

SÉANCE EXTRAORDINAIRE DU 24 MAI 1956.

La structure géologique du Népal oriental (*) (),**

par P. BORDET.

Au point où elles en sont actuellement, les études géologiques dans l'Himalaya se heurtent à une difficulté importante. Il est en effet très délicat d'identifier des unités structurales en se basant uniquement sur les descriptions qu'en ont données les auteurs : des roches qui présentent des caractères suffisamment nets pour être reconnues au premier coup d'œil lorsqu'on les a déjà vues, sont souvent extrêmement difficiles à décrire avec assez de précision pour qu'un autre géologue puisse les identifier à coup sûr. De ce fait, seuls les séries stratigraphiques peuvent être considérées comme caractéristiques; mais, sur le terrain, en l'absence de tout fossile, il arrive fréquemment que, perturbées par des accidents tectoniques, elles ne se présentent pas avec une netteté suffisante pour être caractéristiques. Bref, l'assimilation à distance d'unités tectoniques est délicate pour quelqu'un qui n'a pas tout vu, et c'est précisément dans cette situation que je me suis trouvé lorsque j'ai accompagné les deux Expéditions françaises au Makalu en 1954 et 1955 (1), la première fois seul, la seconde, en compagnie de M. LATREILLE.

J'ai donc été amené à établir une nomenclature valable pour la seule zone que j'ai étudiée : la vallée de l'Arun et la région des hauts sommets : Makalu et Everest. Voici ce à quoi je suis arrivé :

1. En bordure de la plaine du Gange, les formations récentes se relèvent et forment un glacis incliné le long de l'Himalaya. Cette disposition est connue depuis longtemps et semble indiquer des phénomènes de surrection récents ou actuels dans cette région.

(*) Conférence donnée le 24 mai 1956 devant les membres de la Société et ceux de la Société Royale Belge de Géographie.

(**) Manuscrit reçu au secrétariat le 4 juillet 1956.

(1) Organisées par la Fédération française de la Montagne, en coopération avec le Club alpin français.

2. En arrière, l'Himalaya *sensu lato* débute brusquement par une chaîne de collines assez élevées, formées par la Série molassique de Dharan Bazar. Cette formation est surtout développée vers l'Ouest, dans la région des Siwaliks, d'où le nom de molasse des Siwaliks qui lui a été donné; elle comprend là trois niveaux superposés, mais seul le niveau moyen, daté du Pontien, paraît affleurer dans la région que j'ai parcourue.

3. Reposant sur la molasse des Siwaliks par un contact anormal, vient la Série de Sangouri, peu métamorphique, formée de phyllades versicolores surmontées par des quartzites blancs; l'ensemble est fortement plissé. Cette série affleure sur quelques kilomètres au Nord de Dharan Bazar, mais, une vingtaine de kilomètres plus à l'Est, on ne la voit plus que sur une centaine de mètres seulement. D'après mes descriptions, M. T. HAGEN lui attribue un âge permo-triasique.

4. Puis vient un énorme ensemble (Ensemble du Bas-Himalaya), qui présente toujours les mêmes caractères stratigraphiques. On y trouve successivement de bas en haut les termes suivants :

- des gneiss migmatiques clairs à grenat et disthène, souvent très épais;
- des micaschistes à deux micas ou à muscovite;
- un premier banc de quartzite brun, souvent associé à des cipolins bleus et à des schistes graphiteux noirs;
- une série de phyllades gris-bleu contenant parfois une passée de schistes graphiteux noirs;
- un deuxième banc de quartzite blanc ou vert;
- des calcschistes : phyllades jaunes ou roses avec intercalations de lits de roches carbonatées généralement jaunes ou brunes; cette formation peut contenir des niveaux d'amphibolite vert clair ou blanche, souvent sphérolitique avec parfois du talc et de la serpentine;
- des phyllades irréguliers jaunâtres;
- enfin des phyllades bleus.

On sait que j'ai assimilé la partie supérieure de cette série à la base du Primaire (du Cambrien au Dévonien); j'ai donné ailleurs les arguments sur lesquels repose mon opinion.

Cette formation est repliée sur elle-même et dessine, du Sud au Nord, une série d'anticlinaux et de synclinaux. Le synclinal le plus méridional est couché à 30° vers le Sud (synclinal de Patigaon); ses deux flancs sont symétriques; ce fait semble prouver qu'il ne s'agit pas d'un accident très profond, aussi je ne pense pas qu'on puisse attribuer à l'anticlinal qui le surmonte la valeur d'une véritable nappe de charriage.

Le deuxième synclinal, de disposition analogue, montre déjà un écaillage et des répétitions dans son flanc renversé; il doit donc être plus profond. Quant au troisième (synclinal de Légua), on peut le suivre horizontalement vers le Nord sur une quarantaine de kilomètres dans la demi-fenêtre inférieure de l'Arun. Il supporte partout une épaisse formation de gneiss, qui constitue indiscutablement une véritable nappe de charriage (nappe de Tinjure) dont les dimensions sont à l'échelle de l'Himalaya.

Les affleurements les plus septentrionaux que je connaisse de l'ensemble du Bas-Himalaya se trouvent dans la vallée de l'Arun, en bordure de la frontière tibétaine; il y a là une série d'écailles dans lesquelles la série précédemment décrite est reconnaissable; mais les gneiss présentent des caractères particuliers qui les rapprochent un peu de ceux de la série superposée : passées de cipolin, de pyroxénites, niveaux à mica noir et disthène, etc.

5. L'ensemble du Haut-Himalaya affleure seulement dans la haute chaîne, généralement au-dessus de 4.000 m d'altitude. Il comprend les éléments suivants :

- Les gneiss du Barun, gneiss régulièrement lités, caractérisés par la présence de grenat, de disthène, de sillimanite, minéraux qui en font des roches magnifiques; ils comportent, interstratifiés, des bancs de cipolin à pyroxène; ils mesurent au moins 5.000 m d'épaisseur. Leur sommet est migmatisé et présente une allure qui rappelle celle des gneiss du Bas-Himalaya.
- Au-dessus vient une série de gneiss noirs à cordiérite violette et sillimanite, qui ont subi une évolution tectonique et chimique extrêmement complexe.
- Puis vient le granite du Makalu, granite clair à tourmaline, ni orienté, ni même écrasé, qui injecte vers le bas les gneiss noirs et vers le haut, la base de la Série de l'Everest. C'est donc un granite stratoïde dont la position structurale est

très surprenante, et ceci d'autant plus qu'il paraît bien être l'équivalent latéral du granite de Mustang, décrit par T. HAGEN, qui métamorphise le Crétacé. Ce serait donc un granite tertiaire et postérieur aux premières phases tectoniques qui ont affecté l'Himalaya.

- La série de l'Everest débute par des gneiss noirs fins, qui ressemblent beaucoup à ceux qui sont situés sous le granite du Makalu; au-dessus vient une monotone série noire avec quelques passées plus claires, puis la série des pélites jaunes qui forment le sommet de l'Everest. Cette série plonge vers le Nord et supporte les couches de Lachi, datées grâce à quelques rares fossiles du Permo-Carbonifère, puis les couches de Tso-Lamo (Trias), de Spiti (Jurassique), de Kampa (Crétacé et Éocène).

Bref, si par la pensée on supprime le granite du Makalu, la Série du Haut-Himalaya affleurant au Népal apparaît continue et homogène, sans discordance visible; la partie supérieure date de la fin du Primaire, tandis que la base est probablement attribuable au Précambrien.

En résumé, les formations de Sangouri seraient Permo-Triasiques, celles du Bas-Himalaya, antérieures au Carbonifère, celles du Haut-Himalaya, antérieures au Trias. Mise à part la Série de Dharan Bazar, il n'y aurait nulle part de formations dont l'âge serait postérieur à la base du Secondaire. Ce fait mérite d'être noté : il risque de compliquer singulièrement la tâche de ceux qui essaieront de reconstituer les étapes de l'évolution tectonique de l'Himalaya.

Partout, il y a continuité, au moins apparente, entre Précambrien et Primaire; en outre, la constance d'affleurement des formations primaires inférieures élimine la possibilité d'existence des phases tectoniques calédonienne ou hercynienne.

Si donc on replace par la pensée dans leur position initiale, antérieure à l'orogénèse, les diverses nappes de charriage, on reconstitue un ensemble formé essentiellement par un socle précambrien supportant en concordance une série primaire et secondaire inférieure. Y avait-il autre chose ? C'est probable, mais ces formations, plus récentes, ont disparu depuis longtemps partout ailleurs qu'au Tibet.

Que penser maintenant des raccords structuraux entre les formations qui viennent d'être décrites et ce que l'on connaît ailleurs ?

Tableau d'équivalence des unités tectoniques.

P. B. et M. L.	A. LOMBARD	T. HAGEN
Série de Dharan Bazar	Série des Siwaliks	Série des Siwaliks
Série de Sangouri	Nappes de Nawakot	Nappes de Nawakot
Ensemble du Bas-Himalaya	Nappes de Kathmandu (1 à 4)	Nappes de Kathmandu (1 à 4)
Ensemble du Haut-Himalaya :		
Série du Barun	Nappe de Kathmandu n° 5	Nappe de Kathmandu n° 5
Migmatites de Namché Bazar	Nappes de Khumbu (1 à 3)	Nappes de Khumbu (1 à 3)
Granite du Makalu	Dalle du Tibet	Granite de Mustang (rattaché à Kathmandu 5)
Série du Tibet	Dalle du Tibet	Série tibétaine

1. La formation bordière des Siwaliks ne pose pas de problème : elle est connue tout le long de la chaîne himalayenne et s'y trouve probablement en continuité.

2. La formation de Sangouri fait penser, par sa position, à l'ensemble des nappes de Nawakot, défini par T. HAGEN, et aux nappes de Krol d'A. HEIM; mais comment assimiler une bande de quelques centaines de mètres ou de quelques kilomètres de large avec l'édifice complexe de nappes décrit par ces auteurs ?

On ne peut pas se baser sur l'identité des faciès : la série de Sangouri est trop réduite et les formations de Nawakot trop variées pour qu'on puisse en tirer un argument positif; toutefois rien ne s'oppose à cette façon de voir et la description que je lui en ai faite a permis, comme on l'a vu, à T. HAGEN de rapprocher les formations de Sangouri du Permo-Trias de Nawakot.

Il faut ensuite remarquer que, très probablement, il y a continuité latérale entre l'affleurement bordier des nappes de Nawakot et la Série de Sangouri.

Mais surtout, l'examen des échantillons rapportés par A. LOMBARD a permis de reconnaître dans les roches de la région d'Okhaldunga (Dudh Kosi) des faciès identiques à ceux de la Série de Sangouri.

Cette dernière affleure donc en fenêtre à une cinquantaine de kilomètres au Nord du point où je l'ai définie; dans ces con-

ditions, on conçoit beaucoup plus facilement qu'elle puisse être assimilée aux nappes de Nawakot : la Série de Sangouri est une frange appartenant à un très gros ensemble, qui, au niveau où je l'ai vu, est presque entièrement caché sous le chevauchement du Bas-Himalaya, mais dont la continuité en profondeur est prouvée par la fenêtre d'Okhaldunga.

3. L'ensemble du Bas-Himalaya présente une homogénéité remarquable. Son équivalence avec les nappes de Kathmandu paraît certaine : on y retrouve même quatre éléments structuraux principaux que l'on peut mettre en parallèle avec les quatre nappes inférieures de Kathmandu; mais j'ai déjà indiqué que deux de ces éléments ne me paraissent pas être de véritables nappes de charriage. Le chevauchement de l'ensemble du Bas-Himalaya sur la nappe de Sangouri représente incontestablement un très important accident tectonique; de même, le chevauchement de l'unité de Tinjuré sur le synclinal de Légua; pour les deux autres, il y a bien déversement de la série, mais celui-ci est très probablement d'une importance beaucoup plus réduite et il ne doit s'agir, en fait, que de replis frontaux dans la nappe de Dhankouta. Il ne faut donc pas les désigner sous le nom de nappe, pas plus que les multiples écailles que l'on trouve coincées sous la nappe de Tinjuré ou sous le chevauchement du Haut-Himalaya.

A mon avis donc, l'ensemble du Bas-Himalaya comporte seulement deux nappes de charriage : une supérieure ou nappe de Tinjure et une inférieure ou nappe de Dhankouta, dont la partie frontale, repliée sur elle-même, dessine deux synclinaux couchés.

4. La distinction entre l'ensemble du Bas-Himalaya et celui du Haut-Himalaya n'a frappé ni T. HAGEN, ni A. LOMBARD : ils classent le prolongement des gneiss du Barun dans la nappe de Kathmandu 5 et introduisent, au-dessus, un groupe de trois nappes, les nappes de Khumbu, dont je n'ai pas trouvé l'équivalent.

Il est fort possible que vers l'Ouest les caractères pétrographiques des gneiss du Barun disparaissent et que cette formation devienne identique aux gneiss de base des formations du Bas-Himalaya. Pourtant, un fait me paraît remarquable : au-dessus des gneiss du Barun, je n'ai trouvé nulle part l'équi-

valent de la série stratigraphique attribuée au Primaire inférieur qui forme, de manière constante, la couverture des gneiss dans le Bas-Himalaya.

Je n'ai pas eu l'occasion de parcourir la vallée de la Dudh Kosi au Sud de Namché Bazar, mais M. LATREILLE y est passé et a retrouvé là les gneiss du Barun avec leur faciès caractéristique, mais réduits en épaisseur et dans la position attendue, c'est-à-dire au-dessus des écaillés qui recouvrent le toit de la nappe de Tinjuré.

Au-dessus de ces gneiss vient un énorme complexe de migmatites : les trois nappes de Khumbu d'A. LOMBARD. Il aurait été extrêmement intéressant de le suivre vers l'Est et d'établir son rapport précis avec la Série de la région du Makalu que j'ai décrite plus haut. Malheureusement, le chose n'était pas faisable : l'itinéraire que j'ai suivi entre l'Arun et la Dudh Kosi passe trop au Sud et m'a fait reconnaître seulement le front du chevauchement de l'ensemble du Haut-Himalaya.

Je suis donc réduit à des hypothèses. Ce qui me paraît le plus vraisemblable, c'est que la partie supérieure des gneiss du Barun se migmatise de plus en plus vers l'Ouest. Ces migmatites ont pu acquérir une certaine autonomie tectonique qui leur a permis de se plisser indépendamment des gneiss de Barun dans la région de Solo Khumbu et de s'écailler. Les nappes de Khumbu seraient donc l'équivalent localement migmatisé de la partie supérieure des gneiss du Barun, plissé en direction aberrante Nord-Sud et débité en trois unités superposées.

5. Quant au granite du Makalu, pour A. LOMBARD, il constitue la base de la « Dalle du Tibet », tandis que T. HAGEN le rattache à la nappe de Kathmandu 5, c'est-à-dire aux gneiss du Barun. Pour l'un, le granite est en continuité avec la série supérieure, pour l'autre, avec la série inférieure. A mon avis, il est en continuité simultanément avec les deux, et je puis fonder cette opinion sur la carte géologique levée au 1/50.000^e dans la région du Makalu et de l'Everest, ainsi que sur une importante documentation photographique.

C'est cette position intercalaire du granite qui conduit tout naturellement à assimiler la partie inférieure de la série de l'Everest avec le toit des gneiss noirs de Barun.

Estimant qu'il n'y a contact anormal ni au-dessus du granite, ni en dessous, j'ai été conduit à rechercher l'accident tectonique plus bas, c'est-à-dire à la base des gneiss du Barun. Ainsi l'unité tectonique tibétaine, qui d'après T. HAGEN était formée seulement par la Série de l'Everest et les séries superposées, qui, en plus, comprenait pour A. LOMBARD le granite du Makalu, intéresse également à mes yeux les gneiss du Barun. Le plan de chevauchement, situé à la base de ceux-ci, est pour moi une des lignes architecturale majeure de l'Himalaya.

Pour étayer mon opinion, je puis avancer deux arguments : d'abord le fait que, dans la demi-fenêtre supérieure de l'Arun, j'ai suivi la surface de chevauchement sur 45 km du Sud au Nord; elle se poursuit au Tibet sur plusieurs dizaines de kilomètres encore; elle correspond donc au plus important chevauchement connu dans cette partie de l'Himalaya; ensuite, elle est bordée, entre le Surké La et Thosé, par une frange d'écailles tectoniques (au moins cinq) qui confirment son importance majeure.

En résumé, si la disposition en nappes de charriage de l'Himalaya du Népal ne fait aucun doute, l'interprétation de sa structure est encore sujette à discussions. L'importance attribuée aux divers chevauchements est variable suivant les auteurs; mais, dans un ensemble tectonique aussi complexe, et en l'absence de carte géologique détaillée, il y a là moins une question de fond que d'impression personnelle.

A mon avis, c'est la stratigraphie des différentes unités qui doit intervenir pour les faire rapporter à un groupe ou à un autre. Étant donné l'évolution, progressive semble-t-il, des faciès d'un groupe d'unités à l'autre, il est fort possible que la signification d'un même accident change d'un point à l'autre de la chaîne, de même que certaines unités peuvent apparaître ou disparaître au long de celle-ci.

L'interprétation à laquelle je me suis arrêté ne préjuge donc pas de ce qui peut se passer à quelque 100 km à l'Est ou à l'Ouest. Nous n'en sommes pas encore à l'heure de la synthèse définitive, mais à celle de l'analyse.

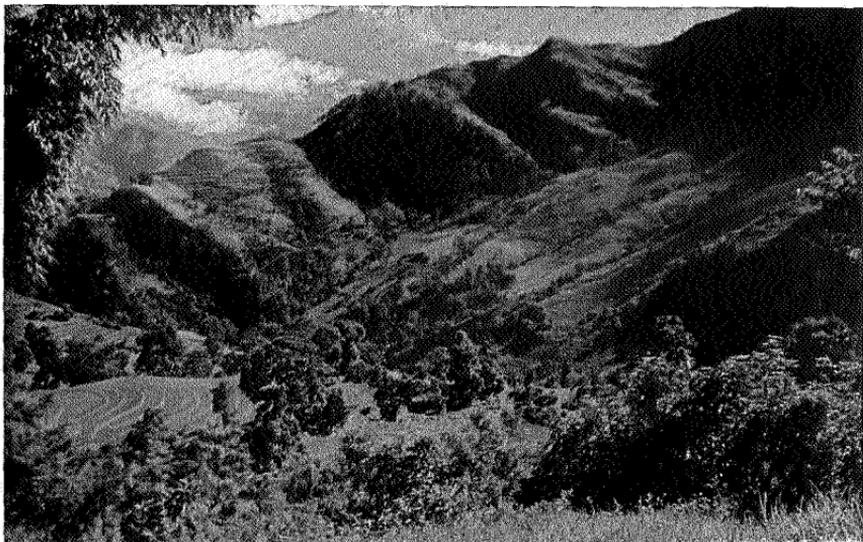


FIG. 1. — **Contact de la nappe de Tinjuré sur la Série de Légua.**

Sud de Chainpur. — Photo prise vers l'Est. — Plongement des couches vers le Sud. — On se trouve sur le revers sud de la demi-fenêtre inférieure de l'Arun. — Le contact tectonique passe dans la falaise visible au second plan, au centre de la photo. — En dessous affleurent les écaillés renversées de Chainpur.

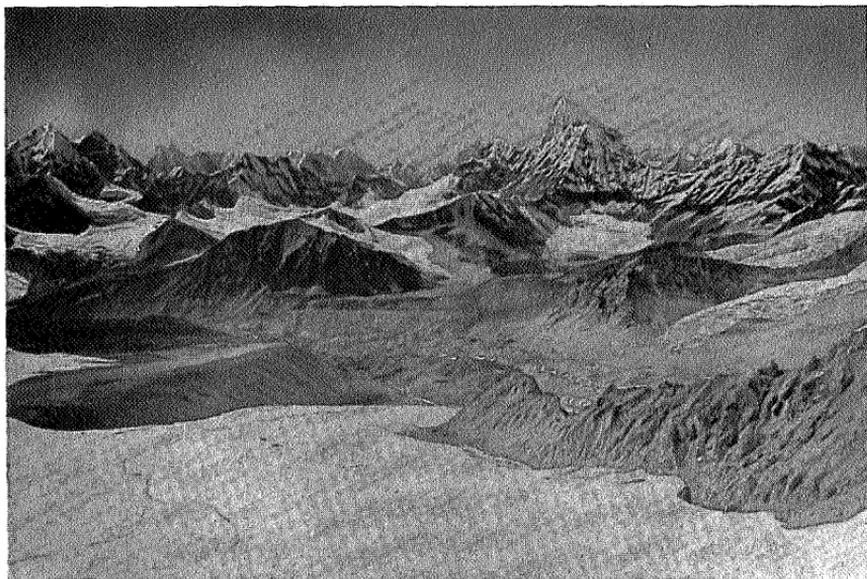


FIG. 2. — **La haute chaîne au Sud de l'Everest.**

Haute vallée de Hungu. — Photo prise vers l'Ouest. — A droite au second plan, on distingue nettement la Série de l'Everest sub-horizontale, reposant sur le granite du Makalu. — A gauche, sortant sous le granite, apparaissent les gneiss du Barun.



FIG. 3. — **La Série de l'Everest vue de l'Ambu-Lapcha.**

Les roches noires forment la base de la Série de l'Everest; elles reposent sur le granite du Makalu et en contiennent de nombreux filons.

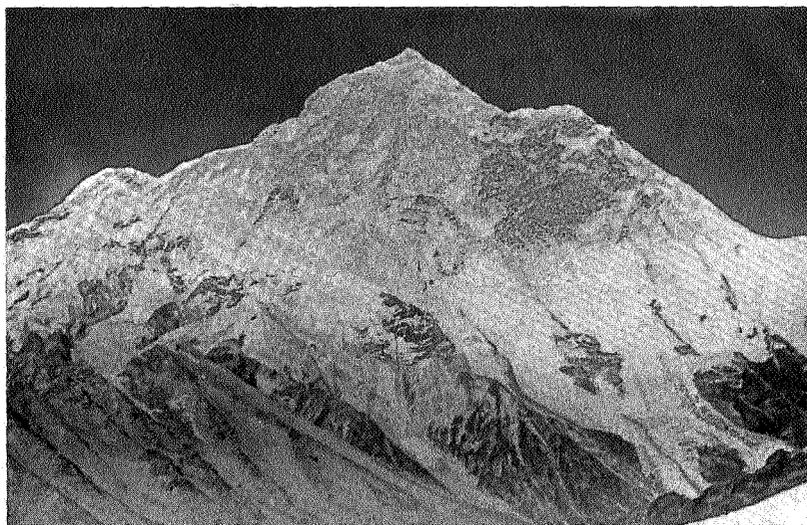


FIG. 4. — **Le Makalu vu du Sud-Ouest.**

Le sommet est fait de granite clair. — Sous celui-ci on voit affleurer une Série plus sombre plongeant vers l'Ouest: ce sont les gneiss du Barun injectés par le granite du Makalu.

(Photos Expéditions françaises à l'Himalaya.)