Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 82 (1989)

Heft: 3

Artikel: Ages Traces de Fission des apatites et des zircons du sommet du K2 (8611 m), Pakistan

Autor: Carpena, Joëlle / Rutkiewicz, Wanda

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-166400

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv. 82/3: 735–742 (1989)

0012-9402/89/030735-8 $ 1.50 + 0.20/0
Birkhäuser Verlag, Basel

Ages Traces de Fission des apatites et des zircons du sommet du K2 (8611 m), Pakistan

Par Joëlle Carpena[1] et Wanda Rutkiewicz[2]

RÉSUMÉ

Un échantillon de paragneis, prélevé au sommet du K2 (8611 m) dans la chaîne du Karakorum (Pakistan) a fourni des apatites et des zircons. Nous présentons ici les âges Traces de Fission que nous avons pu obtenir sur ces minéraux. Les zircons ont fourni un âge de 63,6 ± 6,0 Ma (Paléocène). Par ailleurs, les apatites, chronomètre plus sensible, ont fourni un âge de 8,8 ± 1,0 Ma (Miocène supérieur). Ces âges nous fournissent des renseignements sur l'histoire thermique du massif du K2.

ABSTRACT

A paragneiss from the top of K2 (8611 m) in Karakoram chain (Pakistan) yealds apatites and zircons. Fission Track dating of zircons indicates an age of 63.6 ± 6.0 Myrs (Paleocene). Apatites, a more sensitive Fission Track chronometer, give an age of 8.8 ± 1.0 Myrs (Upper Miocene). These ages let us constrain the thermal history of the K2 massif.

Introduction

La chaîne du Karakorum se situe au nord du Pakistan. Séparée de l'Himalaya par les régions du Kohistan et du Ladakh, elle est limitée au nord par la zone du Pamir-Kun Lun. Cette chaîne, de 600 km de long et 150 km de large, est une des plus hautes sur terre; quatre de ses sommets dépassent 8000 m, parmi eux le K2 à 8611 m.

Nous présentons ici deux âges Traces de Fission, réalisés sur un échantillon prélevé au sommet du K2 à 8611 m d'altitude. Ces âges Traces de Fission constituent les premiers résultats d'un travail plus vaste sur cette région du Karakorum (étude du batholite granitique du Karakorum le long des glaciers Biafo et Hispar) (résultats à paraître), entrepris pour étudier le soulèvement récent de cette région.

Le massif du K2 se situe dans le micro-bloc «Pamir-Karakorum», un des nombreux micro-blocs «coincés» entre les continents Indien et Euroasiatique (fig. 1A), lors de l'orogenèse himalayenne (Mattauer 1986). Ce micro-bloc est bordé au sud par l'arc insulaire du Kohistan avec lequel il est entré en collision (fig. 1B) dès le Crétacé supérieur (90–100 Ma), avant que la collision avec le continent Indien ne se produise à

[1]) Centre des faibles radioactivités, Laboratoire mixte CNRS-CEA, Domaine du CNRS, avenue de la Terrasse, 91190 Gif-sur-Yvette, France.

[2]) Sobieskiego 8 m 88, 02–957 Warszawa, Poland.

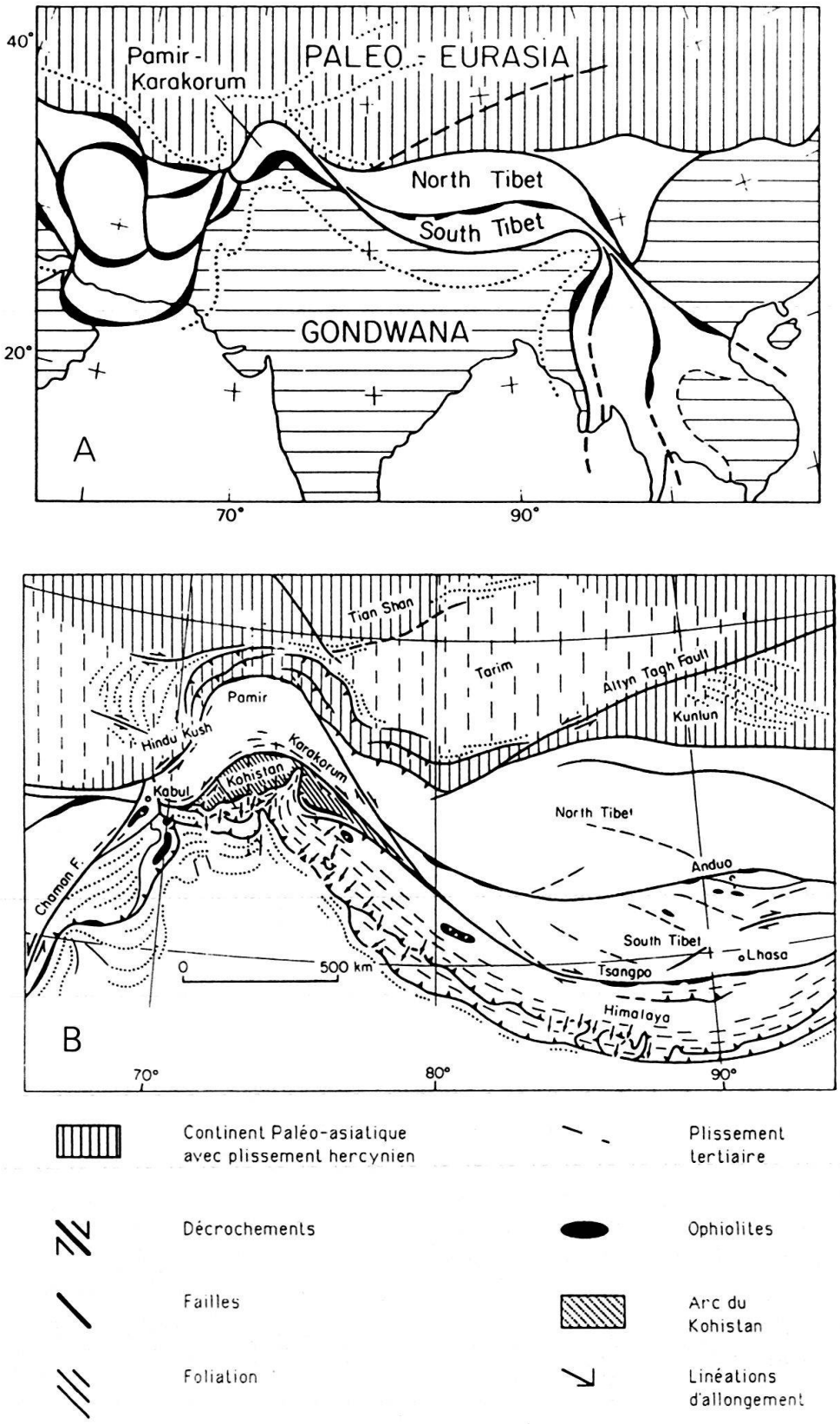

Fig. 1 A – Carte générale de la chaîne himalayenne montrant les nombreux micro-blocs coincés entre les plaques euro-asiatique et indienne (carte publiée par MATTAUER, 1986). B – Carte structurale de la chaîne himalayenne: la suture est double au niveau du Kohistan. (carte extraite de MATTAUER 1986).

45–40 Ma (Tahirkheli et al. 1979; Honegger et al. 1982; Coward et al. 1986; Searle et al. à paraître). Sur la transversale du Karakorum, la suture est donc double: la suture nord ou suture de Shyok ou MKT (Main Karakoram Thrust), d'âge Crétacé supérieur et la suture sud ou suture de l'Indus-Tsangpo ou MMT (Main Mantle Thrust), d'âge Eocène. Plus au sud, le continent Indien avec son promontoire du Nanga Parbat s'enfonce sous la plaque Euroasiatique qu'il poinçonne.

Le massif du K2

Le massif du K2 se situe sur la bordure nord du micro-bloc «Pamir-Karakorum», à proximité d'une faille décrochante dextre majeure, la faille du Karakorum-Gandak (fig. 2A). Le K2 est principalement constitué par des gneiss de haut grade, la série

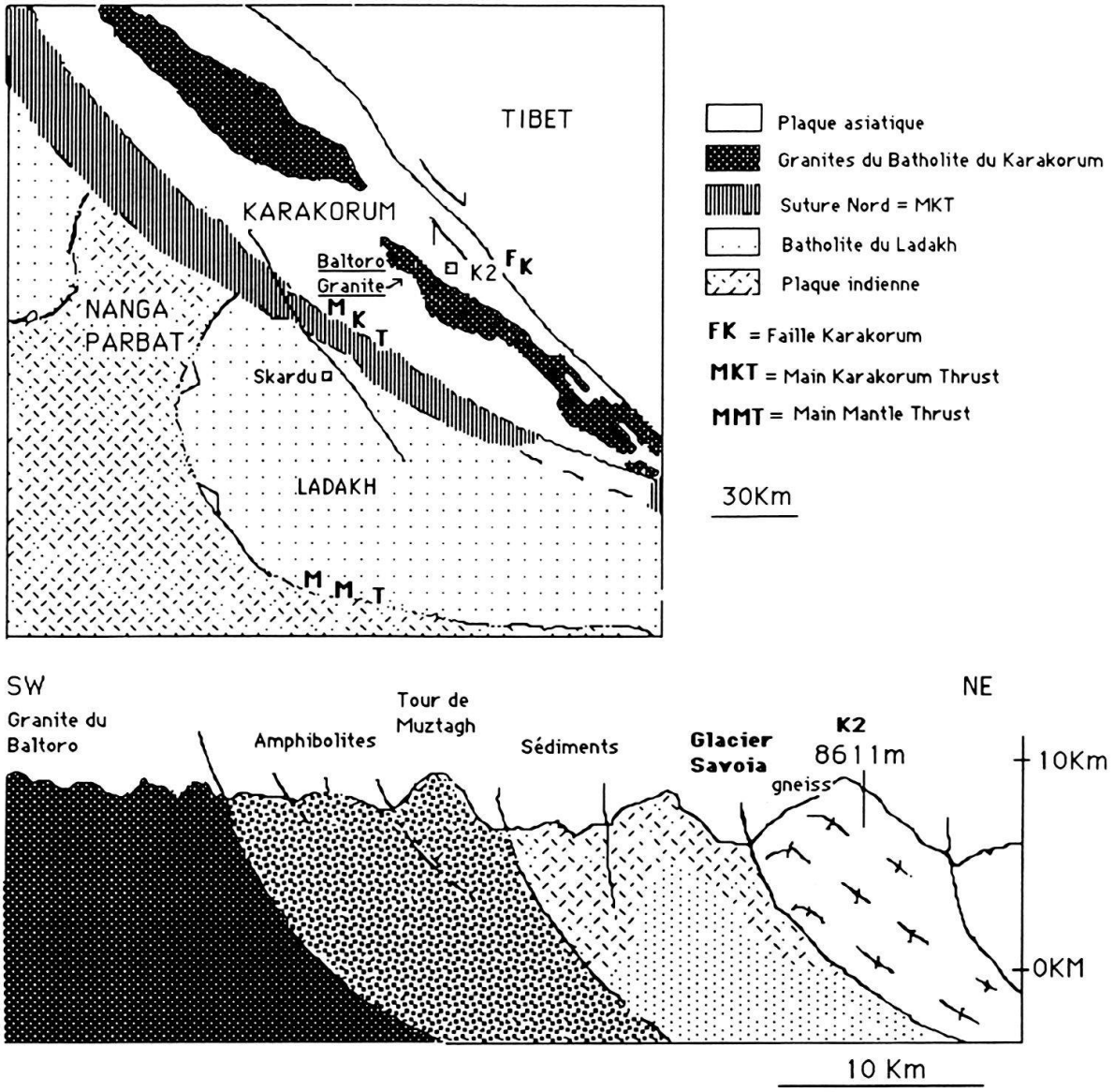

Fig. 2 A – Carte synthétique de la région du K2. B – Coupe géologique simplifiée au niveau du K2 (Searle et al. (à paraître), modifié).

Eléments majeurs	%	Eléments traces	ppm	Terres Rares	ppm
SiO2	74.03	Ba	403	La	22.38
Al2O3	13.55	Be	5.5	Ce	42.53
Fe2O3	1.26	Co	<5	Nd	18.42
MnO	0.01	Cr	<5	Sm	4.21
MgO	0.22	Cu	7	Eu	0.51
Cao	0.93	Ga	16	Gd	3.25
Na2O	3.20	Nb	22	Dy	2.85
K2O	4.90	Ni	12	Er	1.40
TiO2	0.17	Rb	263	Yb	1.37
P2O5	0.30	Sc	3	Lu	0.20
P.F.	1.25	Sr	84		
Total	99.82	Th	9		
		V	9		
		Y	15		
		Zn	21		
		Zr	83		

Table 1: Analyses des éléments majeurs, des éléments en traces et des Terres Rares pour l'échantillon du sommet du K2.

gneissique du K2, comprenant des gneiss à plagioclase et hornblende et des orthogneiss à biotite, hornblende et feldspath potassique (Desio & Zanettin 1956). Des marbres et des quartzites affleurent en intercalations dans ces gneiss. Des dykes de pegmatite leucogranitique recoupent les gneiss du K2 et les marbres (Searle et al. à paraître). L'unité gneissique du K2, d'origine inconnue, est tectoniquement intercalée dans des sédiments (fig. 2B). En effet, au sud de ce massif se trouve un domaine sédimentaire avec des séries allant du Carbonifère au Crétacé (Desio et al. 1970; Desio 1979). La micro-plaque Karakorum était une plate-forme carbonatée stable jusqu'à la collision crétacée avec l'arc du Kohistan, pendant laquelle ces sédiments sont métamorphisés et très déformés. Ces séries sédimentaires sont largement intrudées par le batholite du Karakorum, vaste ceinture plutonique représentée dans ce secteur du glacier du Baltoro, par une association typiquement subalcaline (monzonitique) (Debon et al. 1986): le granite du Baltoro; il représente probablement la plus récente des principales intrusions plutoniques acides du batholite axial du Karakorum, avec un âge de mise en place de 9 Ma (Debon et al. 1986).

L'échantillon du sommet du K2

L'échantillon daté dans cette étude provient du sommet du K2 à 8611 m d'altitude. Prélevé par l'alpiniste Wanda Rutkiewicz en juillet 1986, l'échantillon était de très petite taille (8 cm de long, 4 de large pour 3 cm d'épaisseur). A grain très fin, de couleur beige rosé, la roche est un métasédiment silico-alumineux très finement cristallisé dont la paragenèse est quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite, gernat et calcite. Les minéraux accessoires sont des opaques, des zircons et des apatites relativement nombreuses, étant donné la taille de l'échantillon. Les analyses de l'échantillon sont regroupées dans la table 1 où figurent les éléments majeurs, les éléments en trace

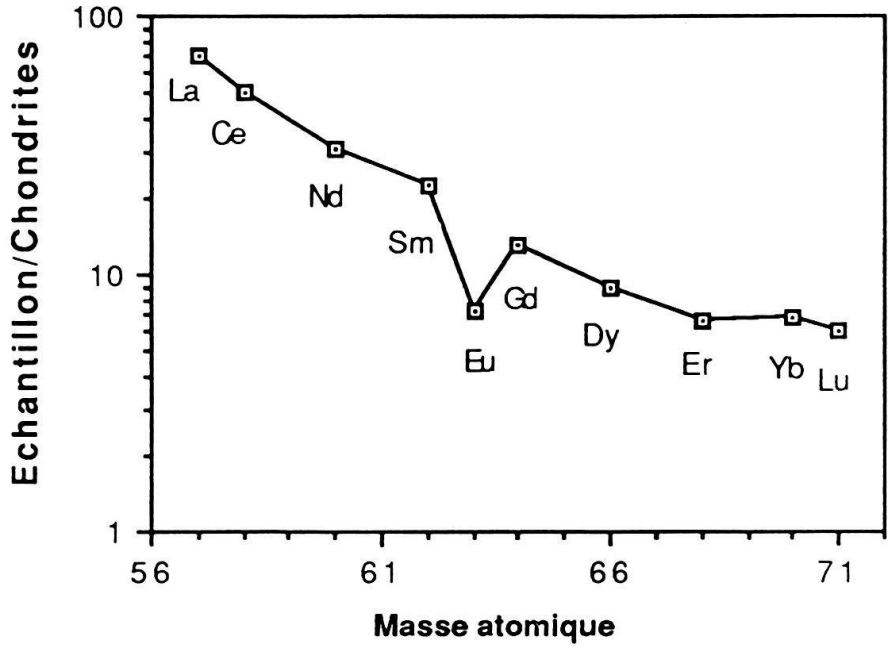

Fig. 3 Dosage des Terres Rares dans l'échantillon de paragneiss prélevé au sommet du K2 (8611 m) (normalisation aux chondrites).

et les Terres Rares. Ces dernières montrent un spectre typique (fig. 3) d'un métasédiment silico-alumineux avec cependant un rapport Nb/La proche de l'unité, indiquant que le sédiment originel contenait vraisemblablement du matériel non terrigène (volcanique ?) (Dupuy, comm. pers.). La grande quantité de phosphate dans la roche peut être d'origine organique ou volcanique.

Datation par les Traces de Fission

Les apatites et les zircons ont été séparés par les méthodes classiques de séparation (broyage, tamisage, liqueurs denses, séparateur magnétique). La granulométrie des apatites datées se situe entre 120 et 200 microns, celle des zircons entre 63 et 120 microns. Les apatites ont été datées par la méthode des populations (Naeser 1978), mais la quantité insuffisante d'échantillon ne nous a pas permis d'appliquer la méthode de correction par les âges plateaux (Carpena 1980). Pour les zircons nous avons employé la méthode du détecteur externe (muscovite) (Naeser 1978; Gleadow 1981). L'irradiation a été effectuée dans le réacteur nucléaire d'Orphée au Centre d'études nucléaires de Saclay, dans le site P1, hautement thermalisé (Cadmium ratio 12097), (Carpena & Mailhe 1987). La détermination de la dose de neutrons reçue par l'échantillon a été effectuée à l'aide d'un moniteur de Cobalt 59, irradié en même temps que les échantillons. De plus, le standard du Fish Canyon FC3, a été irradié et daté en même temps que nos échantillons, pour s'assurer de la consistence interne de nos résultats (Carpena & Mailhe 1987). L'attaque chimique des traces de fission dans l'apatite a été effectuée dans une solution HNO_3 à 7% à 25 °C pendant 30 secondes. Celle des zircons a été faite dans le mélange eutectique KOH-NaOH (11,2mg–8,0mg) (Gleadow et al. 1976) à 235–240 °C pendant 3 heures pour les zircons du K2 et pendant 27 heures pour le standard. Les traces dans les détecteurs muscovites ont été révélées dans une solution HF à 48% à 20 °C pendant 15 minutes. Un microscope Leitz (Metallux 3) a été utilisé pour le comptage des traces, avec un éclairage en transmission et un grossissement de × 1000 pour les apatites et de × 1600 (en immersion à l'huile) pour les zircons. Les résultats des comptages sont reportés dans la table 2.

L'âge Traces de Fission obtenu sur les apatites du sommet du K2 (8,8 ± 1,0 Ma) est concordant avec les âges obtenus en Rb/Sr (8,8 ± 0,3 Ma sur Roche totale) et K/Ar

	Traces Fossiles		Traces induites			Dose neutrons	Grains	Age +/- 1s	r
	Nombre	Densité t/cm^2	Nombre	Densité t/cm^2	(DF/DI)	10^{15}n/cm^2		(Ma)	
ZIRCONS									
Standard FC3	173	2.5.10^6	295	4.3.10^6	0.303	1.6	6	27.8 +/-4.0	.89
K2	640	29.5.10^6	482	22.2.10^6	0.663	1.6	6	63.6 +/-6.0	.89
APATITES									
K2	167	5.4.10^4	1052	5.9.10^5	0.091	1.6	96/55	8.8 +/-1.0	

1s: erreur standard de Poisson *Dose de neutrons : +/- 1%*

Table 2: Données des Traces de Fission.

(8,5 ± 0,8 Ma sur Roche totale et sur minéraux) sur le granite du Baltoro (Zimmermann et al. 1986), situé à une vingtaine de kilomètres à peine. L'hypothèse que cet âge obtenu sur les apatites soit un âge mixte serait à envisager si l'âge obtenu était plus jeune, intermédiaire entre l'actuel et l'âge de l'intrusion du granite du Baltoro. Dans notre cas elle est peu vraisemblable et ceci nous permet d'interpréter cet âge Traces de Fission comme un âge de refroidissement, âge du dernier passage au-dessus de l'isotherme 100 °C (nous dirions 120 °C si l'âge avait pu être corrigé d'un éventuel recuit thermique postérieur) (Carpena 1980). Les roches du K2 ont vraisemblablement été réchauffées à plus de 100 °C lors de la mise en place de ce granite, et ce sont ensuite rapidement refroidies. Agarwal & Sharma (1986) publient des âges de 8 ± 1 et 7 ± 1 Ma pour les apatites de deux échantillons de granite du batholite du Karakorum, prélevés à l'est de la faille du Karakorum, à sa proximité, datant ainsi la remontée finale du socle du micro-bloc Karakorum. Zeitler (1985) a aussi obtenu un âge de 8,2 ± 1,7 Ma pour des apatites de Skardu (petite ville, située au confluent de l'Indus et de la rivière Shigar, au sud du MKT). Il semble bien que la mise en place de ce granite du Baltoro soit le dernier événement thermique ayant affecté cette région du Karakorum, et notre âge, bien qu'unique et non corrigé d'un éventuel événement chaud postérieur, s'inscrit bien dans ce schéma.

L'âge obtenu pour les zircons du sommet du K2 est de 63,6 ± 6,0 Ma (Paléocène) et montre que ce chronomètre n'a pas été remis à zéro lors de la mise en place du granite du Baltoro. Toutefois, nous ne pouvons affirmer que la mise en place de ce granite n'a pas affecté le chronomètre Traces de Fission des zircons. Dans ce cas, l'âge obtenu est un âge rajeuni, sans signification géologique.

Searle et al. (1987) ont daté en K-Ar des dykes de pegmatites qui recoupent les gneiss du K2 et obtiennent des âges du Paléocène (de 70 à 58 Ma). D'autre part, tous les âges obtenus par Traces de Fission sur les zircons des granites du Ladakh indiquent

un réchauffement général de cette région à 60 Ma, suivi d'un refroidissement rapide (Agarwal & Sharma 1986). Ces auteurs les interprètent comme datant le dernier refroidissement en dessous de 300 °C du batholite du Ladakh, compte tenu du fait que leurs âges sont concordants avec les âges U/Pb obtenus sur les mêmes zircons. L'âge des zircons du sommet du K2 pourrait alors indiquer que ce massif a aussi subi ce réchauffement général à 60 Ma, contemporain de la mise en place de granites au Ladakh et de filons de pegmatites dans le massif du K2. Des données supplémentaires permettront de trancher entre les deux interprétations possibles pour cet âge Traces de Fission.

Conclusion

Bien que les âges Traces de Fission que nous avons obtenus au sommet du K2, à 8611 m d'altitude, soient peu nombreux, ils nous fournissent cependant quelques renseignements sur la fin de l'histoire thermique de ce massif du K2, en accord avec les données géochronologiques déjà obtenues dans ce secteur de la chaîne du Karakorum. L'âge obtenu sur les apatites (8,8 ± 1,0 Ma), concordant avec l'âge de mise en place du granite du Baltoro, indique que ce granite a développé, lors de sa mise en place, une auréole thermique suffisante (> 100 °C) pour affecter les apatites du sommet du K2. Par contre, cet événement thermique n'a pas été suffisamment chaud (<200–250 °C) pour remettre à zéro le chronomètre Trace de Fission des zircons du sommet du K2 qui nous fournissent en effet un âge de 63,6 ± 6,0 Ma. Cet âge peut être un âge mixte (âge intermédiaire entre 90–100 Ma, âge de la collision entre le micro-bloc Karakorum et l'arc du Kohistan, et 9 Ma, âge de l'intrusion du granite du Baltoro) ou bien pourrait correspondre au réchauffement général du Paléocène (60 Ma), événement thermique parfaitement daté dans ce secteur (Agarwal & Sharma 1986; Searle et al. 1987), et qui a été provoqué par la mise en place des granites du Laddakh et des pegmatites recoupant les gneiss du K2.

Remerciements

Le support financier de cette étude a été assuré par le CEA et le CNRS. Nous remercions vivement C. Dupuy pour son aide dans l'interprétation des analyses de Terres Rares. Les analyses de l'échantillon étudié ont été effectuées au laboratoire d'analyses du CRPG à Nancy.

BIBLIOGRAPHIE

Agarwal, S.P. & Sharma, K.K. 1986: Thermal history of granitic rocks from Ladakh: a Fission Track dating technique. Nuclear Tracks, Application to Earth Sciences, Space Physics and Nuclear Physics (Ed. K.K. Sherma) Dehra Dun (India), 1–18.

Brookfield, M.E. & Reynolds, P.H. 1981: Late Cretaceous emplacement of the Indus suture zone ophiolitic mélanges and an Eocene-Oligocene magmatic arc on the northern edge of the Indian plate – Earth Planet. Sci. Lett. 55, 157–162.

Carpena, J. 1980: Ages Plateaux par la méthode des Traces de Fission dans la Montagne Noire (Massif Central, France): leur place dans l'histoire géologique du Languedoc. Thèse 3e cycle, U.S.T.L. Montpellier.

Carpena, J. & Mailhe, D. 1987: Fission Track dating calibration of the Fish Canyon Tuff Standard in French reactors. Chemical Geology (Isotope Geoscience section) 66, 53–59.

COWARD, M.P., WINDLEY, B.F., BROUGHTON, R.D., LUFF, I.W., PETTERSON, M.G., PUDSEY, C.J., REX, D.C. & ASIF KHAN, M. 1986: Collision tectonics in the NW Himalayas. In: Collision tectonics, Geological Society Spec. publ. 19, 203–219.

DEBON, F., ZIMMERMANN, J.L. & BERTRAND, J.M. 1986: Le granite du Baltoro (batholite axial du Karakorum, Nord Pakistan): une intrusion subalcaline d'âge Miocène supérieur, C. R. Acad. Sci. Paris, t.303, Série II, 6, 463–468.

DESIO, A. 1979: Geologic evolution of the Karakoram. In: Geodynamics of Pakistan, Geological Survey of Pakistan, Quetta, 111–124.

DESIO, A. & ZANETTIN, B. 1956: Sur la constitution géologique du K2 (8611m) dans la chaîne du Karakorum (Himalaya), Bull. Soc. Géol. France, série 6, tome VI, 829–837.

— 1970: Italian expeditions to the Karakoram (K2) and Hindu Kush. III Geology and Petrology. The geology of the Baltoro Basin, Leiden (Brill).

GLEADOW, A.J.W. 1981: Fission Track Dating Techniques: what are the real alternatives ? Nuclear Tracks 5, 3–14.

GLEADOW, A.J.W., HURFORD, A.J. & QUAIFE, R.D. 1976: Fission Track Dating of zircon: improved etching techniques. Earth and planet. Sci. Lett. 33, 273–276.

HONEGGER, K., DIETRICH, V., FRANK, W., GANSSER, A., THONI, M. & TROMMSDORFF, V. 1982: Magmatism and metamorphism in the Ladakh Himalayas (the Indus Tsangpo suture zone). Earth and planet. Sci. Lett. 60, 253–292.

MATTAUER, M. 1986: Intracontinental subduction, crust-mantle décollement and crustal-stacking wedge in the Himalayas and other collision belts. In: Collision Tectonics, Geological Society Special Publication 19, 37–50.

NAESER, C.W. 1978: Fission Track Dating. U.S. Geol. Surv. Open-File Report 76.

SEARLE, M.P., REX, A.J., TIRRUL, R., WINDLEY. B.F., ST. ONGE, M. & HOFFMAN, P. (à paraître): A geological transect across the Baltoro-Muztagh Karakorum from K2 to the Shigar Valley, Northern Pakistan.

SEARLE, M.P., TIRRUL, R., REX, A.J., BARNICOAT, A., PARRISH, R. & REX, D.C. 1987: Structural metamorphic and magmatic evolution of the central Karakorum in the Biafo-Baltoro-Hushe regions. North Pakistan, Abstract, Séminaire Himalaya-Karakorum, Nancy.

TAHIRKHELI, R.A.K., MATTAUER, M., PROUST, F. & TAPPONNIER, P. 1979: The India-Eurasia suture zone in northern Pakistan: a synthesis and interpretation of recent data at plate scale. In: Geodynamics of Pakistan, Geological Survey of Pakistan, Quetta, 125–130.

ZEITLER, P.K. 1985: Cooling history of the NW Himalaya, Pakistan. Tectonics, 4/1, 127–151.

ZIMMERMANN, J.L., DEBON, F. & BERTRAND, J.M. 1986: The Upper Miocene Baltoro granite (Karakoram axial batholith, Northern Pakistan): K-Ar dates and cooling history. Terra Cognita, 6, 193.

Manuscrit reçu le 6 février 1989
Révision acceptée le 26 mai 1989