

**TECTONIQUE.** — *Évolution tectonique polyphasée de la chaîne du Karakorum (Baltoro, Nord Pakistan).* Note de **Jean-Michel Bertrand** et **François Debon**, présentée par Maurice Roques.

Deux phases principales de déformation sont situées par rapport à l'évolution en plusieurs étapes du batholite du Karakorum. La première phase non datée pourrait correspondre à la collision arc du Kohistan-Eurasie; elle déforme les plutons du Crétacé moyen. Le granite du Baltoro, daté à 9 M.a., s'est mis en place à la fin de la seconde phase. La linéarité de la « Zone de Suture Nord » (MKT = Main Karakorum Thrust) est expliquée par un jeu tectonique très récent.

**TECTONICS.** — Polyphased tectonic evolution of the Karakorum belt (Baltoro, North Pakistan).

*Two major deformation events are shown and compared with the multistage evolution of the Karakorum batholith. The older phase deforms middle Cretaceous plutons; it could result from the Kohistan arc-Eurasia collision. The Baltoro granite was emplaced 9 M.a. ago by the end of the second deformation phase. This very young tectonic phase could explain the linearity of the NSZ (Northern Suture Zone) which would be better termed MKT (Main Karakorum Thrust).*

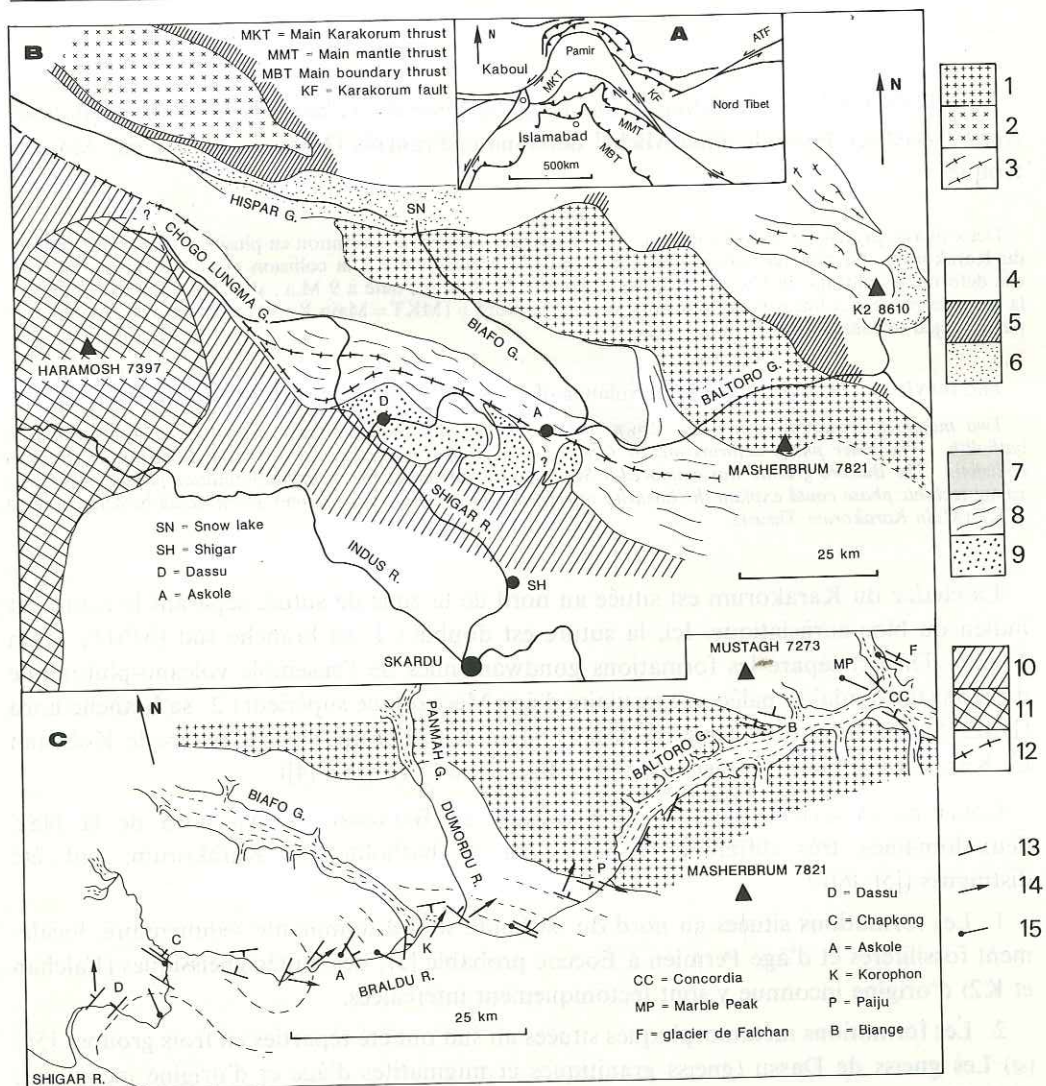
La chaîne du Karakorum est située au nord de la zone de suture séparant le continent indien du bloc eurasiatique. Ici, la suture est double : 1° sa branche sud (MMT, Main Mantle Thrust) sépare les formations gondwaniennes de l'ensemble volcāno-plutonique du Kohistan-Ladakh, paléo-arc insulaire d'âge Mésozoïque supérieur; 2° sa branche nord (NSZ, Northern Suture Zone ou MKT, Main Karakorum Thrust) sépare le Kohistan du Karakorum, marge eurasiatique néotéthysienne (*fig.*, [1] à [4]).

**COUPE DE LA RIVIÈRE BRALDU ET DU GLACIER DE BALTORO.** — Au nord de la NSZ deux domaines très différents, séparés par le batholite du Karakorum, ont été distingués ([5], [6]) :

1. Les formations situées au nord du batholite sont à dominante sédimentaire, localement fossilifères et d'âge Permien à Éocène probable [5]; des unités gneissiques (Falchan et K2) d'origine inconnue y sont tectoniquement intercalées.

2. Les formations métamorphiques situées au sud ont été réparties en trois groupes [5] : (a) Les gneiss de Dassu (gneiss granitiques et migmatites d'âge et d'origine inconnus); (b) la Formation de Ganchen et (c) la Formation de la Dumordo, toutes deux à dominante métasédimentaire. Des unités basiques et ultrabasiques déformées et des métadiorites ont été reconnues dans les deux dernières formations qui pourraient être en partie équivalentes aux formations datées du nord ([5], [6]).

*Évolution tectonométamorphique et plutonique.* — L'histoire de la déformation est semblable dans les deux domaines [6]. Au sud du batholite, le stade le plus ancien (D 1) correspond à une foliation pénétrative, réalisée en conditions profondes. La rareté des plis isoclinaux suggère un régime de déformation en cisaillement simple; la linéation d'étirement, localement préservée, varie en direction de N0 à N30-N50. L'épisode D 2 correspond à de grands plis couchés à déversés d'axe N120, à plans axiaux pentés au NE (D 2) accompagnés parfois d'une nouvelle schistosité. Des plis plus tardifs à grand rayon de courbure (D 3) ont été signalés ([5], [6]). Enfin, dans des zones où la foliation est subverticale, des plis en chevrons dextres à axe vertical semblent jalonner des décrochements importants de direction N150 (glacier de Biafo), de même direction que le décrochement dextre du Karakorum situé plus à l'Est (e. g. [4]). L'évolution métamorphique montre une mobilisation syntectonique précoce (associations à grenat-disthène-staurotite)



Esquisses structurales. A, « Himalaya occidentale » d'après M. Mattauer [4]. B, Carte schématique de la région du Baltoro, d'après A. Desio [5] : (1) granite du Baltoro; (2) granodiorite de Biafo; (3) gneiss du K2; (4) formations sédimentaires du nord; (5) « gneiss péribatholitiques »; (6) gneiss de Falchan; (7) formation de la Dumordu; (8) formation de Ganchen; (9) gneiss de Dassu; (10) formations de la NSZ et du Kohistan; (11) gneiss du Nanga Parbat-Haramosh; (12) failles et contact anormaux d'après A. Desio. C, Données structurales, vallée de la Braldu et glacier du Baltoro : (13) SO et/ou S1 et orientation du granite; (14) linéation d'étirement; (15) axes de plis post-foliation.

Structural sketch maps. A, Western Himalaya, after Mattauer [4]. B, Sketch map of the Baltoro area after Desio [5]: (1) Baltoro granite; (2) Biafo granodiorite; (3) K2 gneisses; (4) northern sedimentary formations; (5) "peribatholitic gneisses"; (6) Falchan gneisses; (7) Dumordu formation; (8) Ganchen formation; (9) Dassu gneisses; (10) NSZ and Kohistan domains; (11) Nanga Parbat-Haramosh gneisses; (12) faults and thrusts from Desio's map [5]. C, Structural data, Braldu valley and Baltoro glacier: (13) S0 and/or S1 and granite foliation; (14) stretching lineation; (15) post-foliation fold axe.

et une phase tardive de type basse pression postérieure aux grands plis post-foliation. Dans les formations sédimentaires du nord, les plis déversés d'axe N120 déforment une schistosité préexistante; de grands plis isoclinaux replissés ont été observés (paroi NW

du Gasherbrum IV, Marble Peak, Mitre Peak), mais aucune linéation n'a été reconnue. Le métamorphisme est de faible degré mais des cornéennes à andalousite et sillimanite soulignent le contact du granite du Baltoro [5].

Le batholite du Karakorum est composé ici de deux ceintures plutoniques majeures orientées WNW-ESE, bien différentes l'une de l'autre par l'âge, la nature et l'évolution tectonométamorphique [7] :

1° la plus ancienne, improprement (P. Le Fort, comm. pers.) désignée comme « granodiorite de Biafo » [5], a été définie dans la région de Hunza [8] : association calco-alcaline d'âge Crétacé moyen, principalement composée de granodiorites souvent très déformées et recristallisées (orthogneiss). Au Baltoro, cette ceinture est représentée par tout ou partie des « peribatholitic gneisses » de Desio [5] et peut-être des gneiss de Muztagh et du K2. A Biange par exemple, la structure de ces orthogneiss a été acquise lors de la phase D1. Les filons de lamprophyre (baltorite) et la diorite de Falchan Kangri (associés d'après [5]) seraient plus récents car, à la base du Marble Peak, les filons recoupent une première schistosité mais sont déformés et boudinés par D2 ;

2° la plus récente, « granite du Baltoro » ([5], [7]) est située au sud de la précédente. C'est une ceinture subcalcaire leucocrate [7], bien circonscrite, allongée parallèlement aux structures D2. A Biange, son contact nord est souligné par un réseau subparallèle de filons de granite plus fin intrusifs dans des micaschistes et dans les orthogneiss. Le caractère syn à tardi tectonique (D2) du granite du Baltoro est attesté par le parallélisme de sa foliation peu marquée (d'origine pro parte magmatique), de l'orientation des enclaves métasédimentaires déformées et du contact avec l'encaissant ; des filons aplopegmatitiques sont perpendiculaires à l'allongement des enclaves. Le long du contact sud (Paiju), des migmatites tardives à sillimanite orientée N110 se développent aux dépens des gneiss, suggérant une relation entre le recuit BP décrit plus haut et la mise en place syn à tarditectonique (D2) du granite qui a été datée à 9 M.a. [7] ; des données  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  obtenues à Dassu (H. Maluski, comm. pers.) et sur un granite du Cachemire [9] confirment cet âge.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS. — L'évolution géotectonique du Karakorum correspond donc à deux étapes majeures bien séparées dans le temps. D'abord, une tectonique tangentielle (D1) a affecté les granitoides d'âge Crétacé moyen et pourrait être liée à la collision de l'arc du Kohistan et du Karakorum ([7], [10]). L'âge très jeune (Miocène supérieur) du granite du Baltoro associé à la phase D2 souligne la discontinuité entre les deux phases. Le Karakorum occupe une position particulière, en face d'un « promontoire » de la plaque indienne, le massif du Nanga Parbat-Haramosh (NPH). A cet endroit, le MMT, souligné par d'épaisses mylonites, plonge à la verticale, de part et d'autre des gneiss du Nanga Parbat. Cette structure, due à un plissement transversal tardifs ([2], [4]) est compatible avec la surrection différentielle du NPH [11] et avec les âges de refroidissement très jeunes (traces de fission : 2 à 1,3 M.a. sur zircon, 0,9 à 0,4 sur apatite), mais la NSZ, située au nord et probablement plus ancienne que le MMT ([7], [10]) ne semble pas déformée par ce plissement. La linéarité de la NSZ suggère au contraire un fonctionnement plus récent et qu'elle correspond plutôt à un MKT, charriage tardif rétro-morphique ([4], [6]), postérieur à notre phase D2. Dans cette hypothèse, les formations basiques de la Braldu pourraient correspondre à des digitations replissées de la suture (NSZ *sensu stricto*), ou à des intrusions d'arrière arc contemporaines de l'arc Crétacé du Kohistan. Nos observations confirment le modèle de subduction continentale

proposé par Mattauer [4] : l'intense reprise en conditions basse pression, combinée aux taux de surrection anormalement élevés, et surtout l'âge Miocène supérieur des granites leucocrates indiquent qu'un tel processus est probablement toujours actif au Karakorum. On aurait donc là, à peine figé, un dispositif analogue à celui du Tibet où, d'après les données magnétotelluriques [12], existeraient, à faible profondeur crustale, des zones de fusion partielle.

Le travail de terrain, financé par le GRECO Himalaya-Karakorum, le C.R.P.G. et le Club Alpin français, a reçu l'aide de « Terres d'aventure ».

Contribution C.R.P.G. n° 675.

Reçue le 13 octobre 1986.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] A. GANSSER, *Mém. B.R.G.M.*, 115, 1980, p. 140-148; R. A. K. TAHIRKHELI, M. MATTAUER, F. PROUST et P. TAPPONNIER, in *Geodynamics of Pakistan, Geol. Surv. Pakistan*, A. FARAH et K. A. DE JONG éd., 1979, p. 125-130.
- [2] M. P. COWARD, B. F. WINDLEY, R. D. BROUGHTON, I. W. LUFF, M. G. PETERSON, C. J. PUDSEY, D. C. REX et M. ASIF KHAN, in *Collision Tectonics*, Geol. Soc. London Spec. pub., 19, M. P. COWARD et A. C. RIES éd., 1986, p. 203-219.
- [3] H. MALUSKI et P. MATTE, *Tectonics*, 3, 1984, p. 1-18.
- [4] M. MATTAUER, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, II, 1986, p. 143-157; *Comptes rendus*, 296, série II, 1983, p. 481-486.
- [5] A. DESIO et B. ZANETTIN, *Italian expeditions to the Karakorum and Hindu Kush*, II, E. J. BRILL éd., Leiden, 1970, 308 p.; A. DESIO, *Institute of Geology*, Univ. Milan, 1964, carte géologique.
- [6] M. P. SEARLE, A. J. REX, R. TIRRUL, B. F. WINDLEY, M. ST. ONGE et P. HOFFMAN, soumis à *Geology*, 1986.
- [7] F. DEBON, J. L. ZIMMERMANN et J. M. BERTRAND, *Comptes rendus*, 303, série II, 1986, p. 463-468; F. DEBON, P. LE FORT, D. DAUTEL, J. SONET et J. L. ZIMMERMANN, *Lithos*, 1986 (sous presse).
- [8] P. LE FORT, A. MICHARD, J. SONET et J. L. ZIMMERMANN, in *Granites of Himalayas Karakorum and Hindu Kush*, F. A. SHAMS éd., Inst. Geol. Punjab Univ., Lahore Pakistan, 1983, p. 377-387.
- [9] P. H. REYNOLDS, M. E. BROOKFIELD et R. H. McNUTT, *Geol. Rundsch.*, 72, 1982, p. 981-1004.
- [10] M. G. PETERSON et B. F. WINDLEY, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 74, 1985, p. 45-57.
- [11] P. K. ZEITLER, *Tectonics*, 4, 1985, p. 127-151.
- [12] V. N. PHAM, D. BOYER, P. THERME, X. C. YUAN, L. LI et G. Y. JIN, *Nature*, 319, 1986, p. 310-314.

J. M. B. et F. D. : Centre de recherches pétrographiques et géochimiques,  
B.P. n° 20, 54501, Vandœuvre-lès-Nancy Cedex et GRECO Himalaya-Karakorum.