

Népal Central : géochronométrie des séries de l'Himalaya

Autor(en): **Krummenacher, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **46 (1966)**

Heft 1

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36117>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Népal Central: géochronométrie des séries de l'Himalaya

Par *Daniel Krummenacher* (Genève)

Avec 1 figure dans le texte

Résumé

L'auteur présente 25 déterminations d'âge K/A de roches prélevées sur la coupe de la Kali Gandaki (Népal Central). On reconnaît dans la région deux métamorphismes: l'un est d'âge précambrien (800—1250 Ma.¹); l'autre est d'âge alpin (himalayen), entre 15 et 25 Ma.

L'hypothèse de l'existence d'un métamorphisme calédonien ou hercynien, bien que très improbable pour cette région du globe, ne peut pas être encore complètement éliminée. Ces déterminations géochronométriques soulèvent quelques problèmes de géologie.

Summary

25 K/A age determinations on rocks collected on the cross section of the Kali Gandaki are given. The results show that two metamorphisms can be defined in this area: one Precambrian (800—1250 My.); another one Alpine (Himalayan) (15—25 My.) somewhat older than this of the Everest area (10—17.5 My.). The hypothesis of the existence of another metamorphism, although very unlikely, should however not yet be completely eliminated. These age determinations raise some geological problems, too.

INTRODUCTION

En automne 1963, quatre géologues (Pierre Bordet, Daniel Krummenacher, René Mouterde et Marcel Rémy) se sont rendus au Népal Central pour étudier la vallée de la Kali Gandaki. Les objectifs scientifiques de cette expédition étaient:

¹) Ma. = million d'années.

1. Lever une coupe géologique détaillée des bords de cette vallée, déjà visités par P. BORDET (1961) et T. HAGEN (1954), de la plaine du Gange à la frontière tibétaine.
2. Y établir une stratigraphie aussi précise que possible, spécialement dans le Mésozoïque, de la série du Tibet.
3. Procéder à des déterminations d'âge sur le matériel récolté. Trois notes de P. BORDET et al. (1964a, b et c) ont déjà présenté les résultats obtenus sur les deux premiers points du programme; la présente étude rend compte de 25 mesures d'âge isotopique, exécutées sur le matériel rapporté.

METHODE EMPLOYÉE, APPAREILLAGE, PRÉCISION DES MESURES

Les échantillons ont été broyés et la fraction 60—100 „mesh“ a été séparée. Les minéraux destinés aux déterminations d'âge (micas, feldspaths, amphibole, glauconie) ont été recueillis à l'aide d'un séparateur magnétique Franz.

L'argon a été extrait par fusion de 0,1 et 0,2 g du minéral à l'aide d'un four à haute fréquence à la température de 1350° environ. Un traceur A³⁸ a été ajouté (environ 10⁻⁶ cc NTP) et les gaz ont été purifiés (élimination de N₂, O₂, CO₂, H₂) sur un piège constitué de zirconium et de mousse de Ti dont la température a été abaissée graduellement de 700° jusqu'à la température ordinaire en fin d'opération. L'eau et les hydrocarbures ont été absorbés sur un autre piège, constitué de pastilles de zéolite artificielle. L'argon a été mesuré statiquement sur un Omégatron Philips spécialement adapté à l'analyse de ce gaz: le fonctionnement de cet appareil a été décrit dans un article technique (D. KRUMMENACHER, 1964); nous n'y reviendrons donc pas.

La précision des mesures d'âge isotopique par la méthode K/A dépend des quatre facteurs suivants:

a) *Détermination de la teneur en potassium*: Pour les minéraux analysés dont la teneur dépasse 1%, les deux mesures faites par photométrie de flamme ne s'écartent jamais l'une de l'autre de plus de 1,5%. Pour les autres minéraux, à teneur inférieure à 1%, les résultats sont en général moins bons: l'incertitude est indiquée dans le tableau des données analytiques.

b) *Quantité d'argon atmosphérique par rapport à celle d'argon radiogénique dans le mélange analysé*: une formule approximative permet de calculer l'erreur sur la quantité trouvée d'A⁴⁰ radiogénique.

Si E = pourcentage de l'erreur dans la lecture de l' A^{40} radiogénique,

e = pourcentage d'erreur dans la lecture du rapport A^{40}/A^{36}

(estimée à 2% au maximum),

et f = pourcentage d'A atmosphérique dans le mélange, alors

$$E = \frac{ef}{100-f} .$$

L'échantillon le plus riche en argon atmosphérique, le KA 117, en contient 43%. A cette concentration, la formule ci-dessus montre que l'erreur possible est d'environ 1,5%. Pour tous les autres échantillons, cette erreur ne dépasse jamais 1%.

c) *Erreurs instrumentales, pertes et adsorptions d'argon en cours de traitement des gaz*: Elles ne dépassent jamais 2%. Des analyses répétées sur un échantillon, âgé d'environ 280 Ma. (contenant moins de 5% d'argon atmosphérique) donnent des écarts de valeur maximale 1,5% entre les résultats. Des analyses effectuées sur un échantillon plus jeune (environ 20 Ma., 40% d'argon atmosphérique) donnent des écarts de valeur maximale 2,5% entre les mesures. L'écart standard est donc situé aux environs de 2% pour toutes nos mesures.

d) *La cause d'erreur la plus importante dépend de l'histoire géologique du minéral analysé*. Par exemple: une biotite, formée au cours d'un cycle métamorphique ancien, puis réchauffée ou partiellement recristallisée dans un cycle postérieur, donnera un âge intermédiaire entre ces deux événements; le même minéral, formé dans le premier cycle, puis érodé et déposé dans une série sédimentaire, pourra perdre une partie de son argon: son âge se situera alors entre celui de sa formation et celui de son dépôt comme minéral détritique (âge de la couche sédimentaire). De telle causes d'erreur jouent un grand rôle dans l'Himalaya.

DONNÉES ANALYTIQUES

<i>Echantillon et minéral</i>	% K	$\frac{A^{40} \text{ radiog.}}{K^{40}}$	% A atmo- sphérique
KA 82, muscovite	8,35	$1,388 \times 10^{-3}$	28
KA 101, séricite-argile	1,27	$1,07 \times 10^{-1}$	2
KA 102, microcline	3,59	$2,28 \times 10^{-2}$	2
KA 103, muscovite-chlorite	3,31	$6,48 \times 10^{-2}$	1
KA 104, amphibole-ouralite	$0,274 \pm 10\%$	$5,993 \times 10^{-2}$	8
KA 105, phlogopite	$0,494 \pm 10\%$	$9,232 \times 10^{-3}$	32
KA 106, biotite-séricite	2,19	$7,597 \times 10^{-3}$	14
KA 107, muscovite	3,91	$1,124 \times 10^{-3}$	27
KA 108, biotite-muscovite	7,38	$9,05 \times 10^{-4}$	25
KA 109, glauconie	1,55	$7,283 \times 10^{-3}$	21

<i>Echantillon et minéral</i>	% K	A^{40} radiog. K ⁴⁰	% A atmo- sphérique
KA 110, séricite	2,53	$7,200 \times 10^{-3}$	15
KA 111, séricite	$0,750 \pm 1\%$	$1,322 \times 10^{-2}$	18
KA 112, séricite	3,52	$1,842 \times 10^{-2}$	6
KA 113, séricite	2,255	$8,953 \times 10^{-3}$	6
KA 114, muscovite-biotite	$0,764 \pm 6\%$	$1,397 \times 10^{-3}$	37
KA 115, muscovite	1,565	$2,68 \times 10^{-3}$	14
KA 116, muscovite	4,31	$1,309 \times 10^{-3}$	24
KA 117, biotite	5,12	$1,088 \times 10^{-3}$	43
KA 118, muscovite	7,64	$8,73 \times 10^{-4}$	31
KA 119, phlogopite	4,05	$2,87 \times 10^{-3}$	30
KA 120, biotite-muscovite	$0,665 \pm 10\%$	$2,464 \times 10^{-2}$	30
KA 121, séricite	2,807	$1,171 \times 10^{-3}$	33
KA 122, biotite	7,37	$3,125 \times 10^{-3}$	9
KA 127, séricite	1,855	$6,862 \times 10^{-3}$	24
KA 135, biotite	5,79	$2,85 \times 10^{-3}$	19

Constantes utilisées: $\lambda_K = 0,584 \times 10^{-10}$ année⁻¹

$\lambda_\beta = 0,472 \times 10^{-9}$ année⁻¹

PROVENANCE ET ÂGE POTASSIUM/ARGON DES ÉCHANTILLONS

La coupe étudiée se divise du S au N en 5 sections (P. BORDET et al. 1964a):

1. Formation mio-pliocène de la mollasse des Siwaliks, constituant le flanc S de la chaîne bordière (Mahabharat Lekh).
2. Formations du moyen-pays népalais qui affleurent de la crête de la chaîne bordière jusqu'au pied des hauts sommets, soit sur une largeur de 80 km environ.
3. Écailles de Tatopani-Dana, larges de 10 km, chevauchant à 45° la série précédente.
4. Série tibétaine qui forme les hauts sommets et leur arrière-pays; elle chevauche à son tour les écailles.
5. Enfin, formations roses de la Thakkhola, reposant en discordance sur les termes supérieurs de la série du Tibet.

Echantillon *Age K/A (Ma.)* *Provenance et minéral utilisé*

Formation des Siwaliks

KA 117 (H 23) 18,5 Ma. Grès micacé, entre Birkot et Riting Bazar.
Biotite détritique.

Formations du Moyen-Pays Népalais

KA 101 (H 1) 1280 Ma. Schiste charbonneux, 200 au N sous le col de Nacem, au S de Tensing. Séricite détritique.

<i>Echantillon</i>	<i>Age K/A (Ma.)</i>	<i>Provenance et minéral utilisé</i>
KA 102 (H 2)	354 Ma.	Galet de granite dans schistes, 500 m sous KA 101. Microcline.
KA 103 (H 3)	872 Ma.	Grès micacé. Base de la série de Kunchha, entre Baglung et Beni. Muscovite détritique.
KA 104 (H 4)	819 ± 80 Ma.	Roche éruptive (ancien gabbro) au sommet de la série de Kunchha. Deuxième pont en aval de Tatopani. Ouralite.
KA 135 (H 28)	48 Ma.	Granite de Phalung, route Kathmandu-Etora. Biotite.
KA 119 (H 25)	48 Ma.	Marbre, 500 m au N du contact avec le granite de Phalung (KA 135). Phlogopite.
KA 120 (H 26)	381 Ma.	Marbre, 1 km au N du contact avec le granite de Phalung. Phlogopite.
KA 121 (H 27)	20 Ma.	Schistes (Infracambrien?), 5 km au N du granite de Phalung. Séricite.

Ecailles de Tatopani-Dana

KA 105 (H 5)	152 Ma.	Calcaires métamorphiques bleuâtres. A Tatopani. Phlogopite.
KA 106 (H 6)	126 Ma.	Schistes séricitiques charbonneux. Au N de Tatopani. Biotite et séricite fines.
KA 107 (H 7)	19 Ma.	Micaschiste à deux micas, 4e écaille plus métamorphique. Entre Tatopani et Dana. Muscovite.
KA 108 (H 8)	15,5 Ma.	Gneiss en plaquettes, sommet de la 5e écaille très métamorphique. Biotite et muscovite.
KA 116 (H 20)	22 Ma.	Schiste séricitique, entre Tatopani et Pokhara, village de Sikha. Séricite.
KA 122 (H 21)	53 Ma.	Gneiss intercalé à la base de la série des écailles et se développant plus largement à l'E. Entre Tatopani et Pokhara. Près d'Ulmer. Biotite.

Série tibétaine

KA 115 (H 19)	44 Ma.	Base des cipolins infracambriens. 3 km au S de Tukché. Muscovite.
KA 114 (H 16)	24 Ma.	Dévonien métamorphique (avec restes de crinoïdes) sous forme de schiste séricitique. N Dangarjong (3 km), rive droite Thakkhola. Séricite.
KA 111 (H 12)	214 Ma.	Schistes à plantes du Trias. Arête descendant à l'E de Jomson, point 3400 m. Séricite détritique.
KA 127 (H 14)	114 Ma.	Schistes à plantes et ammonites du Trias. Même localisation, point 3200 m. Séricite détritique.
KA 110 (H 11)	119 Ma.	Schistes à plantes, Trias inférieur à moyen. Même localisation, point 4000 m environ. Séricite détritique.

<i>Echantillon</i>	<i>Age K/A (Ma.)</i>	<i>Provenance et minéral utilisé</i>
KA 112 (H 13)	291 Ma.	Grès rhétiens, même localisation, point 3500 m environ. Séricite détritique.
KA 113 (H 15)	147 Ma.	Grès micacé à plantes du Crétacé inférieur. NW de Jomoson, sur le chemin de Dangarjong. Muscovite détritique.
KA 109 ^{II} (H 9 ^{II})	139 Ma.	Calcaire glauconieux, Aptien-Albien, sommet 4200 m sur ligne droite entre Muktinath et Tétang. Glauconie.
KA 82 (H 17)	24 Ma.	Galet de pegmatite du granite de Mustang, pris sur une terrasse entre Tyangbe et Chbuk. Muscovite.
KA 118 (H 24)	15 Ma.	Galet de granite de Mustang, pris sur une terrasse récente entre Jomoson et Tukché. Muscovite.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

1. Formation mio-pliocène des Siwaliks

Cette section n'offre que peu d'intérêt pour la géochronométrie, puisqu'elle est déjà bien datée par ses fossiles. Pensant dater les biotites détritiques d'une roche appartenant aux formations du moyen pays népalais, nous avons trouvé, pour l'échantillon KA 117, l'âge de 18,5 Ma., ce qui place la roche analysée dans les Siwaliks et lui donne à cet endroit un âge maximum miocène moyen: ou bien la biotite a perdu tout son argon en cours de transport (ce qui nous paraît très peu probable), ou bien des roches métamorphisées au Miocène ont alimenté la sédimentation des Siwaliks.

2. Formations du Moyen Pays Népalais

Cet ensemble, qui comporte une succession lithologique assez aisée à établir, n'est pas fossilifère. Des âges étagés du Silurien au Crétacé leur ont été attribués hypothétiquement (P. BORDET 1961, P. BORDET et al 1964a).

Dans la coupe de la Kali Gandaki elle-même, nous avons daté 5 échantillons. Ces résultats posent plusieurs problèmes.

KA 101 (1280 Ma.): séricite détritique dans schistes charbonneux (Carbonifère?).
 KA 103 (872 Ma.): muscovite détritique à la base de la série de Kunchha (Mésozoïque?).

Nous avons déjà déterminé un âge K/A de 728 Ma. (D. KRUMMENACHER 1961) dans les nappes de Nawakot (région d'Okhaldunga) équivalent

probable de la série de Kunchha dans cette partie de l'Himalaya. Nos trois déterminations sont à rapprocher de celles d'A. HOLMES et al. (1949): Ages U/Pb, Th/Pb et Pb/Pb d'une uraninite de Bisundni, Aravalli Belt, près de Dehli: 740, 733 et 935 Ma.; monazite de Soniana, Aravalli Belt: Pb total: 620 Ma.; U/Pb, Th/Pb et Pb/Pb: 865, 660, 700 et 613 Ma. Une autre zone orogénique a été datée plus à l'E: Ages Pb total, uraninite et monazite, Satpura Belt (W Calcutta: 850, 885 et 960 Ma.: samarskite: 830 et 1550 Ma. (Pb total).

KA 104 (819 Ma.). La partie terminale de la série de Kunchha contient des roches volcaniques très peu métamorphiques. L'échantillon KA 104 a été pris dans l'une d'elles. On peut conclure de ce résultat soit que toute la série de Kunchha est très ancienne (Précambrien) puisqu'on y détermine un âge précambrien dans une roche qui y est interstratifiée, soit que ces roches éruptives appartiennent déjà à la base de la première écaïlle de Tatopani-Dana qui chevauche la série de Kunchha. La question reste donc posée, bien que nous penchions pour la première hypothèse.

KA 102 (354 Ma.), microcline prélevé dans un galet (conglomérat carbonifère?). Cet âge est sans doute rajeuni pour les mêmes raisons que ci-dessus. En effet le feldspath potassique perd beaucoup plus facilement son argon que les micas; pourtant il est possible que l'âge réel soit un peu plus récent que les trois précédents. Ce granite pourrait donc être soit primaire inférieur, soit précambrien récent.

Nous avons également prélevé des échantillons en dehors de la coupe de la Kali Gandaki, sur la nouvelle route de Kathmandu à Etora. Les séries affleurant sur celle-ci du N au S nous paraissent comprendre: a) l'Infracambrien représenté par des schistes séricitiques parfois dolomitiques; b) des marbres à phlogopite; c) le granite précambrien de Phalung. Celui-ci affleure sur la partie culminante du Mahabharat Lekh. D'autres séries affleurent encore plus au S; nous n'avons pas pu les examiner.

KA 135 (48 Ma.): granite de Phalung, S de Phalung (biotite).

KA 119 (48 Ma.): marbre, 500 m au N du granite de Phalung (phlogopite).

KA 120 (381 Ma.): marbre, 1 km au N du contact (phlogopite).

KA 121 (20 Ma.): Schistes infracambriens (?), 5 km au N du granite (séricite).

Les trois premiers échantillons donnent sans doute des âges mixtes dus à l'influence de deux métamorphismes successifs. Comme on rencontre en effet dans cette région des calcaires à *Collenia* non métamorphiques (P. BORDET et al. 1964a) (Dévonien ou Cambrien) à l'W, et, à Godhavari près de Kathmandu des calcaires à fossiles ordoviciens également non métamorphiques, il est logique d'attribuer un âge précambrien au pre-

mier métamorphisme (par analogie avec celui des séries méridionales indiennes). Le deuxième est très certainement alpin comme l'atteste l'âge récent (20 Ma.) de l'échantillon K/A 121. Cet âge doit correspondre à la réalité, car c'est autour de cette valeur que se groupent d'autres résultats de ce travail, ainsi que ceux déjà publiés. La similitude des âges des échantillons KA 135 et 119 serait donc fortuite: pour l'instant l'éventualité d'un métamorphisme alpin situé entre 53 et 44 Ma. nous paraît très peu probable, bien que quatre de nos résultats soient encadrés par ces valeurs.

3. *Ecailles de Tatopani-Dana*

Nous avons prélevé des échantillons entre Tatopani et Dana et entre Tatopani et Pokhara, dans des formations équivalentes. Ici aussi, les âges mesurés, situés entre le Précambrien et la date de l'orogénèse himalayenne sont mixtes. A titre d'hypothèse, nous avons admis une répétition de termes précambriens ou primaire inférieur. Les résultats obtenus sont les suivants:

Vallée de la Kali Gandaki:

- KA 105 (152 Ma.): Phlogopite dans calcaires métamorphiques.
- KA 106 (126 Ma.): Biotite et séricite dans des schistes séricitiques.
- KA 107 (19 Ma.): Muscovite dans micaschiste à deux micas, 4e écaille plus métamorphique.
- KA 108 (15,5 Ma.): Biotite et muscovite, gneiss, 5e écaille très métamorphique.

Formations entre Tatopani et Pokhara:

- KA 116 (22 Ma.): Schistes séricitique, séricite.
- KA 122 (53 Ma.): Gneiss, biotite.

Les âges des échantillons KA 107, 108 et 116, très jeunes et proches de valeurs déjà publiées (D. KRUMMENACHER, 1961) correspondraient à l'âge local du métamorphisme alpin. Les autres échantillons présentent des âges mixtes.

4. *Série tibétaine*

De la base au sommet, nous avons daté les échantillons suivants:

- KA 115 (44 Ma.): Base des cipolins probablement infracambriens. Muscovite. Cet âge est certainement mixte.
- KA 114 (24 Ma.): Dévonien métamorphique (avec restes de crinoïdes), rive droite de la Thakkhola. Cet âge correspond certainement à la fin du métamorphisme dans cette région; il est semblable à celui de la pegmatite du granite de Mustang (KA 82, 24 Ma.).

Les autres échantillons ont posé un nouveau problème :

- KA 111 (214 Ma.) : Mica détritique, base du Trias.
- KA 127 (114 Ma.) : Mica détritique, base du Trias.
- KA 110 (119 Ma.) : Mica détritique, Trias inférieur à moyen.
- KA 112 (219 Ma.) : Mica détritique, grès rhétiens.
- KA 113 (147 Ma.) : Mica détritique, grès à plantes du Crétacé inférieur.

Tous ces âges sont fortement rajeunis : en effet, l'âge minimum d'un minéral détritique est celui de la couche dans lequel il a sédimenté ; comme la base du Trias est généralement fixée à 220 Ma. et son sommet à 180 Ma. les micas détritiques des échantillons KA 110 et KA 127 donnent un âge plus jeune que la série dans laquelle ils se trouvent. Il faut rendre responsable de cet effet non pas seulement un lessivage durant le transport du minéral (qui aurait donné un âge situé entre l'époque de formation du mica et celle du dépôt), mais bien un réchauffement récent (qui donne un âge situé entre le moment du dépôt et celui du réchauffement alpin). Ce fait est d'autant plus étonnant que les minéraux de la série de Kunchha, qui paraissent légèrement métamorphosés, donnent des âges très anciens, alors que ceux de la série tibétaine, qui ne le sont pas du tout (du moins du côté rive gauche de la vallée où ils ont été récoltés), montrent cependant un rajeunissement important.

Quelle est l'origine de ces micas ? Il est difficile de supposer une même origine aux micas de la série de Kunchha et à ceux du Mésozoïque de la série tibétaine, car ces séries appartiennent à des bassins très différents. Si leur origine était la même, on pourrait trouver également dans cette dernière série des âges très anciens ; or ce n'est pas le cas. Il existe du reste au Tibet, des granites et des roches antéocènes et les preuves d'un métamorphisme d'âge mésozoïque (A. HEIM et A. GANSSER, 1939). Par contre rien pour l'instant ne laisse supposer que les phases orogéniques hercyniennes soient la cause des résultats que nous avons obtenus. Cette question n'est donc pas définitivement réglée.

Enfin, les échantillons suivants :

- KA 82 (24 Ma.) muscovite d'une pegmatite du granite de Mustang, et
- KA 118 (15 Ma.) muscovite d'un granite fin de Mustang,

situent entre le début et la fin du Miocène la formation de ce granite. T. HAGEN (1954) pensait que sa mise en place était postérieure au Crétacé supérieur. Il est naturel de trouver un âge plus ancien pour la pegmatite, car elle a été récoltée sur une haute terrasse ; l'autre échantillon a été prélevé sur une terrasse très récente (et provient donc d'un niveau plus profond, donc plus jeune, du granite).

CONCLUSION

Cette étude soulève de nombreux problèmes.

1. Age des métamorphismes

Nous présentons ci-dessous graphiquement les âges K/A que nous avons déterminés dans l'Himalaya, ainsi que les résultats de Holmes pour le N de l'Inde, obtenus par la méthode au Pb.

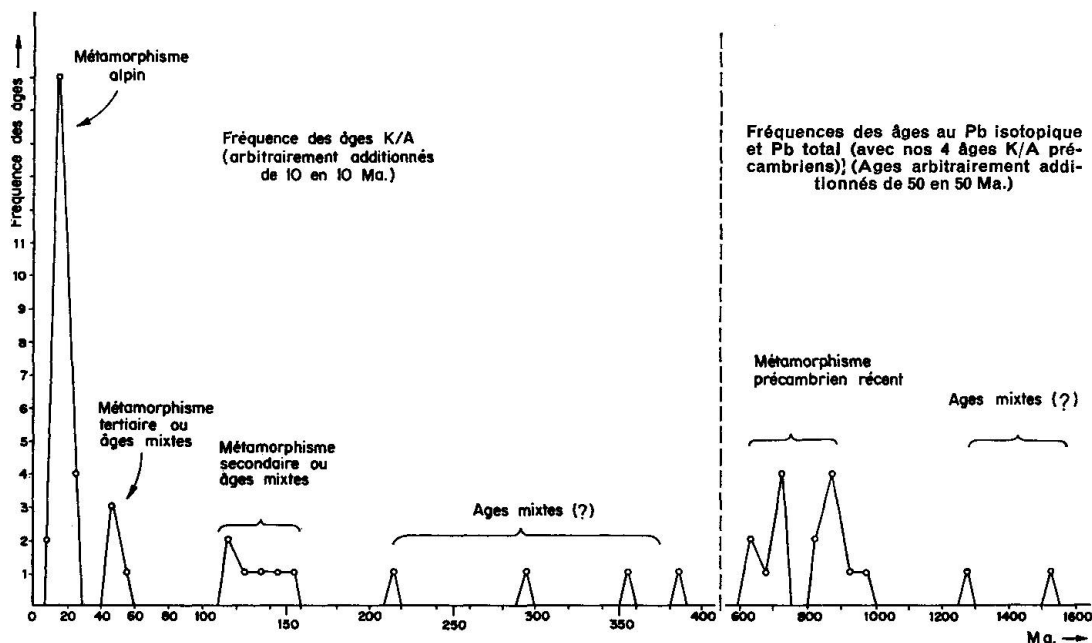


Fig. 1. Ages isotopiques déterminés dans l'Himalaya du Népal et le N de l'Inde.

Deux grands cycles de métamorphisme sont certains: l'un, d'âge précambrien (entre 800 et 1250 Ma.), se rattache à celui des séries de l'Inde; l'autre, d'âge alpin (himalayen), se situe entre 25 et 15 Ma. suivant la profondeur à laquelle l'échantillon a été prélevé dans la série. L'âge du granite de Mustang est également situé entre ces dernières limites.

Il semble normal que l'âge trouvé pour des termes peu métamorphiques soit plus ancien que celui des termes plus métamorphiques. Ce fait, signalé pour la première fois dans l'Himalaya par D. KRUMMENACHER (1961) est également connu dans les Alpes. Il s'explique ainsi: les roches à „fort“ métamorphisme donnent un âge plus récent car elles sont restées plus tardivement dans une partie de la croûte terrestre où les conditions étaient telles que les minéraux potassiques ne pouvaient pas retenir leur argon radiogénique.

Au Népal Central, en plus, le métamorphisme alpin semble un peu plus ancien que dans la région de l'Everest où il oscille entre 10 et 18 Ma.

Nos datations coïncident avec celles faites à la suite de l'expédition chinoise au Shisha Pangma (environ 100 km à l'E de notre coupe) où les âges K/A déterminés sur les roches métamorphiques et les granites varient entre les valeurs de 13 à 38 Ma. (Compte rendu chinois sur l'expédition au Shisha Pangma, mai 1964.)

Nous avons également évoqué l'hypothèse de l'existence, plus au N, de métamorphismes mésozoïque ou paléozoïque: nous ne reviendrons pas sur la fragilité de cette supposition.

2. Géologie

I. Age de la série de Kunchha

Cette série a été attribuée tout d'abord à titre d'hypothèse au Jurassique-Crétacé. En l'absence de preuves paléontologiques, cette attribution reposait sur deux arguments (P. BORDET, 1961):

1. La série de Kunchha repose sur des séries considérées comme paléozoïques; si l'ordre de succession est normal, elle leur est postérieure et donc mésozoïques.

2. On connaît au Népal quatre séries précambriennes bien individualisées:

- a) La série des gneiss catazonaux à faciès granulitique (gneiss du Barun) que l'on retrouve plus ou moins transformés tout le long de la haute chaîne.
- b) La série des migmatites de Namche Bazar-N de Dana.
- c) La série des gneiss noirs du Nuptsé (clochetons de A. LOMBARD pro parte) qui repose sur la précédente.
- d) La série des calcschistes de Léthé-Tukché, qui est beaucoup moins métamorphique.

Si la série de Kunchha était supposée précambrienne, cela implique:

- a) Qu'il existe au Népal quatre séries métamorphiques et une cinquième qui n'est pas du tout métamorphique.
- b) Qu'il n'y a pas de série mésozoïque, ce qui paraît surprenant.

Nos mesures d'âge remettent en question cette attribution et pourraient nous inciter à paralléliser la série de Kunchha avec celle, précambrienne récente, des „Puranas“ (voir A. GANSSER, 1964, p. 11). En plus, notons que: 1. du Crétacé a été récemment découvert dans les formations du Moyen Pays Népalais (M. REMY, com. orale); 2. les écailles de Tapani-Dana ne présentent pas des âges très anciens (entre 152 et 19 Ma.): si le gabbro daté appartenait à cette série, il aurait vraisemblablement donné un âge de cet ordre de grandeur; 3. enfin, les 4 séries précambri-

ennes peuvent très bien représenter des subdivisions dans un Précambrien ancien très métamorphique, et la série de Kunchha l'Algonkien le surmontant. Le gabbro que nous avons daté appartiendrait à cette formation.

II. Le Précambrien

Chaque fois qu'on fait une mesure d'âge K/A sur une roche à fort métamorphisme, on trouve un âge alpin, même si, stratigraphiquement, la roche fait partie du Précambrien. Le métamorphisme alpin est donc monté partout au moins aussi haut que le métamorphisme précambrien.

Seules des mesures au Pb isotopique ou Pb total sur des zircons, ou Rb/Sr sur la roche totale, accompagnées de recherches microtectoniques, permettront de se rendre compte jusqu'à quel point le plus jeune de ces métamorphismes a oblitéré le plus ancien²⁾.

Bibliographie

- BORDET, P. (1961): Recherches géologiques dans l'Himalaya du Népal, région du Makalu. C.N.R.S.
- BORDET, P., KRUMMENACHER, D., MOUTERDE, R. et REMY, M. (1964a): Sur la stratigraphie des séries affleurant dans la vallée de la Kali Gandaki (Népal Central). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 259, p. 414—416.
- (1964b): Sur la tectonique des séries affleurant dans la vallée de la Kali Gandaki (Népal Central). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 259, p. 854—856.
- (1964c): Sur la stratigraphie de la série secondaire de la Thakkhola (Népal Central). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 259, p. 1425—1428.
- Compte rendu chinois sur l'expédition du Shisha Pangma. (Mai 1964.) Document reçu par le CAF, Paris.
- GANSSER, A. (1964): Geology of the Himalayas. John Wiley and Sons, Londres.
- HAGEN, T. (1954): Über die räumliche Verteilung der Intrusionen im Nepal-Himalaya. Bull. suisse Min. Pétr., 34, p. 300.
- (1959): Eclogae geol. Helv., 52, p. 709.
- HEIM, ARN. et GANSSER, A. (1939): Central Himalaya, Geological observations of the Swiss expedition 1936. Mém. Soc. Helv. Sci. Nat. 73/1.
- HOLMES, A. et al. (1949): The age of uraninite and monazite from the Post-Dehli pegmatites of Rajputana. Geol. Mag., 86/5, p. 288.
- KRUMMENACHER, D. (1961): Déterminations d'âge isotopique faites sur quelques roches de l'Himalaya du Népal par la méthode K/A. Bull. suisse Min. Pétr., 41/2, p. 273.
- (1964): The isotopic analysis of A with a Philips Omegatron. Vacuum, 14, p. 461—475.

Manuscrit reçu le 24 mai 1965.

²⁾ Nous avons lavé de nombreuses batées dans un ruisseau drainant exclusivement des roches précambriennes, pour en séparer des zircons. Malheureusement, le résultat a été négatif, les minéraux lourds retirés n'étant constitués presque exclusivement que par du grenat et des pyroxènes.