

## DONNÉES STRATIGRAPHIQUES ET ÉVOLUTION OROGÉNIQUE EN AFGHANISTAN BILAN ET PERSPECTIVES DE LA MISSION GÉOLOGIQUE FRANÇAISE

par J. BLAISE \*, P. BORDET \*, J. BOULIN \*\*, E. BOUYX \*\*, R. DESPARMET \*, J. LANG \*\*,  
A. F. de LAPPARENT \*, G. MENNESSIER \*\*\*, C. MONTENAT \* et J. PIAS \*\*\*\*

### INTRODUCTION

Les membres de la Mission française en Afghanistan rassemblent ici les données acquises au cours de ces dernières années. Ils tentent ensuite de décrire l'évolution orogénique de ces régions à partir des secteurs où elle a été plus particulièrement étudiée, puis de dégager quelques perspectives sur des problèmes qu'ils envisagent d'examiner à l'avenir.

Ces pages ne prétendent pas constituer une esquisse générale de l'Afghanistan, en ce qu'elles font seulement état des données recueillies dans un certain nombre de régions assez distantes les unes des autres et encore mal raccordées entre elles. Elles supposent naturellement établies, par ailleurs, les acquisitions des premiers explorateurs, celles des géologues afghans et celles des missions allemandes et soviétiques.

### LES FAITS STRATIGRAPHIQUES

#### I. LE PRÉCAMBRIEN.

1. Dans la région de Kaboul, le Précambrien se subdivise en deux ensembles concordants : la série

de Deh-e-Sabz à la base, celle de Kaboul au sommet. La première est essentiellement constituée par des marbres et des quartzites, tandis que la deuxième comporte, de bas en haut, des gneiss, des quartzites, des micaschistes, des marbres et des pélites épimétamorphiques souvent carbonatées. Les deux séries sont injectées de diorite.

2. En Afghanistan central, le Paléozoïque repose en discordance sur un socle polymétamorphique dont les affleurements sont discontinus. Ce socle peut être rapporté au Précambrien car, entre le Maydan et le Wardak, les terrains les plus anciens du Paléozoïque sont cambro-trémadociens.

Vers l'Est, aux abords de l'accident d'Arghandeh qui les sépare du socle de la région de Kaboul, une grande partie de ce Précambrien a été métamorphosée et migmatisée, en même temps que sa couverture paléozoïque. Les terrains qui le représentent sont alors plus difficiles à identifier et à limiter. On observe ainsi, près de Paghman, un noyau précambrien légèrement transformé, comme sa couverture paléozoïque, par un métamorphisme de type cornéenne.

On vient de découvrir, dans l'Arghandab, des grès rouges à Bilobites du Cambrien et des dolomies à Stromatolites de l'Éocambrien, formant un ensemble discordant sur des mica-schistes intensément plissés. Or, de tels schistes cristallins affleu-

\* Institut de Géologie, I.G.A.L., 21, rue d'Assas, 75-Paris 6°.

\*\* Laboratoire de Géologie Historique de l'Université Paris VI, Bâtiment 15-25, 4, Place Jussieu, 75-Paris 5°.

\*\*\* Laboratoire de Géologie de l'Université d'Amiens, 33, rue Saint-Leu, 80-Amiens.

\*\*\*\* O.R.S.T.O.M.-S.S.C., 70-74, route d'Aulnay, 93-Bondy.

1. Voir carte de situation, in A. F. de Lapparent (1972), *Rev. Géogr. Géol. dynam.*, (2), vol. XIV, fasc. 4, p. 327-344, carte II.

- 4 JUL. 1973

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° B 6211 Pado

rent au-dessous du Paléozoïque en bien des points de l'Afghanistan central.

3. *Dans une zone intermédiaire entre l'Hazarajat et l'Hindou Kouch*, on attribue au Précambrien la série inférieure de Kalu. On en retrouve aussi dans une série métamorphique de faciès schistes verts-amphibolite, à niveaux volcaniques, qui affleure au Sud du bassin de Bamyan. Au Nord de ce bassin enfin, certaines formations métamorphiques de l'extrémité occidentale de l'Hindou Kouch correspondent probablement au Précambrien.

4. *Au Sud de l'Hindou Kouch central*, dans les reliefs qui appartiennent à l'extrémité septentrionale des Monts de Paghman et au coin extrême oriental du Nouristan, des gneiss constituant les séries de Gulbahar et de Pul-e Matak représentent aussi, sans doute, le Précambrien. Le métamorphisme atteint ici le faciès almandin-amphibolite.

## II. LE PALÉOZOÏQUE.

1. *Dans la région de Kaboul*, le Paléozoïque manque presque en entier. Il n'est représenté que par le Permien supérieur, gréseux puis calcaire, à la base de la série de Khingil.

2. *En Afghanistan central*, au contraire, la série paléozoïque est complète du Cambrien au Permien supérieur. Il s'agit d'un ensemble sédimentaire marin où le Cambro-trémadocien, l'Arenig, l'Ordovicien moyen et supérieur, le Silurien et presque tous les étages du Dévonien, le Carbonifère moyen et supérieur et tous les niveaux du Permien, à l'exception du Pamirien, sont datés par des fossiles.

L'analyse des faciès y témoigne de la faible profondeur de la sédimentation, en dépit de la puissance des séries qui atteignent parfois plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. La répartition des dépôts n'a pas été uniforme : à des sillons subsidés où la sédimentation a été continue s'opposent des zones de haut-fond — l'axe Maydan-Behsud notamment — sur lesquelles se sont déployées différentes transgressions paléozoïques (ordovicienne-dévonienne-carbonifère-permienne). La morphologie du socle précambrien semble avoir joué un rôle notable dans cette répartition, tout au long de la sédimentation paléozoïque. Le long d'axes structuraux particuliers (axe Maydan - Surpul notamment), les terrains paléozoïques ont été métamorphisés jusqu'à la zone à sillimanite.

La stratigraphie du Primaire est ainsi bien précisée grâce aux nombreuses faunes découvertes au Sud de la ligne Maydan-Behsud. Il n'en est pas de même au Nord de cet axe où de vastes ensembles schisteux sont encore mal datés, tout en étant rapportés au Paléozoïque en raison de la présence de rares fossiles et à cause des analogies lithologiques avec les schistes de l'Hazarajat. Ces ensembles schisteux se prolongent vers le Nord jusqu'aux abords de l'Hindou Kouch, dans les Monts de Turkman, où apparaît un Dévonien fossilifère.

3. *Dans l'Hindou Kouch occidental*, la première discordance repérée se trouve à la base d'une série constituée par des formations gréso-conglomératiques suivies de niveaux fossilifères à dominante carbonatée datés du Permien (Artinskien à Murghabien). Cette série transgresse un ensemble en partie métamorphisé dans lequel il n'a pas été possible de démêler jusqu'ici les parts respectives d'un éventuel Précambrien et d'un Paléozoïque inférieur dont l'existence est attestée par la présence de phtanites à Radiolaires (Silurien ?). Dans l'Hindou Kouch occidental, par conséquent, et contrairement à ce que l'on a observé dans les domaines situés au Sud, une nette discordance stratigraphique sépare le Paléozoïque supérieur d'un ensemble rapporté en partie au Paléozoïque inférieur. Au Sud et à l'Est de Bamyan, en outre, une série schisto-gréseuse dans laquelle sont incluses des phtanites à Radiolaires et spicules de Spongiaires repose en discordance sur une série métamorphique anté-paléozoïque.

4. *On retrouve enfin une discontinuité dans le versant nord de l'Hindou Kouch central*, à Khinjan notamment, où un Paléozoïque supérieur débutant ici par le Namurien B est transgressif sur un granite arénisé. Ce dernier est intrusif dans une série métamorphique — la série du Salang — d'apparence stratigraphiquement homogène. Celle-ci comporte des micaschistes à staurotide et grenat auxquels deux masses carbonatées recristallisées sont associées : une masse inférieure, parfois hématisée et une autre supérieure, plus importante, faite de calcaires et de dolomies. Cette série a été notablement déformée puis granitisée avant la transgression du Carbonifère moyen. Ses termes de base ont livré des traces de Radiolaires qui, comme ceux de Bamyan, invitent à envisager l'existence d'un Paléozoïque inférieur. Cet ensemble surmonte actuellement le socle précambrien supposé que représentent les séries de Gulbahar et de Pul-e Matak. Il en est séparé par l'accident de Jabal u Seraj, qui pourrait correspondre à une ancienne discordance angulaire.

## III. LE MÉSOZOÏQUE.

1. *Dans les montagnes centrales de l'Afghanistan*, le Mésozoïque succède en continuité au Permien.

Le Trias est représenté par un puissant ensemble calcaréo-dolomitique à la partie inférieure duquel le Scythien a pu être caractérisé par des Ammonites et par des Foraminifères, tandis que le sommet est du Rhétien à Mégalodons.

Le Lias et le Jurassique sont présents, mais incomplets; puis des couches bauxitiques soulignent une émergence.

Le Crétacé qui vient ensuite repose partout en discordance angulaire sur son substratum. Il débute par des conglomérats rouges suivis de calcaires à Orbitolines du Barrémien supérieur et de l'Aptien. Le Cénomaniens correspond à une plus grande extension de la mer qui vient du Sud-Ouest et le Turonien est transgressif dans les Monts de Turkman.

2. *Au versant nord de l'Hindou Kouch* existe un Mésozoïque complet qui, contrairement à celui de l'Hazarajat, ne succède pas en continuité au Paléozoïque. Ainsi, à Doab et à Khinjan, un épais Trias volcano-sédimentaire débute par un conglomérat remaniant le Permien sous-jacent. Sur ce Trias, en partie marin, fortement déformé, repose en discordance un Jurassique continental (la série de Saïghan). Le Crétacé est d'abord continental puis marin. Il est à son tour discordant sur son substratum. Il repose ainsi, avec une angularité d'importance variable, tantôt sur le Jurassique, tantôt sur le Trias, le Permien et même sur les formations anciennes plus ou moins redressées. A l'extrémité occidentale de l'Hindou Kouch, notamment, le Sénonien marin, sub-horizontal, surmonte ces dernières redressées à la verticale. La bordure nord de l'Hindou Kouch apparaît ainsi comme une zone d'instabilité pendant tout le Secondaire.

3. *Le secteur de Bamyân* semble avoir joué un rôle privilégié au Crétacé entre l'Hindou Kouch et l'Afghanistan central. Il marque, en effet, la limite atteinte par les mers du Crétacé inférieur et du Cénomano-Turonien, ouvertes au Sud sur la Mésogée et celle de la mer Sénonienne venue du Nord, du Turkestan afghan.

4. *Dans le domaine béloutche*, enfin, le Mésozoïque est variable. Il est calcaire dans la région de Kaboul (série de Khinguil), mis à part le Crétacé terminal schisto-ophiolitique (série de Kotagaé), et dans la chaîne d'Altimour (série d'Altimour). Il devient schisto-ophiolitique plus à l'Est (série de Rokian) ou encore grés-carbonaté à la base, puis schisto-ophiolitique au sommet, vers la frontière pakistanaise.

## IV. LE TERTIAIRE.

Deux types de formations représentent le Tertiaire, dans les régions examinées : des dépôts marins et des dépôts continentaux.

1. *Au Nord de l'Hindou Kouch*, des calcaires marins du Paléocène sont intimement liés au Crétacé et forment, dans les plaines du Turkestan afghan, l'ossature supérieure de nombreux anticlinaux. La mer s'est retirée dès le début de l'Eocène, laissant des dépôts marno-gypseux. Des conglomérats discordants, oligocènes et néogènes, enregistrent des phases successives de plissements.

2. *Au pied sud de l'Hindou Kouch*, des dépôts continentaux se sont accumulés, en une suite de bassins intra-montagneux alignés d'Est en Ouest, le bassin de Bamyân notamment. Dans celui-ci, plusieurs formations mio-pliocènes ont pu être distinguées et datées grâce à des restes de Vertébrés. La sédimentation y est clairement fonction de l'évolution du bassin lui-même et de celle de son environnement. De nombreux autres bassins à molasse rouge connus en Hazarajat se rattachent à ce type de dépôt.

3. *Le Tertiaire de la chaîne béloutche*, enfin, se caractérise par de nombreuses discordances, la principale se situant après le Lutétien moyen et avant le Néogène. Le paléogène est marin et comporte souvent des flyschs ou des séries schisteuses, des conglomérats de cordillères et des calcaires à Nummulites. Le néogène, sableux ou conglomératique, est continental (série du Lataband).

## V. LE QUATERNAIRE.

Bien que l'histoire de l'Afghanistan durant le Quaternaire soit loin d'être élucidée, un certain nombre d'indications nouvelles ont été dégagées.

1. *Loess, dépôts calcaires et pédogénèses*. L'étude des pédogénèses anciennes et actuelles, portant sur des régions choisies et différentes, a révélé une partie de l'histoire de l'Afghanistan au Quaternaire récent. Des loess anciens qui ont eu une large extension au Sud de l'Hindou Kouch se sont trouvés colluvionnés vers le fond des dépressions ou dans les cols, alors qu'au Nord de cette chaîne des formations identiques, peut-être plus récentes, demeurent encore accrochées aux flancs des montagnes.

La pédogénèse en Afghanistan est surtout marquée par la place prise par les croûtes et encroûtements calcaires sur conglomérats fluvio-glaciaires

et sur loess. La datation de ceux-ci par le Carbone 14, ainsi que celle de barrages de travertin, de calcaires et dolomies lacustres, ont montré deux périodes d'accumulation du calcaire entre 35 000 et 10 000 ans B.P. Elles indiquent la grande place tenue par le phénomène de migration du calcaire au cours de la dernière pulsation glaciaire Würm alors que les traces de glaciations plus anciennes sont difficilement décelables du fait d'intenses phénomènes d'érosion antérieurs à cette période. En haute altitude, des migrations du calcaire se poursuivent encore activement, tandis que se développent des sols périglaciaires à partir de 3 500 m.

Dans le Sud du pays, les marécages du Séistan ne sont plus que les témoins résiduels d'une vaste cuvette lacustre qui s'étendait jusqu'à Kandahar. Il a été reconnu deux fluctuations principales au cours de la période indiquée précédemment, ceci grâce à des terrasses successives de cours d'eau alimentant ce lac, à des dépôts de dolomie et sédiments calcaires lacustres, à des deltas fossiles. Ce n'est que dans un passé récent que les sols halomorphes et les sols à encroûtement gypseux se sont développés progressivement en même temps que s'asséchait le lac et que s'installaient les conditions actuelles d'aridité.

2. *Volcanisme récent.* La dépression volcano-tectonique du Dacht-e Nawar, située à l'Ouest de Ghazni, à 3 125 m d'altitude, est ceinturée par plusieurs dizaines d'appareils volcaniques. Quelques uns sont de grande taille, culminant à 4 500 m. Une particularité magmatique de ce volcanisme est d'être uniquement acide, rhyodacitique ou dacitique.

L'histoire de tous ces volcans est caractérisée par deux phases successives de fonctionnement : émission d'ignimbrites, débutant par des pluies de cendres; émission de nuées ardentes, suivies par la mise en place de dômes d'extorsion.

Le fait remarquable et non signalé ailleurs est ici que les deux phases de l'activité éruptive ont présenté, dans chaque éruption, à peu près la même importance quant au volume des matériaux émis.

## L'ÉVOLUTION OROGENIQUE

I. AVANT LES PLUS ANCIENS DÉPÔTS PALÉOZOÏQUES, des événements orogéniques dont nous ne pouvons saisir que les derniers effets ont abouti à la formation d'un socle. En Hazarajat on doit attribuer un âge précambrien à ce socle puisque la série paléozoïque qui le recouvre en discordance angu-

laire débute par du Cambrien. La discontinuité observée plus au Nord, dans l'Hindou Kouch, entre un Précambrien supposé et la série du Salang témoignerait aussi d'événements orogéniques antérieurs au Paléozoïque.

Le socle de la région de Kaboul, enfin, présente deux orogénèses successives : une première E-W (Afghanides) avec des chevauchements vers le Sud (nappe de Kaboul) ; une deuxième NE-SW (Ghaznévides) qui disloque la précédente.

II. À PARTIR DU PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR, l'évolution orogénique diffère selon que l'on considère l'Hazarajat, la bordure nord de l'Hindou Kouch, l'Hindou Kouch central et occidental, le secteur de Bamyan, l'Afghanistan du Sud-Est, c'est-à-dire chacune des régions où il nous a été possible de mettre en évidence une séquence d'événements assez complète.

1. En Hazarajat, des sédiments ont commencé à s'accumuler dès le Cambrien sur un socle dont certains traits morphologiques se sont constamment accusés au cours de l'histoire des dépôts et ont guidé leur répartition. Ce n'est guère qu'à partir du Permien, semble-t-il, que la transgression est devenue générale. Dans cette longue histoire sédimentaire, étalée du Cambrien au Jurassique inclus, ne s'enregistrent finalement que des mouvements épirogéniques, soulignés en particulier par les transgressions du Cambrien, du Dévonien, du Carbonifère et du Permien.

2. Dans l'Hindou Kouch, par contre, le Paléozoïque a probablement vu se dérouler un cycle orogénique complet — le cycle orogénique ancien de l'Hindou Kouch — qui a comporté sédimentation, métamorphisme et tectogenèse puis granitisation et, enfin, surélévation et abrasion, auquel a succédé un cycle sédimentaire Carbonifère moyen-Permien. Sa bordure nord, ensuite, n'a cessé d'être instable. Au volcanisme dont témoigne le Trias volcano-sédimentaire et qui paraît contemporain de mises en place granitiques, celle du granite du Salang notamment, datée par radiométrie, a succédé une première phase de déformations notables à la limite Trias-Jurassique; puis une deuxième à la limite Jurassique-Crétacé. Le Crétacé de cette bordure nord est lui-même déformé. Par contre, l'importance relative de ces diverses discontinuités, leur ampleur, leur extension et celle des phases tectogéniques qui leur sont liées sont difficiles à estimer. Peut-être, la phase qui est intervenue à la limite du Jurassique et du Crétacé a-t-elle été la plus importante ?

3. Cette phase anté-Crétacé est en effet marquée, en Afghanistan, excepté au Sud-Est, par une dis-

cordance angulaire plus ou moins accusée des formations crétacées sur les séries antérieures. On la connaît ainsi à la bordure nord de l'Hindou Kouch central, dans l'Hindou Kouch occidental, dans les monts de Turkman, mais aussi dans le Badakhchan, au Band-e Turkestan et vers Hérat. En Hazarajat, elle est située entre le Kimmeridgien et le Barrémien. Les âges radiométriques (140-150 M.A.) du granite de Chaydan et des roches métamorphiques et granitiques du Wardak témoignent de l'importance des phénomènes orogéniques qui s'y rapportent. Dans les montagnes centrales, cette phase anté-Crétacé paraît responsable de l'essentiel des structures qui affectent la série cambro-jurassique. Au plissement en longues bandes NE-SW à NNE-SSW s'est associé ici le jeu de grandes ruptures tectoniques, qui se sont produites de façon préférentielle au niveau d'anciens axes paléogéographiques déterminés par les hauts-fonds du socle. Ces zones structurales ont été également le siège de montées thermiques qui ont provoqué dans la série paléozoïque et dans son socle, métamorphisme et anatexie. Cette dernière est à l'origine d'importantes intrusions de pegmatites et de granodiorites. Les facteurs paléogéographiques ont donc eu ici une influence prépondérante dans le développement ultérieur des phénomènes tectoniques et thermiques.

4. Après la phase anté-Crétacé, l'Afghanistan central a été le siège de réactivations tectoniques des structures précédemment acquises. Celles-ci ont entraîné des plissements, voire des chevauchements, dans les séries postérieures au Jurassique, au Crétacé d'abord puis au Néogène. Elles ont aussi provoqué de nouvelles granitisations (granite de Mokur intrusif dans le Crétacé) et peut-être une reprise locale du métamorphisme. Les âges radiométriques de 67 M.A. (Behsud) et de 20 M.A. (Maydan, Paghman) correspondent sans doute à des moments importants de ce développement orogénique post-Crétacé (Paléocène et début du Miocène). Des épanchements volcaniques sont liés aux dernières époques de l'orogénèse (Yakawlang, Bamyán, Kajao) et la prolongent même jusqu'au Quaternaire (Dacht-e Nawar).

5. L'étude des bassins néogènes de Yakawlang, Bamyán et Ghorband montre que l'alignement de ces bassins est lié à une cause tectonique. Ils jalonnent, sans doute, un accident ancien qui aurait joué au Tertiaire. Lors de leur différenciation, au Paléogène et au début du Néogène, se produisirent des gauchissements variables selon les points. Dans le bassin de Yakawlang, situé entre le Koh-e Baba au Sud et un épais plateau crétacé au Nord, ce dernier s'est cassé, déterminant une importante falaise. Le bassin de Bamyán s'est

affaissé entre les blocs du Koh-e Baba au Sud et de l'Hindou Kouch au Nord, avec une montée prépondérante du premier par rapport au second. De ce fait on observe un déplacement de l'axe du bassin vers le Nord, la production de failles, ainsi que la mise en place de klippe sédimentaires dans sa partie occidentale. Les formations des Bouddhas et de Ghulghola correspondent à une phase de maturité dans l'évolution de ce bassin; puis une phase ponto-pliocène fort importante est intervenue, fragmentant l'ensemble en touches de piano. Un serrage, notable surtout entre les deux blocs qui encadrent le bassin de Bamyán, a provoqué des extrusions du substratum sous forme d'écaillés de calcaires dévoniens et crétacés qui percent à travers le Néogène.

6. Au SE de l'Afghanistan, enfin, se dessine dès le Paléozoïque une évolution orogénique qui diffère de celles que nous venons de décrire dans le Nord et le Centre du pays. La longue faille de Chaman-Arghandeh constitue une limite qui ne permet guère d'entrevoir les relations entre ces domaines. On doit s'interroger sur les rapports possibles de cette ligne structurale majeure de l'Afghanistan avec la dérive du Continent indien.

Le Sud-Est afghan, qui appartient au domaine béloutche, se caractérise par un régime de plis très serrés, localement compliqués de chevauchements vers le Nord-Ouest, entre Ghazni et le Safed-Koh (nappe d'Altimour) ou vers l'Est, dans le fossé de Kaboul disloqué en une mosaïque de voussoirs. Les déformations ont commencé par place dès le Crétacé, les phases les plus marquantes se situant au Paléocène, après le Lutétien (phase majeure), vers le sommet de l'Oligocène et pendant ou après le Mio-Pliocène. Le volcanisme, de type ophiolitique, est du milieu ou du sommet du Crétacé. Le plutonisme y est inconnu. Un épimétamorphisme, lié à la phase majeure, se manifeste dans le fossé de Kaboul.

## CONCLUSION

Il convient de rappeler qu'à l'heure actuelle les levés cartographiques sont insuffisants pour raccorder les diverses zones d'évolution orogénique reconnues et pour esquisser une vue d'ensemble des chaînes afghanes, si complexes. Il est cependant possible de dégager certains caractères généraux.

Ainsi s'opposent assez nettement des domaines où l'évolution orogénique a été faite de phases nombreuses et répétées, comme la bordure nord de l'Hindou Kouch; et des domaines où cette

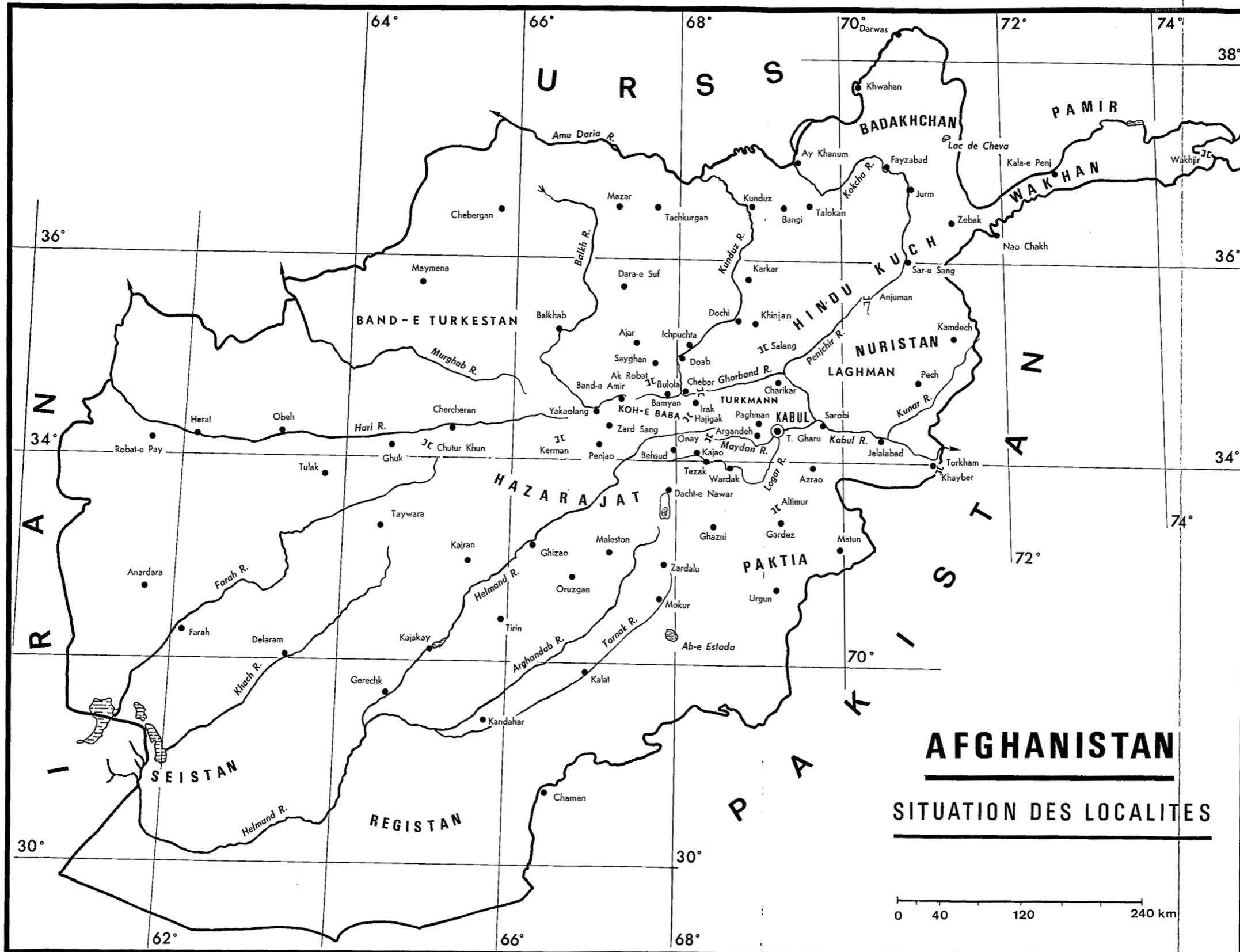
évolution, plus continue, a été surtout rythmée par des transgressions et des régressions successives, comme l'Afghanistan central.

A la suite d'une évolution anté-cambrienne encore mal connue, les phases orogéniques essentielles apparaissent à des périodes différentes suivant les régions : dès le Paléozoïque dans l'Hindou Kouch, entre le Jurassique et le Crétacé en Afghanistan central, au cours du Tertiaire en Afghanistan du Nord et du Sud-Est.

L'absence de stades proprement géosynclinaux

dans l'histoire orogénique de l'Afghanistan septentrional et central au moins est à souligner. On remarquera enfin, au Secondaire et au Tertiaire, la mise en place de vastes plutons granitiques dans l'Hindou Kouch et l'Hazarajat.

Ces résultats débouchent sur des perspectives d'avenir : bien des problèmes actuellement en suspens trouveront une solution prochaine, grâce au travail des équipes afghanes et étrangères œuvrant en collaboration.



CARTE II  
Situation des Localités.

HENRI HUBERT, dessinateur. 1972.