

# Expedition

# Himlung Himal 1997

Une Carte Géologique Par  
Patrick Le Fort et Stéphane Guillot

LES CAHIERS DU  
COMITÉ SCIENTIFIQUE



Club  
alpin  
français

## 1 Présentation

## Expédition Himlung Himal 1997 Une carte géologique du Manaslu

par Patrick Le Fort\* et Stéphane Guillot\*\*

## 2 Les formations géologiques

*A la suite de l'expédition Himlung Himal 1997, sous l'égide du Club Alpin Français et du Centre Nationale de la Recherche Scientifique, la carte géologique du Massif du Manaslu a été dessinée. Ce document permet de mettre en évidence les grandes formations géologiques dans cette région de l'Himalaya central et de discuter les relations temporelles et géométriques entre la mise en place du granite du Manaslu et les déformations tectoniques, il y a 20 millions d'années.*

## 3 Evolution de la région

## 4-5 La carte géologique

## 6 Conclusion

## 7 Bibliographie

COMITÉ SCIENTIFIQUE &  
COMMISSION COMMUNICATION  
RÉALISATION : F. LARDREAU

FÉDÉRATION DES CLUBS ALPINS FRANÇAIS  
24, AVENUE LAUMIÈRE  
75019 PARIS

Crédits photos :  
Patrick Le Fort et Stéphane Guillot

Conception et Réalisation graphique  
TIXIER & Fils  
69003 Lyon - Tél : 04 78 54 98 96

*\* Directeur de Recherche au CNRS. Attaché pour la science et la technologie Ambassade de France à Prétoria, PO Box 29086, Sunnyside 0132, Prétoria, Afrique du Sud.*

*E-mail : [culturel@iafrica.com](mailto:culturel@iafrica.com)*

*Membre du comité scientifique du CAF*

*\*\* Chargé de Recherche au CNRS. Laboratoire de Dynamique de la Lithosphère. Université et Ecole Normale Supérieure de Lyon. 27 Bd du 11 Novembre, 69622 Villeurbanne.*

*E-mail : [sguillot@univ-lyon1.fr](mailto:sguillot@univ-lyon1.fr)*

*Membre du comité scientifique du CAF*

## Présentation

Ce second cahier édité par le Comité scientifique du Club alpin français est consacré aux observations et à la carte géologique réalisées par les scientifiques participants à l'expédition de 1997 à l'Himlung Himal (Himalaya Central) (1)

Cette expédition achève un programme de recherches qui a débuté en 1986 avec l'expédition " Biafo Hispar " et s'est poursuivi par une série de prélèvements d'échantillons et d'observations sur le terrain , en 1988 au Yazghil Dom - Pumari Chhish (Karakorum) (2), en 1993 au Kula-Kangri (Sud Tibet).

La particularité de ces expéditions, organisées par le Comité scientifique, est d'avoir associé dans un même projet, des alpinistes qui ont le sommet pour objectif et des géologues, qui, pour mener à bien leurs travaux, doivent effectuer des observations et des prélèvements in situ.

L'expédition Himlung Himal a réuni sept alpinistes et deux géologues et s'est déroulée dans une région encore peu fréquentée et d'accès difficile. La complémentarité entre alpinistes et scientifiques a, de ce fait, pris un relief particulier. Les premiers assurant la progression et le recueil d'échantillons en cours d'ascension (prélèvements verticaux). Les seconds apportant leur capacité de lecture et d'interprétation du terrain dans un massif mal connu et à la cartographie incertaine.

Depuis quelques années un débat interne se développe qui porte sur les orientations de l'himalayisme. La manifestation commémorative du cinquantenaire de l'Annapurna en juin dernier à Chamonix en témoigne. A la centration sur les plus de 8.000 m, beaucoup de jeunes himalayistes préfèrent les belles voies de 6-7000 m, dont bon nombre restent à gravir ou n'ont été l'objet que de rares ascensions. Aux répétitions fondées sur le critère du niveau de performance s'ajoute un retour à l'esprit d'aventure et au plaisir de la découverte.

Cette ouverture de l'himalayisme à l'exploration offre de nouvelles opportunités de collaboration entre chercheurs et alpinistes. Encore convient-il de développer les occasions de rencontres et de définir des procédures d'échanges sur les projets des uns et des autres.

Jacques Malbos  
Président du Comité scientifique

- (1) Une version simplifiée, qui s'inspire de ce texte et destinée à un public non averti, a été publiée dans la revue " la Montagne et Alpinisme ", n°1-1999.
- (2) Les expéditions Biafo Hispar et Yazghil Dom-Pumari Chhish ont contribué à l'élaboration de la carte Hunza Balistan (P. Le Fort, A. Pêcher), réalisée sous l'égide du CNRS, du Laboratoire des géodynamique des chaînes alpines de Grenoble, et du Comité scientifique du Club alpin français

## Introduction

La carte géologique est une représentation en plan, sur un fond topographique, des structures et des formations géologiques de la partie supérieure de la croûte terrestre. C'est l'outil de base indispensable au géologue afin de comprendre les mouvements horizontaux et verticaux qui se produisent dans les 50 premiers kilomètres du globe terrestre.

Depuis plus de 25 ans, le groupe français du CNRS, avec la collaboration des géologues népalais, s'est attaqué à l'étude du massif du Manuslu sillonnant successivement les versants Est et Ouest. Restait la partie Nord du massif, rapidement explorée en 1969 et 1971.

L'expédition alpinistique et scientifique Himlung 97 a permis de récolter les observations et échantillons nécessaires pour finir l'étude du massif du Manuslu. Pendant que se déroulait l'expédition, les deux géologues, travaillant d'abord le long de l'itinéraire d'ascension, puis rayonnant sur toute la zone, ont levé la carte géologique qui est publiée ici avec deux coupes.

## Les formations représentées sur la carte

Les terrains cristallins de la Dalle du Tibet (le soubassement du continent Indien) n'affleurent que dans la vallée de la Marsyandi et dans la basse vallée de la Dudh khola.

On commence par la **Formation II**, épaisse de plus de 3000 mètres et constituée de gneiss riches en carbonates. Cette formation provient d'une ancienne série marine d'âge environ 500-600 millions d'années (Ma).

Au dessus, vient un niveau relativement continu de 300 mètres d'épaisseur de gneiss, la **Formation III** (ou **formation de Chame**), présentant des yeux de feldspaths potassiques de taille centimétrique. Ces gneiss ocellés correspondent à d'anciens granites datés entre 480 et 520 Ma et mis en place dans la partie supérieure du continent Indien puis partiellement refondus au cours de la formation de l'Himalaya.

Ces deux formations de la Dalle du Tibet sont surmontées par une couverture sédimentaire, épaisse de plus de 10 000 mètres dans la région de Nar, et allant au moins de l'Ordovicien (480 Ma) jusqu'au Jurassique supérieur (140 Ma).

A la base de la pile, on trouve quelques centaines de mètres de **gneiss calciques** riches en minéraux métamorphiques (amphibole, pyroxène, grenat et scapolite).

Cette formation passe au dessus aux **calcaires métamorphiques des Annapurna** constitués de marbres à pyroxène puis biotite. Cette formation, envahie par une multitude de filons granitiques, forme des falaises de plus de 1000 mètres de haut dans la partie moyenne de la vallée de Nar.

Dans la partie Ouest de la vallée de la Marsyandi, on retrouve au dessus, à la faveur d'un contact tectonique, la formation des **calcaires jaunes des Annapurna** (2000 mètres d'épaisseur), équivalent moins métamorphique de la formation précédente. Cette formation a été datée de l'Ordovicien inférieur (480 à 470 Ma) par des fossiles (pistes de vers, nautilus, trilobites).

Les **calcaires des Nilgiri**, reposant normalement au-dessus des précédents, sont constitués de calcaires marins bleus et ocres contenant des Brachiopodes d'âge Ordovicien moyen (~ 460 Ma). Les formations suivantes constituent le **Paléozoïque supérieur** (entre 410 et 250 Ma) et sont bien visibles dans la haute vallée de Nar et de ses affluents. Il s'agit essentiellement de formations issues de l'ancienne limite continent-océan épaisses d'environ 2000 à 3000 mètres constituées de schistes plus ou moins calcaires, de grès et de calcaires sombres dans lesquels ont été reconnus de nombreux fossiles (brachiopodes, oursins, graptolites). Au sommet, on trouve dans toute la région un niveau de 100 mètres de **quartzites blanches**, d'âge permien inférieur (~ 270 Ma). On y trouve localement un niveau volcanique de basalte altéré (**spilites**), qui atteint une trentaine de mètres d'épaisseur dans la région de Nar Ma.

Le **Trias** (245 Ma à 205 Ma) est formé à sa base par des grès à ciment calcaire (50 mètres) surmontés par une masse épaisse de schistes (700 mètres environ). Il est couronné par une barre de calcaires riches en magnésium (dolomie) de couleur bruns-orangés, d'âge Rhétien (210-205 Ma).

Le Jurassique inférieur (**Lias des calcaires de Jomosom** (205-180 Ma) est représenté par des calcaires à débris de coquilles, en banc épais alternant vers le haut avec des niveaux plus schisteux.

La zone septentrionale des grandes parois régulièrement stratifiées, la **formation du Ratna**, n'avait pas été touchée jusqu'ici. Située à une ou plusieurs journées de marche au Nord des derniers villages, affleurant au-dessus de 4500 m et formant la crête frontière avec le Tibet, nous n'avons pu atteindre cette formation que ponctuellement, en amont des alpages de Pangre et Ngaru, et à l'Ouest de Nar Tö, profitant également des nombreux blocs d'éboulis ou de moraine épandus dans les vallées de Pangre, Nar et Labse. La formation du Ratna repose par un contact tectonique sur les séries triasiques qu'elle déforme vers le Sud. A sa base, Jean-Paul Bassoullet, paléontologue de Poitiers, a reconnu des roches du sommet des calcaires de Jomosom (Lias supérieur, Dogger basal). La formation se poursuit par des alternances plurimétriques de schistes calcaires et de calcaires gréseux où nous n'avons pas trouvé de fossile, mais qui pourraient monter dans le Crétacé (plus jeune que 135 Ma) et être l'équivalent latéral des grandes nappes du domaine Nord-Himalayen décrites plus à l'Est au Tibet.

Le **granite du Manaslu** enfin, forme une énorme lame lenticulaire. Le granite dont l'épaisseur atteint 8000 mètres au centre du massif, forme une ellipse couvrant environ 400 km<sup>2</sup> dont le grand axe NW-SE, mesure près de 35 km. Dans la vallée de Nar, le granite n'atteint pas le fond de la vallée, mais on observe en dessous, dans les falaises qui dominent Chago et Kyang, le réseau des filons d'alimentation du granite que nous avons déjà mentionné. La base du granite se situe à un kilomètre environ au dessus de la Formation III dans les calcaires métamorphiques des Annapurna. Le toit du massif recoupe toutes sortes de formations depuis le Paléozoïque supérieur jusqu'au Lias. La partie supérieure du granite est particulièrement bien visible dans la partie centrale du glacier de Pangre. La couleur blanche caractéristique de ce granite (on parle de leucogranite) est liée à l'abondance des minéraux clairs (près de 95% de quartz, feldspath, micas blanc) par rapport aux minéraux sombres (moins de 7% de tourmaline et de biotite). On rencontre également dans ce granite des filons à gros grains contenant du grenat rouge, du béryl bleu (aigue-marine), du spodumène, et de l'azurite (carbonate de cuivre) d'un bleu profond. L'utilisation de certains minéraux contenant des éléments radioactifs (en particulier la monazite qui contient uranium et thorium), a permis de dater l'époque de cristallisation du granite. Dans la partie du massif au SE de la zone cartographiée, on a mis en évidence deux époques de cristallisation principales: à 23 et à 19 Ma (Miocène).

## Evolution géologique de la région

C'est la collision de l'Inde avec l'Eurasie, vers 55 Ma, qui a entraîné la déformation de la marge continentale indienne, tant le socle cristallin que sa couverture de sédiments marins, aujourd'hui portés jusqu'à plus de 8000 mètres d'altitude.

La Dalle du Tibet est caractérisée par son pendage régulier; mais cette régularité masque une intense déformation. Des études fines montrent que la déformation s'est produite en plusieurs phases.

les plus précoces, sans doute vers 35-40 Ma, sont orientés vers le Sud et correspondent à la phase d'épaississement du système himalayen. Un deuxième événement majeur de haute température a été enregistré dans sa partie supérieure, dans les gneiss de la Formation III et dans les gneiss calcaires vers 20 Ma. Il correspond cette fois-ci au décollement de l'ensemble de la couverture sédimentaire qui a littéralement glissé vers le Nord sur plusieurs dizaines de kilomètres.

Ces événements tectoniques majeurs ont donc également marqué la couverture sédimentaire

puisqu'elle est fortement reprise dans des plis d'échelle pluri-kilométrique. On peut suivre ces grands plis couchés depuis la vallée de la Marsyandi jusqu'à l'alpage de Pangre. Le principal d'entre eux forme sans doute le plus grand pli que l'on puisse observer au monde (plus de 6 km de hauteur visible dans la face Ouest de l'Annapurna I, 30 km de développement Nord-Sud et plus de 200 km entre le Dhaulagiri à l'Ouest et le Ganesh Himal à l'Est).



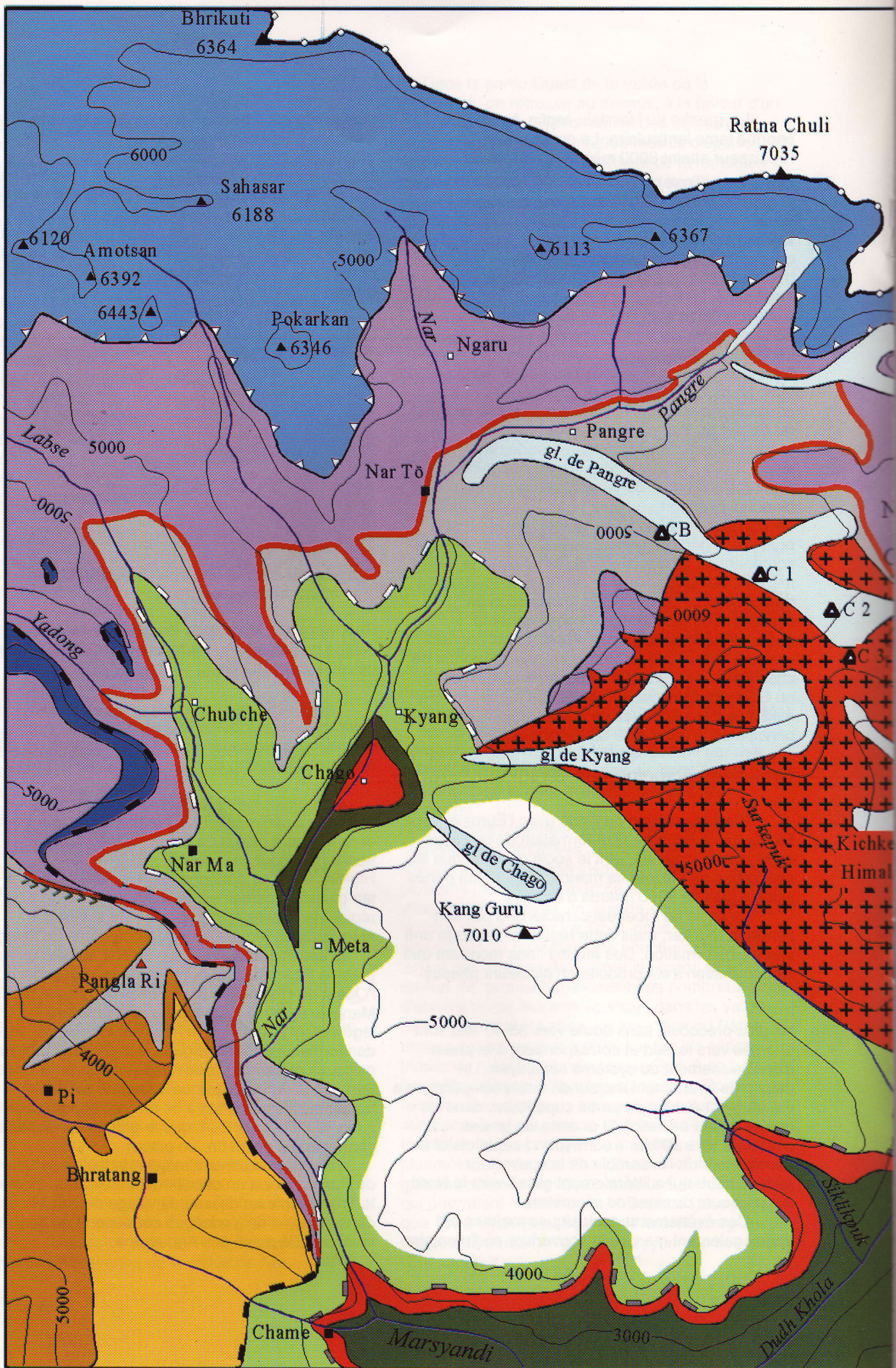
Pli à vergence Nord dans les schistes du Trias (vallée de Ngaru). Au deuxième plan, affleurent les calcaires gris du Lias.

Trois grands décollements associés à ces mouvements vers le Nord ont été reconnus dans la région de l'Himlung Himal:

- le premier forme le contact Dalle du Tibet-couverture sédimentaire, il correspond à une intense déformation à chaud de la Formation III. Cet accident majeur, la **Faille Normale Nord-Himalayenne**, se prolonge latéralement vers l'Est sur plusieurs centaines de kilomètres, au-delà de la région de l'Everest, tandis que vers le Nord, il réapparaît en fenêtre au niveau du dôme de Chago;

- la seconde faille normale de Nar Ma se suit sur près de 50 km depuis la vallée de la Marsyandi à l'Ouest de Chame jusqu'à la base du granite du Manaslu au dessus de Kyang. Cet accident légèrement penté vers le Nord est localisé au sein des formations Paléozoïques, il met en contact les calcaires métamorphiques des Annapurna avec les formations du Paléozoïque supérieur moins métamorphiques. C'est à ce niveau, et probablement à cause de cet accident que le granite du Manaslu a commencé à se mettre en place;

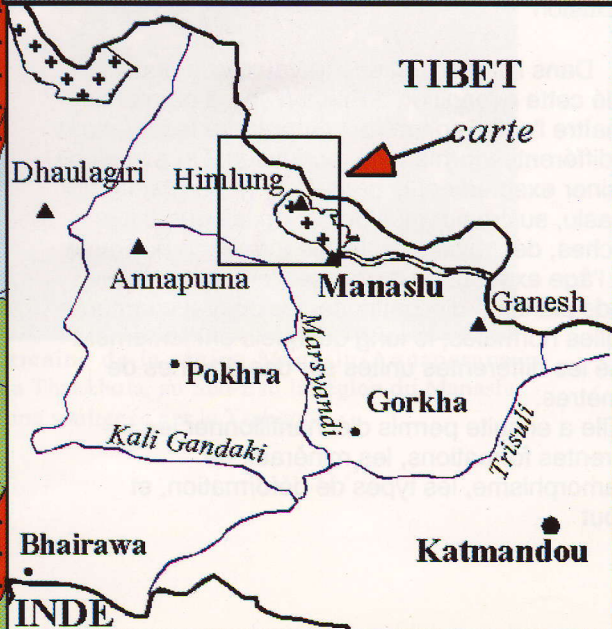
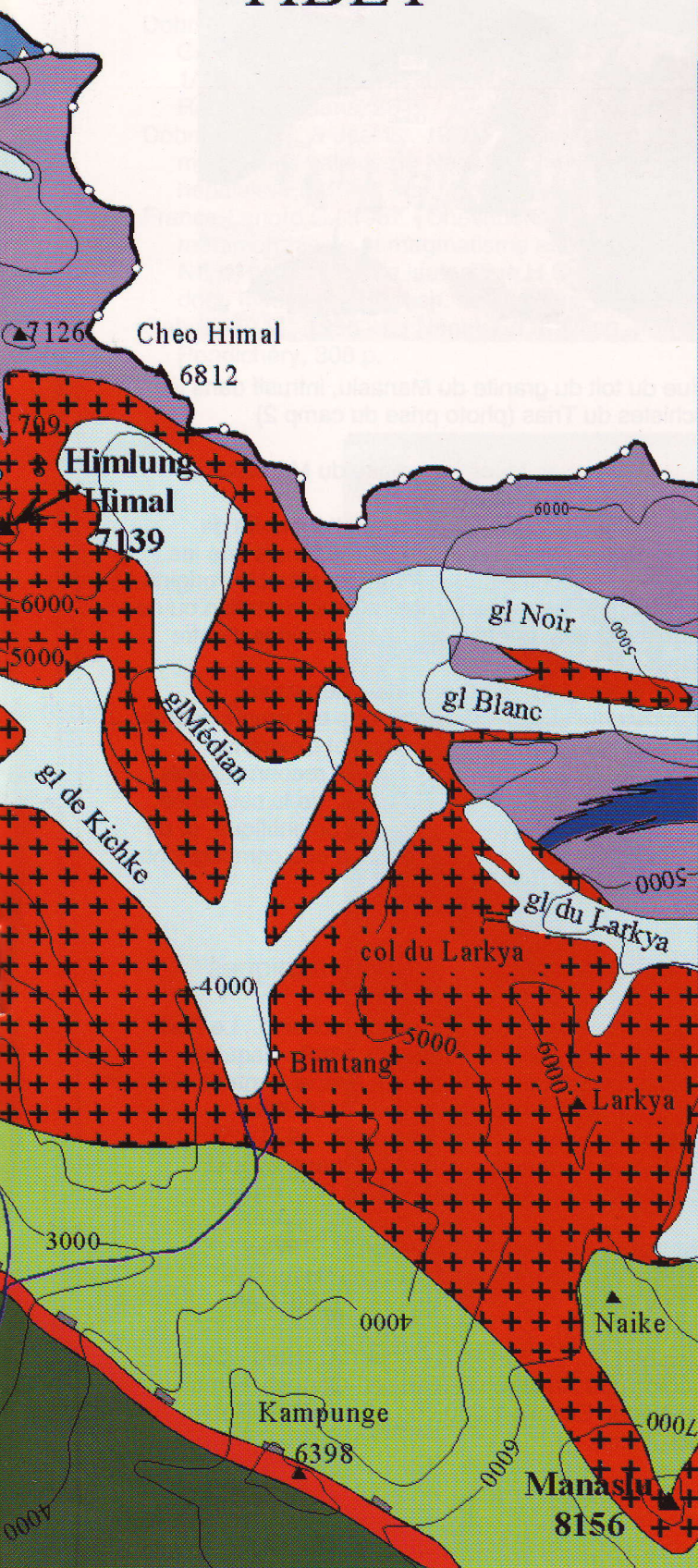
- le troisième contact majeur, la faille normale du Pangla Ri est un décollement majeur du Lias sur le Trias visible au dessus du village de Nar Ma et dans la vallée de Yadong. Il correspond au flanc inverse faillé du pli des Annapurna.

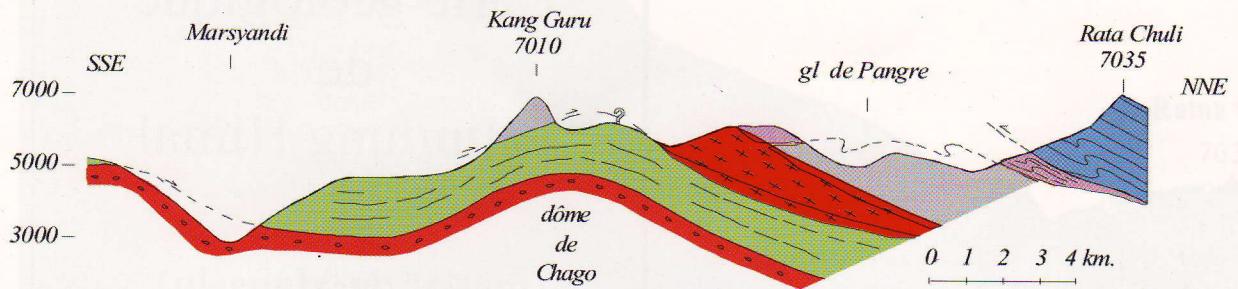


# Carte géologique de l'Himlung Himal

(massif du Manaslu)

## TIBET





Coupe montrant la mise en place en lame du granite du Manaslu (rouge vif) et le chevauchement vers le SSE du Rata Chuli.

Dans la haute vallée de la Marsyandi, on observe localement que ces plis vers le Nord reprennent des plis plus anciens à mouvement vers le Sud, dont l'âge inconnu est à reporter aux événements précoces enregistrés dans cette région vers 35-40 millions d'années. Enfin, dans la partie Nord de la région étudiée (vers Nar Tö et Ngaru), ont été observés pour la première fois de grands plis à vergence Sud associés au chevauchement de Nar Tö qui amène la formation du Ratna sur le Trias, et redéforme les antérieurs à vergence Nord. Des répliques de cet accident chevauchant majeur ont été également observées plus au Nord dans le paysage, à l'intérieur de la formation du Ratna.

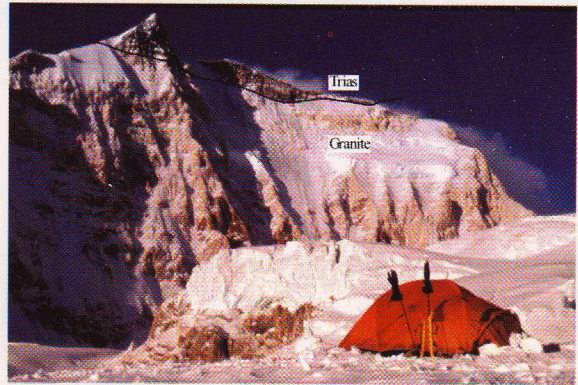
C'est dans ce contexte tectonique mouvementé que s'est mis en place vers 20 Ma le granite du Manaslu. De nombreuses études portant sur sa composition chimique et sa géométrie ont permis de mettre en évidence que ce granite était issu de la fusion de la Dalle du Tibet, en dessous de la couverture sédimentaire, à une profondeur de l'ordre de 30 km pour une température de 700-

que les roches avoisinantes, est monté dans de nombreux filons, comme ceux visibles dans la vallée de Nar, pour finir par se bloquer sur le grand glissement vers le Nord de la couverture sédimentaire à une profondeur de l'ordre de 15 km. La lente accumulation du magma sur plusieurs millions d'années, a peu à peu fait gonfler le pluton dans les séries sédimentaires.

### Conclusion

Dans l'état actuel des travaux, que nous a révélé cette expédition ? Elle a d'abord permis de connaître l'extension et de comprendre les relations des différentes formations rocheuses. On a ainsi pu dessiner exactement le contact Nord du granite du Manaslu, suivre sur plus de 50 km les quartzites blanches, découvrir la nouvelle formation du Ratna dont l'âge exact reste à préciser, et repérer les grands plans de discontinuité, les chevauchements et failles normales, le long desquels ont lentement glissé les différentes unités sur des dizaines de kilomètres.

Elle a ensuite permis d'échantillonner les différentes formations, les minéraux de métamorphisme, les types de déformation, et surtout



Vue du toit du granite du Manaslu, intrusif dans les schistes du Trias (photo prise du camp 2)

caler la mise en place du granite du Manaslu par rapport aux déformations.

Les études au microscope permettent enfin de caractériser minéraux et structures tandis que les analyses géochimiques permettent d'établir l'origine des roches, les mécanismes de leur formation ou de leur surrection, et enfin de dater certaines d'entre elles.

L'appui d'une organisation népalaise compétente et celle des alpinistes est irremplaçable dans ce genre de terrain lointain et d'extrême difficulté. Nous sommes infiniment reconnaissants du soutien du Club Alpin Français, de la confiance de Jacques Malbos et du Comité Scientifique, et de l'aide souriante et efficace de tous nos compagnons d'aventure.

### Quelques références bibliographiques

- Bordet P., Colchen M., Krummenacher D., Le Fort P., Mouterde R. & Rémy M., 1968 - Esquisse géologique de la Thakkhola (Népal central). Ed. Cent. Natl. Rech. Sci., Paris, 1/75.000.
- Bordet P., Colchen M. & Le Fort P., 1971 - Esquisse géologique du Nyi-Shang (Népal central). Ed. Cent. Natl. Rech. Sci., Paris, 1/75.000.
- Bordet P., Colchen M. & Le Fort P., 1975 - Recherches géologiques dans l'Himalaya du Népal, région du Nyi-Shang. Ed. Cent. Natl. Rech. Sci., Paris, 138 p.
- Colchen M., Le Fort P. & Pêcher A., 1980 - Carte géologique Annapurna-Manaslu-Ganesh, Himalaya du Népal. Echelle 1:200.000. Cent. Natl. Rech. Sci., Paris.

- Colchen M., Le Fort P. & Pêcher A., 1986 - Notice explicative de la carte géologique Annapurna-Manaslu-Ganesh (Himalaya du Népal) au 200.000ème (bilingue: français-english). Ed. cent. Natl Rech. Sci., Paris, 138 p.
- Deniel C., 1985 - Apport des isotopes du Sr, du Nd et du Pb à la connaissance de l'origine des leucogranites himalayens. Exemple du Manaslu (Himalaya, Népal). Thèse doct. univ. Clermont-Ferrand, 114 p.
- Dobremez J.F., Jest C., Stebler J. & Valeix P., 1975 - Carte géologique du Népal. Jiri Thodung 1/50.000. Cahiers népalais doc., Ed. Cent. Natl. Rech. Sci., Paris, 26 p.
- Dobremez J.F. & Jest C., 1976 - Manaslu, hommes et milieux des vallées du Népal central. Cahiers népalais, Ed. Cent. Natl. Rech. Sci., Paris, 202 p.
- France-Lanord C., 1987 - Chevauchement, métamorphisme et magmatisme en Himalaya du Népal central. Etude isotopique H,C,O. Thèse doct. Inst. Natl. Polytech. de Lorraine, 202p.
- Gaborieau M., 1995 - Le Népal. Éd. Kailash, Paris - Pondichéry, 308 p.
- Guillot S., 1993 - Le granite du Manaslu (Népal central) marqueur de la subduction et de l'extension intracontinentales himalayennes. Thèse doct. univ. Joseph-Fourier, Grenoble,
- Jest C., 1985 - La turquoise de vie; un pèlerinage tibétain. Éd. A.M. Métailié, Paris, 223 p.
- Le Fort P., 1981 - Manaslu leucogranite: a collision signature of the Himalaya. A model for its genesis and emplacement. In: "Granites and rhyolites", F. Barker ed., Journal geophysical research, vol. 86 B11, pp. 10545-10568.
- Le Fort P. et Upreti B.N. 1999 - Geology of the Nepal Himalaya : Recent Advances, Journal of Asian Earth Sciences, Volume 17.
- Pêcher A. et Mascle G., 1997 - Himalaya, déformation et métamorphisme dans une chaîne de collision. Deux films et un classeur pédagogique, 100 p. Centre Briançonnais de géologie alpine, 35 rue Pasteur, Briançon.
- Snellgrove D.L., 1989 - Himalayan pilgrimage. Shambala, Boston, 304 p.

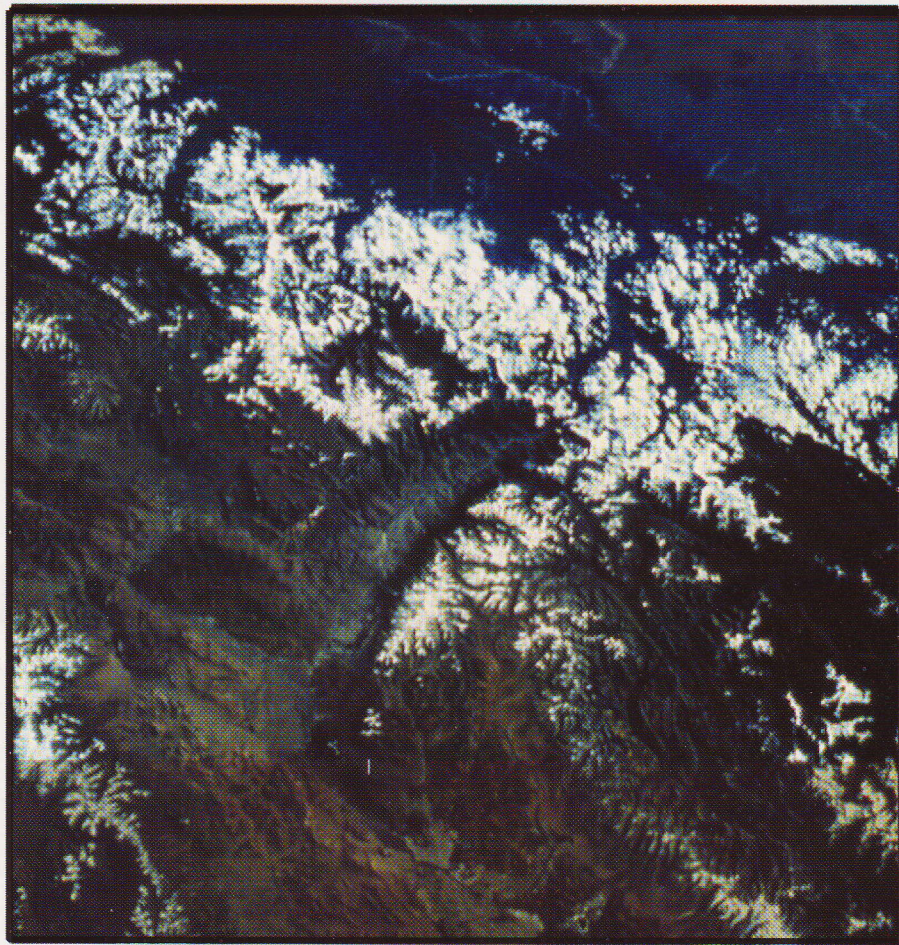


Photo prise depuis la navette américaine de la région Manaslu-Annapurana-Dhaulagiri, avec au centre le fossé de la Thakkhola, au Sud-Est, la région du Manaslu, et au Nord, la zone de suture himalayenne soulignée par le Tsangpo.