

Zeitschrift:	Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber:	Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band:	10 (1957)
Heft:	3
Artikel:	Contribution à l'étude géologique et pétrographique de l'Himalaya du Népal : pétrographie des éléments structuraux du Népal occidental entre l'Everest et le Gange
Autor:	Krummenacher, D.
Kapitel:	IV: Les nappes de Kathmandu et de Nawakot
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-738707

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

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

On peut toutefois remarquer que l'écaillle du Nuptsé n'a pas beaucoup été injectée par les granites de la Dalle du Thibet. L'origine de ce fait est vraisemblablement à rechercher dans la position tectonique particulière de cette écaillle.

En effet, si cet ensemble provient de la partie supérieure des nappes du Khumbu [11], on devrait y reconnaître une composition pétrographique un peu semblable à celle des Clochetons (intrusions non comprises, qui sont postérieures au métamorphisme général), puisque les Clochetons constituent le sommet des nappes du Khumbu. Or, la richesse en quartzites de l'écaillle du Nuptsé, et celle en minéraux mélanocrates, des Clochetons, ne nous incline pas à attribuer une même position à ces deux ensembles.

On peut encore supposer que l'écaillle du Nuptsé représente un compartiment assez élevé dans la série de la Dalle du Thibet, car il semble moins métamorphique et moins injecté (l'injection se trouvant à la base de la Dalle du Thibet), ce compartiment ayant été chevauché ultérieurement par la Dalle du Thibet.

Mais il reste évident que seul le géologue ou le pétrographe qui a parcouru la région peut trancher définitivement ces problèmes tectoniques.

CHAPITRE IV.

LES NAPPES DE KATHMANDU ET DE NAWAKOT

Les nappes de Kathmandu et de Nawakot (ensemble du Haut Himalaya et du Bas Himalaya [2]) forment les chaînes de montagne situées entre les nappes de Khumbu au N et les molasses du Siwalik s'enfonçant au S sous les alluvions du Gange.

D'après T. Hagen [6] — qui le premier a démontré l'existence de ces nappes dans le Népal Central —, les nappes de

Kathmandu se parallélisent avec les nappes du Gharwal de Auden (1937) et Heim (1939), et les nappes de Nawakot avec celle du Krol (Auden 1937, Heim 1938). A l'inverse de ces auteurs, T. Hagen a montré que la structure de ces nappes est très compliquée; il rapproche les nappes de Kathmandu des nappes penniques, et celles de Nawakot des nappes helvétiques des Alpes.

Les nappes de Kathmandu.

Elles constituent une bonne partie des montagnes de l'Himalaya du Népal et sont formées de quatre nappes au moins (T. Hagen en a reconnu postérieurement cinq). L'existence de cette superposition se reconnaît, soit à l'aide d'horizons fossilifères, soit grâce à des critères lithologiques.

De haut en bas, on peut observer dans chaque nappe la série suivante [6]:

Calcaire (Ordovicien);
Quartzites clairs à cassure rougeâtre;
Quartzites argileux et schistes bariolés;
Schistes micacés et phyllites (Phyllites de Dailing de Auden, d'âge supposé Précambrien).

Ces nappes contiennent des intrusions (surtout dans la zone des racines et la zone frontale) en général antérieures aux chevauchements.

Ces injections sont représentées soit par des dykes de pegmatites et des granites (par ex. granite de Kulikhani, dans la zone frontale), soit par des injections d'allure migmatitique (certains grès passent parfois à des gneiss ou des diorites quartziques d'une manière graduelle).

T. Hagen remarque encore qu'à la différence des Alpes, le cristallin des nappes de Kathmandu n'est pas séparable de son enveloppe moins métamorphique. Enfin, dans les racines des nappes, le métamorphisme prend une plus grande ampleur, et il devient alors difficile de différencier les divers termes de la série. Quelques dykes post-tectoniques recoupent la zone des racines.

D'après P. Bordet et M. Latreille [2], les nappes de Kathmandu (que ces auteurs appellent Ensemble du Bas Himalaya et dont ils excluent la nappe de Kathmandu 5, appartenant à la série du Barun) « ne sont que la répétition tectonique, parfois perturbée, d'une unique série stratigraphique, dont la coupe est la suivante de haut en bas :

- » a) Phyllades bleues (carbonifère inférieur);
- » b) Phyllades rouges ou jaunes plus ou moins irrégulières (Dévonien sup.);
- » c) Phyllades du même type, mais contenant des passées de roches carbonatées brunes, ainsi que des amphibolites noduleuses ou sphérolitiques, à amphiboles blanches, plus rarement des amphibolites noires, du talc, des lits de quartzites (Dévonien moyen);
- » d) Quartzites supérieurs souvent colorés en vert par de la chlorite (Dévonien inférieur);
- » e) Phyllades bleues avec quartz d'exsudation jaune, souvent grenatifères; ce niveau contient assez fréquemment une passée de schistes graphiteux noirs à faciès « schistes à graptolithes » (Silurien supérieur);
- » f) Quartzites inférieurs contenant de la biotite, du grenat, parfois du disthène; à ce niveau sont souvent associées des lentilles de cipolin bleu très typique et des passées de schistes graphiteux (Silurien inférieur);
- » g) Micaschistes à muscovite, superposés à des micaschistes à deux micas, avec localement passées d'amphibolites vertes (Cambrien);
- » h) Migmatites (souvent embréchites œillées) en contact avec les micaschistes par l'intermédiaire d'un front de métamorphisme plus ou moins net.

Le faciès de cette série est très constant dans l'E du Népal. L'épaisseur maximum de ces niveaux semble atteindre 1500 à 1800 m ».

Quant à la nappe de Kathmandu 5 de T. Hagen et A. Lombard, attribuée à la série du Barun par P. Bordet et M. Latreille,

elle affleure dans la région de Namche Bazar sous forme de gneiss ectinites. A cet endroit, l'épaisseur de cette série est réduite; elle semble avoir été en bonne partie migmatisée par la granitisation qui a formé les migmatites de Namche Bazar, constituant la base des nappes de Khumbu.

Les nappes de Nawakot.

D'après T. Hagen, qui le premier les a reconnues dans le Népal central, elles se comparent aux chaînes du Pilate et du Säntis. Elles sont formées, avec certitude, au moins de deux nappes distinctes [6].

On aurait, de haut en bas, dans chaque nappe:

- a) Brèches polygéniques souvent rougeâtres (Rhétien?).
- b) Calcaires et dolomies (Trias?).
- c) Quartzites, phyllites, conglomérats (Verrucano, Permien?).
- d) Quartzites, phyllites plus ou moins charbonneuses (Carbonifère?). (On y exploite le charbon à certains endroits; cette dernière couche semble avoir souvent servi de lubrifiant à l'avancée des nappes de Nawakot; c'est pour cette raison qu'on n'en retrouve seulement que quelques lentilles exploitables).

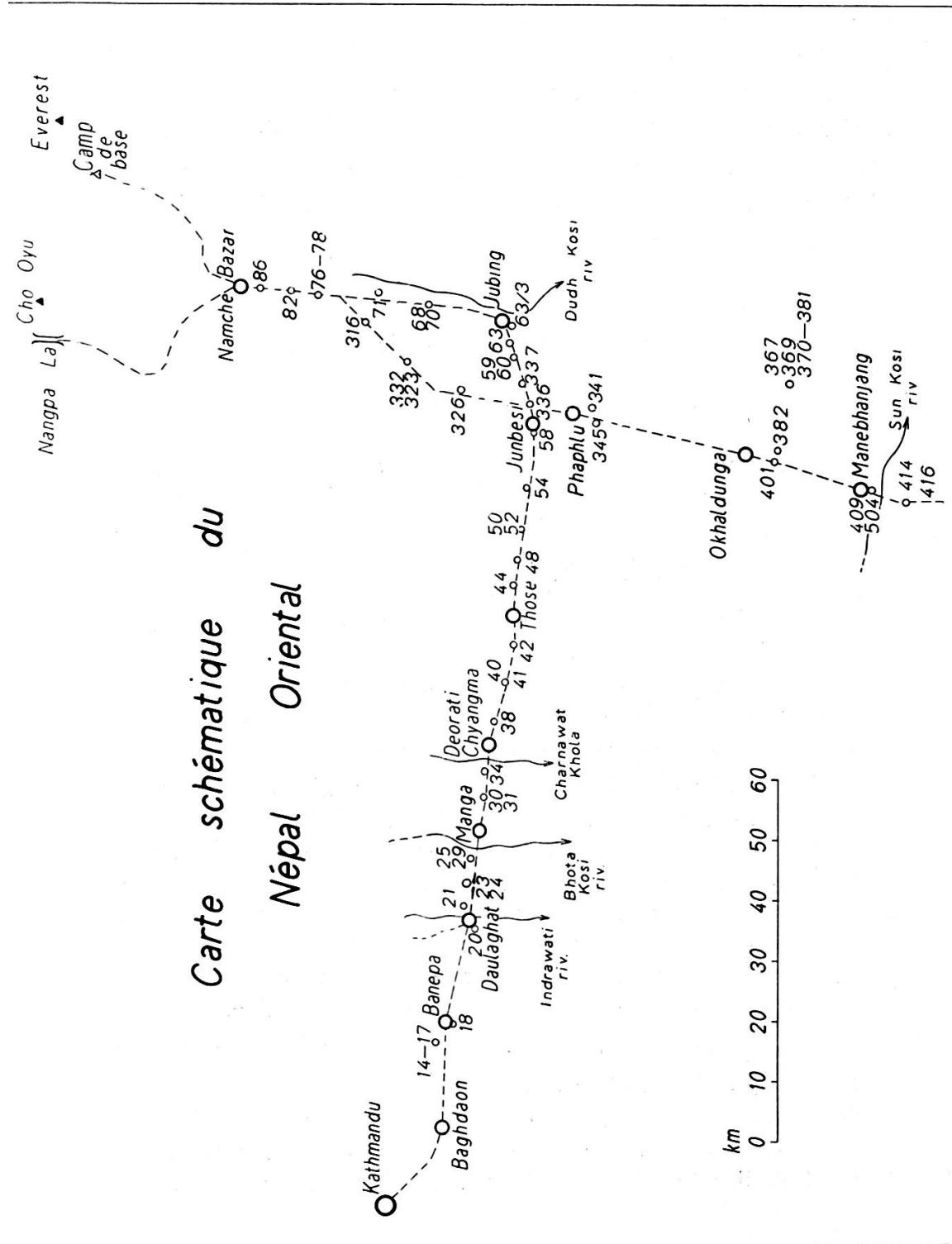
La zone des racines est aussi métamorphisée (les schistes deviennent des schistes micacés, les grès des gneiss) ou injectée (pegmatites à minéraux de Cu, quelques roches basiques, amphibolites). La partie médiane des nappes de Nawakot semble libre de toute intrusion.

D'après P. Bordet et M. Latreille, les nappes de Nawakot (appelées par ces auteurs série de Sangouri), sont formées dans la région que nous examinons, de phyllades vertes et violacées, supportant une épaisse formation de quartzites blancs à faciès werfénien — grès bigarré [1].

Les nappes de Nawakot ont été recoupées dans la région d'Okhaldunga, par A. Lombard et P. Bordet, et sont le sujet d'une note commune [12]. A part quelques intrusions, ils y ont reconnu un métamorphisme pratiquement nul.

PÉTROGRAPHIE DES NAPPES DE KATHMANDU ET DE NAWAKOT
ENTRE KATHMANDU ET NAMCHE BAZAR.

L'itinéraire suivi par A. Lombard est schématisé par le croquis suivant :



Nous donnerons ci-dessous la composition microscopique de chaque échantillon; nous indiquerons aussi son lieu de provenance et son attribution géologique ou tectonique (A. Lombard, communication orale).

Tous les échantillons décrits dans ce chapitre ont été recueillis sur des affleurements. C'est pour cette raison que nous préférons donner la description des échantillons les uns après les autres, dans l'ordre où A. Lombard les a récoltés pendant sa marche, à l'aller et au retour, plutôt que présenter la pétrographie statistique d'un ensemble géologique, comme nous l'avons fait jusqu'à présent ([8,9], chap. I à III de cette note), ce qui nous était commandé par le mode d'échantillonnage sur les moraines.

Pétrographie microscopique.

Un peu avant Banepa (nappes de Kathmandu).

15/1/a. Quartzite fin albitique à deux micas.

Structure finement grenue. Les petits grains de quartz forment une mosaïque; la séricite, en très fines lamelles, souligne les contours des grains de quartz et cristallise aussi à l'intérieur de ce dernier minéral.

La biotite se présente en lamelles plus grandes, brunes, assez parallèles.

L'albite, en petites plages de la même grandeur que celles du quartz, a une allure détritique.

Minéraux accessoires: Zircon, tourmaline.

16/1. Quartzite fin feldspathique à deux micas (voir fig. 9).

Cet échantillon est assez semblable au précédent. La biotite forme des lamelles parallèles, la séricite quelques poeciloblastes en travers du litage. Le quartz est arrondi, en mosaïque. L'oligoclase montre une tendance à se développer en plus grands cristaux, repoussant un peu la biotite et englobant des grains arrondis de quartz. On observe encore un peu de calcite, du zircon, de l'apatite, du rutile et de la magnétite.

16/1/a. Quartzite fin albitique à deux micas, (voir 15/1/a.)

17/1. Quartzite albitique à deux micas.

Cette roche est presque semblable à l'échantillon 16/1.

Structure un peu plus grossière. Biotite se présentant en petites lamelles brunes, orientées dans tous les sens, et déchi-

quetées. Quartz formant des grains arrondis, ayant tendance à être cimentés par de l'albite.

Minéraux accessoires: Calcite squelettique, sphène, epidote, apatite, zircon, magnétite.

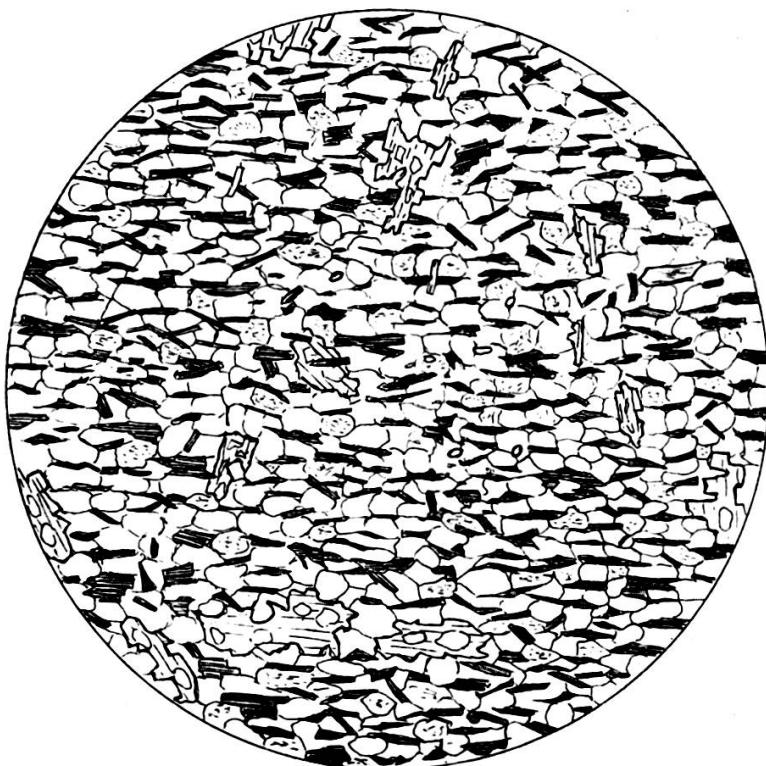


Fig. 9.

Echantillon 16/1. ($G = 25 \times .$) Quartzite feldspathique à deux micas.

Quartz, orthose. Petites lamelles de biotite, grandes lamelles déchiquetées de muscovite.

Un peu après Banepa (nappes de Kathmandu).

18/1. Micaschiste séricitique à biotite, à lentilles de quartzite à deux micas.

Cet échantillon contient une très forte proportion de micas, et spécialement de la séricite. Ces minéraux forment de multiples ondulations à angles aigus. Ça et là, on observe, ceinturées de micas, des zones subcirculaires de quartzite à deux micas. Quelques grandes lamelles de séricite tardive recoupent à l'emporte-pièce les autres micas.

*A Daulaghat (nappes de Kathmandu).***20/1.** Calcaire gréseux séricitique.

Structure grano- à lépidoblastique.

On observe des alignements de grains lenticulaires de calcite, entourés de lamelles de séricite très allongées et parallèles, avec des trainées de granules opaques (charbon). Le quartz forme de petites zones et lentilles contenant des grains de diverse grandeur, un peu indentés; cette structure semble résulter du broyage et de l'étirement de grains de quartz plus importants.

20/2, 20/3/a. Calcaire recristallisé.

Cet échantillon est formé presque uniquement de grains de calcite en mosaïque, saupoudrés de granules opaques, un peu allongés, à macles nombreuses et tordues. Quelques rares grains de quartz.

20/3. Schiste quartzito-séricitique charbonneux et ferrugineux.

On observe de nombreux petits grains arrondis, de quartz noyés dans un tissu de lamelles plissotées de séricite entourées d'un enduit brun ferrugineux, avec des granules opaques.

20/4. Phyllite séricitique à chlorite.

Structure lépidoblastique.

Lamelles de séricite et de chlorite formant le feutrage caractéristique des phyllites. Quartz en grains très fins, détritiques, avec un peu de tourmaline roulée, des granules opaques (peut-être sphène altéré?) et des croûtes brunâtres indéterminables.

*Un peu après Daulaghat (nappes de Kathmandu).***21/1/b.** Phyllite gréseuse à séricite (voir fig. 10).

Cette roche contient des alignements de grains de quartz très fins et lenticulaires, entourés de bandes phylliteuses (séricite avec dépôts brunâtres). Le quartz se présente aussi en gros grains détritiques. Un peu de tourmaline roulée et quelques granules charbonneux.

21/1. Schiste séricitique ferrugineux.

Cette roche est semblable à l'échantillon 21/1/b, et s'en distingue par une structure plus fine, et l'absence de grains roulés de quartz et de tourmaline.

21/2, 21/2/a. Microconglomérat à ciment quartzo-séricitique ferrugineux.

Cette roche ne se distingue de l'échantillon 21/1/b que par sa richesse en gros grains de quartz roulé et souvent anguleux

(leur extinction est très onduleuse; certains grains sont cassés et forment de petites plages indentées). Le ciment est quartzeux, très fin, et contient des accumulations séricitiques et ferrugineuses. Un peu de tourmaline roulée.

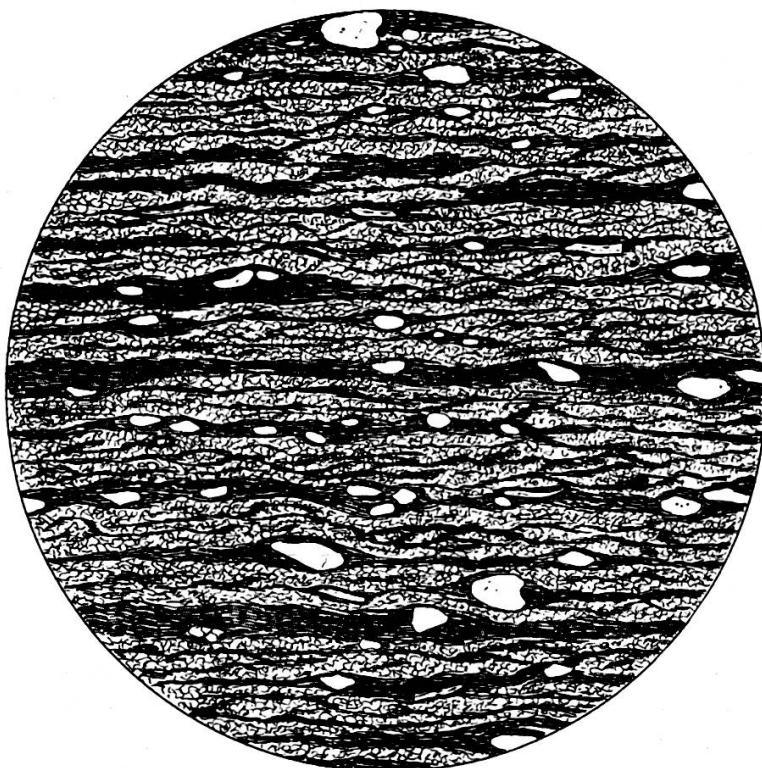


Fig. 10.

Echantillon 21/1/b. ($G = 15 \times$.) Phyllite gréseuse à séricite.
Grains détritiques de quartz. Fond quartzeux. Séricite et oxyde de fer.
Quelques lamelles de muscovite détritique.

21/3. Quartzite séricitique charbonneux.

Cette roche résulte de l'écrasement d'un grès à gros éléments quartzeux. Certains grains de quartz, arrondis, ont été un peu préservés; d'autres sont complètement cassés et lenticulaires.

Les zones quartzeuses sont entourées par des phyllites.

On observe encore des grains de tourmaline roulée, presque complètement altérés en produits micacés; des galets de charbon, des trainées charbonneuses soulignent les lits phylliteux.

21/4. Phyllite séricitique.

Roche formée de séricite un peu brunâtre, en très fines lamelles parallèles, de petits grains de quartz très allongés,

de granules opaques, et de quelques grains de tourmaline verte, d'apatite et de zircon.

23/1. Quartzite séricitique.

On observe une alternance de lits phylliteux et de lits quartzeux, résultant vraisemblablement de l'écrasement de grains plus grands.

Le quartz forme aussi de plus gros grains arrondis, ainsi que la tourmaline. Quelques lamelles de muscovite détritique.

23/2. Phyllite séricitique un peu chloriteuse.

Roche formée presque exclusivement de phyllites. La séricite est très finement cristalline, ondoyante, parfois un peu verdâtre; dans certains lits, elle est remplacée par de la chlorite très fine.

Un peu de quartz lenticulaire.

23/3, 23/4. Quartzites.

Ces roches sont formées uniquement de grains de quartz arrondis, de diverses grandeurs, et de quelques lamelles de chlorite.

24. Roche argilo-séricitique à résidus (?).

Echantillon formé de séricite fibreuse et submicroscopique, formant des zones assez grandes s'éteignant simultanément, et par place de chlorite. Ces deux minéraux ont peut-être remplacé des éléments bréchoïdes ou conglomératiques (?). On observe aussi l'altération complète d'un minéral en produits sériciteux, dont il ne reste plus que des résidus grisâtres, de forme bizarre, géométrique, faisant un peu penser à de l'andalousite ou de la staurotide.

Peut-être s'agit-il aussi d'une argile en voie de cristallisation?

24/1. Quartzite phylliteux à séricite.

Roche rappelant beaucoup les quartzites précédents (voir par ex. 21/2: cette dernière est un peu moins cristalline).

Quartz en grains arrondis, de grandeur inégale, parfois subdivisés, recristallisés. Les grands grains sont souvent entourés de petites plages de quartz secondaire et envahis par des minéraux phylliteux sur les bords.

Muscovite détritique et tourmaline roulée en voie de totale séricitisation.

24/2. Phyllite à trainées quartzeuses, à deux micas.

Micas très fins, incolores à verdâtres, avec de nombreux granules opaques, parfois allongés. Un peu de quartz formant des zones lenticulaires, résultant de l'écrasement de grains assez grands.

24/3. Quartzite phylliteux à séricite (voir 24/1).

24/5. Phyllite séricitique. (voir 21/4).

Un peu avant Manga-Deorali (nappes de Kathmandu, flanc normal?).

25. Tuf de quartz porphyre recristallisé.

Structure microconglomératique.

On observe des débris de phénocristaux de quartz corrodé, de feldspaths et de roches diverses, en voie de cristallisation. Ces éléments sont enrobés dans une masse spongieuse, peu cristalline, quartzo-feldspathique, contenant un feutrage capricieux de séricite, quelques veinules de quartz secondaire et de carbonate.

25/2. Phyllite quartzeuse à séricite.

Cet échantillon est assez semblable à l'échantillon 24/1; il est un peu plus riche en micas. Le quartz est lenticulaire, mais on reconnaît encore son origine détritique. Dans la séricite très plissotée, on observe parfois des lamelles de muscovite détritique.

Un peu de chlorite très fine.

29/1. Quartzite chloriteux.

Quartz se présentant en grains assez petits et réguliers, formant mosaïque, entre les lits de chlorite parallèle. Un peu de séricite, de magnétite en trainée et de tourmaline bleutée. La recristallisation de cette roche est assez avancée.

29/2. Calcaire un peu gréseux métamorphique.

Calcite en grandes plages indentées à extinction roulante, en général criblée d'inclusions opaques, entourée de grains plus petits et allongés.

Quelques lamelles de séricite, parfois en nids lenticulaires criblés d'inclusions, un peu de phlogopite en petites paillettes allongées.

Quelques grains de quartz formant des plages irrégulières.

Cette roche résulte de l'écrasement d'un calcaire marneux grossier un peu gréseux.

29/3. Calcschiste rubané à phlogopite, contenant des lits d'arkose et de phyllite quartzo-séricitique charbonneuse.

Structure et composition très irrégulière.

Lits de calcite grenue, bien maclée, contenant quelques grains détritiques et arrondis de quartz. Lits lenticulaires de phyllite, constitués principalement de séricite finement lamellaire, avec quelques petits grains de quartz et nombreux granules de charbon. Enfin lits de phlogopite verdâtre incolore,

avec quartz arrondi, feldspath potassique altéré, tourmaline roulée et calcite.

Roche légèrement écrasée et recristallisée.

29/4. Phyllite quartzo-calcique à phlogopite.

Cette roche est un peu plus riche que la roche précédente (29/3) en zones phylliteuses.

Un peu après Manga (nappes de Kathmandu).

30/1. Quartzite séricitique.

Cette roche est un quartzite banal. Mosaïque de petits grains de quartz, alignés régulièrement entre quelques zones séricitiques. Un peu de tourmaline détritique.

30/1/a. Quartzite à deux micas.

Grains de quartz arrondis, entourés de petites lamelles de séricite et de biotite, disposées dans tous les sens.

Un peu d'apatite, de zircon et de tourmaline. Quelques lamelles de muscovite, disposées dans tous les sens, vraisemblablement d'origine détritique.

30/2. Grès calcaire arkosique un peu micacé.

Structure microconglomératique.

Des éléments arrondis de quartz, de feldspath potassique très altéré et de tourmaline roulée en quantité moindre, sont disposés sur un fond finement grenu formé de calcite, d'une mosaïque irrégulière de quartz, de zones phylliteuses à multiples inclusions charbonneuses, de lamelles brun clair de phlogopite formant de petites ondulations capricieuses, enfin de petites plages irrégulières de feldspath frais, indentées avec du quartz.

Un peu après Manga (nappes de Kathmandu, flanc renversé?).

31/1. Calcaire finement grenu, gréseux, à phlogopite et séricite (voir fig. 11).

Ce calcaire est formé de petits grains allongés et isométriques de calcite un peu trouble et de quartz. La phlogopite se présente en lamelles parallèles brun incolore (angle 2V très petit).

Çà et là apparaissent de minces zones phylliteuses, formées de séricite et de magnétite, ondulant dans la masse du calcaire.

31/1/a. Quartzite feldspathique calcique micacé.

Roche un peu plus pauvre en calcite que l'échantillon 30/2. Les zones phylliteuses sont absentes de cet échantillon.

31/1/b. Quartzite feldspathique calcique.

Echantillon de même nature que le précédent. On peut encore observer plus distinctement l'accroissement de feldspath frais autour des grains roulés et altérés de feldspath.

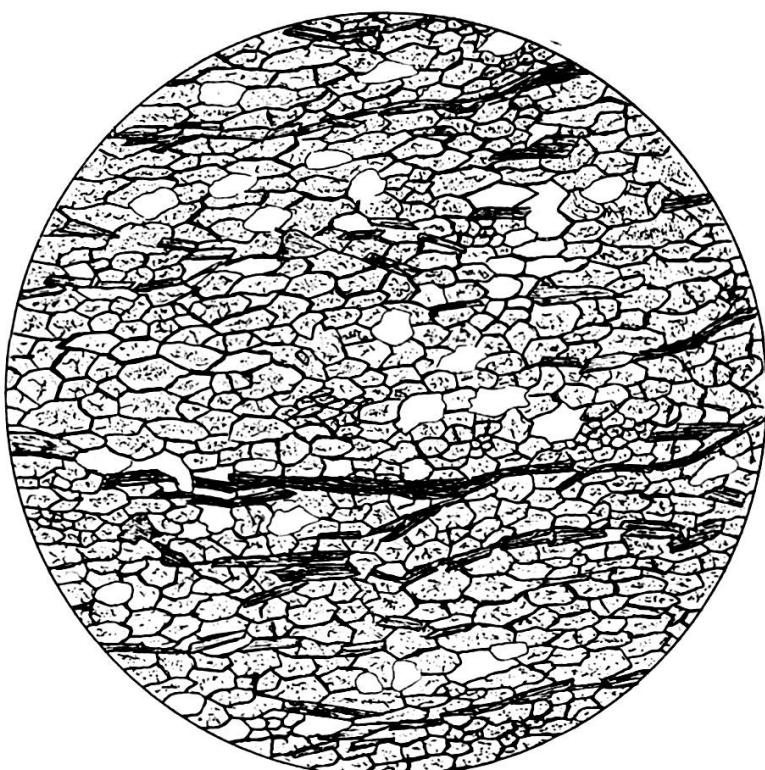


Fig. 11.

Echantillon 31/1. ($G = 50 \times$.) Calcaire un peu gréseux, finement grenu, à phlogopite.
Calcite, phlogopite, quartz.

Un peu après Manga (cristallin des nappes de Kathmandu?).

34/1, 34/1/a. Arkose métamorphique à deux micas (voir fig. 12).

	Quartz	Feldspath potassique	Plagio- clase	Autres minéraux
Echant. 34/1/a	46,2%	27,6%	2%	24,2%

Structure granoclastique, anciennement microconglomératique.

Le feldspath potassique se présente en gros éléments de forme variable, anguleux, saupoudrés d'inclusions, en voie d'albitisation. L'albite envahit le feldspath potassique en for-

mant à l'intérieur de ce dernier des plages maclées, parfois séricitisées, ou l'entoure d'une couronne irrégulière et limpide.

Des éléments de quartz, qui devaient être assez importants, sont concassés, et forment des zones lenticulaires et indentées.

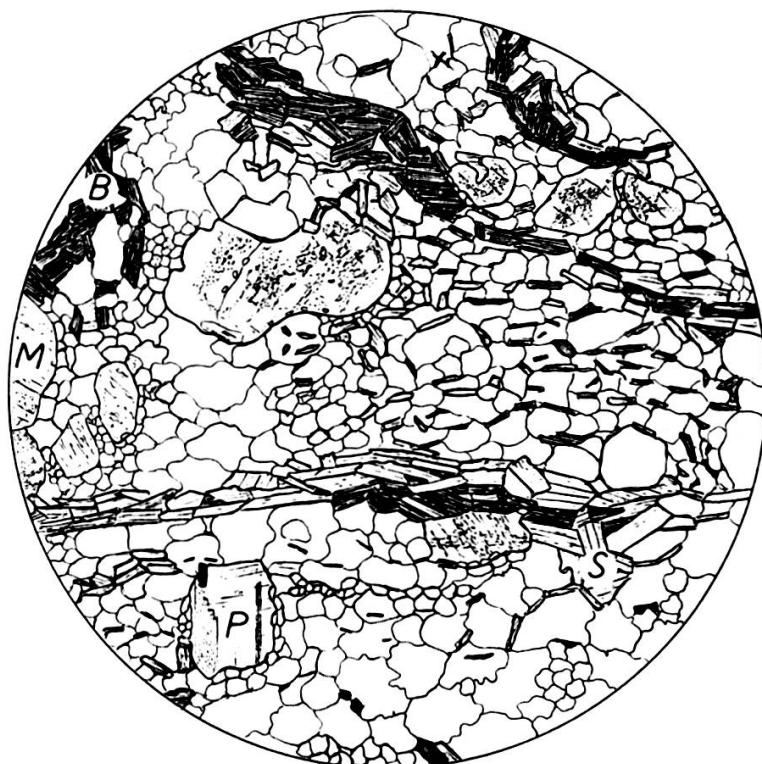


Fig. 12.

Echantillon 31/1/a. ($G = 12 \times$) Arkose métamorphique
à deux micas.

Eléments de feldspath potassique (M), quartz (Q), biotite (B),
muscovite (S), un élément d'oligoclase (P).

La mésostase est quartzo-albitique et contient un peu de feldspath potassique; elle corrode nettement les éléments clastiques et en soude les débris. Les micas (muscovite et biotite brune en petites lamelles trapues) soulignent les contours des grains par des accumulations et des trainées capricieuses, et se présentent aussi en petites lamelles dispersées dans la mésostase. Un peu d'apatite.

A Déorati-Chyangme (nappes de Kathmandu, flanc normal?).

38/1. Phyllite séricitique, (voir 21/4).

38/1a. Quartzite très séricitique charbonneux, (voir 21/3).

38/2. Phyllite séricitique, (voir 21/4, 38/1). Cette roche contient de minuscules grains de quartz encore anguleux, avec un peu de biotite (ou de phlogopite) en rares petites lamelles.

38/2/a, 38/2/b. Schiste charbonneux séricitique.

Cette roche est formée de petits grains de quartz en mosaïque, noyés dans des trainées de granules opaques de charbon entremêlés de petites lamelles de séricite, formant de petites ondulations.

38/3. Quartzite séricitique à biotite.

Quartz, constituant presque la totalité de la roche, se présentant en petits grains allongés, formant une mosaïque. Séricite en petites lamelles régulièrement réparties et parallèles.

Biotite se concentrant en petits lits irréguliers. Un peu de tourmaline roulée.

38/4. Quartzite écrasé.

Quartz en grandes plages de taille très variable, dentelli-formes, à extinction roulante. Quelques minuscules paillettes de séricite disposées parallèlement.

38/5. Quartzite.

Cet échantillon n'est formé que de grains de quartz, en grandes plages indentées, riches en trainées d'inclusions se poursuivant parfois de grain en grain.

38/6. Quartzite séricitique à zones phylliteuses charbonneuses.

Grains de quartz peu indentés et assez isométriques, avec quelques écailles de séricite et des granules de charbon. Débris de tourmaline roulée nombreux, surtout dans les zones à séricite charbonneuse. On rencontre fréquemment dans cet échantillon, ainsi que dans les suivants, un minéral que nous n'avons pu identifier: il est allongé, de couleur rouge sang à opaque, en très petits grains (oligiste?).

38/7. Quartzite chlorito-séricitique.

L'allure de cette roche est bien semblable à celle de la précédente.

Quartz en grains arrondis, un peu indentés. Séricite et chlorite dispersées, ou formant des zones phylliteuses, avec un peu de charbon en grains allongés. Tourmaline vert-bleuté, détritique, enrobée de tourmaline fraîche incolore, très abondante. Certaines zones contiennent de petites lamelles de biotite.

Minéraux accessoires: Zircon, apatite.

Après Deorati-Chyangme (cristallin des nappes de Kathmandu?).

40/1. Schiste séricitique chloriteux.

Quartz, en grandes plages engrenées, voire dentelliformes, entouré de zones séricitiques et d'amas chloriteux. Il s'agit d'un grès écrasé, à gros grains de quartz.

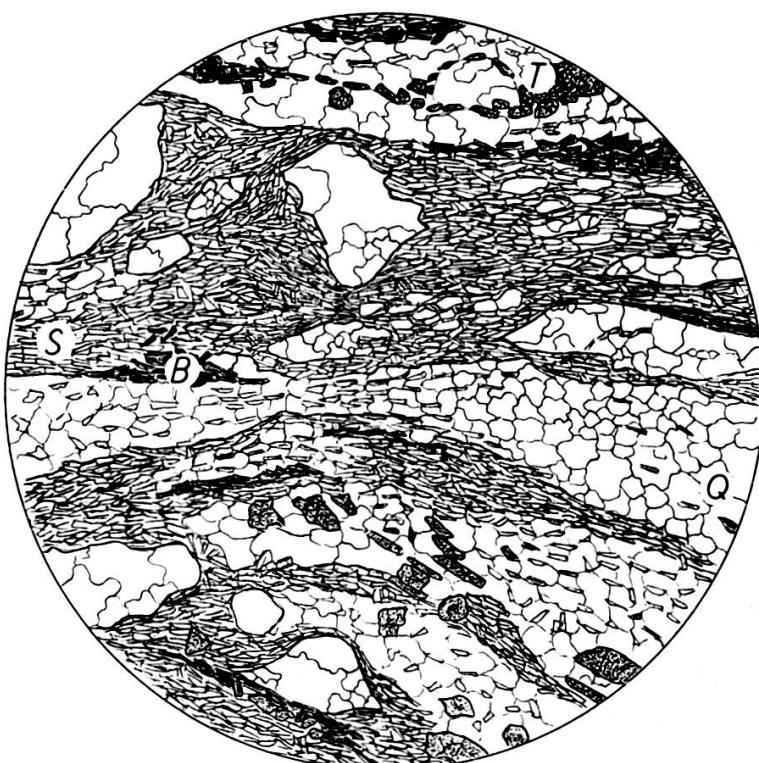


Fig. 13.

Echantillon 41/2. ($G = 15 \times$) Micaschiste à séricite et tourmaline.

Quartz lenticulaire et engrené (Q), biotite (B), séricite (S), tourmaline (T).

41/1, 41/1/a. Arkose métamorphique.

Roche semblable à l'arkose précédemment décrite; elle en représente un terme un peu plus écrasé.

Le quartz, très fréquent, se présente en grandes plages allongées, dentelliformes, à extinction roulante, résultant d'une structure en mortier recristallisée. Le feldspath potassique (orthose triclinique, ext. sur $Snp = 2$ à 8°) forme aussi des plages dentelliformes, souvent carrées, séparées par des zones quartzeuses; isolé dans une purée quartzique, il est souvent criblé de multiples plages arrondies de quartz.

Quelques petits grenats et un peu de tourmaline en petits grains bleutés.

Après Deorati-Chyangme (nappes de Kathmandu, flanc renversé?).

41/2. Micaschiste à séricite et tourmaline, (voir fig. 13).

Cette roche dérive d'un microconglomérat à ciment argileux, métamorphisé.

Zones lenticulaires de quartz, formées de plages dentelli-formes, entourées de petites lamelles de séricite et de plus rares écailles de biotite. Tourmaline très abondante, en grains idiomorphes et colorés.

41/3. Arkose séricitique métamorphique.

Quartz indenté formant des zones un peu lenticulaires, entourées de séricite en petites lamelles trapues, à disposition désordonnée. Reliques de feldspath potassique presque complètement albitisées, l'albite étant elle-même en voie de séricitation. Ce plagioclase se rencontre aussi en petites plages fraîches, bien maclées. Apatite commune.

Après Thosé (nappes de Kathmandu, cristallin?).

44/1a. Micaschiste à biotite et disthène.

Quartz, en lentilles allongées, contenant des éléments indentés, entouré de traînées de biotite bien cristallisée, avec quelques grands cristaux de disthène.

Un peu d'albite.

44/1/6. Pegmatite à oligoclase, biotite et disthène.

Oligoclase formant de grandes plages bien maclées. Quartz en petits grains arrondis, entourant souvent les plagioclases. Biotite, très belle, brune, irrégulièrement concentrée. Un peu de disthène et de sillimanite.

48/1. Quartzite à deux micas.

Roche contenant du quartz allongé entouré de nombreuses lamelles de séricite concentrées en bandes et de biotite en plus petites paillettes uniformément réparties.

50/1. Quartzite métamorphique à deux micas.

Roche entièrement recristallisée. Le quartz est granoblastique, mamelonné; la séricite et la biotite, peu abondantes, apparaissent en petites lamelles parallèles. Quelques granules opaques.

50/1a. Quartzite feldspathique métamorphique à deux micas.

Ce quartzite ne diffère du précédent que par la présence de quelques plages d'albite et de feldspath potassique xénomorphe. Un peu de zircon.

52/1. Quartzite feldspathique à biotite, (voir 50/1a.)

La biotite est plus fréquente dans cet échantillon.

52/1a. Quartzite séricitique.

Plages de quartz atteignant un grand développement, indentées et mamelonnées. Un peu de tourmaline roulée et de grenat idiomorphe.

52/1b. Quartzite à deux micas, un peu feldspathique. (voir 50/1a).

52/1/c. Quartzite feldspathique à deux micas.

Quartzite proche des gneiss par sa composition; les recristallisations sont intenses. Quartz complètement recristallisé, allongé, granoblastique.

Feldspath potassique laissant parfois deviner son ancienne forme détritique (?).

Mésostase rare constituée de quartz engrené, oligoclase 15% An, myrmécite et d'un peu de feldspath potassique.

Petites lamelles parallèles de séricite et biotite. Un peu de grenat idiomorphe.

Un peu avant Junbési (nappes de Kathmandu, cristallin?).

54/1. Gneiss à oligoclase et deux micas riche en quartz.

Gneiss représentant très vraisemblablement une arkose complètement recristallisée. Quartz semblant présenter encore ça et là une forme détritique; feldspath (oligoclase 15% An) aussi un peu arrondi et contenant quelques petites inclusions globuleuses de quartz. Longues lamelles de biotite et muscovite, marquant peut-être l'ancienne structure litée.

A Junbési (nappes de Kathmandu, cristallin?).

58/1. Arkose métamorphique à deux micas et disthène.

Structure microconglomératique écrasée.

Cette arkose ressemble aux précédentes (voir par ex. 41/1, 41/1/a). Le feldspath est l'oligoclase 20% An, en grains arrondis, entourés d'une couronne de débris. Le quartz, écrasé, forme des lentilles allongées à éléments indentés. Le ciment a recristallisé en petits grains de quartz et en longues lamelles de biotite et muscovite. Le disthène se développe dans les micas, en cristaux allongés.

Quelques nids de chlorite.

58/2. Quartzite arkosique métamorphique à biotite et disthène.

Voir échantillon précédent. Biotite et muscovite moulant les lentilles de quartz à éléments indentés et des grains encore arrondis de feldspath potassique frais. Un peu d'albite 10% An. Une purée de petits grains de quartz et de feldspath accompagne les micas.

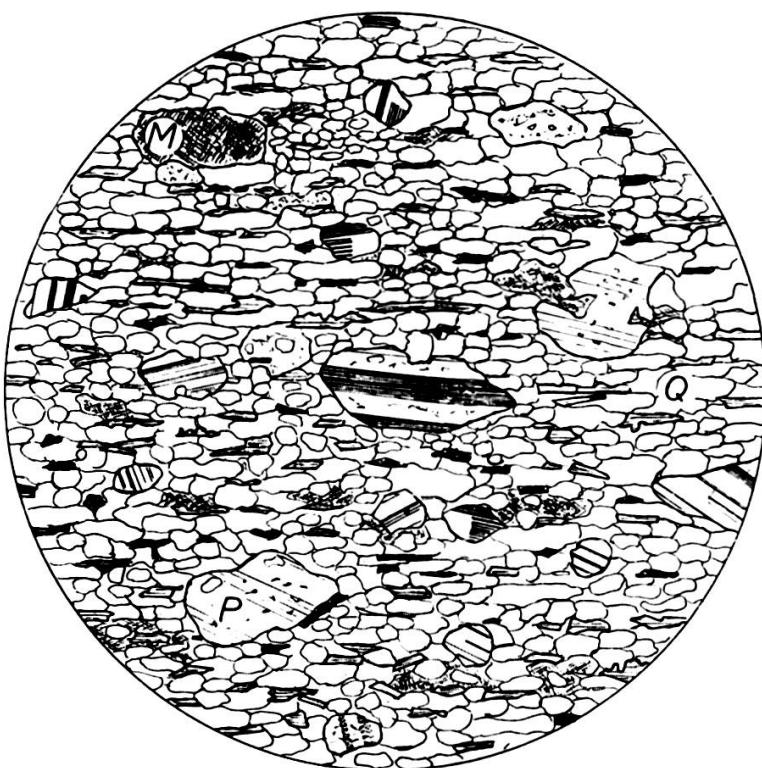


Fig. 14.

Echantillon 58/4. ($G = 14 \times .$) Quartzite arkosique métamorphique à deux micas.

Quartz (Q), petites lamelles de séricite et de biotite, éléments de microcline (M) et d'albite (P).

58/3. Arkose métamorphique à andésine, grenat et biotite.

Voir 58/1 et 58/2. Le feldspath est de l'andésine 40% An; le grenat forme quelques grains idiomorphes.

58/4, 58/4/a. Quartzite arkosique métamorphique à deux micas, (voir fig. 14).

Petits grains de quartz granoblastiques, arrondis; petites lamelles parallèles de séricite et de biotite; microcline xénomorphe (macles, $Snp = 10^\circ$) allongé.

Quelques grandes plages d'albite bien maclée, de microcline et de quartz, d'origine nettement détritique, nagent dans ce fond quartzo-feldspathique.

L'échantillon 58/4/a contient un grand cristal de sphène, tordu, peut-être d'origine détritique.

58/4/b. Quartzite arkosique métamorphique à séricite.

Les recristallisations sont plus intenses que dans l'échantillon 58/4/a. On reconnaît encore des feldspaths détritiques, mais le microcline est plus nettement mobilisé (grains rongés par de petites plages de quartz et cristallisant plus loin en petites plages xénomorphes limpides, entourant les restes détritiques).

Un peu avant Jubing (nappes de Kathmandu, gneiss unité III?).

63/1. Arkose métamorphique à deux micas, albitisée.

Le grain de cette arkose a subi un grand écrasement. Quartz brisé, formant des lits lenticulaires onduleux. Microcline par endroits totalement albitisé, remplacé en grande partie par des cristaux presque idiomorphes d'albite maclée polysynthétiquement, ou envahi par une plage xénomorphe et arrondie d'albite, elle-même séricitisée. Biotite, muscovite et mésostase souvent grossière entourant les gros éléments.

Minéraux accessoires: Apatite, zircon, magnétite.

63/3. Quartzite arkosique métamorphique à deux micas.

Fond finement grenu formé de quartz, d'un peu de feldspath potassique, de plagioclase altéré et souvent criblé de petits cristaux d'épidote jaune brunâtre, des lentilles de quartz écrasé et des plages d'albite assez bien développées. Les deux micas entourent les grains détritiques. Un peu d'apatite et de tourmaline.

Entre Jubing et Namche Bazar (nappes de Kathmandu, gneiss unité III?).

68/1a. Arkose métamorphique à séricite.

Cette roche est très semblable aux précédentes arkoses. La structure détritique résiduelle est très visible.

Plagioclases parfaitement arrondis, plus ou moins rongés par de petites plages circulaires de quartz. Quartz lui-même souvent arrondi, d'allure détritique. Séricite lamellaire, microcline et quartz xénomorphe formant le fond de la roche.

Minéral accessoire: Apatite.

Entre Jubing et Namche Bazar (nappes de Kathmandu, gneiss unité IV?).

68/2. Quartzite séricitique métamorphique.

Quartz granoblastique, formant des plages mamelonnées, un peu indentées.

Quelques petites lamelles peu fréquentes de séricite.

68/3. Quartzite chloriteux.

Les éléments phylliteux sont la chlorite et accessoirement de la séricite et de la biotite.

70/2. Micaschiste à deux micas et grenat.

Cet échantillon est un micaschiste banal. Quartz lenticulaire, avec un peu de plagioclase, entourés de grandes lamelles de séricite et de biotite en quantité moindre. Un peu de grenat arrondi.

70/2/a. Quartzite feldspathique à biotite.

Ce quartzite est totalement recristallisé. Eléments à structure granoblastique, un peu parallèle. Biotite brune en feuillets. Quelques grenats roses, un peu d'apatite et de zircon.

Entre Jubing et Namche Bazar (nappes de Kathmandu, unité V = base des gneiss du Barun?).

70/3. Micaschiste à deux micas et grenat.

Micaschiste caractéristique. Quartz lenticulaire, indenté, accompagné d'un peu de plagioclase (env. 25% An), entouré de biotite brune et de muscovite en longues lamelles. Grenat formant de grands idioblastes un peu allongés. Sillimanite se présentant en petits nids.

70/3/a. Quartzite feldspathique à deux micas et grenat.
(Voir 70/2/a.)

71/1. Gneiss alcalin à muscovite (sillimanite, chlorite, grenat).

Structure granoblastique parallèle.

Microcline en grandes plages granoblastiques, parallèles, arrondies, rongeant souvent les plagioclases (albite 10% An altérée).

Quartz engrené, irrégulier et aussi granoblastique. Longues lamelles de muscovite et biotite plus ou moins chloritisée, contenant des excrétions de magnétite et de rutile.

Minéraux accessoires: Apatite, sillimanite apparaissant ça et là, grenat. Myrmécite fréquente.

76/1. Gneiss dioritique à biotite (voir fig. 15).

Cette roche est vraisemblablement une ancienne arkose.

Quartz	Feldspath	Plagio-	Autres
	potassique	clase	minéraux
36,5%	9,8%	18,7%	35,2%

Quartz indenté, un peu brisé et plagioclase (andésine 35% An) apparaissant en grains un peu arrondis, entourés de biotite

et de quartz. Un peu de feldspath potassique, d'apatite, de zircon et de séricite.

76/2. Gneiss dioritique grossier à biotite.

Structure granoblastique, un peu en mortier.

Plagioclase (oligoclase 20% An) largement cristallisé. Quartz, ici en zone lenticulaire, là en plages écrasées, entourant les



Fig. 15.

Echantillon 76/1. ($G = 14 \times .$) Gneiss dioritique à biotite
(ancienne arkose?).

Quartz (Q), plagioclase (P), feldspath potassique (M), biotite (B).

plagioclases, avec de la biotite verte, de la muscovite et des granules opaques.

L'origine de ce gneiss n'est plus visible, les recristallisations étant trop avancées.

76/2a. Gneiss granodioritique à biotite.

L'allure générale de cette roche fait penser aux arkoses précédentes.

Certains grains de feldspath et de quartz sont encore arrondis. Les micas, composés surtout de biotite brun-vert, contournent les grains et les rongent. Le plagioclase, souvent

maclé, semble en voie de remplacement par le microcline: il est en effet criblé d'inclusions, à contours géométriques, de feldspath potassique; ce dernier s'insinue un peu partout et se développe en plages allongées indépendantes (microcline, macles polysynthétiques floues).

Apatite, zircon, magnétite fréquents. Sillimanite formant de petits grains, alignés parallèlement à la biotite.

77/1. Gneiss dioritique très quartzeux à biotite.

Structure granoblastique parallèle.

Grains de quartz, bien recristallisés, engrenés; plagioclase (28% An) peu fréquent, maclé (macles souvent tordues); biotite brun-vert, en lits réguliers. Un peu de chlorite, de zircon et d'apatite.

78/1. Gneiss dioritique très quartzeux à biotite.

Roche presque identique à la précédente. Elle est plus écrasée.

Quartz formant de grandes plages dentelliformes à extinction roulante. Plagioclase contenant 12% An.

Minéraux accessoires: Apatite, zircon, magnétite, sillimanite en petits amas centroradiés, grenats rares et petits.

78/1a. Gneiss dioritique à biotite brune.

Structure granoclastique.

Grands éléments (oligoclase 26% An, quartz engrené bien recristallisé) entourés de lamelles de biotite et d'une pâte très dentelliforme de quartz recristallisé. Sillimanite, avec fréquemment du zircon (peut-être un peu d'amphibole orthorhombique), entourant les grands grains.

Plagioclase contenant de petites inclusions de forme rectangulaire de feldspath potassique.

82/1/A. Diorite micacée, (voir fig. 16).

Structure grenue, un peu cloisonnée.

Grands éléments de plagioclase (29% An), formant une bonne partie de la roche, criblés de feldspath potassique en inclusions orientées parallèlement aux macles du plagioclase, affectant parfois des formes amiboïdes.

Microcline rongeant aussi le plagioclase, l'incluant parfois, et s'entourant de zones riches en myrmécite.

Cette roche, bien qu'un peu écrasée (macles des plagioclases tordues par exemple) n'est pas réglée. La biotite a crû dans tous les sens, cimentant les minéraux précédents; elle est associée à quelques petites plages de quartz, à de minuscules zircons, et à de fréquents grains d'apatite.

82/1. Gneiss dioritique à biotite.

Cet échantillon est à rapporter à l'échantillon 76/1. Son plagioclase est de l'andésine 45% An.

82/A/a. Gneiss granitique à biotite.

Structure granoblastique parallèle.

Le microcline commence à prédominer, surtout le long de lits privilégiés. Le plagioclase (oligoclase 25% An), a presque



Fig. 16.

Echantillon 82/1/A. ($G = 18 \times .$) Diorite micacée.
Plagioclase criblé de feldspath potassique (P), biotite (B),
un peu de microcline (M); apatite.

totalement disparu. Il n'en reste souvent plus que des zones myrmécitiques en voie d'absorption dans le microcline. Le quartz se présente en plages arrondies. La biotite, trouble, est un peu verdâtre à certains endroits. Sillimanite en aiguilles assez larges, quelques grains d'apatite et de zircon, cimentant les minéraux précédents.

Quelques grânuoles opaques et fins, un peu de grenat.

82/A/C. Gneiss granitique à biotite.

Echantillon du même type que le précédent. Oligoclase plus fréquente (25% An). Microcline montrant une tendance à former des cristaux idiomorphes, englobant les plagioclases.

Un peu avant Namche Bazar: (migmatites de Namche Barun).

86/1. Gneiss granitique à biotite et séricite, (voir fig. 17).

Quartz	Feldspath potassique	Plagio- clase	Autres minéraux
31,1%	43,5%	14,5%	10,9%



Fig. 17.

Echantillon 86/1. ($G = 22 \times .$) Gneiss granitique à biotite et séricite.

Microcline (M), plagioclase (P), sillimanite (S), muscovite (Mu), biotite (B), pinite (C).

Cette roche a une structure granoblastique un peu parallèle et cloisonnée.

Les grains de microcline présentent souvent une tendance à l'idiomorphisme. Ils sont bien maclés, perthitiques, et semblent bien venus en dernier lieu. Le quartz forme des grains bien indentés, recristallisés, résultant vraisemblablement d'une purée d'écrasement en voie de recristallisation.

L'oligoclase est beaucoup moins commune; elle est peu maclée (macles tordues), altérée, rongée par le feldspath potassique et souvent entourée d'une couronne d'albite fraîche.

Il semble qu'il y ait plusieurs générations de biotite. La plus ancienne, altérée, à contours peu nets, bordée d'excrétions opaques, passe souvent à une biotite verdâtre décolorée, un peu pléochroïque; la biotite de néo-formation se présente en très belles lamelles brunes, parfois un peu ployées, contenant des auréoles pléochroïques.

Le mica blanc apparaît soit en petites lamelles tordues passant à une biotite verdâtre (ou l'inverse), soit comme séricite en trainées entourant les grains, avec de la sillimanite. Ça et là, on rencontre de petites plages ovoïdes, remplies de mica blanc et vert, et bien recristallisées: ce sont très vraisemblablement d'anciennes plages de pinit. On note encore la fréquence de la myrmécite, la présence de mouchets de sillimanite et de petits zircons.

Ce gneiss résulte de la potassification d'un ancien gneiss à oligoclase, riche en alumine; l'étude des minéraux montre un jeu complexe entre écrasement, cristallisation et potassification.

86/1a. Gneiss granitique à biotite.

Gneiss ressemblant au précédent. Structure granoblastique écrasée.

Grands éléments (oligoclase 20% An, microcline contenant souvent du plagioclase n'apparaissant qu'en reliques myrmécitiques) plus ou moins déformés (macles et clivages courbes). Pâte quartzitique très dentelliforme en voie de recristallisation, séricite en trainée, lamelles brunes de biotite, entourant les éléments précédents.

Apatite, zircon, sillimanite assez communs.

Entre Namche Bazar et Junbési (nappes de Kathmandu unité V = base des gneiss du Barun?).

316. Gneiss dioritique à biotite.

Structure grenue, un peu catéclastique et parallèle.

Gneiss tout à fait comparable au gneiss 78/1a par exemple. L'oligoclase contient 28% An.

316. Gneiss dioritique grossier à biotite.

Terme plus grossier que le précédent. Grains arrondis d'oligoclase engagés entre des zones quartzeuses dentelliformes, semblant montrer à certains endroits des tendances idiomorphes. Biotite moultant les grains, quartz parfois arrondi, souvent en inclusion dans les plagioclases. Un peu de séricite, de zircon et d'apatite.

322/0. Gneiss dioritique à biotite.

Structure grenue, parallèle. Roche formée d'un agrégat de quartz un peu allongé, d'andésine non maclée (env. 40% An),

de biotite brun-vert en lamelles parallèles et d'amas de petits prismes de sillimanite.

Minéraux accessoires: Apatite, zircon.

Entre Namche Bazar et Junbési (écaille appartenant aux nappes de Khumbu (?), éventuellement nappe de Kathmandu V).

322/1. Diorite quartzique à biotite (grenat).

Structure grenue parallèle.

Oligoclase (28% An) présentant des macles souvent tordues et des contours un peu idiomorphes, contenant ça et là de petites inclusions rectangulaires de microcline, ce dernier feldspath se trouvant aussi en plages xénomorphes et perthitiques. Quartz formant des grains irréguliers à extinction roulante. Très belles lamelles rousses de biotite, orientées dans tous les sens et cimentant les grains de quartz et de feldspath.

322/2. Gneiss albitique à biotite.

Structure grenue, un peu cataclastique.

Roche formée d'albite 10% An, subidiomorphe, à macles tordues, et de quartz lenticulaire. Ces deux minéraux sont entourés de plus petits grains de quartz, et de biotite vert-brun. Un peu de sillimanite, disthène (?) d'apatite et de zircon. Petits squelettes de tourmaline bleutée, peu fréquents.

322/3. Gneiss monzonitique à biotite.

Voir échantillon 78/1a. Ce gneiss est enrichi en microcline.

323. Gneiss albitique à biotite, cordiérite et grenat.

Structure granoblastique parallèle.

Gneiss très riche en minéraux alumineux. Grenats, atteignant la taille de 1 cm., entourés d'une auréole de cordiérite très pinitisée, d'un feutrage de sillimanite (fibrolite) et de très belles lamelles de biotite rougeâtre, souvent ployées. Quartz, indenté, parfois en gouttelettes dans les plagioclases, en plages un peu allongées.

323/2a. Gneiss dioritique à biotite. Voir 77/1.

323/2b. Gneiss à labrador et biotite.

Structure grenue parallèle.

Gneiss formé de grains de quartz allongés, de grains de labrador ovoïdaux, peu maclés, en voie de zéolitisation, de lamelles un peu litées de biotite.

Apatite, magnétite, grenat et zircon, communs.

La richesse en quartz laisse entrevoir une origine para.

326/1/5. Gneiss dioritique fin à biotite.

Structure grenue, quartzitique.

Il s'agit d'un ancien quartzite très feldspathique recristallisé.

Petits grains de quartz arrondis, parfois soudés; petites plages allongées d'oligoclase; petites lamelles de biotite parallèles, parfois chloritisées.

Un peu de séricite, de zircon et d'apatite.

Un peu avant Junbési (cristallin des nappes de Kathmandu, unité 5).

336. Gneiss monzonitique à biotite.

Structure grenue, cataclastique, parallèle, presque totalement recristallisée.

Quartz formant des zones un peu allongées et indentées. Oligoclase, peu maclée (23% An), en voie de remplacement par le microcline ou l'orthose triclinique ($Snp = 5-10^\circ$) (elle est tachée et englobée par le feldspath potassique). Biotite, en petites lamelles brunes parallèles.

Minéraux accessoires: Apatite, zircon, grenat.

337. Quartzite recristallisé à deux micas.

Roche formée de grandes plages arrondies de quartz et d'amas de lamelles parallèles de muscovite et de biotite. Un peu d'andésine 33% An et de séricite.

341/a. Gneiss à deux micas riche en quartz.

Roche proche des micaschistes.

Quartz très abondant et plagioclase (oligoclase 20% An) formant des lentilles plus ou moins broyées, entre les alignements de micas.

Minéraux accessoires: grenat, zircon, apatite.

Il s'agit vraisemblablement d'une ancienne arkose du type de celles que nous avons déjà vues, mais plus écrasée et recristallisée. Certains grains d'oligoclase semblent avoir conservé leur forme détritique arrondie.

341/b. Gneiss très quartzitique à deux micas.

Roche à comparer à l'échantillon 341/a. Un peu de feldspath potassique (orthose triclinique).

A Phaphlu (sédimentaire des nappes de Kathmandu).

345. Calcschiste gréseux séricitique.

Ce calcaire était marno-gréseux à l'origine. La calcite a recristallisé en petits grains et constitue une grande partie de la roche. Le quartz a été écrasé et forme des lentilles à éléments de taille diverse. La séricite apparaît en trainées lenticulaires.

Un peu de mineraï de fer et d'apatite.

345/5. Calcaire fin métamorphique.

Roche formée presque exclusivement de petits grains de calcite.

Quelques petites lentilles de quartz, quelques paillettes de séricite et des granules opaques.

*A l'est d'Okhaldunga (série d'*Halési* = sédimentaire des nappes de *Kathmandu*).*

367/1. Micaschiste à deux micas.

Micaschiste banal formé de grains peu écrasés de quartz détritique (?), entourés de petites plages de quartz et de nombreuses lamelles de muscovite et accessoirement de biotite. Un grain de tourmaline et quelques zircons.

369/1. Calcaire recristallisé un peu gréseux.

Calcite très maclée et largement grenue. Quelques petits grains de plagioclase assez séricitisé et idiomorphe (anciens feldspaths authigènes?) contenant de nombreuses inclusions de charbon.

369/1a. Calcaire à galets calcaires.

Calcaire composé d'éléments arrondis de calcaire fin écrasé, disposés dans tous les sens, et fortement recristallisés. Ciment contenant des monocristaux cassés de calcite et des enduits presque opaques.

Il s'agit vraisemblablement d'une brèche d'écrasement d'un calcaire.

369/2. Schiste charbonneux bréchoïde.

Structure bréchiforme à lépidoblastique.

Ce schiste est formé de lentilles charbonneuses, avec très peu de séricite, contenant parfois de petits galets de charbon et des débris de quartz. Entre ces lentilles, on observe des bandes de quartz rongées par des veinules de calcite, ce minéral séparant le quartz en éléments d'allure bréchoïde. Il apparaît là et là un minéral vert-émeraude, que nous n'avons pas observé en quantité suffisante pour pouvoir le déterminer (il existe dans d'autres préparations). Ses caractéristiques sont les suivantes: il forme des croûtes, et passe parfois à un autre minéral franchement vert (?), ou à des amas fibroradiés. Indice = env. 1,75. Il est non-pléochroïque, l'allongement est négatif, la biréfringence atteint 0,045. Angle 2V = + (?) 75°. Il est orthorhombique ou monoclinique. Il s'agit peut-être d'un phosphate de Cu.

369/5. Quartzite séricitique fin. (Voir 369/5a.)

Structure en mosaïque.

Grains de quartz arrondis, isométriques, se développant plus largement sur certains lits. Quelques minuscules paillettes parallèles de séricite, ainsi que quelques grains du minéral vert décrit ci-dessus (voir 369/2). Un peu de zircon.

370/1. Grès calcaire recristallisé, un peu séricitique.

Grains de quartz, en général très petits (çà et là quelques plus gros grains cassés), calcite en petits cristaux xénomorphes, ces deux minéraux formant presque toute la roche. Un peu de séricite parallèle.

373/1, 373/1a. Calcaire fin à trainées charbonneuses.

Calcite très finement grenue et allongée, minuscules grains de quartz, et trainées charbonneuses onduleuses.

374/1. Grès calcaire recristallisé.

Voir 370/1. La séricite est ici absente ainsi que les galets de quartz de grande taille.

375/2. Schiste charbonneux.

Schiste formé d'un tissu charbonneux plissoté, avec un peu de séricite. Quartz brisé formant quelques lentilles allongées.

375/3. Calcaire à éléments calcaieux recristallisés.

Structure irrégulière, peut-être bréchoïde recristallisée.

Zones bordées d'enduits bruns, de composition diverse (il s'agit peut-être d'anciens éléments): grès calcaires séricitiques, concentrations de calcite plus ou moins grenue, calcaire un peu gréseux. Tous ces éléments sont très recristallisés.

A l'est d'Okhaldunga (nappes de Nawakot, fenêtre d'Okhaldunga).

376. Grès à ciment quartzo-séricitique charbonneux. (Voir fig. 18).

Cette roche, ainsi que les suivantes jusqu'à 382/7, n'est pratiquement pas métamorphique. Les recristallisations sont peu avancées. Les éléments sont formés de quartz peu roulé, à extinction très onduleuse. Parfois on peut observer de vagues recristallisations dentelliformes au sein des grains. Un grain de quartzite fin.

Le ciment est quartzeux (quartz submicroscopique), avec quelques lamelles de séricite et des grains de charbon. Certains éléments de ce grès se rejoignent; l'ancienne séparation se reconnaît encore sous forme de zones à extinction floue entre ces grains.

381/1. Quartzite à ciment un peu séricitique, en contact avec un quartzite séricitique fin.

Ce quartzite ne contient presque pas de ciment et n'est pratiquement formé que de grains de quartz, à extinction roulante. Le contact entre les grains est très finement indenté. Ça et là, on trouve un élément de quartzite fin à tourmaline (très petites aiguilles de tourmaline bleu-vert), un élément de

quartz engrené provenant vraisemblablement d'un gneiss, et d'un grand élément de quartzite fin séricitique (un peu écrasé; la séricite est en amas peu individualisés). Quelques trainées de charbon.

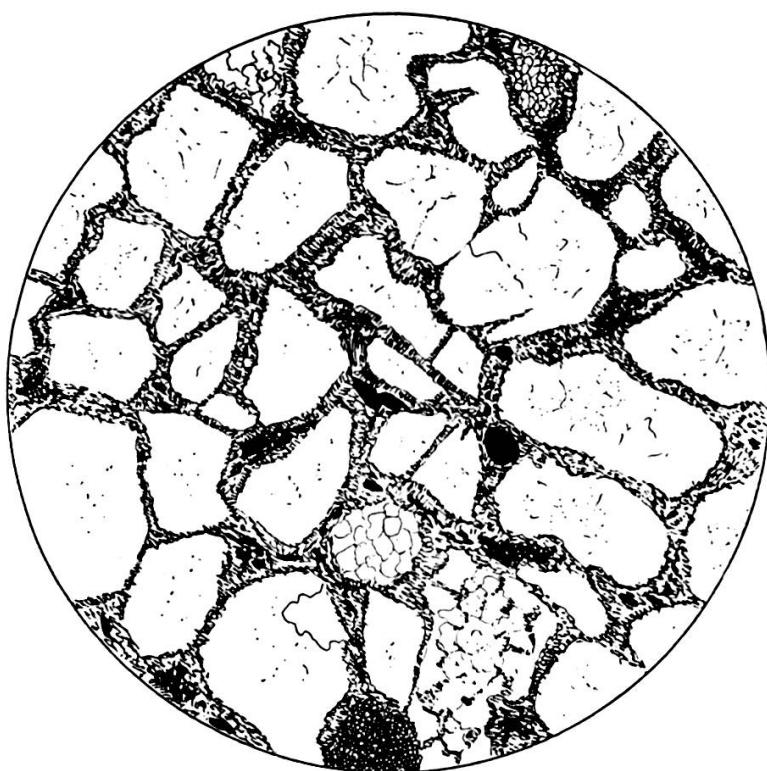


Fig. 18.

Echantillon 376. ($G = 17 \times$) Grès à ciment quartzo-séricitique.

Eléments de quartz à extinction onduleuse, de quartzite plus ou moins fin, de charbon. Ciment quartzo-séricitique charbonneux.

381/2. Grès très fin à ciment quartzo-micacé.

Ce grès est à comparer avec l'échantillon 376. Les grains sont peut-être un peu plus fins, et le ciment semble plus riche en séricite. Un grain de zircon, un peu de tourmaline roulée et de muscovite détritique.

381/10. Grès à ciment quartzo-phylliteux.

Roche ne se distinguant de la précédente que par une richesse en ciment un peu plus grande et par la présence, dans ce dernier, de chlorite en voie de formation. Nombreuses lamelles de muscovite détritique.

382/3. Grès quartzitique.

Dans cette roche, la recristallisation est en voie d'être terminée.

Ciment quartzo-charbonneux rare, avec un peu de séricite et chlorite brunâtre; de nombreux grains de quartz se touchent déjà.

382/4. Phyllite séricitique charbonneuse.

Structure lépidoblastique.

Feutrage parfaitement schisteux de séricite, entourant des granules de charbon et un peu de quartz. Quelques zones plus riches en quartz.

389/5. Argilite chloriteuse.

Structure un peu parallèle et vaguement plissotée.

Sur un fond quartzeux à peine cristallisé, se détachent de minuscules paillettes de séricite et des plages spongieuses de chlorite verte, s'individualisant rarement en petites lamelles.

Quelques granules opaques, grains de quartz arrondis et peu délimités, plages opaques à forme octaédrique (magnétite); petits prismes à extinction droite et granules rougeâtres saupoudrant le fond de la roche (rutile, hématite?).

382/6. Grès à ciment abondant quartzo-phylliteux.

Voir 381/10, 381/2.

382/7-375/1. Calcaire très fin gréseux séricitique.

Roche formée d'un agglomérat de minuscules petits grains de calcite, de quartz et de lamelles de séricite orientées dans tous les sens. Un peu de feldspath, de tourmaline roulée et de magnétite.

Près d'Okhaldunga (nappes de Nawakot).

401/1. Grès à ciment charbonneux séricitique.

Voir échantillon 376. Les grains sont de taille un peu plus irrégulière.

401/1a, 401/1b. Quartzite microconglomératique à ciment séricitique charbonneux.

A comparer avec 401/1. La recristallisation est plus poussée dans ces deux roches.

Près d'Okhaldunga (sédimentaire des nappes de Kathmandu).

409/1. Amphibolite quartzito-feldspathique à hornblende.

Structure finement grenue, un peu nématoblastique.

Hornblende vert-bleu (ext. Ng/mm = 20° env.) formant de petits prismes ou de petits grains; quartz se présentant en petites plages allongées; feldspath (andésine 35% An) en petits cristaux à tendance idiomorphe, parfois en plus grands poeciloblastes.

Un peu de rutile et de biotite souvent complètement chloritisée.

409/2. Quartzite très feldspathique à actinote.

Ce quartzite contient presque autant de feldspath que de quartz; mais la structure est celle d'un quartzite et non celle d'un gneiss; les grains forment une mosaïque un peu schisteuse.

Petites plages arrondies de quartz, entourées de feldspath potassique et d'albite 5% An en moindre proportion. Litage apparaissant surtout grâce à de petites aiguilles d'actinote vert très clair — bleuté, pléochroïque. Roche saupoudrée de petits minéraux fortement réfringents: sphène en petits amas, épidote, zircon et apatite.

409/3. Schiste quartzito-micacé à biotite.

Structure grano- à lépidoblastique.

Lamelles parallèles de biotite, brun-vert, entourant des grains de quartz arrondi et un peu de feldspath.

Quelques grains de tourmaline bleutée, d'épidote et un peu de séricite. On pourrait aussi appeler cette roche: quartzite feldspathique à biotite un peu laminé.

409/4. Cornéenne feldspathique à diopside et épidote.

Structure très finement grenue, un peu rubanée.

Fond finement grenu de quartz et d'albite. Lits, variant en composition, formés de diopside et d'épidote, en grains ou poeciloblastes.

Quelques losanges de hornblende verte et quelques trainées de zircon et de sphène. Très peu de calcite.

409/5. Calcaire gréseux recristallisé.

Structure encore visiblement détritique.

Grès constitué d'éléments de quartz, qui ont gardé leur forme primitive. Calcite en plages xénomorphes et bien maclées. Muscovite en grandes lamelles déchiquetées (peut-être détritiques?). Paillettes de séricite fréquentes, bordant les autres minéraux.

409/6. Gneiss dioritique rubané à hornblende et diopside.

Gneiss présentant plusieurs alternances de lits d'origine sédimentaire: lits contenant du diopside, de la hornblende un peu poeciloblastique, de la calcite, du quartz et de l'oligo-clase 24% An; autres lits à hornblende, microcline et biotite chloritisée; enfin, lits quartzitiques, presque uniquement composés de quartz ou constitués de quartz et de calcite.

409/7. Amphibolite quartzo-feldspathique calcique (voir fig. 19).

Les éléments clairs (quartz et plagioclase à 30% An) sont entourés de hornblende vert-bleu banale. La calcite est assez

abondante. Un peu de phlogopite, du zircon, des granules opaques et du mineraï de fer.

409/8. Gneiss très fin rubané à clinozoïsite, hornblende, calcite, biotite.

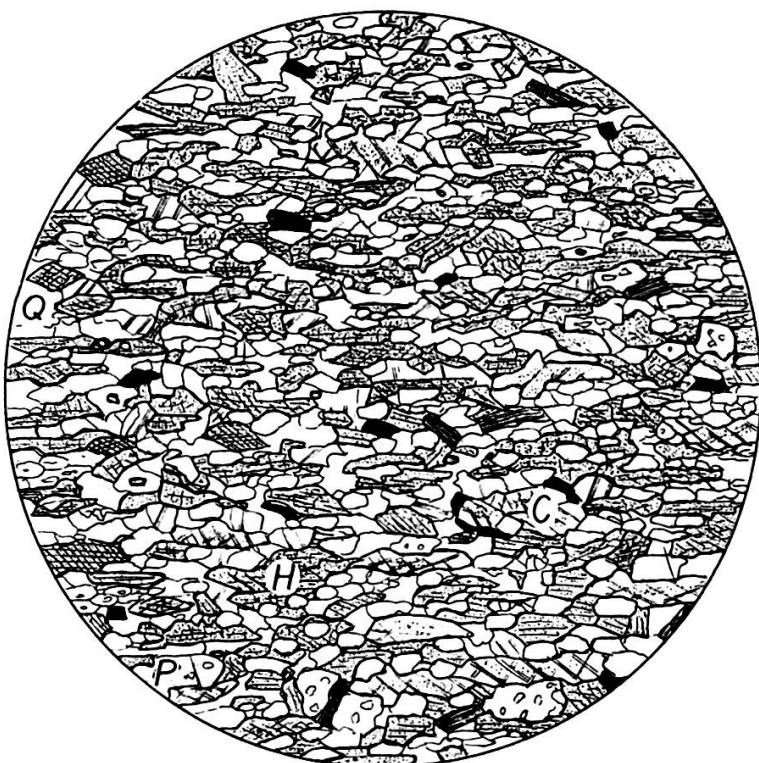


Fig. 19.

Echantillon 409/7. ($G = 20 \times$) Amphibolite quartzo-feldspathique calcique.

Quartz (Q), plagioclase 30% An (P), hornblende vert bleu (H), calcite (C), phlogopite, magnétite, zircon.

Suivant les lits, structure poeciloblastique ou grenue et schisteuse.

Composition des lits très variable.

Lit à biotite: constitué par des éléments parallèles et dentelliformes de quartz et de feldspath potassique, de biotite lancéolée, allongée, de quelques poeciloblastes de hornblende et de petits grains de clinozoïsite.

Lits à hornblende: formés presque exclusivement de grands poeciloblastes de hornblende verte, contenant des inclusions de clinozoïsite et de quartz, avec quelques plages de calcite.

Lits à clinzoïsite: criblés de petits grains de diverse grandeur de ce minéral, avec du sphène, sur un fond de quartz.

409/9. Gneiss dioritique très riche en amphibole.

Structure grano- à poeciloblastique, un peu schisteuse.

Grain de cette roche très variable. Quartz et hornblende (vert-bleu, peu pléochroïque, en poeciloblastes souvent allongés, ext. $\text{Ng/m} = 16^\circ$) formant des accumulations irrégulières un peu rubanées. Un peu d'oligoclase souvent en inclusion dans la hornblende; apatite, phlogopite, rutile.

409/10. Gneiss dioritique rubané, parfois monzonitique, à diopside plus ou moins ouralitisé.

Structure grenue, un peu schisteuse.

Quartz prédominant largement, oligoclase 25% An en grains allongés. Rubanage marqué par un enrichissement en microcline treillissé, entouré de myrmécite. Amphibole, résultant de la transformation du diopside, surtout fréquente dans les zones à microcline. Diopside formant de petits grains déchiquetés. Quelques lamelles de biotite, un peu d'apatite, de sphène, de tourmaline et de calcite.

409/11. Gneiss rubané potassique à hornblende et clinzoïsite, avec lits calciques.

Alternance marquée par des lits de hornblende prismatique, de quartz, de clinzoïsite, de feldspath potassique et des lits riches en calcite, avec les mêmes minéraux, mais sans feldspath potassique.

Apatite et zircon très fréquents.

409/11/a. Gneiss dioritique rubané à microcline, diopside plus ou moins ouralitisé, clinzoïsite et calcite.

Ce gneiss est un terme moyen entre les deux derniers échantillons (voir 409/10 et 409/11).

409/12. Grès calcaire recristallisé sérichtique.

Grandes plages arrondies de quartz, dérivant d'anciens galets, et rongées par les autres minéraux. Quelques grains arrondis d'albite, d'origine détritique, montrant parfois des macles en échiquier. Fond constitué de grains de calcite et de petites plages indentées de quartz.

Autres minéraux détritiques: tourmaline bleutée, zircon, muscovite s'entourant d'une pellicule de sérichte secondaire plus réfringente. Quelques plages xénomorphes de microcline, magnétite saupoudrant la roche.

409/14. Gneiss potassique à biotite.

Structure grano- à lépidoblastique.

Petites plages abondantes de quartz et microcline xénomorphe entourées de lamelles parallèles de biotite brun-vert.

Quelques petits prismes de tourmaline bleutée idiomorphe, d'apatite et quelques grains de clinzoïsite.

409/15. Gneiss à bytownite et biotite.

Structure grano- à lépidoblastique.

Grands poeciloblastes de bytownite, envahissant, repoussant et absorbant la trame schisteuse formée de quartz et de biotite. Ce dernier minéral est concentré surtout près du plagioclase, qui contient en outre de nombreuses inclusions d'épidote. Un peu de tourmaline.

409/16. Quartzite albitique à tourmaline et biotite, en contact avec une tourmalinite.

Tourmalinite: surtout formée de tourmaline verte, en petits prismes idiomorphes, et de quartz en mosaïque. Minéraux accessoires: biotite, apatite, rutile.

Quartzite feldspathique: constitué de quartz et d'albite souvent maclée en échiquier, contenant de multiples inclusions.

Petites lamelles trapues de biotite orientée dans tous les sens.

Minéraux accessoires: Rutile, apatite.

409/16a. Quartzite albitique chloriteuse.

Voir quartzite albitique précédent (409/16). Petites lamelles de biotite chloriteuse dispersées dans tous les sens. Quartz et albite très dentelliformes. Il s'agit vraisemblablement d'un grès arkosique fin à ciment quartzeux métamorphique.

Au delà de la Sun Kosi (sédimentaire au sommet des nappes de Nawakot, éventuellement écaille de Gondwana).

414/1/a, 414/1/b. Calcaire finement grenu rubané.

Roche formée exclusivement de calcite finement grenue ou constituant de grandes plages maclées. Rubanage marqué par des traînées de granules brunâtres (matière argilo-ferrugineuse?). Traces d'écrasement (macles de la calcite courbes).

414/2, 414/2a. Calcaire gréseux très fin, un peu séricitaire.

Petits grains informes de calcite, tachée de produits rouges, enrobant de petits grains de quartz souvent anguleux, également répartis, formant la masse principale de la roche. Séricite en fines lamelles, disposées dans tous les sens, avec un peu de biotite vert-brun (ces micas sont secondaires?). Quelques petits grains de tourmaline vert-brun.

Au sud de la Sun Kosi (cristallin des nappes de Nawakot avec écailles sédimentaires).

414/3. Gneiss leucocrate, de composition générale monzonitique, à grenat. (Voir fig. 20).

Structure granoblastique, schisteuse.

Le litage est marqué par l'alternance de zones où prédominent les plagioclases (27% An) avec des grenats de toute taille, et par d'autres zones riches en quartz engrené et microcline.



Fig. 20.

Echantillon 414/3. ($G = 14 \times .$) Gneiss leucocrate à grenat, de composition générale monzonitique.

Quartz dentelliforme (Q), microcline (M), plagioclase (P), grenat (G); apatite, muscovite, chlorite.

L'oligoclase est fortement sérichtisée. Le grenat est souvent réduit à une couronne enrobant des minéraux variés, comme le quartz, la tourmaline, la muscovite centroradiée, la chlorite dispersive dans les tons rougeâtres.

Minéral accessoire: Apatite.

414/4. Tourmalinite quartzo-albitique chloriteuse.

Structure grano- à poeciloblastique.

Roche constituée de quartz grenu, de globules d'albite poeciloblastique parfois maclée selon Karlsbad. Tourmaline criblant ces deux minéraux de petits prismes idiomorphes

vert-beige. Chlorite fréquente, piquetée de granules opaques (elle est issue de l'altération d'une biotite dont on aperçoit quelques reliques). Rutile saupoudrant la roche. Apatite assez commune.

414/5. Schiste charbonneux plissoté.

Structure lépidoblastique, plissotée.

Ce schiste n'est pratiquement constitué que par du charbon. Quelques lamelles de séricite, grains de quartz et de feldspath très rares.

414/6. Gneiss dioritique rubané à épидote, diopside plus ou moins uralitisé.

On observe dans cette roche les zones suivantes:

Première zone contenant du quartz un peu allongé, grenu, avec un peu d'oligoclase 25% An, des granules de sphène, du diopside en voie d'ouralisation et quelques grains d'épidote.

Seconde zone très riche en épидote, entourant quelques grains de diopside.

Troisième zone enfin, intermédiaire, formée d'épidote, de diopside, de quartz et d'oligoclase.

Minéraux accessoires: Calcite, zircon, apatite.

416/1, 416/1a. Grès à ciment phylliteux brunâtre.

Quartz, souvent très anguleux, formant le principal élément détritique. (On trouve accessoirement quelques grains de tourmaline roulée bleue, de plagioclase (albite?) et de muscovite détritique, parfois finement auréolée de séricite secondaire).

Quelques lamelles de séricite en formation, peu différencierées, dans le ciment phylliteux; quelques granules opaques.

504/1. Phyllite un peu gréuseuse.

Tissu serré de séricite. Quelques grains de quartz. Granules de charbon. Apatite, tourmaline.

504/2. Quartzite fin feldspathique.

Petites plages engrenées de quartz. Grains d'albite, souvent maclée en échiquier. Un peu de feldspath potassique altéré. Séricite très rare, d'origine détritique. Granules opaques.

Conclusions pétrographiques.

Description des zones traversées par l'itinéraire.

Nous rappelons tout d'abord au lecteur que l'itinéraire parcouru par A. Lombard a été schématisé au début de ce chapitre. Il part de Kathmandu, passe par Junbési et Jubing, et aboutit à Namche Bazar; il revient par Junbési (sans passer

par Jubing) et descend vers la plaine du Gange en passant par Okhaldunga et Manebhanjang.

Cet itinéraire traverse tout d'abord les nappes de Kathmandu, puis la base de la série du Barun (nappe de Kathmandu V de T. Hagen et A. Lombard) et atteint les migmatites de Namche Bazar. Le chemin de retour traverse la série du Barun et les nappes de Kathmandu; les nappes de Nawakot apparaissent à la fenêtre d'Okhaldunga et devant le front des nappes de Kathmandu, à la fin de l'itinéraire.

Nous allons considérer ces éléments géologiques les uns après les autres, et les rattacher aux observations micrographiques qui ont formé la majeure partie de ce chapitre.

LES NAPPES DE KATHMANDU.

Il n'est pas possible pétrographiquement de se rendre compte quelle nappe de Kathmandu l'itinéraire traverse.

Mais, en se basant sur la série stratigraphique établie par P. Bordet et M. Latreille [2], (voir au début de ce chapitre), on peut tenter de rattacher les échantillons précédents à l'un des huit niveaux (a. à h.) de la série stratigraphique.

Le tableau ci-dessous résume cet essai.

N° de l'échant.	Niveau (d'après Bordet et Latreille)	Types de l'échantillon
<i>Entre Kathmandu et Namche Bazar.</i>		
<i>Un peu avant Banepa.</i>		
15/1/a-17/1	Quartzites inf. (f)	Quartzites albitiques à deux micas.
<i>Un peu après Banepa.</i>		
18/1	Micaschistes (g)	Micaschiste sérichtique à biotite et quartzite à deux micas.
<i>A Daulaghat.</i>		
20/1-20/3	Passées de roches carbonatées dans (c ?)	Calcaires gréseux recristallisés.
<i>Un peu après Daulaghat.</i>		
20/3-21/2/a	Phyllites, schistes, (a à c)	Phyllites, schistes.

21/3-24/5	Phyllites (c ?)	Quartzites charbonneux, phylliteux et phyllites.
24	? (peut-être autour de c ?)	Roche argilo-séricitique à résidus ?
25	?	Tuf de quartz porphyre.
25/2-29/4	Phyllites et quartzites sup. (c et d ?)	Phyllites, calcaires gréseux, calcschistes.

Un peu après Manga.

30/1	Quartzites sup. (d) ou inf. (f)	Quartzite séricitique.
30/1/a	Quartzites inf. (f)	Quartzite à deux micas.
30/2-31/1	?	Calcaires fins un peu gréseux, un peu arko-siques.
31/1/a-31/1b	?	Quartzites feldspathiques plus ou moins calciques.
34/1-34/1/a	Migmatites (h)	Arkoses métamorphiques.

A Deorati-Chyangme.

38/1-38/2/b	Phyllites à passées charbonneuses et quartzites sup. (e et d)	Phyllites séricitiques, quartzite séricitique charbonneux, schiste charbonneux séricitaire.
38/3	Quartzites inf. (f)	Quartzite à deux micas.
38/4-38/7	Phyllites (e) et quartzites sup. (d) (?)	Quartzites plus ou moins phylliteux.

Après Deorati-Chyangme.

40/1	Micaschistes (g ?)	Schiste séricitique.
41/1-41/1a	Migmatites (h ?)	Arkoses métamorphiques.
41/2	Micaschistes (g)	Micaschiste à deux micas et tourmaline.
41/3	Migmatites (h ?)	Arkose séricitique métamorphique.

Après Thosé.

44/1/a	Micaschistes (g)	Micaschiste à biotite et disthène.
44/1/6	(Eventuellement, exsudation dans micaschistes niveau g ?)	Pegmatite à oligoclase et disthène.
48/1-52/1/c	Quartzites inf. (f)	Quartzites plus ou moins feldspathiques à deux micas.

Un peu avant Junbési.

54/1	Migmatites (h)	Gneiss à oligoclase et deux micas.
------	----------------	------------------------------------

A Junbési.

58/1-58/4b	Migmatites (h)	Quartzite arkosique à deux micas, arkose métamorphique à deux micas.
------------	----------------	--

Un peu avant Jubing.

63/1-68/1a	Migmatites (h)	Quartzites arkosiques et arkoses métamorphiques.
------------	----------------	--

Entre Jubing et Namche Bazar.

68/2-68/3	Quartzites inf. (f)	Quartzites sérichtiques, chloriteuses avec un peu de biotite.
70/2	Micaschistes (g)	Micaschistes à deux micas et grenat.
70/2/a	Quartzites inf. (f)	Quartzite feldspathique à biotite.
70/3	Micaschistes (g)	Micaschiste.
70/3/a	Quartzites inf. (f)	Quartzite feldspathique à deux micas.

*Fenêtre d'Okhaldunga.**Près d'Okhaldunga.*

409/1	Micaschistes (g)	Amphibolite quartzito-feldspathique à hornblende.
409/2	Micaschistes (g ?)	Quartzite très feldspathique à actinote.
409/3	Micaschistes (g)	Schiste quartzito-micacé à biotite.
409/4	Migmatites (h ?)	Cornéenne feldspathique à diopside et epidote.
409/5	?	Calcaire gréseux recristallisé.
409/6	Migmatites (h ?)	Gneiss dioritique rubané à hornblende et diopside.

409/7	Micaschistes (g)	Amphibolite quartzo-feldspathique calcique.
409/8	Migmatites (h)	Gneiss très fin rubané à clinozoïsite, hornblende, calcite, biotite.
409/0-409/11/a	Migmatites (h) et micaschistes (g)	Gneiss fins divers: à amphibole, diopside, clinozoïsite, calcite, plus ou moins enrichis en microcline et oligoclase.
409/12	?	Grès calcaire recristallisé séricitique.
409/14	Migmatites (h)	Gneiss potassique à biotite.
409/15	Migmatites (h)	Gneiss à bytownite et biotite.
409/16	Quartzites inf. (f)	Quartzite albitique à tourmaline et biotite.
409/16a	Quartzites sup. (d)	Quartzite albitique chloriteuse.
504/1	Phyllites (a à c)	Phyllite un peu gréseuse.
504/2	Quartzites inf. (f)	Quartzite fin feldspathique.

Remarques et conclusions au sujet des nappes de Kathmandu.

Il convient tout d'abord de signaler les différences entre les roches appartenant aux nappes de Kathmandu, rencontrées entre Kathmandu et Namche Bazar, et celles attribuées aux mêmes nappes, dans la fenêtre d'Okhaldunga.

Entre Kathmandu et Namche Bazar.

Voici un tableau récapitulatif des roches rencontrées dans cette région.

Niveau	Roches
a, b, c	Phyllite chloriteuse, gréseuse, séricitique.
c	Calcschiste à phlogopite, phyllite quartzo-calcique à phlogopite, calcaire gréseux séricitique; tuf de quartz-porphyre (?), roche argilo-séricitique à résidus (?).
d	Quartzites chloriteux, séricitiques.

<i>e</i>	Schiste charbonneux, séricitique. Quartzites charbonneux, phylliteux.
<i>f</i>	Quartzites à deux micas, fins albitiques à deux micas.
<i>g</i>	Micaschistes à biotite, schistes séricitiques; micaschistes à biotite et disthène, à deux micas et grenat.
<i>h</i>	Arkoses métamorphiques, à deux micas, séricitique. Gneiss à oligoclase et deux micas. Quartzite arkosique. Gneiss très riche en quartz, à deux micas.
Inconnu	Grès arkosique: 30/2. Calcaire gréseux à séricite: 31/1. Quartzite feldspathique calcique micacé: 31/1/a, 31/1/b. Quartzites purs: 23/3, 23/4, 38/5. Pegmatite à oligoclase, disthène et biotite (intrusive ou de ségrégation ?): 44/1/6.

Remarques.

1. On ne peut reconnaître au microscope les niveaux a, b, c de la série stratigraphique de P. Bordet et M. Latreille; les critères qui les différencient sont des critères lithologiques de terrain.

2. Au sujet des migmatites (niveau h.).

Elles constituent la base stratigraphique des nappes de Kathmandu.

Nous avons rattaché (voir tableau précédent) les arkoses métamorphiques et les quartzites arkosiques à ce niveau.

En effet, les échantillons à vue présentent un aspect d'em-bréchites œillées (faciès fréquent de ce niveau, [2]), ou de gneiss.

Microscopiquement, les éléments détritiques de ces arkoses sont le feldspath potassique (microcline souvent très altéré, presque complètement albitisé), le quartz, souvent réduit à l'état de lentilles ou de purée par écrasement, enfin aussi du plagioclase (oligoclase à andésine) altéré.

En général, la mésostase est quartzo-feldspathique et ronge faiblement les éléments détritiques. Ces derniers éléments sont entourés et moulés par la muscovite ou les deux micas réunis.

Notons encore la présence sporadique du disthène.

Les mobilisations feldspathiques ou les apports sont peu importants dans ces roches: ces dernières sont des ectinites, au sens où l'entendent Jung et Roques [7]. Leur métamor-

phisme est celui de la mésozone inférieure (éventuellement partie médiane ou supérieure de la mésozone dans le cas de l'arkose sérichtique). Dans un unique échantillon, on observe une arkose recristallisée dans la partie supérieure de la catazone (voir 54/1): la mésostase quartzo-feldspathique a recristallisé, les éléments se sont regroupés. Mais on peut reconnaître encore, ça et là, les anciennes formes caractéristiques du quartz et du feldspath détritiques.

Mais là encore, aucun apport n'est caractéristique: la roche a seulement subi une recristallisation qui a presque effacé l'ancienne structure.

En conclusion, il n'existe pas de migmatites dans les nappes de Kathmandu, entre Kathmandu et Namche Bazar. Le terme le plus métamorphique de cette série est une arkose recristallisée dans la partie supérieure de la catazone. Toutes les autres arkoses et les quartzites arkosiques, soit à faciès de pseudo-embréchite œillée, soit à faciès de gneiss, appartiennent pratiquement à la partie inférieure de la mésozone.

Ces observations tendent à rejoindre celles de T. Hagen, qui signale des passages progressifs entre certains grès et gneiss œillés, dans ce groupe de nappes [5].

Nappes de Kathmandu entre Phaphlu et la Dugh Kosi, en passant par Okhaldunga.

Nous avons déjà signalé les différences de faciès pétrographique entre cette partie des nappes de Kathmandu et celle située entre Kathmandu et Namche Bazar. Ce fait tient vraisemblablement à la différence de position tectonique: dans le premier cas, les roches proviennent du front des nappes de Kathmandu, chevauchant à cet endroit celles de Nawakot; dans le second cas, les roches proviennent d'une zone proche des racines des nappes de Kathmandu.

Le premier tableau ci-dessous rend compte de la pétrographie des roches des nappes de Kathmandu, dans la région de la fenêtre d'Okhaldunga.

Le second tableau compare le front et la zone des racines des nappes de Kathmandu, du point de vue pétrographique.

Niveau	Roches
a, b, c	Phyllite un peu gréuseuse, séricitique.
d	Quartzites albitique, fin feldspathique.
e	—
f	Quartzite feldspathique chloriteux.
g	Amphibolite quartzo-feldspathique à actinote. Schiste quartzito-micacé à biotite. Amphibolite quartzo-feldspathique calcique.
g ou h (?)	Cornéenne feldspathique à diopside et epidote. Gneiss très fin rubané, à clinzoïsite, hornblende, calcite et biotite.
h	Gneiss dioritique rubané à hornblende et diopside. Gneiss dioritique riche en amphibole. Gneiss dioritique, parfois monzonitique, à diopside plus ou moins ouralitisé. Gneiss potassique à hornblende et zoïsite, avec lits calciques. Gneiss potassique à biotite. Gneiss à bytownite et biotite.
Inconnu	Calcaire gréseux recristallisé. Grès calcaire recristallisé séricitique.

Niveau	Entre Kathmandu et Namche Bazar	Fenêtre d'Okhaldunga
a, b, c	Phyllites, calcschistes, etc.	Phyllite un peu gréuseuse séricitique.
d	Quartzites chloriteux séricitiques.	Quartzites chloriteux albitique, fin feldspathique.
e	Schistes et quartzite charbonneux.	—
f	Quartzites fins albitiques à deux micas, quartzites à deux micas.	Quartzite feldspathique à tourmaline et biotite.
g	Micaschistes à biotite, à biotite et disthène, à deux micas et grenat.	Amphibolite quartzo-feldspathique calcique à hornblende, quartzite feldspathique à actinote, schiste quartzito-micacé à biotite.
g ou h	—	Cornéenne feldspathique à diopside et epidote. Gneiss très fin rubané à clinzoïsite, hornblende, calcite, biotite.

<i>h</i>	Arkoses métamorphiques à deux micas et séricitique; gneiss à oligoclase et deux micas; quartzite arkosique, gneiss quartzé à deux micas.	Gneiss dioritique rubané à hornblende et diopside, riche en amphibole; gneiss dioritique parfois monzonitique à diopside plus ou moins ouralitisé. Gneiss potassique à hornblende et zoïsite, à biotite. Gneiss à hytownite et biotite.
Inconnu	Grès arkosique. Calcaire gréseux séricitique. Quartzites purs. Quartzites feldspathiques calciques micacés. Pegmatite à oligoclase.	Calcaire gréseux recristallisé, grès calcaire recristallisé à séricite.

Ce tableau comparatif appelle quelques remarques:

1. Les termes épimétamorphiques (niv. a. à e.) sont un quartzite chloriteux albitique (niv. d.), un quartzite fin feldspathique (niv. d.) et une phyllite (niv. a. à c.). La note de A. Lombard et P. Bordet [12] laisse supposer une plus grande variété de termes peu métamorphiques dans cette région.

Les deux échantillons de niveau inconnu (calcaire gréseux recristallisé et grès calcaire recristallisé à séricite, échant. 409/5 et 409/12), sont peut-être à rattacher à des niveaux de métamorphisme plus faibles que le niveau f.

2. Au sujet du niveau g.

Il semble que ce niveau (niveau des micaschistes à muscovite, à deux micas, avec localement passées d'amphibolites vertes) soit très riche en amphibolites et roches à amphiboles. Ces roches semblent être nettement d'origine para.

Seul un schiste quartzito-micacé à biotite paraît représenter bien typiquement ce niveau de micaschistes.

3. Au sujet du niveau g. ou h. (voir tableau comparatif ci-dessus).

Il est difficile de classer exactement ces gneiss très fins et cette cornéenne feldspathique à diopside et epidote. P. Bordet et M. Latreille ne signalent pas de roches semblables dans la série stratigraphique des nappes de Kathmandu [2]. L'inten-

sité de leur métamorphisme nous autorise à les classer soit dans le niveau g., soit dans le niveau h. (présence de diopside et d'épidote), à moins qu'elles n'appartiennent à une zone de contact.

4. Quant au niveau h. (niveau des migmatites), on peut faire les remarques suivantes:

- a) Les arkoses métamorphiques sont absentes dans la région de la fenêtre d'Okhaldunga. Aucun des gneiss de ce niveau (qui sont des gneiss très fins, potassiques, monzonitiques ou dioritiques) ne pourraient dériver d'arkoses par métamorphose ou migmatisation plus poussée.
- b) Les gneiss fins formant la base de la série stratigraphique dans cette région, semblent avoir été primitivement des sédiments très fins, quartzo-calciques.
- c) Au sujet des migmatites: on remarque une certaine mobilisation feldspathique (voir par exemple bytownite poeciloblastique (409/15), feldspath potassique métasomatique (voir 409/10: gneiss rubané dioristique, parfois monzonistique, par apport potassique lit-par-lit; lits riches en feldspath potassique dans un gneiss rubané potassique; voir aussi 409/11a, etc...)).

Mais il ne semble pas que l'apport soit suffisant pour que ces roches puissent être appelées migmatites; tout au plus peut-on les classer dans les ectinites métasomatiques [7].

En conclusion.

Il n'existe pas non plus, dans les échantillons des nappes de Kathmandu recueillis dans la région de la fenêtre d'Okhaldunga, de migmatites typiques, mais seulement des ectinites, métasomatiques par endroits.

Le métamorphisme le plus profond atteint la partie supérieure de la catazone. Ce niveau de métamorphisme semble plus fréquent dans cette région qu'entre Kathmandu et Namche Bazar (?), à moins qu'on se trouve dans une zone de contact assez étendue.

Enfin, il est assez troublant de constater jusqu'à quel point certaines roches (cornéennes, gneiss fins, amphibolites) de cette région ressemblent à celles provenant des nappes de Khumbu [9].

LA SÉRIE DU BARUN AU S DE NAMCHE BAZAR.

Nous rappelons que A. Lombard et T. Hagen appellent cet élément (constitué surtout de gneiss ectinites), nappe de Kathmandu V.

Nous allons rassembler en deux tableaux les principales caractéristiques de ces gneiss. Les échantillons ont été récoltés à l'aller, entre Jubing et Namche Bazar, et, au retour, entre Namche Bazar et Junbési.

<i>Entre Jubing et Namche Bazar.</i>	<i>Un peu avant Junbési.</i>
70/3: Micaschiste à deux micas et grenat.	—
70/3a: Quartzite feldspathique à deux micas et grenat.	Quartzite à deux micas: 337.
71/1: Gneiss alcalin à muscovite.	—
76/1, 78/1a, 82/1: Gneiss dioritiques à biotite.	Gneiss monzonitique à biotite: 336.
76/2, 76/2b: Gneiss dioritiques grossiers à biotite.	—
76/2a: Gneiss granodioristique à biotite.	—
77/1, 78/1: Gneiss dioritiques à biotite très quartzeux	Gneiss dioritiques à deux micas riche en quartz: 341/a, 341/b.
82/1/A: Diorite micacée.	—
82/A/a; 82/A/C: Gneiss granitiques à biotite (migmatites de Namche Bazar).	-

Remarques:

1. Au sujet des gneiss dioritiques, granodioritiques et monzonitique: la richesse en quartz (ces gneiss passent parfois à des quartzites feldspathiques) fait ressortir leur origine para. D'ailleurs, il semble qu'on reconnaissse souvent dans certains échantillons (voir par ex. 341/a, 341/b, 76/1, figure 15) l'ancienne structure détritique des grains.

D'après la composition et la structure, il est bien probable que les gneiss dioritiques, granodioritique et monzonitique de la série du Barun au S de Namche Bazar ne sont que d'anciennes arkoses ou roches similaires, presque complètement recristallisées dans la catazone.

2. Au sujet de la diorite micacée et des gneiss apparemment enrichis en feldspaths: il est raisonnable de penser qu'il pourrait s'agir encore de roches analogues à celles de la base des nappes de Kathmandu, recristallisées dans la catazone. L'apport feldspathique serait le même que celui qui a formé les migmatites de Namche Bazar, terme situé le plus immédiatement au N (voir par ex. le profil de A. Lombard, [11]).

Le tableau suivant tente de rendre compte des similitudes entre les roches que nous avons attribuées au niveau h. dans la région proche des racines des nappes de Kathmandu, et celles que A. Lombard a attribuées à la nappe de Kathmandu V, c'est-à-dire à la base de la série du Barun, au S de Namche Bazar.

Niveau h. dans la région proche des racines des nappes de Kathmandu.

34/1, 34/1/a, 41/1, 41/1/a: Arkoses métamorphiques à deux micas (feldspath potassique albitisé, quartz, mésostase quartzo-albitique).

41/3: Arkose séricitaire métamorphique (idem, sans biotite).

54/1: Gneiss dioritique à deux micas riche en quartz (oligo-clase 15% An).

58/1: Arkose métamorphique à deux micas et disthène (oligo-clase 20% An uniquement).

- 58/2: Quartzite arkosique à biotite et disthène (feldspath potassique, un peu d'albite).
- 58/3: Arkose métamorphique à biotite et grenat (andésine 40% An).
- 58/4, 58/4/a, 58/4/b, 63/3: Quartzites arkosiques à deux micas (microcline et albite).
- 63/1: Arkose métamorphique à deux micas, albitisée (microcline albitisé).
- 68/1a: Arkose métamorphique à séricite (microcline et plagioclase).

Série du Barun au S de Namche Bazar.

- 70/3: Micaschiste à deux micas et grenat (à paralléliser avec le niveau g. des nappes de Kathmandu).
- 70/3/a: Quartzite feldspathique à deux micas et grenat (complètement recristallisé).
- 71/1: Gneiss alcalin à muscovite (sillimanite, chlorite, grenat).
- 76/1, 82/1: Gneiss dioritiques à biotite (andésine 35% An, structure rappelant celle des arkoses; voir fig. 15).
- 76/2, 76/2b, 316/0, 322/0: Gneiss dioritiques grossiers à biotite (complètement recristallisés, oligoclase 20% An).
- 76/2a: Gneiss granodioritaire à biotite (plagioclase en voie de potassification, microcline).
- 77/1, 78/1: Gneiss dioritiques très quartzeux à biotite (oligoclase 28% An).
- 78/1/a, 316: Gneiss dioritiques à biotite brune (oligoclase 28% An en voie de remplacement par le microcline).
- 82/1/A: Diorite micacée (oligoclase 29% An, en voie de remplacement par le microcline (voir fig. 16).
- 82/A/a, 82/A/c: Gneiss granitiques (microcline tardif).
- 86/1: Migmatites de Namche Bazar (gneiss très riche en microcline).

Le tableau ci-dessus souligne certaines similitudes entre la série du Barun au S de Namche Bazar et le niveau h. des nappes de Kathmandu. La série du Barun paraît n'être ici qu'un terme plus métamorphique du niveau h. des nappes de Kathmandu. Plus on se dirige vers le N, plus les anciennes structures détritiques et compositions typiques du niveau h. des nappes de Kathmandu, semblent se fondre dans la masse

des gneiss du Barun et finir par être oblitérées par une complète recristallisation et un début d'enrichissement en feldspath.

Notons donc qu'il y a similitude pétrographique entre le niveau h. des nappes de Kathmandu et la base de la série du Barun, et légère différence de métamorphisme entre ces deux éléments, différence qui s'accroît à mesure qu'on s'approche des migmatites de Namche Bazar.

Ce fait s'accorde difficilement avec la tectonique de ces deux ensembles: en effet, la série du Barun chevauche les nappes de Kathmandu [2, 11].

LES MIGMATITES DE NAMCHE BAZAR.

Cette zone est située, d'après P. Bordet et M. Latreille [2], au sein de la série du Barun; elle prend une grande extension dans la région de Namche Bazar au dépens des gneiss-ectinites du Barun, alors que dans la région de l'Arun, au pied du Makalu, elle n'affleure que sous la forme d'une passée d'embrécites dans la série du Barun.

La pétrographie des migmatites de Namche Bazar a déjà été examinée succinctement dans notre première note [8]. Nous rappelons qu'on y trouve des:

Granites nébulitiques alcalins (riches en microcline);
 Granites normaux (microcline et oligoclase 25% An);
 Gneiss à biotite, variant entre les compositions dioritique et monzonitique;
 Paragneiss à biotite, grenat, cordiérite et sillimanite, sans microcline.

Les échantillons que nous examinons ici ont été récoltés par A. Lombard à proximité de Namche Bazar, et ne sont qu'au nombre de deux. Ce sont:

86/1: Gneiss granitique à biotite et séricite.

L'étude pétrographique montre qu'il s'agit d'un ancien gneiss à oligoclase (20% An) riche en alumine (présence de sillimanite), imbibé de microcline. On note une seconde génération de biotite.

86/1/a: Gneiss granitique à biotite. Cet échantillon est pratiquement identique au précédent.

Ces deux gneiss sont très riches en feldspath potassique.

Le front des migmatites, dans la région de Namche Bazar, atteint vraisemblablement la catazone inférieure, puisque les parties non migmatisées (voir [8]), paragneiss à oligoclase, biotite, cordiérite et sillimanite) de cette région présentent le métamorphisme de la catazone inférieure.

Le front des migmatites, sur l'itinéraire entre Kathmandu et Namche Bazar, est traversé entre l'échantillon 82/A/C et 86/1. Il se caractérise par un enrichissement considérable en microcline.

Rappelons encore que cet apport potassique semble se faire sentir à l'approche du front des migmatites, par une richesse croissante en microcline. Ce feldspath tend à se substituer au plagioclase (voir par ex. 78/1/a à 82/A/C: au début il apparaît à l'intérieur du feldspath calcosodique sous forme de multiples inclusions, et plus tard se concentre lit-par-lit dans la roche, rongeant le plagioclase).

En conclusion, on observerait un apport feldspathique croissant dans la base de la série du Barun, à mesure qu'on s'approche de la zone des migmatites de Namche Bazar, situés au N.

Le métamorphisme des gneiss du Barun, dans la région de Namche Bazar, serait celui de la catazone inférieure.

LES NAPPES DE NAWAKOT.

Rappelons que, d'après T. Hagen, les nappes de Nawakot peuvent se comparer aux nappes helvétiques des Alpes.

Elles sont formées, de haut en bas, de la série non métamorphique suivante [6]:

- a) Brèches polygéniques souvent rougeâtres (Rhétien?);
- b) Calcaires et dolomies (Trias?);
- c) Quartzites, phyllites, conglomérats (Permien?);
- d) Quartzites, phyllites plus ou moins charbonneuses (Carbonifère?).

La zone des racines et le front des nappes sont souvent injectés et métamorphisés (pegmatites à minéraux de Cu, amphibolites, gneiss, etc. . .).

L'itinéraire, près de la fenêtre d'Okhaldunga, recoupe les nappes de Nawakot deux fois de suite. Dans cette région, l'épaisseur des nappes est faible, alors que dans le Népal central et occidental, elles affleurent sur près de 40 km de largeur.

Le tableau suivant présente les types de roches récoltées par A. Lombard dans cette série.

Nappes de Nawakot, fenêtre d'Okhaldunga.

- 376: Grès à ciment quartzo-séricitique charbonneux.
- 381/1: Quartzite un peu séricitique.
- 381/2, 381/10, 382/6: Grès fins à ciment quartzo-micacé.
- 382/3: Grès quartzitique.
- 382/4: Phyllite séricitique charbonneuse.
- 385/5: Argilite chloriteuse.
- 382/7-375/1: Calcaire très fin gréseux séricitique.

Nappes de Nawakot, au S de la Sun Kosi.

- *414/3: Gneiss leucocrate monzonitique à grenat (oligoclase 27% An, microcline, grenat).
- *414/4: Tourmalinite quartzo-albitique chloriteuse.
- 414/5: Schiste charbonneux plissoté.
- *414/6: Gneiss dioritique rubané à epidote et diopside plus ou moins ouralitisé.
- 416/1, 416/1/a: Grès à ciment phylliteux brunâtre.

Exception faite des roches marquées du signe *, aucun des échantillons n'est métamorphique. Les recristallisations ne dépassent pas celles attribuables à la diagenèse. Le quartz et les quartzites, en éléments dans les grès, conservent très généralement leur forme primitive. (Ça et là, voir par ex. 376., certains grains montrent une propension à se rejoindre; dans les échantillons 382/4 et 382/5, les matières argileuses commencent à se transformer en produits phylliteux encore peu différenciés, submicroscopiques ou spongieux.)

Quant aux roches marquées du signe *, elles n'ont pas conservé de traces de la trame primitive, et certaines sont peut-être intrusives.

L'échantillon 414/3 (gneiss monzonitique leucocrate), se caractérise par un apport en potasse et silice. (Origine incertaine).

L'échantillon 414/4 (tourmalinite quartzo-albitique chloriteuse), est très riche en minéralisateurs. (Peut-être aplite à tourmaline?).

Enfin, l'échantillon 414/6 est un gneiss rubané dioritique à epidote et diopside plus ou moins épigénisé en ouralite. (Peut-être roche de contact?).

Conclusion.

Sur l'itinéraire parcouru par A. Lombard, les nappes de Nawakot affleurent sur une faible largeur dans la région de la fenêtre d'Okhaldunga.

Pour cette raison, l'idée que nous pouvons avoir de cet ensemble géologique est forcément très fragmentaire.

Les caractéristiques qu'on peut mettre en évidence sont les suivantes :

Les roches des nappes de Nawakot sont soit non métamorphiques (surtout grès à ciment quartzo-phylliteux, phyllites et argilites parfois charbonneuses, calcaires très fins gréseux), soit très métamorphiques (gneiss, tourmalinite).

Dans la région de la fenêtre d'Okhaldunga, il semble qu'on puisse différencier les nappes de Kathmandu de celles de Nawakot par l'intensité différente de leur métamorphisme. Les roches non métamorphiques appartiennent aux nappes de Nawakot, les roches faiblement métamorphiques aux nappes de Kathmandu. Quant aux roches très métamorphiques ou intrusives, le doute subsiste. S'agit-il de séries imprégnées métasomatiquement, d'intrusions, de zones de contact ou de coins cristallins tectoniquement emballés dans les nappes de Nawakot, ou s'agit-il d'écaillles appartenant aux nappes de Kathmandu?

Seule une étude de terrain permettra de résoudre cette question.