Géologie Alpine, t. 58, 1982, p. 95-103

Les Siwaliks : le prisme d'accrétion tectonique associé à la subduction intracontinentale himalayenne

par Georges MASCLE* et Gérard HÉRAIL**

RÉSUMÉ. – Au front méridional de l'Himalaya, la chaîne des Siwaliks est constituée par une série molassique déformée par le chevauchement bordier himalayen. La structure d'ensemble montre plusieurs contacts tectoniques successifs d'autant plus jeunes qu'ils sont plus méridionaux; les lames tectoniques de terrains Siwaliks comportent des terrains de plus en plus récents en direction du Sud; les déformations y sont apparues en climat compressif relativement superficiel. L'ensemble constitue un prisme d'accrétion caractéristique, né de la désolidarisation de la série sédimentaire récente (Siwaliks) et de son substratum indien lors des phases récentes de la subduction intracontinentale himalayenne.

ABSTRACT. – South of the Himalayas, the Siwaliks range results of the deformation of a molassic serie by the mean of the Himalayan Main Boundary Thrust. The structure is characterized by successive flat tectonic contacts wich become younger proceeding to the southern indian bouclier. In the tectonic sheets, the microdeformational patterns are of compressional nature. The incorporated formations are younger in the South, in correspondance with the younger age of the tectonic contacts. The whole structure is closely comparable to a tectonic accretionary prism as defined in the subduction areas. The actually active intracontinental Himalayan subduction results in the detachement of the recent sedimentary cover from its Indian substratum, the incorporation of the deformed sediments to the mountain bulk, and the migration of the active front toward the South.

1. INTRODUCTION

La chaîne himalayenne comporte trois domaines principaux séparés par des zones de discontinuité majeure (A. GANSSER, 1964) (fig. 1). Au Nord la zone de suture de l'Indus sépare le véritable Tibet des unités himalayennes. Cette zone de suture a une histoire polyphasée complexe où se superposent des phases à vergence méridionale (indienne) responsable de la mise en place des nappes (ophiolitiques, flyschoides et carbonatées = nappes de l'Indus) et des phases à vergence Nord (rétrochevauchements) (voir J.P. BASSOULLET *et al.*, 1980, 1981). Au Sud de la suture, se développe la haute chaîne himalayenne; les séries tertiaires, secondaires et primaires forment le Téthys-Himalaya ou Tibet-Himalaya des auteurs (A. GANSSER, 1964), le Paléozoïque basal et le Précambrien sont inclus dans la Dalle du Tibet (Tibetan Slab, A. LOMBARD, 1958). La haute chaîne est séparée du Moyen-Pays (Midlands) par la zone de che-

* Institut Dolomieu, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, rue Maurice-Gignoux, 38031 Grenoble CEDEX et CNRS GRECO 13012 Himalaya-Karakorum et ERA 605 Groupe d'Etude de la Marge Continentale.

** Institut de Géographie Daniel Faucher, Université de Toulouse Le Mirail, 109 bis, rue Vauquelin, 31058 Toulouse CEDEX et CNRS GRECO 13012 Himalaya-Karakorum et C.I.M.A. ERA 427.

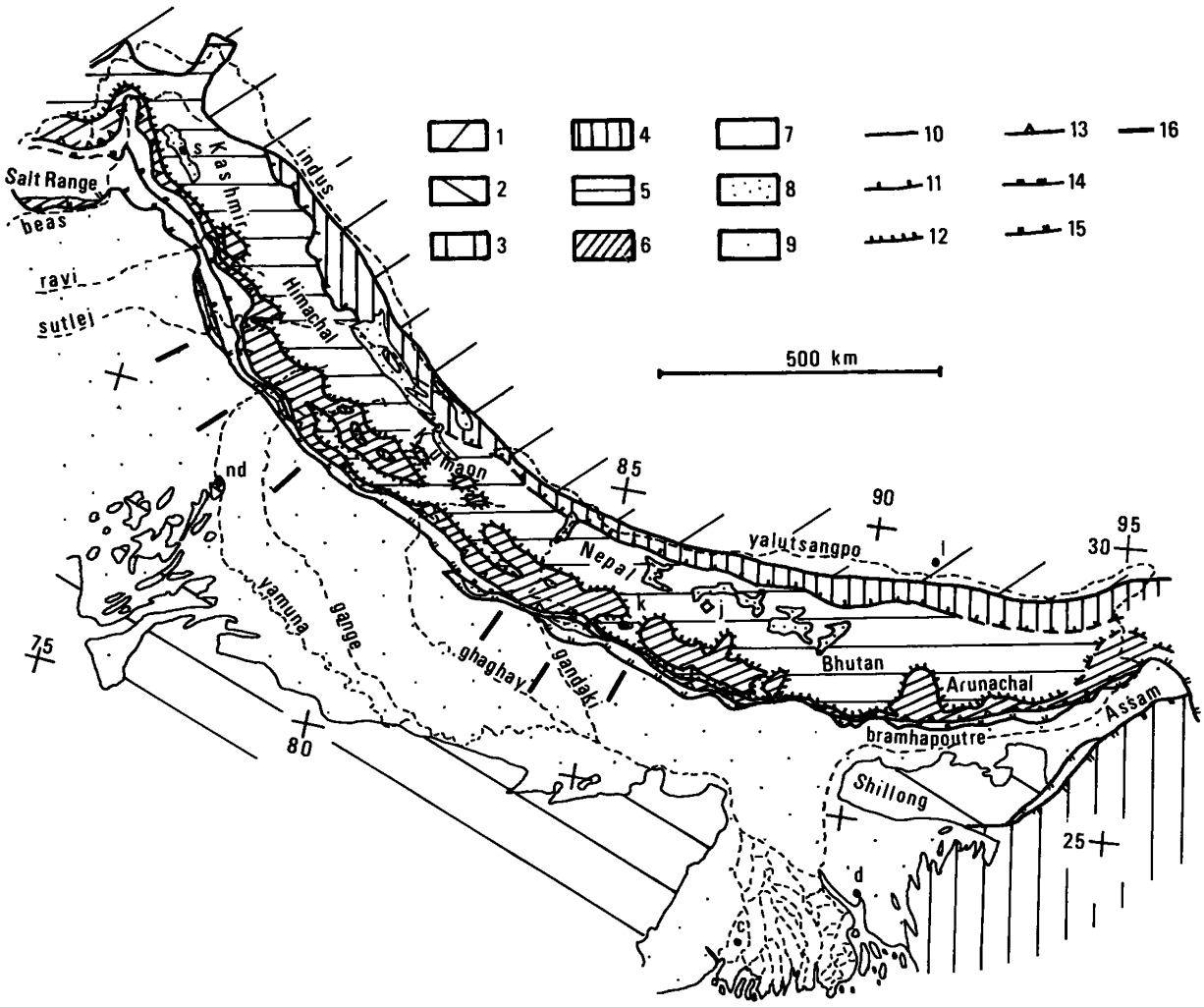

FIG 1. – Schéma structural de la chaîne himalayenne.
1 : Sud Tibet (ceinture granitique Ladakh-Kangdese, séries sédimentaires associées du bloc de Lhassa et séries détritiques de l'Indus-Xigaze); 2 : Inde péninsulaire (socle précambrien et séries sédimentaires carbonifères à éocène); 3 : Unités birmanes; 4 : nappes de l'Indus (ophiolites, flyschs, unités carbonatées et socles internes); 5 : séries du Haut Himalaya (« dalle du Tibet » et Paléozoïque à Eocène du « Tibet ou Téthys Himalaya »); 6 : Séries du Moyen Pays (et Salt Range); 7 : Siwaliks; 8 : Plio-Quaternaire des bassins intramontagneux; 9 : Quaternaire de la dépression gangétique; 10 : Suture de l'Indus-Tsang Po; 11 : Front des nappes de l'Indus; 12 : Main Central Thrust zone (M.C.T.); 13 : Main Boundary Thrust zone (M.B.T.); 14 : Chevauchement des Duns; 15 : Chevauchement des Siwaliks; 16 : Trace des coupes (fig. 2) – *c* : Calcutta; *d* : Dacca; *i* : Islamabad; *j* : M. Jolmo lungma (Everest); *k* : Kathmandu; *l* : Lhassa; *nd* : New Delhi; *s* : Srinagar.

vauchement central principal (M.C.T.) (voir A. PECHER, 1978). Le Moyen-Pays est lui-même formé de séries sédimentaires du Précambrien et peut-être du Paléozoïque inférieur et de rares placages de séries transgressives plus récentes (Paléozoïque supérieur, Mésozoïque, Eocène moyen, Oligo-Miocène); tout cet ensemble a été déformé et métamorphisé lors du fonctionnement du M.C.T. (A. PECHER, 1978; M. BRUNEL *et al.*, 1979). Le Moyen-Pays chevauche à son tour les domaines plus externes par l'intermédiaire de la zone de chevauchement bordier (M.B.T.). C'est de ces derniers domaines que nous discuterons ici.

2. LA ZONE DE CHEVAUCHEMENT BORDIER : STRUCTURE D'ENSEMBLE

L'activité structurale actuelle, soulignée aussi bien par la séismicité (T. FITCH, 1970; V. CHANDRA, 1978; F. BOUVIER, 1981) que par les mesures de déformation *in situ*, est concentrée sur le front himalayen. Ce front est caractérisé par un ensemble de structures tectoniques, sédimentaires et morphologiques assez constant tout au long de la chaîne, encore que variable au second ordre.

L'élément structural principal est le chevauchement bordier principal (M.B.T.) encore nommé Main Boundary Fault ou selon des noms locaux en rapport avec la lithologie de l'unité du Moyen-Pays chevauchante (Murree thrust; Krol thrust,...). Cette zone de chevauchement sépare les séries himalayennes du Moyen-Pays, déformées et métamorphisées, des séries molassiques continentales, néogènes, des Siwaliks. On observe très nettement à toutes les échelles, que le M.B.T. et les structures mineures associées recoupent les structures du Moyen-Pays, en particulier la foliation métamorphique et une deuxième schistosité, donnant donc pour ces séries des déformations de rang 3. Ces microstructures sont pour l'essentiel des microfailles inverses à pendage nord, parfois des replis à déversement sud.

Au Sud du M.B.T. se développe la chaîne des Siwaliks ou Churia. Son ossature est constituée par une épaisse série de molasses continentales néogènes (Siwaliks inférieurs et moyens) couronnées par des nappes de sables et conglomérats plio-pléistocènes (Siwaliks supérieurs). Ces séries forment une succession de lames qui se superposent par l'intermédiaire de zones de chevauchements (fig. 2), les plis sont rares, à très court flanc méridional redressé et très

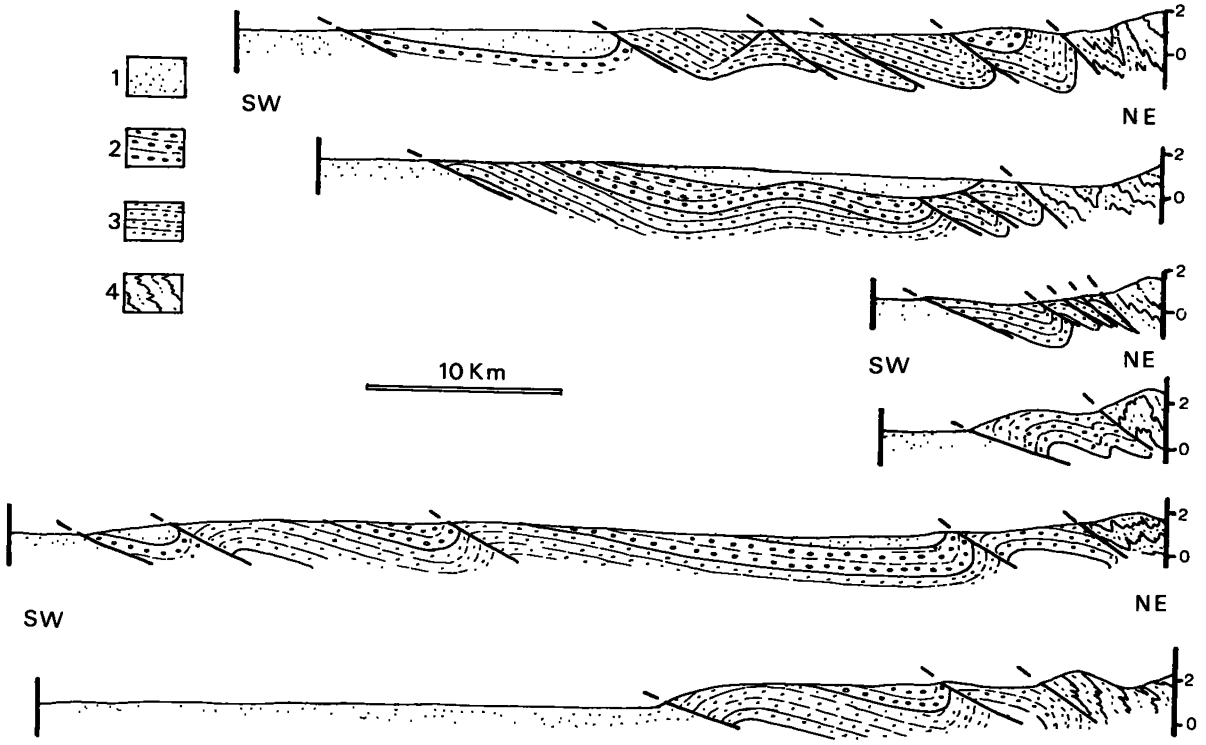

FIG. 2. – Coupes dans la région des Siwaliks en Himalaya central.
1 : Quaternaire gangétique; 2 : Siwaliks supérieurs (Plio-Pléistocène); 3 : Siwaliks moyens et inférieurs (Mio-Pliocène); 4 : Séries himalayennes (Précambrien à Oligo-Miocène); les coupes sont repérées sur la figure 1, les trois coupes d'Himachal et Kumaon sont réinterprétées d'après J. Rupke (1974).

long flanc septentrional. Le dispositif le plus fréquent montre ainsi du M.B.T. au Terai :

1) une lame supérieure, formée de terrains des Siwaliks inférieurs, avec parfois, apparition du socle sous-jacent;
2) un chevauchement (Dun thrust);
3) une lame inférieure formée de terrains des Siwaliks moyens et supérieurs (fig. 2).

Le contact Siwaliks-plaine alluviale gangétique (Terai) correspond au front montagneux. Les séries Siwaliks forment en ce point un anticlinal déjeté au Sud (anticlinal frontal) qui chevauche le Quaternaire du Terai. La surface de chevauchement a parfois pu être observée (T. HAGEN, 1956).

La morphologie reflète la structure. Le Moyen-Pays forme, juste en amont du M.B.T., un bourrelet qui s'élève en général jusqu'à 2 500 m, mais peut dépasser 4 000 m au Kashmir (Pir Panjal). Il forme la chaîne du Mahabharat Lekh, qui isole une série de bassins intra-montagneux externes (Kashmir, bassin de Kathmandu...). Le M.B.T. correspond à une étroite dépression. Les Siwaliks forment une série de collines dissymétriques à flanc raide regardant au Sud, d'altitude décroissante (1 200 m à 900 m) en direction du Sud. La dissymétrie est également plus importante en direction du Sud, en relation avec la valeur moyenne des pendages, plus faibles au Sud. Les Duns sont des dépressions intra-Siwaliks localisées en aval immédiat d'un chevauchement intra-Siwaliks. Le Dun d'Hetaura au Népal Central (G. HERAIL et G. MASCLE, 1980) montre des lambeaux d'une terrasse ancienne très altérée, gauchie au voisinage du chevauchement, en outre ses variations d'épaisseur suggèrent un jeu synclinal du Dun contemporain de la sédimentation.

Au Kumaon K.S. VALDIYA (1964) a signalé des déformations du Quaternaire.

3. ÉVOLUTION SÉDIMENTAIRE DES SIWALIKS

Le substratum des Siwaliks est constitué par une série de grès fins verts et pourpres (formations de Darhmsala et de Murree) qui forment une lame tectonique coincée entre le Moyen-Pays et les Siwaliks à l'Ouest de la chaîne himalayenne. Ils ont également été rencontrés dans des forages.

Au Népal central, ils affleurent exceptionnellement à la faveur du chevauchement des Duns dans la Marin Khola. Ces faciès détritiques fins et très réguliers expriment l'éloignement des reliefs qui les ont nourris à l'Oligocène et au Miocène inférieur.

La série des Siwaliks elle-même présente trois ensembles lithologiques. Les *Siwaliks inférieurs* comportent une succession de séquences composées généralement de conglomérats à galets et blocs bien imbriqués, de grès à stratifications obliques courbes, de grès fins laminés, de pélites rouges ou grises laminées ou massives à intercalations charbonneuses et de pélites à nodules carbonatés. Les variations latérales sont rapides. Les directions d'écoulement montrent que le matériel provenait de reliefs situés au Nord. Les niveaux actuellement observés au contact du M.B.T. correspondent à des faciès intermédiaires et distaux de larges cônes de déjection parcourus par des rivières à chenaux anastomosés; les faciès proximaux de ces cônes ont disparu sous le chevauchement du M.B.T.; on peut évaluer la partie manquante à une trentaine de kilomètres. L'analyse des galets et celle des minéraux lourds montrent que les matériaux ont pour origine les séries du Moyen-Pays. Or, actuellement, au Sud de Kathmandu, ces séries n'affleurent que sur une bande extrêmement étroite, parfois inférieure à 200 m. La carte (fig. 1) montre que cette situation est assez générale tout au long de la chaîne si l'on excepte le Népal occidental et une partie de l'Himachal Pradesh. Ceci implique la disparition au niveau du M.B.T., en plus des parties proximales des édifices sédimentaires Siwaliks, évoqués plus haut, d'une notable partie du Moyen-Pays, ou de séries analogues, sur une largeur évaluée entre 20 et 30 km par J. STOCKLIN (1980).

La série des *Siwaliks moyens*, débute vers 10 MA (N. JOHNSON *et al.*, 1982). Elle montre des séquences composées de conglomérats quartzitiques, grès à stratifications entrecroisées, grès massifs, pélites, argiles grises ou ocre-rouge et paléosols carbonatés. Les variations latérales sont fréquentes. Le matériel paraît très frais. La différence fondamentale avec les Siwaliks inférieurs est ici l'apparition dans les minéraux lourds d'espèces métamorphiques issues de faciès proches du M.C.T. En même temps la vitesse de sédimentation paraît plus forte que dans les séries précédentes. Tout ceci traduit la proximité plus grande de reliefs marqués intéressant les séries de la Dalle du Tibet.

Les *Siwaliks supérieurs* débutent vers 5 MA (JOHNSON *et al.*, 1982). Ils sont formés d'alternances de bancs de galets grossiers et de lits de sables et

limons de teinte fauve; les galets mous sont fréquents; l'induration est faible. Les minéraux lourds sont les mêmes que dans les Siwaliks moyens, mais les proportions de minéraux fragiles sont moindres. Les oxydes sont abondants. Parmi les galets, on note la présence fréquente de grès de Darhmsala et de grès des Siwaliks inférieurs. Les Siwaliks supérieurs paraissent liés à des écoulements fluvio-torrentiels issus de reliefs importants assez proches, qui entamaient les séries Siwaliks inférieurs.

Ainsi la sédimentation de la série Siwaliks témoigne-t-elle du rapprochement progressif d'un front montagneux.

4. LES DÉFORMATIONS DU MATÉRIAU SIWALIK

La déformation du matériau Siwalik a été étudiée au Népal central au long de plusieurs coupes parallèles échelonnées sur près de 250 km du front himalayen et grâce à quelques observations ponctuelles au Kashmir et au Kumaon.

A l'échelle de l'affleurement, la déformation se manifeste par l'apparition d'un réseau de fractures. Une première famille est constituée de fractures à plongement nord, synthétiques des chevauchements. Ces fractures ont généralement un rejet inverse de plusieurs décimètres. Les diagrammes statistiques (fig. 3) montrent que la direction la plus fréquente varie de N 110 à N 130, et le plongement de 20 à 40 degrés Nord. Quelques pendages plus forts ont été observés; ils sont interprétés comme fractures de Skempton. Une deuxième famille est représentée par les fractures à plongement sud; elles forment en général un maillage serré, mais présentent des rejets inverses faibles, centimétriques à millimétriques. Les directions les plus fréquentes varient de N 100 à N 125, et le plongement de 25 à 40 degrés Sud (fig. 4). Une troisième famille correspond à des fractures de relais orientées N 010 à N 030 à jeu dextre. Une schistosité d'entraînement fruste, très redressée, apparaît, à proximité du M.B.T., dans les joints pélitiques fins situés entre deux bancs gréseux (fig. 4).

A l'échelle de l'échantillon, les microdéformations se manifestent dans les galets et les grains détritiques. On observe des microfractures avec rejets parfois notables (fig. 5-6) qui peuvent traverser plusieurs grains de quartz. Certains joints sont remplis d'une calcite de néoformation qui apparaît également dans les espaces abrités (fig. 5-6). L'écrasement des éléments est important, on observe des galets impressionnés et des éléments phylliteux emboutis (fig. 5-6), des grains de quartz éclatés (fig. 5-6), ainsi que l'apparition de désordres du réseau cristallin et de structures en mosaïque. Ces microstructures existent aussi bien dans les séries très indurées des Siwaliks inférieurs et moyens que dans celles des Siwaliks supérieurs et sont associées aux diverses zones de chevauchements.

Ces déformations apparaissent comme les manifestations structurales et microstructurales associées à un système compressif en climat relativement superficiel.

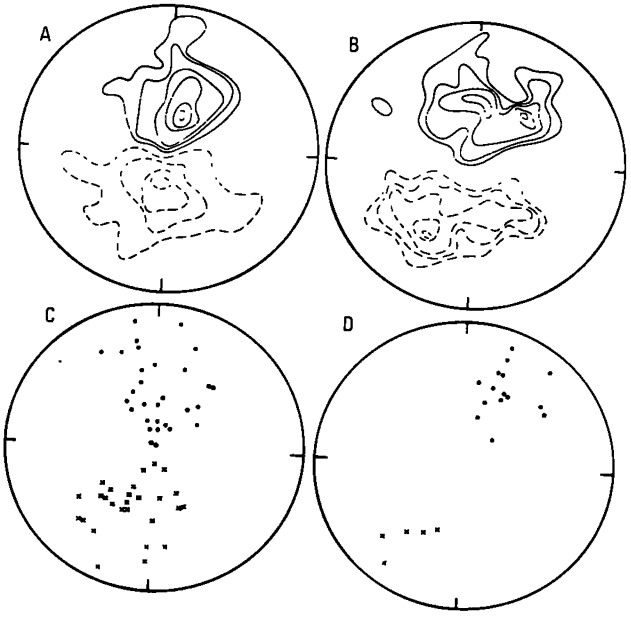

FIG. 3. – Mesures de fractures dans les Siwaliks du Népal Central.
Projection sur canevas de Schmidt (hémisphère inférieur) des pôles de plans de fracture.
Trait plein et points : fractures synthétiques des chevauchements – tireté et croix : fractures antithétiques.
a) M.B.T. : région de la Bagmati (coupe 6, fig. 2), 130 et 66 mesures, contours : 1 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 15 et 20%.
b) M.B.T. : région de la Trisuli (coupe 5, fig. 2), 45 et 43 mesures, contours id.
c) Chevauchement des Duns région de la Bagmati (coupe 6, fig. 2).
d) Chevauchement des Siwaliks région de la Bagmati (coupe 6, fig. 2).

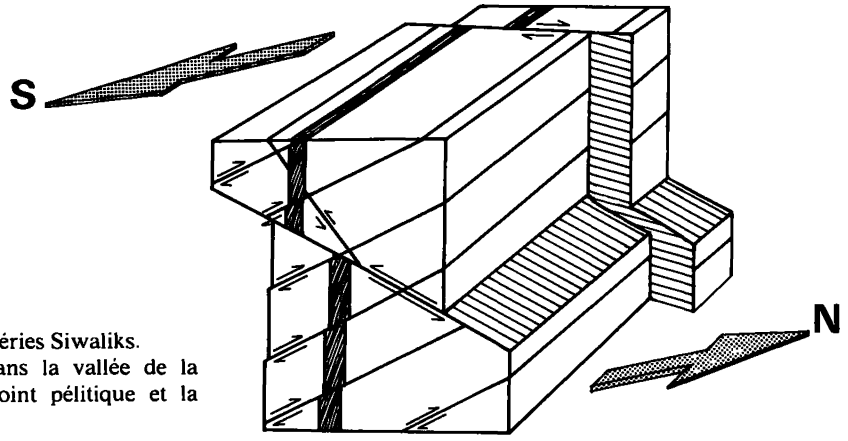

FIG 4. – Déformation dans les séries Siwaliks.
Schéma inspiré d'un exemple pris dans la vallée de la Bagmati (coupe 6, fig. 2) : hachuré joint pélitique et la schistosité d'entraînement.

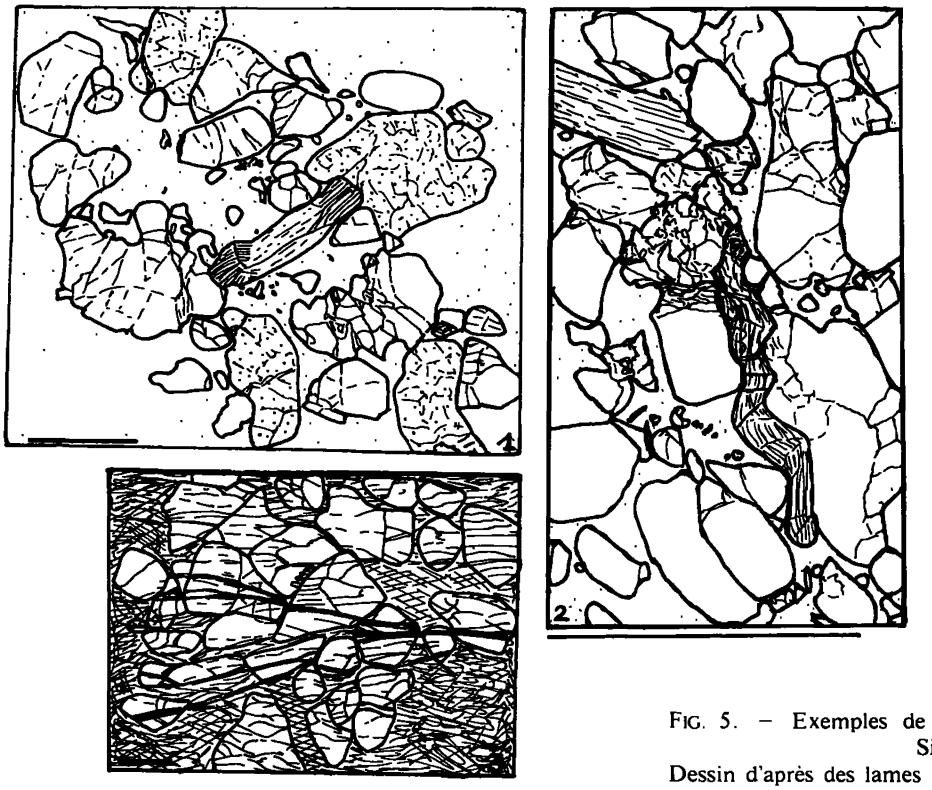

FIG. 5. – Exemples de déformation intime des séries Siwaliks.
Dessin d'après des lames minces; le trait représente environ 0,1 mm; blanc : quartz détritique; pointillé serré : quartzites; strié : quartzites foliés; pointillé fin : ciment fin et matrice fine.
1 : Grès des Siwaliks inférieurs à proximité du M.B.T., noter les quartz fracturés et l'élément de quartzite déformé;
2 : Grès des Siwaliks inférieurs à proximité du M.B.T.; noter l'emboutissage de l'élément schisteux et les quartz fracturés;
3 : Grès des Siwaliks moyens à proximité du chevauchement des Duns : fractures traversant plusieurs grains.

FIG 6. – Exemples de déformation intime des séries Siwaliks.

Photographies de lames minces; le trait représente environ 0,1 mm : 1 : grès des Siwaliks supérieurs à proximité du chevauchement des Duns; noter l'élément phylliteux embouti, les quartz fracturés et décrochés, les joints de tensions apparus dans un quartz écrasé. 2 : Grès des Siwaliks inférieurs à proximité du M.B.T., quartz écrasés et fracturés, vers le centre de la photo quartz éclaté. 3 : Grès des Siwaliks moyens à proximité du chevauchement des Duns. Noter les nombreux joints de tension remplis de calcite.

5. CONCLUSION
LES SIWALIKS : UN PRISME D'ACCRÉTION
(fig. 7)

La poussée de l'Inde due au fonctionnement de la dorsale Indienne s'est effectuée depuis l'Oligocène à une vitesse proche de 45 à 65 mm/an. L'activité structurale importante au niveau du M.B.T. montre que c'est là que s'effectue, actuellement, sans doute en grande partie, la compensation spatiale.

Les données sur la structure de la croûte indienne (H. NARAIN, 1973), les forages effectués dans la dépression gangétique (V. SASTRI *et al.*, 1971) et les observations du jeu du M.B.T. indiquent que la croûte indienne disparaît sous l'Himalaya (LE FORT, 1975). On a donc là une subduction intéressant deux éléments formés de croûte continentale (A-Subduction selon A. BALLY et A. SNELSON, 1980).

L'analyse de la région du M.B.T. et des Siwaliks permet de préciser quelques détails de l'évolution. La zone de subduction se présente comme un empilement d'unités d'autant plus jeunes qu'elles sont plus basses dans l'édifice. On observe une migration simultanée vers l'extérieur des reliefs et des structures et l'incorporation de lames sédimentaires successives au front himalayen. Ce schéma est typiquement celui d'un prisme d'accrétion tectonique (D. SEELY *et al.*, 1974; D. KARIG et G. SHARMAN, 1975), et l'on peut remarquer que les caractères morphologiques et gravimétriques des zones de subduction sont également respectés ici. Ce prisme est formé par la superposition de fragments de séries sédimentaires récentes désolidarisées de la croûte en subduction; ces fragments sont déformés par des structures compressives. Le domaine Siwalik représente par ailleurs une avant-fosse molassique typique et le scénario révélé de son évolution doit pouvoir s'adapter aux avant-fosses quel que soit leur âge.

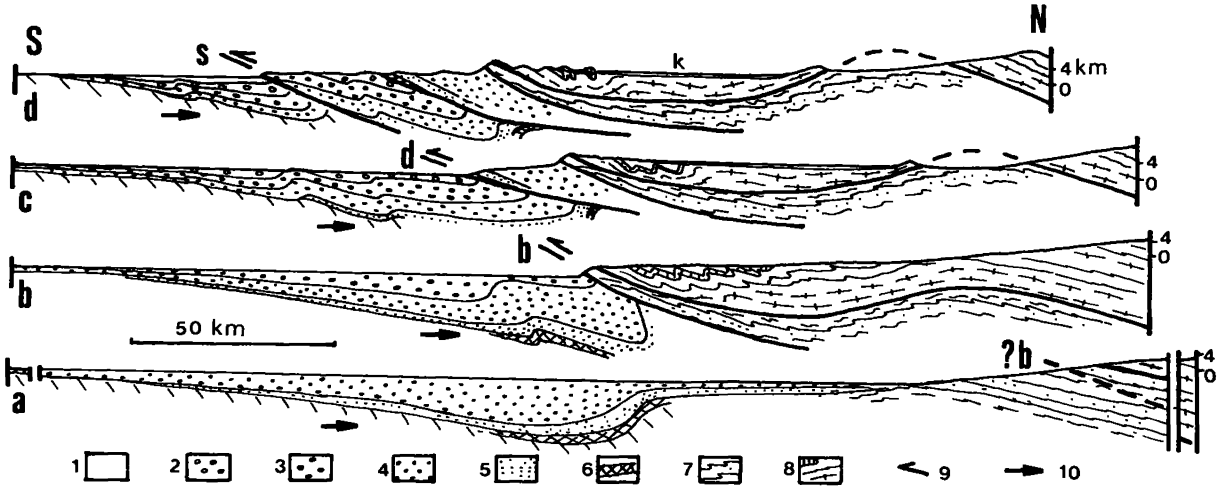

FIG 7. – Schéma d'évolution du prisme Siwaliks.
1 : Quaternaire gangétique et (k) Plio-Quaternaire des bassins internes (Kathmandu, Kashmir); 2 : Siwaliks supérieurs, conglomérats et sables plio-quaternaires (< 5 MA); 3 : Siwaliks moyens, grès, pélites et argiles mio-pliocènes (10 à 5 MA); 4 : Siwaliks inférieurs, grès et pélites miocènes; 5 : Darhmsala et Murree, grès fins oligo-miocènes; 6 : vulcanites, Paléozoïque supérieur probable et Précambrien du bouclier indien; 7 : séries du Moyen Pays, schistes, quartzites, marbres d'âge essentiellement précambrien supérieur et quelques niveaux du Paléozoïque supérieur et de l'Eocène moyen; 8 : série du Haut Himalaya, Précambrien supérieur à (ici) Paléozoïque inférieur; 9 : chevauchement actif; 10 : poussée du bouclier indien. A : au cours du dépôt des Siwaliks inférieurs (vers 15 MA) début possible du jeu du M.B.T. (?b); B : au cours du dépôt des Siwaliks moyens (entre 10 et 5 MA) jeu du M.B.T. (b); C : au cours du dépôt des Siwaliks supérieurs (entre 5 et 1 MA) jeu du chevauchement des Dunss; D : état actuel, jeu du chevauchement frontal des Siwaliks (d). L'essentiel du raccourcissement se produit au niveau du front de chevauchement, par subduction de la croûte indienne, cependant il est vraisemblable que la bordure active migre également vers l'extérieur de l'arc, comme le suggère le schéma;

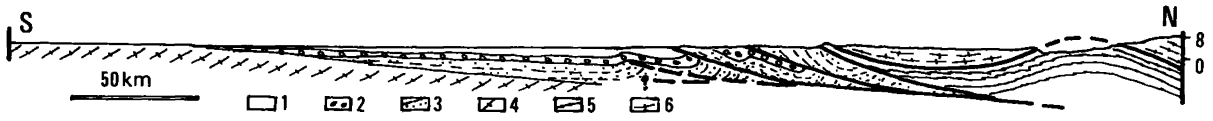

FIG 8. – Modèle de structure du prisme Siwaliks.
1 : Quaternaire; 2 : Siwaliks supérieurs; 3 : Siwaliks moyens et inférieurs et Darhmsala; 4 : socle indien; 5 : Moyen Pays; 6 : Haut Himalaya.

BIBLIOGRAPHIE

BALLY A. et SNELSON A. (1980). – Realms of subsidence. *Canad. Soc. Petrol. Geol.*, Mem. 6, p. 9-94.

BASSOULLET J.P., BOULIN J., COLCHEN M., MARCOUX J., MASCLE G. et MONTENAT C. (1980). – Evolution des domaines téthysiens au pourtour du bouclier indien du Carbonifère au Crétacé *in* les chaînes alpines issues de la Téthys. *Coll. C5, 26e Congr. Géol. Intern.*, J. AUBOUIN, J. DEBELMAS et M. LATREILLE Ed., *Mém. B.R.G.M.*, n° 115, p. 178-196.

BASSOULLET J.P., COLCHEN M., JUTEAU T., MARCOUX J., MASCLE G. et RIEBEL G. (1981). – Geological studies in the Indus suture zone of Ladakh (Himalayas) *in Recent research in the Himalayas*, V.J. Gupta Ed., sous presse.

BOUVIER F. (1981). – Première étude du réseau sismique népalais. *Thèse 3e cycle*, Univ. Paris, 135 p.

BRUNEL M., COLCHEN M., LE FORT P., MASCLE G. et PECHER A. (1979). – Structural analysis and tectonic evolution of the Central Himalaya of Nepal in Structural geology of the Himalaya, P.S. SAKLANI Ed., Delhi, p. 247-264.

CHANDRA U. (1978). – Seismicity, earthquakes mechanisms and tectonics along the himalayan mountain range and vicinity. *Physics of the Earth and Planetary interiors*, v. **16**, p. 109-131.

FITCH T.J. (1970). – Earthquakes mechanisms in the himalayan, Burma and Andaman regions and continental tectonics in Asia. *Journ. Geoph. Res.*, v. **75**, p. 2699-2709.

GANSSER A. (1964). – Geology of the Himalayas. J. WILEY Ed., London, 289 p.

HAGEN T. (1956). – Uber eine Uberschiebung der tertiäre Siwaliks über das rezentes Ganges alluvium in ost Nepal. *Geogr. Helvetica*, **5**, p. 217-219.

HERAIL G. et MASCLE G. (1980). – Les Siwaliks du Nepal central : structure et géomorphologie d'un piémont en cours de déformation. *Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, **471**, p. 259-267.

JOHNSON N.M., OPDYKE N.P., JOHNSON G.D., LINDSAY E.H. et TAHIRKHELI R.A.K. (1982). – A time framework based on magnetostratigraphy for the Siwaliks sediments of the Khaur area (Peshawar, Pakistan). *Pal. Pal. Pal.*, v. **37**, p. 17-42.

KARIG D. et SHARMAN G.F. (1975). – Subduction and accretion in trenches. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. **86**, p. 377-389.

LE FORT P. (1975). – Himalayas : the collided range. *Amer. Journ. Sciences*, v. **275**, p. 1-44.

LOMBARD A. (1958). – Un itinéraire géologique dans l'Est du Népal (massif du Mont Everest). *Mem. Soc. Helv. Sc. Nat.*, **82**, p. 1-107.

MCKENZIE D.P. et SCLATER J.G. (1971). – The evolution of the Indian ocean since the late cretaceous. *Roy. Astr. Soc. Geoph., J.*, v. **25**, p. 437-528.

NARAIN H. (1973). – Crustal structure of the Indian subcontinent. *Tectonophysics*, v. **20**, p. 249-260.

PECHER A. (1978). – Déformations et métamorphisme associés à une zone de cisaillement : exemple du grand chevauchement central himalayen (M.C.T.), transversale des Annapurnas et du Manaslu (Népal), *Thèse* Sciences Univ., Grenoble, 334 p.

RUPKE J. (1974). – Stratigraphic and structural evolution of the Kumaon lesser Himalaya. *Sedim. Geol.*, **11**, p. 81-266.

SAHNI M.R. et MATHUR L.P. (1964). – Stratigraphy of the Siwalik group- *22e congr. Geol. Int. N. Delhi*, 23 p.

SASTRI V.V., BHANDARI L.L., RAJU A.T.R. et DATTA A.K. (1971). – Tectonic framework and subsurface stratigraphy of the Ganga basin. *Journ. Soc. Geol. India*, **12**, p. 222-233.

SEELY D.R., VAIL P.R. et WALTON G.G. (1974). – Trench slopes model. *In* The Geology of continental margins C.A. BURKE et C.L. DRAKE Ed., Springer, N. York, p. 249-260.

STOCKLIN J. (1980). – Geology of Nepal and its regional frame. *Journ. Geol. Soc. London*, v. **137**, p. 1-34.

VALDIYA K.S. (1964). – The unfossiliferous formations of the lesser Himalaya and their correlations. *C.R. 22e Congr. Geol. Intern., N. Delhi*, **11**, p. 15-36.