Honegger
- II.107 - Colonne stratigraphique synthétique de la Formation de Sapi-Karamba
- II.108 - Vue de la face sud du Naktul depuis les hauts de Marpoil
- II.109 - Coupe de l'Arju La
- II.110 - Croquis structural dans les gorges de Butum-Marpoil
- II.111 - Coupe Somau-Naktul-Sapi La
- II.112 - Panorama de la rive gauche de la vallée de Chaskor
- II.113 - Panorama de la rive droite de la vallée de Chaskor
- II.114 - Classification granulométrique de C.K. Wentworth
- II.115 - Charte visuelle d'estimation du tri granulométrique
- II.116 - Emoussé des grains
- II.117 - Nomenclature des rudites
- II.118 - Architecture des conglomérats
- II.119 - Classification des sables
- II.120 - Classification des roches calcaires
- II.121 - Processus volcanoclastiques et rudites associées
- II.122 - Courants turbides et turbidites
- II.123 - Séquence type d'une turbidite
- II.124 - Séquences induites par les différents mécanismes des "mass flows".
- II.125 - Relations entre architecture et processus de dépôts dans les rudites
- II.126 - Les sous-environnements d'un deep sea fan
- II.127 - Répartition des faciès de Mutti et Walker dans un modèle de cône sous-marin
- II.128 - Diagramme de classification des faciès à turbidites et autres faciès resédimentés
- II.129 - Distribution des processus de sédimentation dans l'Astoria fan; variations latérales de faciès dans les lobes
- II.130 - Détritisme ophiolitique sous-marin

- Figures des annexes -

- A 1-1 - Résultats du tamisage des échantillons 33,06 et 42,01
- A 1-2 - Résultats du tamisage des échantillons 88,02 et 120,06
- A 1-3 - Caractéristiques granulométriques des échantillons 33,06, 42,01, 88,02 et 120,06
- A 1-4 - Courbes de Rivière
- A 1-1 - Définition des indices granulométriques employés

- A 2-1 - Diagrammes de diffraction X des échantillons 79,01, 120,02, 40,05 et 42,01

- A 4-1 - Echelle stratigraphique de Cavalier et Pomerol
- A 4-2 - Echelle stratigraphique et de stratigraphie séquentielle de Haq et al.

- A 5-1 - Diagramme AFM
- A 5-2 - Diagramme Ti/Cr - Ni
- A 5-3 - Discrimination IAT/MORB à l'aide du diagramme V/Ti, 10⁻³
- A 5-4 - Diagramme de Pearce
- A 5-5 - Diagramme de Pearce (suite)

- A 8-1 - Corrélations au Ladakh d'après Devendra Pal et al.
- A 8-2 - Corrélations au Ladakh d'après T. Van Haver

- A 10-1 - Analyse microsonde des pyroxènes des péridotites
- A 10-2 - Analyse microsonde des pyroxènes des péridotites (suite)
- A 10-3 - Classification des pyroxènes des péridotites
- A 10-4 - Pyroxènes des péridotites; diagramme de Kornprobst et Ohnenstetter
- A 10-5 - Analyse microsonde des spinelles des péridotites
- A 10-6 - Analyse microsonde des spinelles des péridotites (suite)
- A 10-7 - Analyse microsonde des pyroxènes des laves de la région de Mongyu
- A 10-8 - Analyse microsonde des pyroxènes des laves de la région de Mongyu (suite)
- A 10-9 - Analyse microsonde des pyroxènes des laves de la région de Mongyu (suite)
- A 10-10 - Classification des pyroxènes des laves de la région de Mongyu
- A 10-11 - Pyroxènes des laves de la région de Mongyu; diagramme Ti/Ca+Na
- A 10-12 - Pyroxènes des laves de la région de Mongyu; diagramme SiO₂/TiO₂
- A 10-13 - Pyroxènes des laves de la région de Mongyu; diagramme SiO₂/Al₂O₃
- A 10-14 - Pyroxènes des laves de la région de Mongyu; diagramme Ti/Al total
- A 10-15 - Pyroxènes des laves de la région de Mongyu; diagramme Ti+Cr/Ca
- A 10-16 - Analyse microsonde des feldspaths des laves de la région de Mongyu
- A 10-17 - Analyse microsonde des opaques des laves de la région de Mongyu
- A 10-18 - Analyse microsonde des opaques des laves de la région de Mongyu (suite)

LES FORMATIONS DE LA MARGE NORD-NEOTETHYSIENNE
ET LES MELANGES OPHIOLITIQUES DE LA ZONE DE SUTURE DE L'INDUS
EN HIMALAYA DU LADAKH, INDE
Stratigraphie, tectonique, évolution géodynamique.

Mots clefs: Mésozoïque, Cénozoïque, Néotéthys, Himalaya, Ladakh, suture, marge active, mélanges ophiolitiques.

Résumé

Dans la zone de suture de l'Indus en l'Himalaya du Ladakh, l'étude lithostratigraphique, biostratigraphique, sédimentologique, pétrographique et structurale, conduit à différencier plusieurs catégories d'unités:

- les unités appartenant à la marge nord néotéthysienne ;
- des témoins de l'espace océanique néotéthysien ;
- des unités de marge distale sud néotéthysienne (nord-indienne).

Ces données, associées à une interprétation en terme de stratigraphie séquentielle, permettent de préciser la paléogéographie du Bloc du Ladakh avant et pendant la subduction de la Néotéthys sous l'Eurasie, puis d'envisager son évolution structurale pendant la collision.

* **Avant la subduction**, le bloc du Ladakh, situé vers l'équateur, se présentait sous la forme d'une vaste étendue de lithosphère océanique d'âge jurassique moyen englobant quelques témoins isolés de nature continentale.

* **Le volcanisme d'arc** y a débuté au Crétacé inférieur, avant l'Aptien (probablement au Barrémien), soit plus tôt que dans le Bloc de Lhasa (Albien). Les premiers épanchements volcaniques sous-marins voisinaient avec des turbidites volcano-sédimentaires et des flyschs à blocs.

* **Développement de l'arc insulaire** : pendant la période Aptien-Albien inférieur se sont déposées, dans les bassins, des turbidites volcano-détritiques. Simultanément, des plates-formes carbonatées à rudistes s'installaient sur le pourtour des parties émergées de l'arc.

Ensuite, tandis que les régions de l'arc intrudée par les plutons se soulevaient, le bassin d'avant-arc s'enfonçait, et voyait le développement des cônes sous-marins. Ce type de sédimentation s'est poursuivi jusqu'au Paléocène supérieur.

* **Derniers dépôts marins**: à partir de la fin du Paléocène le bassin d'avant-arc devint le siège d'une épaisse sédimentation marine infra à supra-littorale détritique, admettant des passées lenticulaires de calcaires bioclastiques.

À la fin de l'Eocène inférieur, le bassin marin résiduel situé entre les deux marges disparut brutalement, sous l'effet conjugué de la collision et d'un pic régressif eustatique accusé.

* **Structuration pendant la collision**: la partie sud du bassin d'avant-arc fut affectée par des chevauchements vers le Sud. Ensuite, les unités structurales ainsi créées furent redressées et basculées vers le Nord.

Dans la zone de suture s'individualisa alors le bassin des formations continentales d'épisuture, dont le substratum était constitué d'unités structurales des deux anciennes marges.

Au cours des stades ultimes du serrage, cet ensemble fut affecté par des charriages à vergence nord.

THE FORMATIONS OF THE NORTH NEOTETHYAN MARGIN
AND THE OPHIOLITIC MELANGES OF THE INDUS SUTURE ZONE
IN THE LADAKH HIMALAYA, INDIA

Stratigraphy, tectonic and geodynamic evolution.

Key words: Mesozoic, Cenozoic, Neotethys, Himalaya, Ladakh, suture, active margin, ophiolitic melanges.

Abstract

In the area of the Indus Suture Zone in Ladakh Himalaya, the lithostratigraphical, biostratigraphical, sedimentological, petrographical and structural studies allow us to distinguish several sets of units:

- units belonging to the north neotethyan margin;
- remnants of the neotethyan ocean;
- distal parts of the south neotethyan margin.

These data, associated with an interpretation in terms of sequence stratigraphy, give us precisions on the paleogeography of the Ladakh Block before and during the subduction of the neotethyan oceanic crust under Eurasia, and allow us to reconstruct its structural evolution during the collision.

* Before the subduction, the Ladakh Block, lying near the equator, looked like a broad expanse of oceanic lithosphere of Middle Jurassic age surrounding some small isolated continental remains.

* The island arc volcanism in the north neotethyan margin began in Lower Cretaceous, before Aptian (probably during Barremian), sooner than in the Lhasa Block (Albian).

The first submarine lava flows poured out, while the volcano-sedimentary turbidites and rockfalls took place in the basin.

* Island arc evolution : during Aptian and Lower Albian, volcanodetritic turbidites settled down. simultaneously calcareous platforms were developing around the emerged parts of the island arc.

During a later stage, while the arc areas intruded by plutons lifted up, the fore arc basin sank. In this later parts, the deep sea fans expanded. This type of sedimentation carried on up to the Upper Paleocene.

* Last marine deposits: since the end of Paleocene, a thick infra to supra littoral sedimentation has been taking place in the fore arc basin, consisting of detritics and lenticular bioclastic limestones.

At the end of Lower Eocene, the residual marine basin, lying between the two margins, suddenly disappeared, due to the conjunction of the collision effects and a sharp regressive eustatic peak.

* Structuration during the collision: first of all, the southern parts of the fore arc were sliced southwards. Then, these previous structural units were set upright and toppled over northwards.

After, in the suture zone, on a substratum composed by structural units belonging to the both margins, settled down the continental formations of the episutural basin.

During the final stages of the collision, the units of the suture zone were backthrust northwards.