

## AGES $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ DES MASSIFS ALCALINS DU SUD DE L'ÉTAT DE BAHIA (Brésil)

Michel BERNAT\*, Umberto CORDANI\*\* et Koji KAWASHITA\*\*

\* Université de Nice, Campus Valrose, avenue Valrose, 06034, Nice Cedex

\*\* Instituto de Geociências Cidade Universitária cp. 20899, Sao Paulo, Brésil

### RÉSUMÉ

Des minéraux séparés de dix échantillons prélevés sur un ensemble de massifs alcalins intrusifs dans la région du Sud de l'état de Bahia, Brésil, ont été analysés selon la méthode  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ . Sur seize déterminations, quatre ont été obtenues au moyen de la technique dite par étapes de fusion. La plupart des massifs se sont mis en place au début du cycle brésilien (650-450 MA). Certains minéraux ont enregistré ce qui paraît être deux événements thermiques majeurs de ce cycle à 560 et 450 MA.

### RESUMO

Deis a seis determinações foram feitas por o método  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  em sienitas alcalinas que ocorrem na região sul do estado da Bahia, Brasil: quatro dessas foram submetidas a fusão por etapas. Os resultados mostram que essas rochas intrusivas no começo do ciclo brasileiro registraram os dois maiores eventos posteriores desse ciclo: 560 - 450 MA.

### ABSTRACT

Separated minerals from ten samples were analysed by the  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  method, four of them being processed by the step heating technics. These samples come from intrusives bodies (alkali rocks) in the south of the Bahia State (Brazil).

The results show that the moment of the intrusion its probably around 650 MY, but some minerals give two other sets of ages: 560 and 450 MY. These ages belongs to what it is called the Brazilian cycle.

## ВОЗРАСТЫ $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ ЩЕЛОЧНЫХ МАССИВОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ШТАТА БАИЯ (БРАЗИЛИЯ)

### РЕЗЮМЕ

Отдельные минералы десяти проб собранных в комплексе интрузивных щелочных массивов в южной зоне штата Баия (Бразилия) были проанализированы методом  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ . Из шестнадцати определений, четыре были произведены согласно так называемой технике этапов слияния. Большая часть массивов была размещена в начале бразильского цикла (650-450 М.л.). Некоторые минералы зафиксировали следы того что повидимому можно считать двумя наиболее важными термическими явлениями этого цикла, происшедшими 560 и 450 М.л. тому назад.

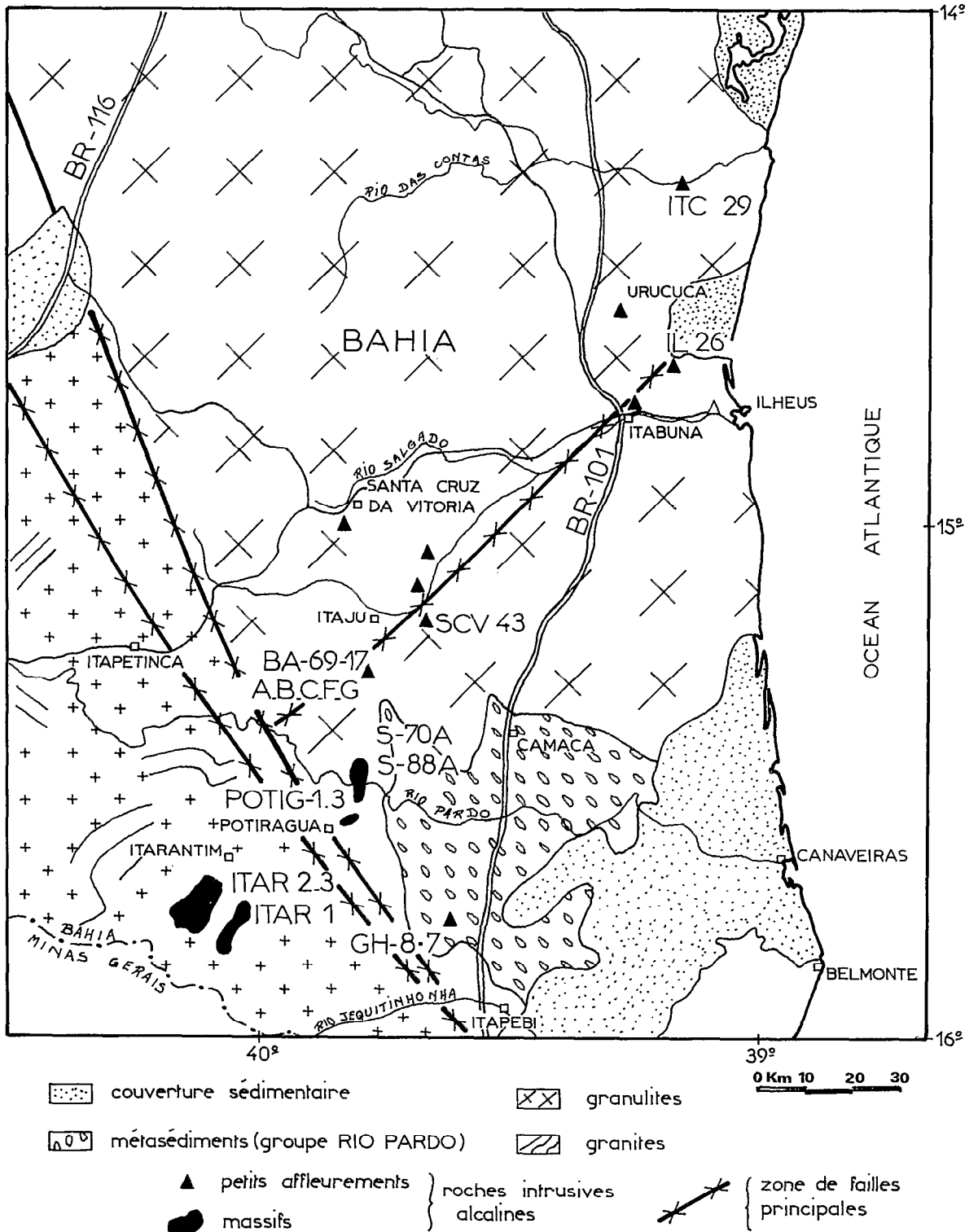
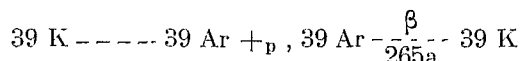


Fig. 1. — Carte géologique schématique, position des échantillons.

INTRODUCTION.

La méthode <sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar basée sur l'analyse du potassium par irradiation neutronique a été préconisée par WANKE et KONIG en 1959. Les premiers travaux sont dus à SURGEISSON (1962) puis MERIHUE (1965). Le potassium <sup>39</sup> est transformé en argon <sup>39</sup>, inconnu dans la nature, selon la réaction



Cette méthode qui permet de s'affranchir de l'utilisation d'un traceur (<sup>38</sup>Ar) nécessite par contre l'emploi d'échantillons témoins (P) d'âge connu (T<sub>p</sub>) que l'on irradie avec le ou les échantillons étudiés (E). L'âge de ces derniers est donné par la formule :

$$t_E = \frac{1}{\lambda_\beta + \lambda_\varepsilon} \text{Log} e \left( 1 + \frac{(40 \text{ Ar}/39 \text{ Ar})_E}{(40 \text{ Ar}/39 \text{ Ar})_P} (e^{(\lambda_\beta + \lambda_\varepsilon)t_p} - 1) \right)$$

On appelle F le rapport <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de l'échantillon étudié et

$$J = \frac{e^{(\lambda_\beta + \lambda_\varepsilon)t_p} - 1}{(40 \text{ Ar}/39 \text{ Ar})_P}$$

Au cours de l'irradiation de l'échantillon se produisent un certain nombre de réactions parasites. Divers auteurs ont établi quelles étaient les conditions à respecter pour rendre les effets de ces réactions négligeables (TURNER 1971), ou ont proposé des équations pour les corriger (BRERETON 1970).

L'avantage le plus important par rapport à la méthode K-Ar conventionnelle est la possibilité d'analyser le gaz extrait de l'échantillon au cours d'étapes dans l'augmentation de la température conduisant à la fusion. Ces résultats peuvent être présentés sous forme de graphiques.

Les trois graphiques les plus employés sont :

- a. le diagramme des âges;
- b. l'isochrone K %/<sup>40</sup>Ar %;
- c. l'isochrone <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar vs <sup>39</sup>Ar (ou <sup>40</sup>K)/<sup>36</sup>Ar.

Pour utiliser les deux premiers il est nécessaire de supposer que la composition de l'argon de contamination est identique à celle de l'air actuel alors que la troisième est libre de cette supposition. On trouvera dans ALBAREDE 1976 une critique approfondie de ces méthodes.

Dans le diagramme de type (a) on porte en ordonnées les âges successifs et en abscisses soit les étapes dans l'élévation de la température (FITCH *et al.* 1969) soit le % d'argon obtenu au cours de ces étapes (TURNER *et al.* 1966). Cette dernière façon paraît plus correcte puisqu'elle permet de ne pas attacher le même poids aux faibles pourcentages plus facilement contaminés. L'existence d'un plateau permet de donner un âge à l'échantillon.

Le type (b) (HAPPER 1970) présente l'intérêt de mettre en évidence un excès ou une perte d'argon. Il nécessite pourtant l'utilisation du traceur d'Ar <sup>38</sup> puisque les valeurs de K et de <sup>40</sup>Ar sont absolues. Le diagramme <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar VS <sup>40</sup>K/<sup>36</sup>Ar a été proposé par Mc Dougal *et al.* (1969). On peut l'utiliser pour des échantillons cogénétiques ayant subi la fusion totale ainsi que pour les étapes de fusion d'un ou plusieurs échantillons; dans le premier cas il faut alors supposer que la composition de l'argon de contamination est identique pour chaque échantillon et que si excès ou perte d'argon il y a, chacun en a subi proportionnellement les mêmes effets. Dans le cas contraire on n'obtient pas d'alignement ou des alignements sans signification (SHAFIQUZZAH *et al.* 1970). On peut espérer que dans le cas d'étapes de fusion d'un même échantillon ces conditions sont respectées : cependant, si les divers isotopes de l'argon se localisent dans des sites différents l'échantillon peut se comporter alors comme un mélange.

L'équation totale de l'isochrone dans ce diagramme est (<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar) mesuré = (<sup>40</sup>K/<sup>36</sup>Ar) calculé

$$(e^{\lambda t} - 1) \frac{\lambda_\varepsilon}{\lambda} + \frac{(40 \text{ Ar} \text{ atmos.} + 40 \text{ Ar} \text{ étranger} - 40 \text{ Ar} \text{ diff.})}{36 \text{ Ar}}$$

avec (<sup>40</sup>K/<sup>36</sup>Ar) = (<sup>39</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar) mesuré ×  $\frac{1}{J} \frac{\lambda}{\lambda_\varepsilon}$

le temps est donné par :

$$t_E = \frac{1}{\lambda_\beta + \lambda_\varepsilon} \text{Ln} \left[ 1 + \frac{\text{pente} (e^{\lambda t_p} - 1)}{(40 \text{ Ar}/39 \text{ Ar})_P} \right]$$

MÉTHODES D'ANALYSE.

L'analyse a été faite, à une exception près, sur minéraux séparés. La séparation a été conduite selon les méthodes classiques; chaque échantillon a été vérifié à la loupe binoculaire.

Les échantillons ont été irradiés au I E A (Instituto de Energia Atomica de Sao Paulo) dans un réacteur de type piscine de 5 MWth fonctionnant à 2 MW. Les échantillons étaient emballés dans des feuilles d'aluminium ménager pliées en forme de petits sacs, lesquels étaient placés dans des tubes d'aluminium à bouchon vissant. (ø 1,6 cm — h 3 cm). Dans chaque tube se trouvaient un ou deux échantillons témoins. Dans la position occupée par les tubes, le flux thermique était de l'ordre de 1,35. 10<sup>13</sup>n/cm<sup>2</sup>/s, avec un flux supérieur à 0,5 Mev égal à 1,54 10<sup>13</sup>n/cm<sup>2</sup>/s. La température n'a pas dépassé 150 °C. Les temps d'irradiation étaient de 40 à 80 h.

La méthode d'extraction employée a été décrite in AMARAL *et al.* (1966). Les échantillons ont été fondus sans leur enveloppe d'aluminium de façon à réduire les risques de contamination.

TABLEAU I  
Données analytiques  $Ar^{39}/Ar^{40}$  (fusion totale)

Échantillon	Roche	Matériel	J	$Ar^{39}/Ar^{40}$	$Ar^{40}/Ar^{36}$	$Ar^{37}/Ar^{39}$	$K^{40}/Ar^{36}$	% $Ar^{40}atm$	Age	
									$Ar^{39}/Ar^{40}$	K-Ar conv
BA-69 - 17C	Syénite	Biotite	0,0045	25,0	2070	-----	50000	14	522 ± 21	-----
			0,0140	78,4	2240	-----	50900	13	550 ± 19	-----
			0,0140	152,6	3570	-----	99000	8	483 ± 17	-----
BA-69 - 17D	Syénite	Sodalite	0,0140	22,7	727	0,02	14740	41	431 ± 26	-----
			0,0140	27,0	996	-----	17500	30	574 ± 20	-----
			0,0140	44,5	1338	0,01	29000	22	522 ± 18	-----
			0,0140	46,9	1337	0,01	30450	23	500 ± 18	-----
BA-69 - 17F	Filon de Sodalite	Sodalite	0,0140	9,8	502	-----	6360	58	488 ± 51	-----
			0,0140	8,0	584	0,06	5190	51	750 ± 29	727 ± 11
ITAR-1	Syénite	Biotite	0,00265	76,9	9000	-----	263500	3	500 ± 21	520 ± 28
		K-Feldspath	0,0036	33,3	3470	0,05	84000	8	550 ± 29	533 ± 21
ITAR-2,3	Syénite	Biotite	0,00054	0,675	682	-----	2740	43	507 ± 60	469 ± 14
POTIG-3	Syénite	Amphibole	0,00254	47,0	6400	0,54	168000	5	540 ± 22	765 ± 40
			0,0036	5,55	847	1,0	14000	35	570 ± 32	
S-88-A	Syénite	Amphibole	0,00254	7,15	1420	2,1	25600	21	642 ± 20	766 ± 40
Gh-8-7	Trachyte	Roche totale	0,0036	61,0	4910	0,1	153900	6	450 ± 24	460 ± 10

Lors de la fusion par étapes, la température était contrôlée par l'intermédiaire d'une jonction chrome alumel reliée à un pont de Wheastone. Ce système ne nous a pas permis de contrôler des températures supérieures à 1000 °C. Il est difficile de donner à ces mesures une quelconque marge d'erreur. Il a été fait au total six étapes, la dernière étant la fusion totale. Nous avons constaté que la proportion d'argon de contamination de la première extraction à 500 °C constituait systématiquement 98 à 100 % de l'Argon extrait. Bien que par la suite nous ayons conservé cette extraction, nous ne l'avons plus analysée.

L'erreur sur les âges a été calculée en utilisant la formule DALRYMPLE et LAMPHÈRE (1971). Cette formule tient compte des corrections dues à l'argon atmosphérique et de celles qui sont nécessitées par les réactions parasites avec le calcium et le potassium.

#### POSITION DES ÉCHANTILLONS (fig. 1).

Dans la région sud de l'état de Bahia (Brésil) en dehors des formations récentes on trouve essentiellement trois unités caractéristiques :

a. Le complexe dit de Jequie formé surtout par des granulites. Il appartient au « craton de São Francisco », qui se serait formé au cours du « cycle trans-amazonien », dont les âges Rb Sr et K-Ar vont de 1800 à 2200 M.A.

b. Des gneiss et des granites plus au Sud (ceinture orogénique Ribeira) où l'on trouve des âges allant de 450 à 620 M.A.

c. Les métasédiments du « groupe Rio Pardo » qui donnent des âges peu différents des précédents.

Ces deux dernières formations sont rattachées à un même événement orogénique dit « cycle brésilien ».

La région est parcourue de failles généralement parallèles aux directions structurales. La plus importante passe aux environs des localités de Pocos, Itapetinga, Potiragua, Itapelo et Itageminim. Elle marque la limite Sud-Ouest des granulites (failles de Itapeti, CORDANI 1973).

Les roches alcalines étudiées constituent une série de massifs intrusifs situés le plus souvent dans le complexe Jequie, sauf pour le massif d'Itarantim, qui dans la partie la plus méridionale recoupe les roches granitiques et gneissiques. Ces massifs sont assez petits, les plus grands atteignent quelques kilomètres de diamètre, ils se rencontrent principalement dans la région de Rio Pardo et présentent un alignement NE-SO assez vague. Ils sont de nature syénitique non saturée; on y trouve de la néphéline et de la sodalite, ainsi qu'une grande variété de roches, notamment des tinguaïtes, etc. On y relève de nombreux dykes de trachytes.

En plus du massif d'Itarantim (ITAR) déjà mentionné, nous avons analysé des roches provenant du massif Potiragua (POTIG) et d'un massif situé plus au Nord (S.88 et S.70) ainsi que d'intrusions de taille réduite (BA 69 17, G H 8-7). Les roches sont des syénites sauf G H 8-7 qui est une trachyte et BA 69 17F un filon de sodalite.

D'après CORDANI *et al.* (1973) ces massifs se sont formés vers 670 MA mais le système a sans doute

TABLEAU II  
Résultat K-Ar

Échantillon	Roche	Minéral	N° Lab.	% K	Ar <sup>40</sup> rad. (ccSTP/g) × 10 <sup>-6</sup>	% Ar <sup>40</sup> atm	Age
IL-26	Syénite	Biotite	2742	7,98	219,79	8,49	668 ± 36
ITAR-1	Syénite	Biotite	2730	6,76	190,3	4,27	520 ± 28
ITAR-1	Syénite	Microlite	2810	4,95	123,34	2,88	533 ± 21
SCV-43	Trachyte	R.T.	2858	4,89	79,84	5,24	370 ± 9
BA-69 - 17F	Filon	Sod. blanche	2487	0,525	18,57	14,4	727 ± 11
G-4-8-7	Trachyte	R.T.	1836	4,46	02,1	2,09	460 ± 10
IT-5	Syénite	Biotite	762	7,70	198,8	10,1	556 ± 20
ITAR-23	Syénite	Biotite	2628	7,64	162,1	4,4	469 ± 14
POTIG-1	Syénite	Biotite	1562	6,94	131,6	10,4	424 ± 35
POTIG-3	Syénite	Amphibole	1049	1,908	72,7	1,75	765 ± 40
S-70-A	Syénite	Biotite	1563	7,59	139,0	16,6	411 ± 35
S-88-A	Syénite	Amphibole	1056	1,030	39,1	5,1	766 ± 40

subi des événements thermiques postérieurs liés au cycle brésilien.

RÉSULTATS.

Quatorze échantillons de minéraux séparés ont été analysés (tabl. I) ainsi qu'un échantillon de roche totale. Les temps d'irradiation ont été déterminés en utilisant le diagramme de TURNER (1971). La production d'Ar 37 à partir du calcium, restée faible, n'entraîne pas de correction importante. (<1 %).

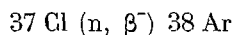
Les doublés d'analyses BA 69 17 C biotite, BA 69 17 D feldspath, POTIG 3 amphibole montrent un accord raisonnable (∞ ± 5 %).

Toutes les sodalites que nous avons analysées présentent un pic d'Argon 38 important.

Production d'Argon 38 dans les sodalites :  
38 Ar/39 Ar

BA 69 17 C	22
BA 69 17 D	20
BA 69 17 F	39

Ces minéraux ont une teneur en chlore élevée, elle peut atteindre 7 %. Il est probable que l'Argon 38 s'est formé lors de l'irradiation selon la réaction :



Ces sodalites sont bleutées excepté la sodalite BA 69 17 F qui est une sodalite blanche de filon (Hackmanite) (elle donne d'autre part, un âge très élevé (760 M.A.) par rapport aux autres échantillons).

Si l'on compare les âges obtenus par la méthode conventionnelle (tabl. II) aux âges 39 Ar/40 Ar (tabl. I), on ne note de différence significative que pour les amphiboles POTIG 3 et à un moindre degré S.88-A. L'ensemble des résultats nous laisse supposer que le résultat de l'analyse conventionnelle est

erroné, il est probable que l'erreur s'est produite lors de l'analyse du potassium.

Quatre échantillons ont subi la fusion par étapes (tabl. III). Les résultats obtenus ont été reportés sur un diagramme âge/proportion d'Argon obtenu au cours des étapes d'élévation de la température (fig. 2-3). Les proportions d'Argon obtenues sont relatives puisque basées sur la hauteur du pic d'Argon 39, ce qui nous oblige à admettre que les conditions de pression et les caractéristiques des valeurs de source du spectromètre sont identiques d'une étape à l'autre. Les essais que nous avons fait avec des échantillons de taille, d'âge et de concentration en potassium comparable nous ont montré que cette supposition est correcte. Ces quatre

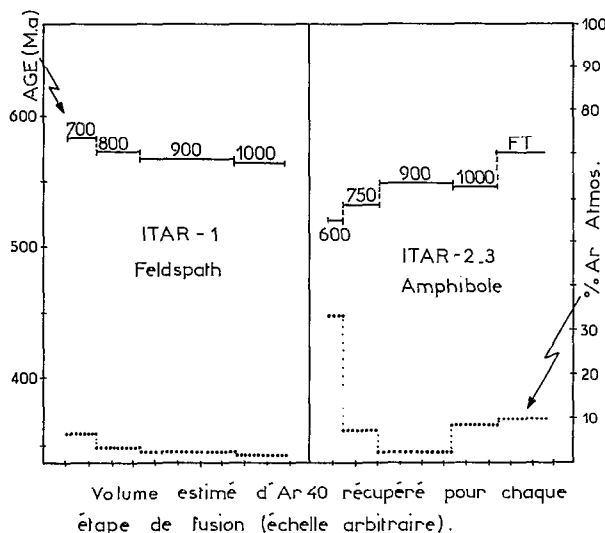


Fig. 2. — Diagramme étapes de fusion, échantillons ITAR 1, 2-3.

TABLEAU III  
Données analytiques  $Ar^{39}/Ar^{40}$ . Étapes de fusion

Échantillon	Roche	Minéral	Temp. °C	J	$Ar^{39}/Ar^{36}$	$Ar^{40}/Ar^{36}$	$Ar^{37}/Ar^{39}$	$K^{40}/Ar^{36}$	% $Ar^{40}atm$	Âge apparent
POTIG-I	Syénite	Biotite	600	0,00254	0,425	340	-----	1530	86	454 ± 90
			750	»	50,0	5450	-----	178800	5	444 ± 23
			900	»	75,8	8390	-----	270900	4	459 ± 20
			1000	»	14,3	1643	-----	51100	18	414 ± 28
			F. total	»	1,15	403	-----	4110	69	413 ± 47
ITAR-1	Syénite	Feldspath	700	0,00265	37,0	5185	0,06	126800	6	565 ± 24
			800	»	71,4	9540	0,06	244600	3	555 ± 23
			900	»	105,3	13760	-----	360800	2	550 ± 23
			1000	»	180,5	23250	-----	618500	15	547 ± 28
			F. total	»	0,0045	18,5	1580	-----	37500	33
ITAR-2,3	Syénite	Amphibole	750	0,0045	58,8	4550	-----	119000	7	531 ± 23
			900	»	260,3	20020	-----	525200	1,5	550 ± 23
			1000	»	50,5	4060	0,75	102000	8	545 ± 26
			F. total	»	43,1	3700	3,2	87000	9	570 ± 23
			F. total	»	0,0045	25,3	1646	-----	51000	18
BA-69 - 17C	Syénite	Feldspath	750	»	78,7	4054	-----	159000	7	365 ± 14
			900	»	95,1	4770	-----	192000	6	360 ± 14
			1000	»	120,5	7060	-----	243000	4	430 ± 18
			F. total	»	126,5	8950	-----	255000	3	505 ± 20

échantillons ont été reportés aussi sur un diagramme 40 Ar/36 Ar - 40 K/36 Ar (fig. 4).

On remarque (fig. 2-3) que l'échantillon BA 69 17 C donne des âges qui vont de 360 M.A. à 510 M.A. : ce feldspath très perthitisé ne donne aucun plateau. Par contre le feldspath ITAR 1 qui au microscope ne révèle pas de signes de perthitisation présente un très bon plateau aux environs de 560 M.A. La biotite POTIG 1 ne montre pas de plateau mais les valeurs sont relativement groupées entre 430 et

470 M.A. Quant à l'amphibole ITAR 2-3 elle présente un plateau aux environs de 550 M.A.

Ces mêmes échantillons reportés dans le diagramme de la figure 4 a et b donnent deux isochrones d'âge 465 à 560 M.A., la première est déterminée par la biotite POTIG 1, la seconde par le feldspath ITAR 1 et l'amphibole ITAR 2-3. Le feldspath BA 69 17 C ne donne aucun alignement.

Les points obtenus à partir des échantillons fondus directement se placent entre les deux isochrones à l'exception de l'amphibole S-88-A dont l'âge est identique à l'âge défini par le Rb-Sr (650 M.A.) CORDANI 1973). Les feldspath (microclines) BA 69 17 se rapprochent de l'isochrone la plus basse, ainsi que les sodalites de massif. Les biotites de BA 69 17 se rapprochent de l'isochrone haute. Par contre les biotites de ITAR et ITAR 2-3 présentent des âges nettement plus faibles de l'ordre de l'âge de l'isochrone basse. (Une biotite S 70 A de localisation identique à S-88-A donne un âge conventionnel égal à 411 M.A.)

#### DISCUSSION.

Quatre échantillons prélevés sur le massif de Itaju da Colonia (BA 69 17) donnent par la méthode Rb/Sr un âge, calculé par isochrone, de 665 M.A., des résultats provenant d'autres massifs de la région (GH-8-7 et ITC 29) se placent sur l'isochrone ou proche d'elle. Il est donc probable que l'âge de la mise en place de ces massifs soit de l'ordre de 665 M.A. (CORDANI 1973). Les âges conventionnels K-Ar sont différents. Un seul échantillon,

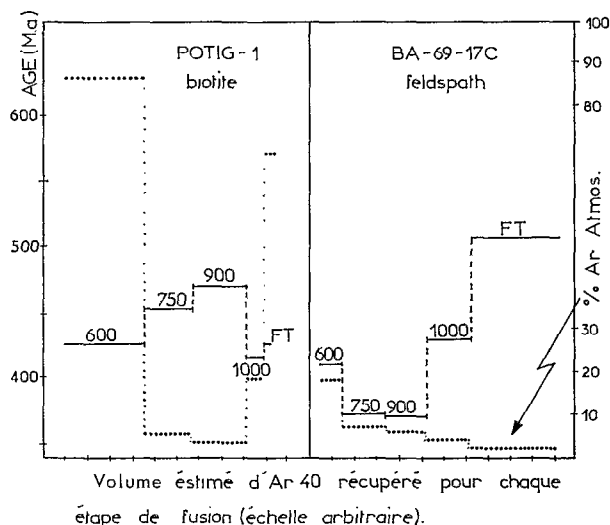


Fig. 3. — Diagramme étapes de fusion, échantillons POTIG 1 et BA 69 17 C.

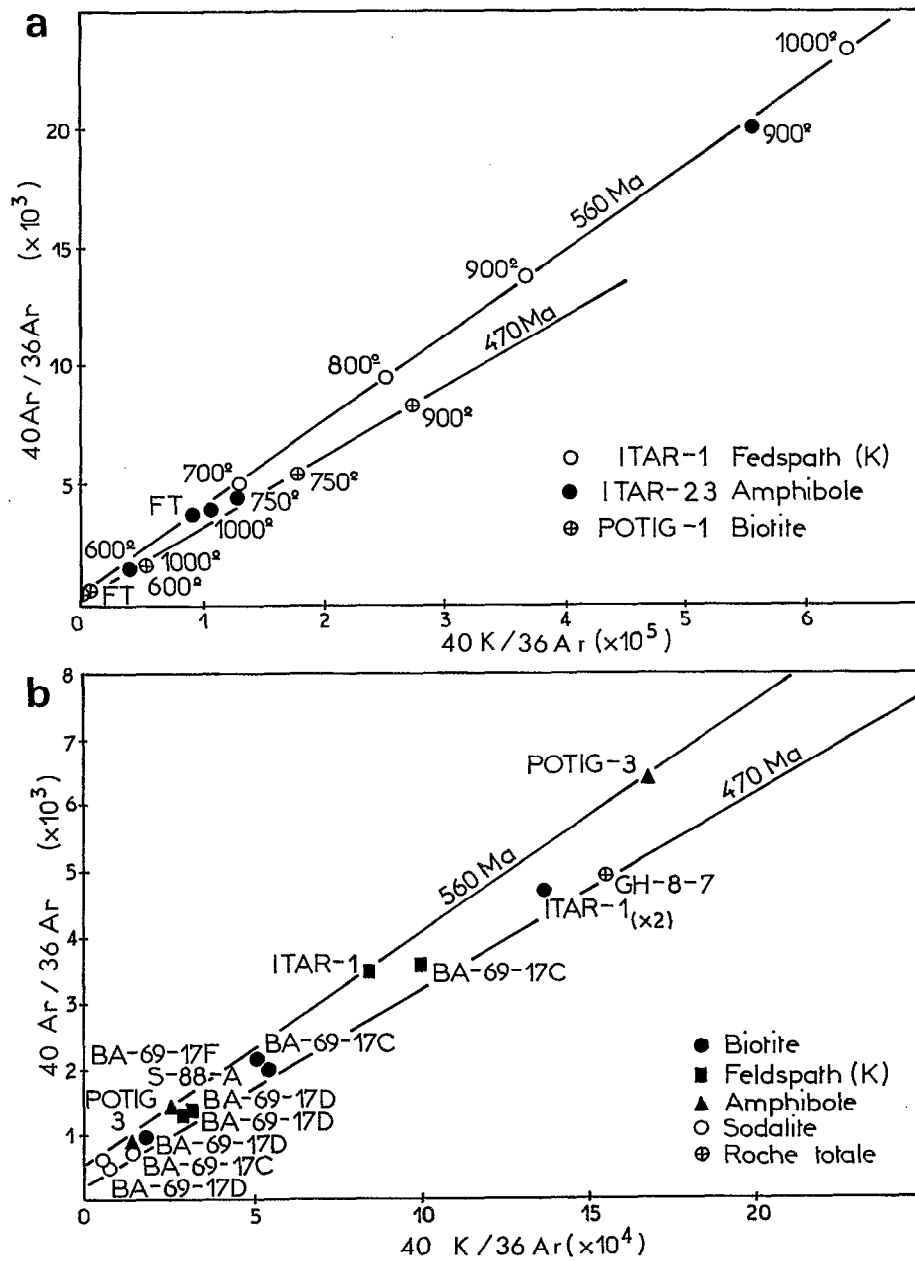


Fig. 4. — a : Isochrones obtenus sur les échantillons ayant subi les étapes de fusion ; b : Fusions totales, isochrones reportés de la figure 4a.

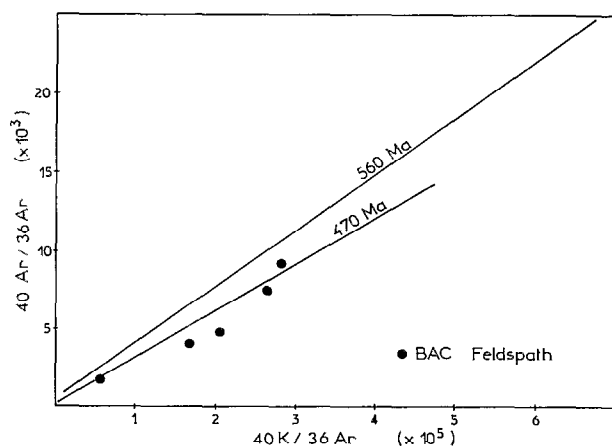


Fig. 5. — Bac 69 17 feldspath. Fusion par étapes.

une amphibole, donne un âge comparable au Rb-Sr.

Cet âge coïncide avec le début des événements connus d'un cycle orogénique dit brésilien commencé au Précambrien (650 M.A.) et qui se terminerait vers l'Ordovicien supérieur. Géochronologiquement ce cycle est bien défini plus au sud dans la Serra dos Orgaos (Nord de Rio de Janeiro) où l'on trouve des gneiss syntectoniques de 620 M.A. et des granites postectoniques de 540 M.A. (âges Rb-Sr : CORDANI *et al.* 1973). Certains échantillons ont subi une réhomogénéisation postérieure et donnent 430 M.A. Les âges au K-Ar sont de 500 M.A. pour les hornblendes et 450 M.A. pour les biotites.

L'amphibole mentionnée plus haut provient du massif S-88-A, des biotites de même provenance ont donné 420 M.A. (S-70-A) par la méthode conventionnelle. Ce dernier événement thermique que l'on retrouve dans l'âge de la roche totale d'un petit massif (QH-8-7) a donc été suffisamment faible pour ne pas affecter les amphiboles S-88. Il a été aussi enregistré par les biotites de POTIG et les sodalites de BA 69 17. Pour ce dernier massif ainsi que pour ITAR on ne retrouve pas l'âge à 665 M.A. soit qu'il ait été « effacé » par l'événement à 550 M.A. soit que la mise en place coïncide avec ce dernier événement. ITAR et BA 69 17 présentent quelques particularités, l'âge très élevé de la sodalite de filon (Hackmanite) est probablement dû à un excès d'Argon. Un tel excès dans les sodalites a été signalé par YORK *et al.* 1969. On peut noter qu'il n'existe pas dans celles que nous avons extraites des syénites. Dans les syénites BA 69 17 les biotites ont des âges d'environ 550 M.A., les feldspaths 550 M.A., les sodalites 450 M.A. Ces dernières semblent avoir une plus faible capacité de rétention de l'argon que les feldspaths et les biotites. L'âge du feldspath n'est peut-être pas ici un âge réel : en effet l'allure des

étapes de fusion de BA 69 17 C est caractéristique d'un échantillon qui a subi une perte partielle d'argon. Cette perte a pu être provoquée par un événement thermique mais peut-être aussi la conséquence de la perthitisation des feldspaths (microcline) GERLING 1954 et SARDAROV 1957 ont montré que la perte est proportionnelle au degré de perthitisation. L'événement à 450 M.A. a eu nettement moins d'influence que sur les roches de POTIG et S 70, S 88 puisqu'il n'affecte pas les biotites.

Les feldspaths du massif ITAR donnent un âge identique à celui que l'on obtient sur les amphiboles : 550 M.A. Les biotites donnent des âges plus faibles, ce qui est surprenant. On peut exclure une erreur d'analyse, les deux échantillons de feldspaths et les deux échantillons de biotites respectivement, ne montrent pas entre eux de différence d'âges significatives. Puisqu'il est impossible qu'un événement thermique ait pu affecter la biotite mais non le feldspath, on peut supposer qu'il y a soit excès d'argon dans les feldspaths soit perte d'argon dans les biotites. L'excès dans les feldspaths est peu fréquent : par contre les biotites sont sensibles à l'altération ce qui généralement entraîne une perte d'argon.

L'événement à 450 M.A. est absent dans le massif ITAR qui est le seul intrusif dans les granites, et paraît avoir peu affecté BA 69 17 ainsi que les autres massifs situés dans les granulites, il est suffisamment faible pour n'avoir pas influencé les biotites. Par contre au sud (Rio de Janeiro) cet événement qui marque la fin du cycle brésilien est connu par son empreinte sur les biotites; son intensité paraît donc très variable. Les petits massifs sont généralement proches d'une faille NE-SO partant à peu près d'Ilheus et rejoignant une série de failles de direction NO-SE qui marquent la limite entre les granulites et les granites. Le jeu de ces failles n'est pas défini. Cette séparation granites-granulites marque aussi la limite entre le craton de Sao Francisco au Nord (2000 M.A.) et les terrains attribués au cycle brésilien. Ces failles ont pu jouer plusieurs fois et il n'est pas impossible que le rejeu de ce système soit contemporain des événements enregistrés.

Une partie des massifs alcalins du Sud de l'état de Bahia, intrusifs dans les terrains à 2000 M.A., s'est probablement mise en place au début du cycle brésilien, contemporaine de la formation des gneiss de ce cycle (650-670 M.A.). Les massifs ont été marqués par deux événements postérieurs : 550 M.A. et 450 M.A.

Par contre des massifs comme ITAR pourraient être de mise en place plus tardive, contemporaine du deuxième événement (550 M.A.).

Manuscrit reçu au Service des Publications le  
19 juillet 1977.



## BIBLIOGRAPHIE

- ALBAREDE (F.), 1976. — Géochronologie comparée par la méthode  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  de deux régions d'histoire post-hercynienne différente : la Montagne Noire et les Pyrénées Orientales. Thèse Sciences Paris.
- AMARAL (G.), CORDANI (U.), KAWASHITA (K.), REYNOLDS (J. H.), 1966. — K-Ar dates of basaltic rocks from Southern Brasil. *Geochim. Cosmochim. Acta* - 30 159 - 189.
- BRERETON (N. R.), 1970. — Corrections for interfering isotopes in the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating method. E.P.S.L. 8 427 - 433.
- CORDANI (U. G.), 1973. — Evolução geológica pre-cambriana da faixa costeira do Brasil entre Salvador e Vitória. Thèse Université de Sao Paulo IG-USP.
- CORDANI (U.), DELHAL (J.), LEDENT (D.), 1973. — Orogénèses superposées dans le précambrien du Brésil Sud-Oriental (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais) *Révista Brasileira de Geociências* V.3.
- CORDANI (U. G.), BERNAT (M.), TEIXERA (W.), KINOSHITA (H.), 1974. — Idades radiométricas das rochas alcalinas do sul da Bahia Anais do XXVIII CBG - Porto Allegre.
- DALRYMPLE (G. B.), LANPHERE (M. A.), 1971. —  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  technique of K-Ar dating a comparison with the conventional technique. E.P.S.L. 300-308 12.
- FITCH (J. G.), MILLER (J. A.), MITCHELL (J. G.), 1969. — A new approach to radio-isotopic dating in orogenic belt. In « Time and place in orogeny » (editors P. E. Kent G. E. Satherthwaite and A. M. Spencer). Geol. Soc. London Spac. Publ. 3 pp. 157.
- HARPER (C. T.), 1970. — Graphical solution to the problem of radiogenic Ar 40 loss from metamorphic minerals. *Ectlogae Geol. Helv* 63 119-140.
- MC DOUGALL (I.), POLACH (H. A.), STIPP (J. J.), 1969. — Excess radiogenic argon in young subaerial basalts from Auckland volcanic field, New Zealand. *Geochim. Cosmochim. Acta* - 33 1485 - 1520.
- MERRIHUE (C. M.), 1965. — Trace element determinations and K-Ar dating by mass spectroscopy of neutron irradiations samples *Trans. Am. Geoph. Un.* 46 125.
- SHAFIQUILLAH and DAMON (P. E.), 1974. — Evaluation of K-Ar isochron method. *Geo. Cosmochim. Acta* V. 38 p. 1341-1356.
- SIGURGEIRSSON (T.), 1962. — Dating recent basalt by the K-Ar method (In ICELANDIC) Dept. Physical laboratory of the Univ. Iceland.
- TURNER (G.), MILLER (J. A.), GRASTY (R. L.), 1966. — The thermal history of the Bruderheim meteorite E.P.S.L. I 155-157.
- TURNER (G.), 1971. —  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating : the optimization of irradiation parameters E.P.S.L. 10 : 227-234.
- WANKE (H.), KONIG (H.), 1959. — Eine Neue method zur kalium-argon-alterbestimmung und ihre anwendung auf steinmeteorite *Z. Naturforsch* 14a 860-866.
- YORK (D.), MACYNTYRE (R. M.), GITTINS (J.), 1969. — Excess radiogenic  $^{40}\text{Ar}$  in cancrinite and sodalite. E.P.S.L. 7 25-28.