

Orogenèses superposées
dans le Précambrien
du Brésil sud-oriental

U.CORDANI

J.DELHAL

[D.LEDENT

081
L 498
n° 24

081
L 498
n° 24

SITAS BRUXELLENSIS

OROGENÈSES SUPERPOSÉES DANS LE PRÉCAMBRIEN DU BRÉSIL SUD-ORIENTAL (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais)

UMBERTO G. CORDANI*, JACQUES DELHAL** et DOLLY LEDENT***

ABSTRACT The ages of three precambrian orogenic cycles have been defined by means of U/Pb, Rb/Sr and K/Ar determinations carried out on igneous and metamorphic rocks of southeast Brazil.

This work confirms the preliminary results obtained by the same authors on the granitoid rocks of Serra dos Órgãos (which belong to the Brazilian orogenic cycle, about 620 m.y.), and on the granulitic gneisses of the Paraíba do Sul Formation (Trans-Amazonian orogenic cycle, about 2070 m.y.). For the Mantiqueira gneisses, considered, by field relationships, to be the oldest rocks of the region, new results establish an age of about 2800 m.y. ($\lambda_{\text{Rb}^{87}} = 1.47 \times 10^{-11} \text{ years}^{-1}$).

The Juiz de Fora Formation has the same petrologic characteristics as the Paraíba do Sul Formation, and it is supposed to be discordant over the Mantiqueira gneisses. However, the geochronological results seem to demonstrate that it is, at least in part, as old as the latter formation.

In addition, this work demonstrates a practically complete redistribution of Sr isotopes among the minerals of all rocks of the region, including the oldest ones, during the late precambrian Brazilian orogeny.

RESUMO Três ciclos orogênicos sucessivos, no Pré-Cambriano, foram definidos por meio de determinações U/Pb, Rb/Sr e K/Ar efetuadas em rochas ígneas e metamórficas da região sudeste do Brasil.

Este trabalho confirma os resultados preliminares obtidos pelos mesmos autores para as rochas granitóides da Serra dos Órgãos (que pertencem ao ciclo orogênico Brasileiro, com cerca de 620 m.a.), e para os gnaisses granulíticos da Formação Paraíba do Sul (ciclo Transamazônico, cerca de 2070 m.a.). Para os gnaisses Mantiqueira, considerados a unidade mais antiga da região, novos resultados estabelecem uma idade de aproximadamente 2800 m.a. ($\lambda_{\text{Rb}^{87}} = 1,47 \times 10^{-11} \text{ anos}$).

A Formação Juiz de Fora possui as mesmas características petrológicas que a Formação Paraíba do Sul, e estaria discordantemente sobreposta aos gnaisses Mantiqueira. Entretanto os dados geocronológicos parecem demonstrar que é, pelo menos em parte, tão antiga quanto aquelas rochas.

Finalmente, os resultados demonstram uma redistribuição praticamente completa dos isótopos de Sr entre os minerais de todas as rochas da região, inclusive as mais antigas, durante o ciclo orogênico Brasileiro, no fim do Pré-Cambriano.

INTRODUCTION Dans une note précédente (Delhal *et al.*, 1969), ont été exposés les résultats géochronologiques obtenus sur les formations Paraíba et Órgãos par les méthodes Rb/Sr, U/Pb et K/Ar appliquées respectivement à des roches totales, à des zircons et à différents minéraux.

Confirmant l'ordre des événements déduit des observations de terrain et de l'étude pétrographique effectuée par les auteurs, ces résultats concluaient à l'existence de deux orogenèses, l'une datée vers 2000 m.a. (âge du métamorphisme catazonal des sédiments Paraíba), l'autre vers 620 m.a. (âge des gneiss subtectoniques de la Serra dos Órgãos).

*Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo - C.P. 20899, São Paulo, Brésil

**Musée Royal de l'Afrique Centrale - B-1980 Tervuren, Belgique

***Laboratoire de Minéralogie et Pétrologie, Université Libre de Bruxelles - B-1050 Bruxelles, Belgique

189007

Une note un peu antérieure (Ledent et Pasteels, 1968) avait établi l'âge Rb/Sr et U/Pb de granites post-tectoniques (540 ± 60 m.a.) et d'une pegmatite (464 ± 11 m.a.), qui marquent la fin du cycle orogénique de 620 m.a.

Il fut montré également que l'ultime manifestation de celui-ci se traduit par l'âge apparent encore un peu plus faible (450 ± 30 m.a.), mesuré tant par Rb/Sr que par K/Ar, des biotites de la région.

Suivant la terminologie utilisée présentement en Amérique du Sud, l'orogénèse de 2 000 m.a. représente le cycle *trans-amazonien*, tandis que l'orogénèse de 620 m.a. représente le cycle *brésilien*.

Les données géochronologiques présentées ici, que nous avons acquises depuis la parution de notre note de 1969 dans la même région et dans son extension vers le Nord, précisent les âges des orogénèses transamazonienne et brésilienne, mettent en évidence l'existence d'un cycle orogénique antérieur au cycle trans-amazonien, et révèlent une réhomogénéisation isotopique du strontium durant le cycle brésilien entre les minéraux des différentes roches plus anciennes, Paraíba et Pré-Paraíba.

Cette note apporte une trentaine de résultats analytiques nouveaux. L'exposé des problèmes nous oblige à y reprendre en outre la plupart des résultats Rb/Sr et K/Ar précédemment publiés. Pour les résultats U/Pb antérieurement acquis et dont il est question dans le texte, nous renvoyons à Delhal *et al.* (1969).

Toutes les mesures Rb/Sr, tant nouvelles qu'anciennes dont les résultats figurent dans cette note, de même que les données U/Pb auxquelles il est fait référence, ont été réalisées au laboratoire du Centre belge de géochronologie en partie par D. Ledent, en partie par I. Cordani, quelques-unes par P. Pasteels, en employant les méthodes décrites dans Deutsch, Ledent et Pasteels (1965). Le spectromètre de masse utilisé est un appareil Atlas (modèle CH₄) muni d'une source pour échantillon solide à simple filament, avec multiplicateur d'électrons. Les concentrations et compositions isotopiques du strontium ont été calculées à partir de la même mesure. Le traceur isotopique est enrichi à 82% en Sr⁸⁴. Les rapports Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ sont calculés en admettant la valeur de 0,1194 pour le rapport Sr⁸⁶/Sr⁸⁸. Nous attribuons aux rapports Rb⁸⁷/Sr⁸⁶ une erreur globale de 2% qui tient compte des effets de fractionnement. Une erreur de 0,3% a été attribuée aux rapports Sr⁸⁷/Sr⁸⁶. Le calcul des isochrones a été effectué suivant le programme de D. York (1966) adapté par S. Deutsch à l'ordinateur C.D.C. 604 de l'Université de Bruxelles. Les erreurs attribuées aux âges et aux valeurs des rapports Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ initiaux représentent 2 σ . Le $\lambda_{Rb^{87}}$ utilisé est de $1.47 \times 10^{-11} \times a^{-1}$.

Toutes les mesures K/Ar ont été effectuées au Centre de Recherches Géochronologiques de l'Université de São Paulo par U. Cordani en utilisant les techniques décrites dans Amaral *et al.* (1966).

Les échantillons analysés ont été sélectionnés, à la suite de l'étude pétrographique effectuée par J. Delhal, parmi plusieurs centaines d'échantillons récoltés au cours d'un levé de terrain que J. Delhal, U. Cordani et C. de Barros Gomes effectuèrent en 1966, guidés au départ par les travaux publiés avant cette date par H. Ebert et G. F. Rosier. Deux échantillons (JD 144 et JD 145) ont été récoltés postérieurement par J. Delhal et U. Cordani, en 1972.

Le texte de la note relatif à l'interprétation des résultats géochronologiques a été rédigé en commun par les trois auteurs, qui ont bénéficié de l'aide et des conseils de Messieurs L. Cahen et P. Pasteels et de Madame S. Deutsch.

Le Centre Belge de Géochronologie, qui groupe le Musée Royal de l'Afrique Centrale, l'Université libre de Bruxelles et la Vrije Universiteit Brussel, et le Centro de Pesquisas Geocronológicas de l'Université de São Paulo ont pu réaliser ce travail grâce à des subsides

spéciaux du Fonds Belge de la Recherche Scientifique Fondamentale Collective d'initiative ministérielle, de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, et du Conselho Nacional de Pesquisas du Brésil.

Résumé des données géologiques et pétrographiques Une coupe Sud-Nord menée de Rio de Janeiro en direction de Belo Horizonte traverse plusieurs formations importantes orientées parallèlement à la côte atlantique.

A la suite de nos travaux géologiques et géochronologiques antérieurs (Delhal *et al.*, 1969), la définition de ces formations peut être résumée actuellement de la manière suivante.

Les gneiss migmatitiques et les granites de la *Serra dos Órgãos* représentent respectivement les gneiss syntectoniques et les granites post-tectoniques du *cycle brésilien* (environ 620 m.a.). Ils proviennent pour une part au moins de la palingénèse granitique de la formation Paraíba do Sul. Les gneiss ont une composition granitique à granodioritique faite de quartz, de microcline, de plagioclase, de biotite et accessoirement par place de hornblende. Ils ne montrent dans leur texture qu'un seul stade de cristallisation orientée syn-cinématique. Les granites, massifs et de caractère magmatique, ont en moyenne une composition comparable à celle des gneiss granitiques et semblent avoir cristallisé à la suite de ceux-ci dès la fin des mouvements tectoniques. Quant aux pegmatites du cycle brésilien, elles sont peu répandues mais affleurent en masses importantes dans certaines régions.

La formation *Paraíba do Sul* est constituée principalement de métasédiments et peut-être de métavolcanites du *cycle trans-amazonien* (environ 2 000 m.a.). Elle comprend des gneiss hétérogènes, rubanés, blastomylonitiques, de faciès granulite à amphibolite et, accessoirement intercalés dans ceux-ci, des bancs de quartzites et des lentilles de calcaires métamorphiques. Les paragenèses sont nombreuses et le degré apparent du métamorphisme varie en fonction de la composition chimique du sédiment originel dont l'hétérogénéité première est conservée. L'hypersthène et le grenat sont parmi les minéraux les plus répandus. Le feldspath potassique non maclé est de type orthose. Ces roches ont été affectées à des degrés divers au cours de l'orogénèse brésilienne par un phénomène de déformation et de granitisation ou de palingénèse aboutissant à la formation de gneiss de type Órgãos.

Les gneiss de *Juiz de Fora* qui font suite vers le Nord aux gneiss Paraíba sont également hétérogènes, métasédimentaires et de faciès granulite. Il n'y a pas de raison apparente de les dissocier des gneiss Paraíba dont ils seraient d'après H. Ebert séparés par une faille. D'après ce même auteur, ils reposeraient en discordance sur les gneiss formant la *Serra da Mantiqueira* directement au Nord de Juiz de Fora.

Les gneiss de la *Serra da Mantiqueira* (ou formation Barbacena) sont migmatitiques, granitiques, renferment de nombreuses intercalations basiques sous forme de bancs boulinés ou de blocs, et sont fortement plissés. Ils constituent un vaste complexe hétérogène par les compositions, les structures et les faciès métamorphiques, qui semble constituer le socle remobilisé des métasédiments Paraíba.

L'extension de ces quatre unités principales est considérable. A l'Est de notre coupe de référence, la formation Paraíba et les gneiss Órgãos s'allongent parallèlement à la côte du Brésil, formant un vaste arc de cercle sur le Quadrilatère Ferrifère. Celui-ci, dans lequel une ébauche d'étude géochronologique (Herz, 1970) a révélé l'existence de roches granito-gneissiques très anciennes (> 2 500 m.a.), peut être considéré comme le pôle cratonique des orogénèses trans-amazonienne et brésilienne.

Les cartes géologiques au 1/500 000 dessinées par Ebert (1956) et par F. Rosier (1965) fournissent ensemble, pour la région située au Sud du 20^e parallèle Sud et à l'Ouest du 45^e méridien Ouest, le document cartographique illustrant la répartition des différentes unités lithologiques. Remarquons toutefois que, suivant notre interprétation, les "char-

nockites", les "marbres" et les "métaquartzites" de la formation "Paraíba-Desengano" selon Rosier sont pratiquement les seules unités encore représentatives de la formation Paraíba do Sul. Les "gneiss divers", les "migmatites" et les "gneiss granitoïdes" rapportés encore à cette formation par Rosier sont déjà pour la plupart des faciès de transformation granitique partielle ou complète en gneiss Órgãos.

Cette note se limite volontairement aux quatre formations susmentionnées. Nous n'aborderons pas ici la question de formations moins étendues situées dans l'aire d'extension des gneiss Mantiqueira, telles que les formations *Andrelândia* et *São João del Rei*. Quant aux formations tant granitiques que métasédimentaires du Quadrilatère Ferrifère, elles feront l'objet de notre prochain programme géochronologique.

Exposé des données géochronologiques L'ordre que nous avons adopté pour l'exposé et la discussion des résultats va des formations les plus jeunes aux plus anciennes.

A. *Cycle brésilien*. 1. Pegmatites post-tectoniques. Aucun résultat nouveau n'a été obtenu. On reprend ici (Tab. I) les âges publiés précédemment, relatifs à une masse importante de pegmatite à cristaux volumineux de microcline et de muscovite provenant de la région de Eugenópolis-Caparaó. La muscovite fournit un âge identique par Rb/Sr et par K/Ar, soit respectivement 452 ± 15 m.a. et 454 ± 23 m.a. Le microcline donne par Rb/Sr un âge de 476 ± 15 m.a. Le choix du rapport initial (ici 0,709) n'influence pas la valeur de l'âge.

Tableau I — Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur une pegmatite post-tectonique du cycle brésilien

	Éch.	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{\text{Sr}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	$\frac{\text{Rb}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	Anal.	Ref.
Muscovite	113	694,4	6,34	3,382	399,8	(1)	(+)
Microcline	113	752,8	13,9	1,939	175,0	(1)	(+)
	Éch.	K, %	Ar^{40} rad, $\text{ccSTP/g} \times 10^{-6}$	Ar^{40} atm, %	Âge, m.a.	Anal.	Ref.
Muscovite	113	8,73	179,01	6,9	454 ± 23	(2)	(++)

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

(+) Ledent et Pasteels (1968)

(++) Delhal, Ledent et Cordani (1969)

L'âge de 464 ± 11 m.a. attribué à la pegmatite dans les publications antérieures est la moyenne arithmétique entre l'âge du feldspath et celui de la muscovite, qui se recouvrent dans les limites d'erreur. Cette moyenne était valable en l'absence d'événement connu susceptible de "rajeunir" les minéraux (Ledent et Pasteels, 1968). Il est apparu cependant que 450 m.a. est une valeur systématiquement fournie par les biotites de la région tant par Rb/Sr que par K/Ar. Comme, des deux minéraux datés dans la pegmatite, la muscovite est généralement considérée comme la plus susceptible d'être restée ouverte pour le Sr par un processus comparable à celui affectant la biotite, l'âge apparent de 450 m.a. de la muscovite peut être un peu trop faible et l'âge de la mise en place de la pegmatite pourrait être mieux indiqué par la valeur fournie par le microcline, soit

476 ± 15 m.a. Quelques résultats du même ordre ont aussi été obtenus par Dirac et Ebert (1967).

2. Granites post-tectoniques. Aucun résultat nouveau n'est venu s'ajouter à ceux obtenus précédemment par Rb/Sr sur quatre granites (n.ºs 76, 44, 50 et 57) (Ledent et Pasteels, 1968) (voir Tab. II et Fig. 1).

Tableau II – Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur les granites post-tectoniques du cycle brésilien

	Éch.	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{\text{Sr}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	$\frac{\text{Sr}^8}{\text{Sr}^{86}}$	Anal.	Réf.
Roche totale	76	155,3	448,8	0,7177	1,002	(1)	(+)
Roche totale	44	236,2	301,2	0,7295	2,272	(1)	(+)
Roche totale	50	259,4	274,4	0,7275	2,738	(1)	(+)
Roche totale	57	290,0	164,2	0,7501	5,183	(1)	(+)
Apatite	50	2,43	172,7	0,7103	0,0407	(1)	(+)
Microcline	50	502,0	390,8	0,7340	3,778	(1)	(+)
Biotite	50	1 089,2	20,12	1,8309	173,8	(1)	(+)

	Éch.	K, %	Ar^{40} rad, $\text{ccSTP/g} \times 10^{-6}$	Ar^{40} atm, %	Âge, m.a.	Anal.	Réf.
Biotite	50	7,62	154,64	1,5	450 ± 23	(2)	(+ +)

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

(+) Ledent et Pasteels (1968)

(+ +) Delhal, Ledent et Cordani (1969)

Tous les quatre répondent à la définition de post-tectonique en ce sens qu'ils ont cristallisé après la déformation orogénique du cycle brésilien. Mais il y a lieu de remarquer qu'ils ne sont pas pour autant équivalents entre eux. Ils diffèrent par la composition, la structure, ou l'environnement. Le rapport isotopique de leur strontium peut être différent en fonction du milieu qu'ils ont pénétré et sans doute partiellement assimilé. En outre ils ne sont pas nécessairement strictement contemporains.

Deux d'entre eux (44 et 50) proviennent de la Serra dos Órgãos proprement dite, où ils affleurent au milieu des gneiss granitoïdes syntectoniques typiques du cycle brésilien. Les deux autres affleurent dans un environnement de gneiss de faciès Paraíba, l'un (57) en bordure méridionale de la Serra dos Órgãos, l'autre (76) dans la région de Vitória très éloignée vers l'Est.

L'isochrone calculée au moyen des roches totales de ces quatre granites n'est donc qu'une isochrone de référence. L'âge obtenu est de 518 ± 132 m.a. et le rapport initial de $0,7098 \pm 0,0060$. La différence entre cette valeur de l'âge et celle de 534 m.a. établie par Ledent et Pasteels (1968) au moyen des mêmes mesures provient de ce que, à l'époque, le calcul de l'isochrone avait été effectué sans pondération des erreurs.

L'échantillon n.º 50 pouvant être considéré comme le plus typique puisqu'il s'agit d'un granite de caractère franchement magmatique situé au coeur de la Serra dos Órgãos, a été analysé plus complètement en appliquant différentes méthodes de datation à plusieurs de ses minéraux.

Deux fractions de zircon de teneurs en uranium différentes ont donné par la méthode isotopique U/Pb un âge de 540 ± 60 m.a., comparable à l'âge Rb/Sr de la roche elle-même

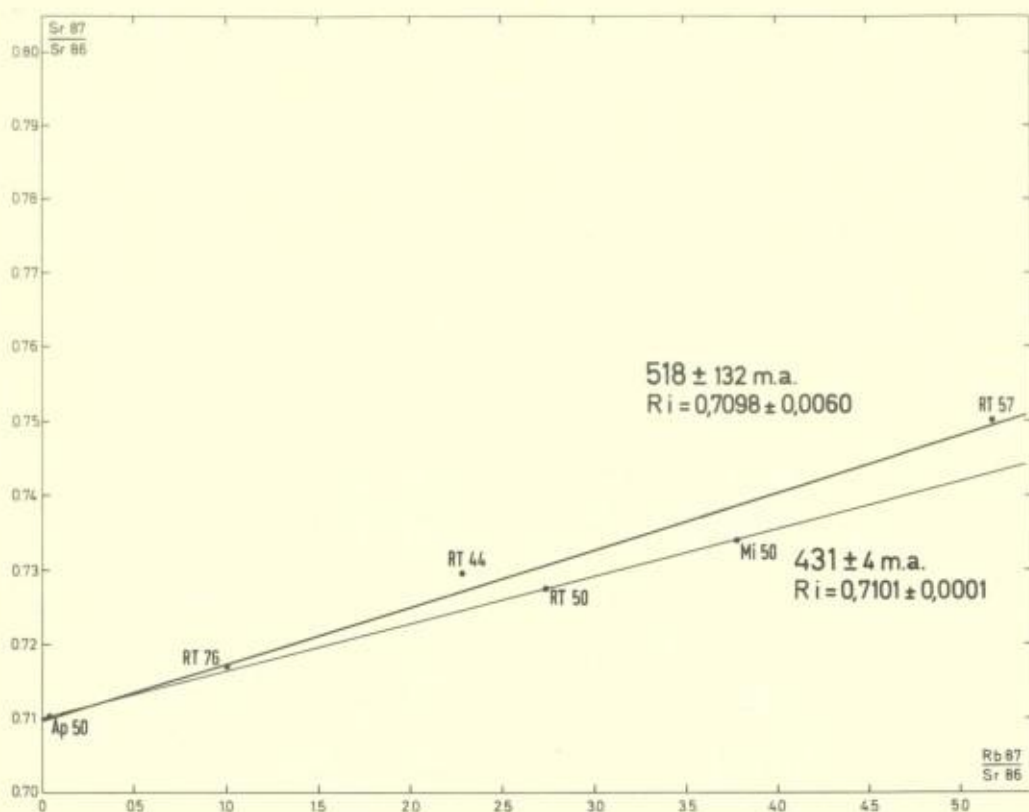


Figure 1 — Isochrone de référence sur roches totales (RT) des granites post-tectoniques du cycle brésilien (518 m.a.), et isochrone sur l'apatite (Ap), la roche totale (RT) et le microcline (Mi) de l'échantillon 50 (431 m.a.)

si on utilise pour le calcul un Ri de 0,706. Par Rb/Sr, le microcline et l'apatite dessinent avec la roche totale une isochrone de 431 ± 4 m.a. ayant un Ri de $0,7101 \pm 0,0001$. La biotite fournit par Rb/Sr un âge pratiquement identique (437 ± 12 m.a.) et par K/Ar un âge un peu plus élevé (450 ± 23 m.a.) encore qu'il soit compatible dans les limites d'erreur.

En résumé, il ressort de ces résultats que sans pouvoir être parfaitement fixé, la mise en place de chaque granite pouvant être un cas d'espèce, l'âge des granites post-tectoniques peut être estimé à 540 ± 60 m.a. Cet âge se situe entre celui que nous avons obtenu pour les gneiss syntectoniques (voir plus loin) et celui des pegmatites.

On constate en outre qu'une réhomogénéisation du Sr a eu lieu entre les différents minéraux jusqu'à la fermeture du système à l'époque de l'âge apparent enregistré par la biotite.

3. Gneiss syntectoniques. L'âge de l'orogénèse brésilienne, plus précisément l'âge de la formation des gneiss syntectoniques, nous est fourni d'une manière relativement précise par l'âge de la perte du plomb radiogénique des zircons et des sphènes provenant tant de la formation Paraíba plus ancienne que des gneiss Órgãos eux-mêmes. Cet âge déterminé au moyen de 12 fractions de zircon et d'un échantillon de sphène, extraits de divers types de roches est de 620 ± 20 m.a. (Delhal *et al.*, 1969).

La tentative de dater par la méthode Rb/Sr sur roches totales les migmatites et les gneiss syntectoniques s'est par contre révélée infructueuse. Il n'est pas possible en effet de placer sur une seule isochrone l'ensemble des roches de types Órgãos.

Les relations de terrain et l'étude pétrographique montrent que ces roches proviennent pour une part importante de la transformation des roches de la formation Paraíba. On peut donc aisément comprendre que le rapport isotopique du strontium dans les migmatites et gneiss Órgãos puisse différer d'un échantillon à l'autre en raison de plusieurs facteurs. D'une part, la redistribution du strontium radiogénique présent au moment de la transformation en gneiss peut ne pas s'être produite à travers l'ensemble des roches; d'autre part, le rapport isotopique du strontium *in situ* a pu être modifié au moment de la granitisation par l'introduction dans la formation d'une quantité variable de strontium de rapport isotopique différent.

A ces deux facteurs qui ont pu jouer en même temps, vient s'ajouter la possibilité d'un troisième dépendant du fait que les gneiss, après leur formation, ne sont pas restés nécessairement fermés pour le strontium. Nous verrons dans la suite de l'exposé plusieurs exemples de roches totales qui, du fait à la fois de leur abondance en biotite et de leur pauvreté en autres minéraux contenant du Rb, ont fourni des âges très proches de ceux de la biotite elle-même.

Les gneiss et les migmatites syntectoniques, bien que tous comparables entre eux par leurs caractères minéralogiques et texturaux microscopiques, peuvent être classés en deux groupes suivant qu'ils proviennent de la Serra dos Órgãos proprement dite, qui constitue une masse importante homogène de ces gneiss et migmatites charpentés par des granites post-tectoniques, ou qu'ils sont situés en dehors de celle-ci mêlés aux roches de la formation Paraíba ou à des témoins de celle-ci.

Gneiss et migmatites de la Serra dos Órgãos L'isochrone publiée par Delhal *et al.* (1969) était définie par 4 points (4.5A, 4.5B, 49, 55) (voir Tab. III et Fig. 2).

Tableau III — Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur les gneiss syntectoniques de la Serra dos Órgãos (cycle brésilien)

	Éch.	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{\text{Sr}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	$\frac{\text{Rb}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	Anal.	Réf.
Roche totale	4-5B	123,5	402,6	0,7169	0,8873	(1)	(+ +)
Roche totale	4-5A	198,1	402,7	0,7207	1,3901	(1)	(+ +)
Roche totale	47-49	94,8	180,6	0,7203	1,5201	(1)	N
Roche totale	47-49	73,5	104,2	0,7250	2,0448	(1)	(+ +)
Roche totale	55	133,0	148,6	0,7314	2,6000	(1)	(+ +)
	Éch.	K, %	Ar^{40} rad, $\text{ccSTP/g} \times 10^{-6}$	Ar^{40} atm, %	Âge, m.a.	Anal.	Réf.
Hornblende	4-5	2,053	46,48	7,1	496 ± 30	(2)	(+ +)
Hornblende	48	0,510	11,894	6	509 ± 26	(2)	(+ +)
Hornblende	193	1,478	33,43	6,2	496 ± 25	(2)	(+ +)
Biotite	6	7,66	160,60	3,3	464 ± 25	(2)	(+ +)

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

(+ +) Delhal, Ledent et Cordani (1969)

N Nouveau résultat

Du fait de la faible radiogénicité des roches et aussi en partie sans doute pour les raisons qui viennent d'être évoquées, l'âge obtenu est affecté d'un "plus ou moins" considérable (567 ± 110 m.a., $R_i = 0,7090 \pm 0,0028$). Deux de ces quatre points (4.5A et 4.5B) sont des parties différentes de la même migmatite. Un résultat nouveau est venu s'ajouter

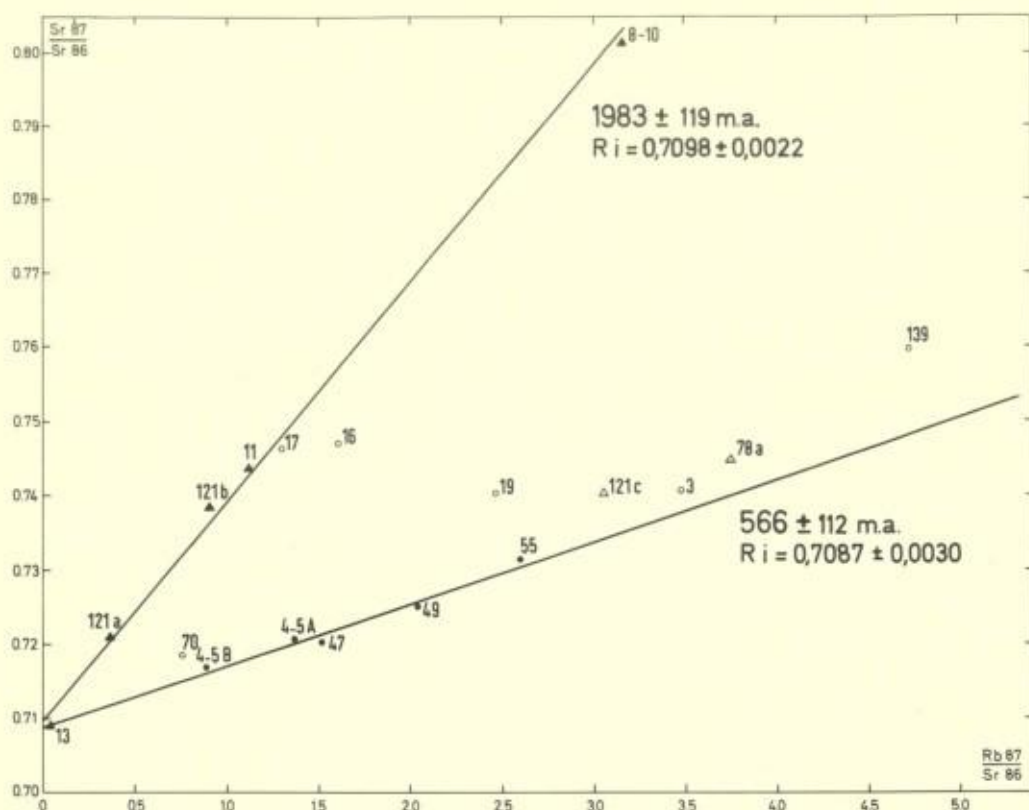


Figure 2 — Isochrone sur roches totales des gneiss Paraiba do Sul (points triangulaires, droite supérieure, 1983 m.a.), et isochrone sur roches totales des gneiss syntectoniques du cycle brésilien de type Órgãos (points ronds, droite inférieure, 566 m.a.). Les points évidés n'ont pas été pris en considération pour le calcul de l'isochrone (voir texte)

depuis, à savoir l'échantillon 47 qui appartient à la même migmatite que l'éch. 49. La nouvelle isochrone définie par les cinq points ne diffère pas de la précédente. Elle fournit un âge de 566 ± 112 m.a. et a un Ri de $0,7087 \pm 0,0030$.

Le rapport initial est de l'ordre de celui des roches de 2 000 m.a. de la formation Paraiba. Reprenant un raisonnement tenu dans la note précédente (Delhal *et al.*, 1969), il est nécessaire d'admettre que dans le cas où tous les gneiss de la Serra dos Órgãos proviennent de la transformation des roches Paraiba, la valeur relativement basse de leur rapport Sr^{87}/Sr^{86} initial moyen suppose l'adjonction d'un matériau de rapport Sr^{87}/Sr^{86} sensiblement plus bas que 0,709, qui pourrait être originaire du manteau ou de l'écorce inférieure et lié au phénomène de migmatitisation. Cette hypothèse est vraisemblable mais n'est pas démontrée, encore que le rapport Sr^{87}/Sr^{86} de certains granites post-tectoniques pourrait être de l'ordre de 0,706. L'abaissement du rapport Sr^{87}/Sr^{86} des gneiss par l'assimilation de calcaires Paraiba est une hypothèse que a été également envisagée mais qui doit être abandonnée puisqu'on sait maintenant que le rapport Sr^{87}/Sr^{86} de ces calcaires est de l'ordre de 0,709 (voir Tab. V).

Ainsi donc, tant que n'est pas démontrée l'hypothèse vraisemblable d'un apport granitisant ayant abaissé le rapport Sr^{87}/Sr^{86} moyen des gneiss de la Serra dos Órgãos, on ne peut pas exclure l'hypothèse, qui n'est cependant soutenue par aucune observation géologique ou pétrographique, qu'une partie de ces gneiss provienne de la transformation

de sédiments du cycle brésilien. Ce n'est certainement pas le cas pour les gneiss du type Órgãos situés en dehors de la Serra proprement dite et qui font l'objet du paragraphe suivant.

Trois hornblendes datées par K/Ar, deux d'entre elles (4.5 et 48) provenant d'échantillons datés par Rb/Sr, fournissent des âges identiques de 500 m.a. La biotite (6) provenant du même affleurement que l'échantillon 4.5. donne par contre un âge de 464 ± 23 m.a.

Les résultats montrent que les minéraux restèrent ouverts pour la diffusion de l'argon même après leur formation, et que les amphiboles commencèrent la rétention complète avant les micas, comme on devait déjà s'y attendre.

Gneiss et migmatites situés en dehors de la Serra dos Órgãos. Ces gneiss ont des âges apparents en roches totales s'échelonnant entre les âges des orogénèses trans-amazonienne et brésilienne. Le Tab. IV fournit les âges de ces gneiss calculés avec 0,709 et la Fig. 2 illustre leur position par rapport aux isochrones des deux orogénèses.

Tableau IV – Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur des gneiss de type Órgãos d'âge apparent compris entre ceux de l'orogénèse Paraíba et de l'orogénèse Órgãos

Éch.	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{Sr^{87}}{Sr^{86}}$	$\frac{Rb^{87}}{Sr^{86}}$	Âge, app., 0,709 m.a.	Anal.	Réf.
Roche totale	70	85,2	326,3	0,7186	0,7554	859 ± 430	(1) (+ +)
Roche totale	19	207,9	244,4	0,7403	2,4678	857 ± 130	(1) (+ +)
Roche totale	17	131,3	298,6	0,7464	1,3014	1928 ± 230	(1) (+ +)
Roche totale	16	114,5	206,2	0,7470	1,6113	1580 ± 240	(1) N
Roche totale	3	244,0	204,3	0,7408	3,4631	622 ± 180	(1) N
Roche totale	139	169,8	105,8	0,7598	4,7230	728 ± 150	(2) N
Roche partielle	16n	252,2	96,65	0,7842	7,6005		(1) N
Roche partielle	16b	49	249,6	0,7483	0,5701		(1) N
Pl + Q	16b			0,7415	0,0693		(1) N
Pl + Q	17			0,7373	0,0654		(1) N
Pl + Q	19			0,7246	0,2076		(1) N

Éch.	K, %	Ar ⁴⁰ rad, ccSTP/g $\times 10^{-6}$	Ar ⁴⁰ atm, %	Âge, m.a.	Anal.	Réf.
Biotite	1	7,93	153,70	1,9	432 ± 22	(2) (+ +)
Biotite	16	7,52	154,63	2,9	455 ± 22	(2) (+ +)
Biotite	108	8,02	163,86	1,3	453 ± 23	(2) (+ +)

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

(+ +) Delhal, Ledent et Cordani (1969)

N Nouveau résultat

Pour interpréter ces âges apparents, il faut tenir compte de plusieurs faits.

a) La dispersion de ces valeurs d'âges, qui en outre ne sont soutenues ni par les mesures U/Pb ni par les observations géologiques, permet d'écarter l'éventualité de l'existence d'un ou plusieurs événements de caractère *régional*, qui se situeraient chronologiquement entre les deux orogénèses reconnues à 2 000 m.a. et à 620 m.a.

b) L'hypothèse de l'existence dans la région d'événements isolés, tels que la mise en place de granites atectoniques ou post-tectoniques du cycle trans-amazonien, qui auraient

été gneissifiés par la suite, ne peut pas en principe être écartée dans tous les cas, mais à défaut d'arguments géologiques demeure purement gratuite et tout compte fait peu vraisemblable.

c) Tous les échantillons de gneiss datés proviennent d'une région où l'on trouve également des roches de faciès Paraíba ou des témoins lithologiques ou structuraux de cette formation. L'étroite relation entre les deux types de roches y est évidente.

Sur la base de ces arguments, les auteurs admettent que les roches de faciès Órgãos d'âges apparents intermédiaires ont été formées durant la première orogénèse et ont été transformées par la seconde. Tandis que la transformation paraît complète sur le plan minéralogique dans les échantillons datés, la diversité des âges apparents témoigne d'une grande hétérogénéité dans l'ouverture des roches analysées en ce qui concerne le Sr et éventuellement le Rb.

Les échantillons 16 et 17 proviennent d'une même carrière située dans les gneiss de faciès granulite de la formation Paraíba, dont ils ont gardé toute l'allure macroscopique caractéristique. Ils ont été interprétés de ce fait comme les produits d'une transformation des gneiss à orthose par microclinisation et biotitisation, sans remobilisation ni apport extérieur apparents. Les résultats géochronologiques tendent à confirmer cette interprétation puisque l'âge apparent de ces échantillons est relativement proche de celui des roches Paraíba elles-mêmes.

Les échantillons 3, 19 et 70 sont géographiquement situés entre la formation Paraíba et le faciès granulite et la Serra dos Órgãos. Le premier migmatitique, les deux autres granitoïdes, appartiennent à la zone que Rosier rapporte encore au Paraíba mais que, sur la base de leurs caractères pétrographiques, nous considérons déjà comme Órgãos. Les âges apparents sont proches des âges des gneiss de la Serra dos Órgãos.

L'échantillon 139 provient d'une zone de gneiss de type Órgãos située géographiquement entre la formation Paraíba et la formation Juiz de Fora. Comme pour les échantillons précédents, l'âge apparent de cet échantillon est proche de celui des gneiss de la Serra dos Órgãos.

L'échantillon 16 dont il fut question ci-dessus est formé de lits centimétriques, réguliers et alternants, de roches blanches et noires. Les parties blanches sont constituées de quartz, de plagioclase et d'un peu de biotite; les parties noires sont extrêmement riches en biotite, elles sont dépourvues d'autres minéraux porteurs de Rb et sont, contrairement aux parties blanches, affectées par une déformation ultime à mettre en relation avec la compétence différente des deux parties lors de mouvements tardifs.

Deux bandes, une blanche (16b) et une noire (16n), ont été datées séparément ainsi que le plagioclase de la bande blanche (Pl 16b). La roche totale 16, également datée, est un mélange de bandes blanches et noires dans une proportion qui n'est pas nécessairement représentative puisqu'elle fut constituée à partir d'un échantillon à main. Il est vraisemblable que l'âge réel de la roche est plus fidèlement indiqué par l'âge — plus proche de 2 000 m.a. — de l'échantillon 17 qui est granitique, homogène, et adjacent à la roche 16.

Le fait que les points représentatifs (voir Fig. 3) de l'échantillon 16 et de ses parties ne s'alignent pas sur une droite montre que la "roche totale" analysée n'est pas un simple mélange des parties blanches et noires analysées et que l'échantillon dans son ensemble est donc hétérogène en ce qui concerne la distribution du Sr et éventuellement du Rb. Les choses se présentent comme si la partie noire avait perdu du Sr_{87} jusqu'à un moment compris entre 670 m.a. (âge calculé avec $R_i = 0,709$) et 432 m.a. (âge calculé avec la roche totale), tandis que la partie blanche analysée aurait été de son côté particulièrement enrichie en Sr_{87} .

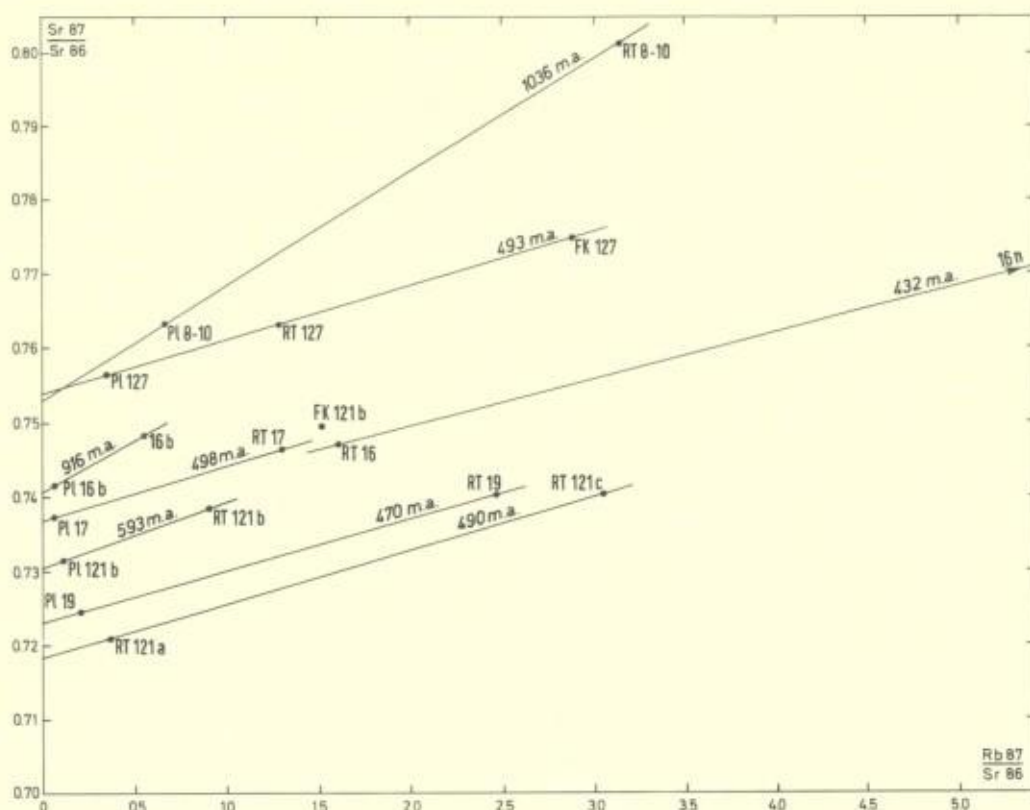


Figure 3 — Position relative des points représentatifs de minéraux et des roches totales correspondantes pour les différentes formations, illustrant la redistribution (rehomogénéisation) du strontium 87 radiogénique sous l'effet de l'orogénèse brésilienne

L'isochrone passant par la partie blanche (16b) et son plagioclase (Pl 16b) donne un âge apparent de 916 m.a. Dans le même affleurement la roche totale 17 et son plagioclase (Pl 17) forment une isochrone de 498 m.a., tandis qu'ailleurs la roche totale 19 et son plagioclase (Pl 19) fournissent ensemble un âge de 470 m.a. Bien qu'elles n'aient qu'un caractère indicatif, ces valeurs d'âges montrent qu'une redistribution du strontium radiogénique a eu lieu durant le cycle brésilien et jusqu'aux phases très tardives, post-tectoniques, de celui-ci.

La biotite de l'échantillon 16 a donné par K/Ar un âge de 455 ± 22 m.a., tandis que non loin de là, la biotite de l'échantillon 1, provenant du même affleurement que la roche totale 3, a fourni par la même méthode un âge de 432 ± 22 m.a. Ces âges indiquent l'époque où la température régionale est tombée au dessous de la température limite pour la rétention de l'argon par les micas, soit vers 200-250°C.

En résumé, l'âge des gneiss syntectoniques ne peut pas être établi par la méthode Rb/Sr appliquée à l'ensemble des gneiss syntectoniques bien que les échantillons analysés soient tous pétrographiquement comparables. Toutefois, si on opère une distinction entre les échantillons provenant de la Serra dos Órgãos même et ceux qui sont dispersés dans une zone où sont également présentes des roches de faciès Paraíba, on obtient sur les roches totales, pour les premiers un âge qui se rapproche de l'âge de 620 m.a. déterminé par U/Pb, et pour les seconds des âges intermédiaires entre l'âge de l'orogénèse trans-amazonienne (2 000 m.a.) et celui de l'orogénèse brésilienne (620 m.a.). Ces dernières roches

ont toutefois subi entre leurs minéraux propres une redistribution du strontium radiogénique jusqu'à un stade pouvant être assez tardif du cycle brésilien. Durant la même période, des migrations irrégulières affectant le système Rb-Sr ont eu lieu entre les parties de composition différente des roches rubanées.

B. *Le cycle trans-amazonien.* Delhal *et al.* (1969) ont publié les âges obtenus sur la formation Paraíba par U/Pb et par Rb/Sr, qui sont respectivement $2\,070 \pm \text{m.a.}$ et $1\,923 \pm 60 \text{ m.a.}$ Cette dernière valeur était tirée d'une isochrone de quatre roches totales de gneiss caractéristiques de la formation mais provenant de deux affleurements très éloignés l'un de l'autre. Les résultats analytiques sont repris au Tab. V.

Tableau V — Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur les roches de la formation Paraíba

	Éch.	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{\text{Sr}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	$\frac{\text{Rb}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	Anal.	Réf.
Roche totale	13	0,35	27	0,7090	0,0378	(1)	N
Calcite							
Roche totale	121a	40,0	318,6	0,7210	0,3639	(1)	(+ +)
Roche totale	121b	75,7	243,6	0,7384	0,9022	(1)	(+ +)
Roche totale	11	92,1	245,7	0,7437	1,1214	(1)	(+ +)
Roche totale	8-10	174,4	162,0	0,8013	3,1418	(1)	(+ +)
Roche totale	121c	213,3	202,5	0,7404	3,0528	(1)	(+ +)
Roche totale	78a	164,3	128,9	0,7450	3,7450	(2)	N
Pl + Q	8-10	30,1	132,2	0,7632	0,6629	(1)	N
Pl + Q	121b	7,9	198,5	0,7315	0,1154	(1)	N
Orthose	121b	231,5	448,1	0,7494	1,5203	(2)	N
Biotite	121b	600,9	6,86	2,8230	306,250	(1)	N
	Éch.	K, %	$\text{Ar}^{40} \text{ rad,}$ $\text{ccSTP/g} \times 10^{-6}$	$\text{Ar}^{40} \text{ atm,}$ %	Âge, m.a.	Anal.	Réf.
Hornblende	25	0,862	19,775	6,4	502 ± 15	(2)	(+ +)
Hornblende	38	0,680	15,226	55,6	491 ± 15	(2)	(+ +)
Hornblende	109b	0,1538	4,457	33,4	615 ± 31	(2)	N
Hornblende	120	0,2802	10,89	18,6	785 ± 38	(2)	(+ +)
Biotite	35	5,58	165,35	4,7	627 ± 32	(2)	(+ +)
Biotite	58	7,97	149,26	1,9	419 ± 21	(2)	(+ +)
Biotite	78	7,63	164,28	3,3	475 ± 38	(2)	N
Biotite	114	7,47	178,80	2,3	521 ± 26	(2)	(+ +)
Biotite	120	7,77	$\begin{cases} 176,26 \\ 162,41 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,5 \\ 5,8 \end{cases}$	$\begin{cases} 497 \pm 35 \\ 462 \pm 23 \end{cases}$	(2)	(+ +)
Muscovite	109a	7,12	133,20	11,2	419 ± 21	(2)	N
Pyroxène	101	0,00976	$\begin{cases} 0,666 \\ 0,695 \end{cases}$	$\begin{cases} 50 \\ 40,1 \end{cases}$	$\begin{cases} 1\,220 \pm 350 \\ 1\,260 \pm 130 \end{cases}$	(2)	(+ +)
Plagioclase	120	0,2046	$\begin{cases} 19,93 \\ 18,65 \end{cases}$	$\begin{cases} 16,5 \\ 10,4 \end{cases}$	$\begin{cases} 1\,570 \pm 80 \\ 1\,500 \pm 75 \end{cases}$	(2)	(+ +)

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

(+ +) Delhal, Ledent et Cordani (1969)

N Nouveau résultat

Les isochrones calculées séparément pour les deux points de chaque affleurement fournissent pour les échantillons 121a et 121b (région de Carangola) un âge de 2 165 m.a. et un Ri de 0,7092, et pour les échantillons 8/10 et 11 (région de Três Rios) un âge de 1 923 m.a. et un Ri de 0,7115. Ces deux âges se recouvrent dans les limites d'erreur. Mais, les différences entre les âges et les Ri des roches des deux régions peuvent s'expliquer du fait que l'échantillon 8/10 pourrait être légèrement rajeuni sous l'action de l'orogénèse brésilienne, comme le fait penser un début de transformation en microcline de l'orthose de cet échantillon. Afin de préciser la valeur du rapport Sr^{87}/Sr^{86} initial, les auteurs ont analysé un métacalcaire (échantillon 13) formant une lentille d'extension limitée au sein des paragneiss de la région de Três Rios. Son rapport Sr^{87}/Sr^{86} est de 0,7090 pour un rapport Rb^{87}/Rb^{86} de 0,0378. Calculé au moyen des 3 échantillons voisins 8/10, 11 et 13, l'âge des paragneiss de la région de Três Rios est de $1\,995 \pm 135$ m.a. et le Ri de $0,7087 \pm 0,0032$.

Réunis dans une même isochrone (Fig. 2) les cinq points fournissent un âge de $1\,983 \pm 119$ m.a.; le rapport Sr^{87}/Sr^{86} initial est de $0,7098 \pm 0,0022$. Cet âge est compatible dans les limites d'erreur avec celui obtenu par U/Pb sur les zircons ($2\,070 \pm 70$ m.a.). Il faut remarquer toutefois que la valeur de 1 983 m.a. pourrait être un peu faible si l'échantillon 8/10 est effectivement un peu rajeuni, et que l'âge U/Pb de 2 070 m.a. est vraisemblablement une valeur minimum puisqu'on a tenu compte pour son estimation de ce qu'une partie du zircon avait pu être héritée (Delhal *et al.*) (1969).

Revenant à l'échantillon 13, nous remarquerons que la valeur de 0,709 du rapport Sr^{87}/Sr^{86} est trop élevée pour une roche calcaire qui se serait formée en milieu océanique il y a plus de 2 000 m.a.

Si ce rapport correspond à celui des métasédiments Paraíba au moment de leur dépôt ou de leur diagenèse, ceux-ci se sont déposés dans un bassin fermé sans relation directe avec le milieu océanique. Si ce n'est pas de cas, alors il faudrait admettre qu'un temps plus ou moins long s'est écoulé entre le dépôt (ou la diagénèse, ou un premier métamorphisme) et le métamorphisme catazonal durant lequel le strontium radiogénique aurait été complètement redistribué entre les différentes parties de la formation. Les points analytiques relatifs aux roches totales des échantillons 78a et 121c (faciès Paraíba) s'éloignent beaucoup de l'isochrone de 2 000 m.a., se rapprochant de l'isochrone de référence des roches Órgãos (voir Fig. 2). L'échantillon 121c est une roche riche en hornblende et biotite qui est intimement associée, sous forme d'enclaves ou de passées irrégulières, à l'échantillon "charnockitique" 121a situé sur l'isochrone de 2 000 m.a. Son âge apparent calculé avec un Ri de 0,709 est de 696 m.a. La droite isochrone (Fig. 3) joignant le point 121a et 121c a une pente de 490 m.a. L'échantillon 78a de son côté appartient à un ensemble de roches "charnockitiques" et de gneiss à grenat de la région de Vitória. Son âge apparent calculé avec un Ri de 0,709 est de 651 m.a. Dans le cas des deux échantillons, il s'agit de roches particulièrement riches en biotite et ne renfermant pas ou pratiquement pas d'autres minéraux à rubidium. Ainsi que nous l'avons déjà constaté dans le cas de l'échantillon 16n, il apparaît que, pour une telle composition, l'âge apparent de la roche totale tend vers celui de la biotite.

Les mesures d'âge faites sur plusieurs minéraux de l'échantillon 121b et sur le plagioclase de l'échantillon 8/10 montrent que des migrations importantes du Sr radiogénique ne conduisant pas, cependant, à une réhomogénéisation totale, se sont effectuées sous l'effet de l'orogénèse brésilienne entre les différents minéraux des roches de faciès granulite fortement déformées mais non rétro-morphosées de la formation Paraíba.

L'âge Rb/Sr de la biotite de l'échantillon 121b est de 460 m.a. Les âges K/Ar obtenus sur les biotites et les hornblendes de divers échantillons varient de 627 ± 32 m.a. à

419 $\pm$ 21 m.a. Il est vrai que beaucoup de ces échantillons ne sont pas caractéristiques de la formation Paraíba et constituent des faciès minéralogiquement transformés par l'orogénèse brésilienne. L'âge fourni par un pyroxène (échantillon 101) atteint par ailleurs 1 260 m.a., tandis que celui d'un plagioclase (échantillon 120), plus de 1 500 m.a. Dans cette dernière roche, l'hornblende donne 785 m.a., et la biotite moins de 500 m.a. Ces âges apparents K/Ar suggèrent des pertes partielles d'argon par des roches de 2 000 m.a. pendant l'orogénèse brésilienne.

C. *La formation Juiz de Fora.* Par ses caractères pétrographiques cette formation est comparable à la formation Paraíba do Sul. Elle serait séparée par une discordance (Ebert, 1957) des gneiss de la Serra da Mantiqueira affleurant au Nord de Juiz de Fora.

Les échantillons datés proviennent tous des environs immédiats de Juiz de Fora où Ebert a distingué plusieurs niveaux qui définiraient une allure synclinale et qui comprendraient, de bas en haut à partir de la discordance, des quartzites arkosiques, des grauwackes conglomératiques, des gneiss kinzigitiques et des roches charnockitiques.

Les échantillons 128 et 130 proviennent des niveaux à grauwackes et à kinzigites; les échantillons 127, 140 et JD 145 proviennent du niveau charnockitique.

Les résultats géochronologiques obtenus par la méthode Rb/Sr (Tab. VI) appliquée aux roches totales de ces cinq échantillons sont reportés sur un diagramme de Nicolaysen (Fig. 4). On constate que les points représentatifs des échantillons 127, 140 et JD 145 se situent bien au dessus de l'isochrone de 2 000 m.a. des roches Paraíba tandis que les points correspondants aux échantillons 128 et 130 ont une position voisine de l'isochrone en question. Il est donc certain qu'une partie des échantillons ont un âge largement supérieur à 2 000 m.a. Il n'est toutefois pas possible de fixer la valeur exacte de cet âge. Le rapport

Tableau VI — Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur les roches de la formation Juiz de Fora

	N.º	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{\text{Sr}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	$\frac{\text{Rb}^{87}}{\text{Sr}^{86}}$	Anal.	Réf.
Roche totale	JD145	2,32	331,1	0,7155	0,0133	(1)	N
Roche totale	130	65,2*	371,6	0,7228	0,5081	(2)	N
Roche totale	140	54,9*	222,0	0,7350	0,7170	(2)	N
Roche totale	128	115,6*	298,9	0,7458	1,1229	(2)	N
Roche totale	127	75,07	170,3	0,7631	1,2895	(1)(2)	N
Orthose	127	306,5	314,3	0,7748	2,880	(2)	N
Pl + Q	127	12,1	102,0	0,7564	0,3484	(2)	N

	N.º	K, %	Ar^{40} rad, ccSTP/g $\times 10^{-6}$	Ar^{40} atm, %	Âge, m.a.	Anal.	Réf.
Biotite	124	7,86	218,30	6,3	593 $\pm$ 30	(2)	(+ +)
Biotite	133	7,63	166,59	2,0	480 $\pm$ 25	(2)	(+ +)

*Rb dosé par fluorescence X, avec une anticathode Mo et sur poudre. Mesure et correction des interférences sur le pic "Compton" corrigé de l'influence K β de l'yttrium. La marge d'erreur, estimée à $\pm 3\%$, n'a pas de portée sur les conclusions géochronologiques (chimiste, M. Delvigne, Musée Royal de l'Afrique Centrale)

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

N Nouveau résultat

(+ +) Delhal, Ledent, et Cordani (1969)

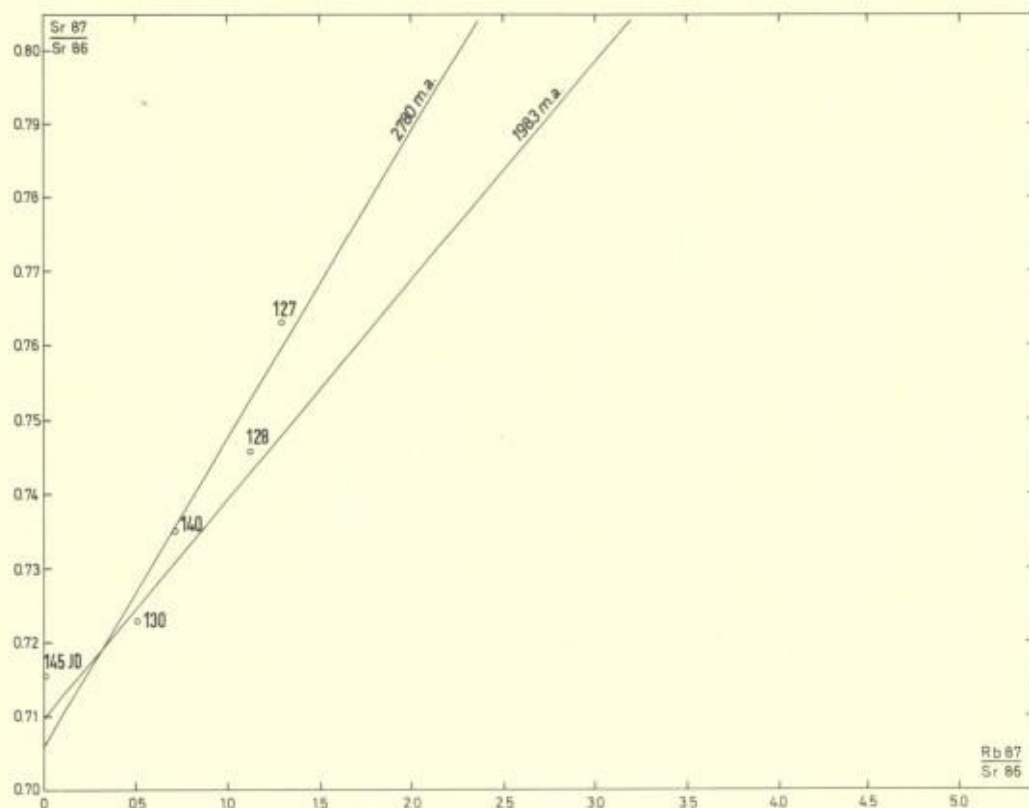


Figure 4 — Position des points représentatifs des roches totales des gneiss de la formation Juiz de Fora, par rapport aux tracés des isochrones des gneiss Paraíba do Sul (1983 m.a.) et Mantiqueira (2780 m.a.)

$\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ relativement élevé de l'échantillon JD 145, qui est pratiquement dépourvu de Rb, montre, en effet, qu'une réhomogénéisation importante du Sr a dû se produire à un moment donné après la formation des roches.

A partir des données géochronologiques, l'hypothèse la plus vraisemblable est qu'une partie au moins de la formation Juiz de Fora aurait un âge comparable à celui des gneiss Mantiqueira situés directement au Nord (soit environ 2800 m.a., voir plus loin) mais aurait subi par la suite l'influence marquante de l'orogénèse trans-amazonienne. Les données géochronologiques laissent donc en suspens des problèmes géologiques que seule une étude fouillée de terrain permettra éventuellement de résoudre. Deux hypothèses demeurent possibles, suivant que l'ensemble de la formation Juiz de Fora, ou une partie seulement de celle-ci (à savoir le niveau charnockitique) serait un faciès du vieux socle métamorphisé et recristallisé au cours de l'orogénèse trans-amazonienne. Dans cette dernière éventualité, le niveau charnockitique doit se trouver dès lors sous une discordance.

Nous avons également mesuré l'âge par Rb/Sr du plagioclase et de l'orthose de l'échantillon 127. Ces deux minéraux et la roche totale forment une isochrone (Fig. 3) dont l'âge est de 493 ± 9 m.a. et le R_i de 0.7538 ± 0.0002 . Il est intéressant de relever que cette roche à hypersthène ne contient pratiquement pas de biotite et que, massive, granoblastique, et non cataclásée elle ne montre dans sa structure aucun signe de l'influence de l'orogénèse brésilienne.

Deux biotites provenant d'échantillons de la formation Juiz de Fora ont donné par K/Ar des âges de 593 et de 480 m.a., c'est-à-dire du même ordre que les âges obtenus sur des biotites provenant de roches des formations présentées antérieurement.

D. *Les gneiss de la Serra da Mantiqueira et les gneiss granitoïdes de la région de Barbacena.* Bien que les gneiss de faciès amphibolite qui forment la Serra da Mantiqueira soient hétérogènes, on a pu sélectionner pour les mesures géochronologiques quatre échantillons dont les caractères pétrographiques sont relativement comparables et qui proviennent de la région située entre Juiz de Fora et Barbacena.

Ces échantillons, qui portent les n.^{os} 125, 126, 147 et 149, sont des gneiss granoblastiques à porphyroclastiques, à microcline finement perthitique en partie réduit en mosaïque granoblastique, dont le plagioclase limpide est occasionnellement antiperthitique, le quartz de forme lenticulaire et la biotite brun verdâtre et orientée.

Datés par Rb/Sr en roche totale (voir Tab. VII et Fig. 5), ces échantillons s'alignent sur une isochrone de $2\,788 \pm 222$ m.a. ayant un R_i de $0,7060 \pm 0,0016$. Un cinquième échantillon (JD 144) très riche en biotite renfermant de la hornblende et du sphène, et dépourvu de feldspath potassique, fournit un âge apparent discordant dont la valeur faible paraît devoir être mise en relation avec sa composition particulière, comme dans les cas déjà discutés plus avant des échantillons 16n, 121c et 78a.

Des mesures K/Ar faites sur des hornblendes de roches de la même région fournissent des âges de 725 ± 22 m.a. (échantillon 146) et de 570 ± 18 m.a. (échantillon 144). La biotite de ce dernier échantillon donne par la même méthode un âge de 494 ± 25 m.a.

D'autre part l'âge en roche totale a été mesuré sur trois échantillons provenant des environs de Barbacena, c. -à-d. immédiatement au Nord de la région qui vient d'être considérée. Ces gneiss, qui seront qualifiés de granitoïdes encore qu'ils soient migmatitiques en grand, diffèrent des précédents par un aspect plus massif, une texture plus ho-

Tableau VII — Résultats analytiques Rb/Sr et K/Ar sur les gneiss de la Serra de Mantiqueira

	N. ^o	Rb, ppm	Sr, ppm	$\frac{Sr^{87}}{Sr^{86}}$	$\frac{Rb^{87}}{Sr^{86}}$	Anal.	Réf.
Roche totale	125	63,17	503,6	0,7149	0,2256	(1)	N
Roche totale	126	86,3	465,5	0,7208	0,3382	(1)	N
Roche totale	147	99,34	225,9	0,7618	1,2948	(2)	N
Roche totale	149	130,8	240,0	0,7712	1,6074	(2)	N
Roche totale	JD144	83,42	274,7	0,7285	0,8806	(1)	N
Roche totale	152	63,75	388,2	0,7269	0,4820	(2)	N
Roche totale	150	80,52	360,7	0,7323	0,6560	(2)	N
Roche totale	153	70,36	229,2	0,7393	0,9021	(2)	N

	N. ^o	K, %	Ar^{40} rad, ccSTP/g $\times 10^{-6}$	Ar^{40} atm, %	Âge, m.a.	Anal.	Réf.
Hornblende	146	0,286	8,691	57,0	725 ± 22	(2)	N
Hornblende	144	1,278	33,95	7,7	570 ± 18	(2)	N
Biotite	144	7,88	177,46	2,8	494 ± 25	(2)	N
Biotite	189	8,01	168,05	1,8	464 ± 23	(2)	N

(1) Analyste, D. Ledent

(2) Analyste, U. Cordani

N Nouveau résultat

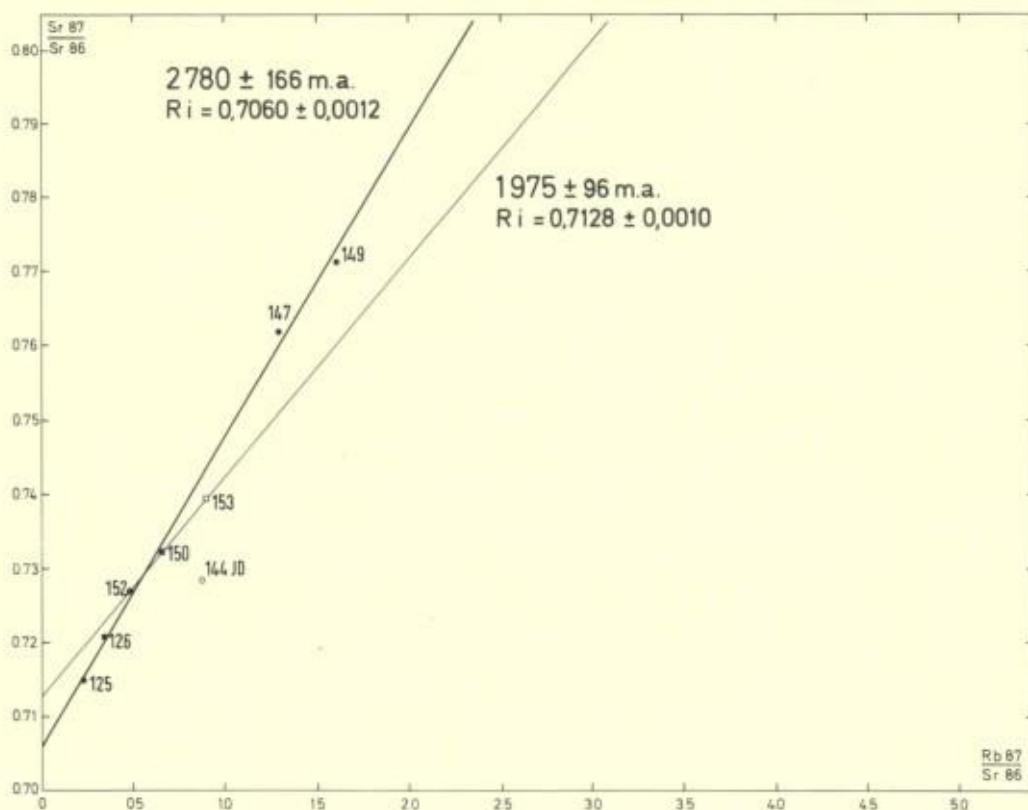


Figure 5 — Isochrones sur roches totales formées par les différents gneiss Mantiqueira (2 780 m.a.) et sur les gneiss granitoides de la région de Barbacena pris isolément (1 975 m.a.). Seuls les points pleins ont servi au calcul de la première isochrone (voir texte)

mogène, une cataclase nettement plus limitée, une saussuritisation uniforme et prononcée du plagioclase avec formation, dans la masse de la roche, de grains individualisés d'épidote et de calcite, une biotite par place chloritisée à inclusions parfois sagénétiques. La position de ces gneiss par rapport aux précédents n'est pas établie; à première vue, il n'y a pas d'arguments pour les dissocier du grand complexe des gneiss de la Serra da Mantiqueira dont ils ne seraient qu'un des aspects particuliers. Deux des échantillons (150 et 153) se placent d'ailleurs sur l'isochrone de 2 788 m.a. (qui recalculée avec eux fournit un âge de $2\,780 \pm 166$ m.a., $R_i = 0,7060 \pm 0,0012$) tandis que l'échantillon 153, le plus affecté par les transformations ultérieures (saussuritisation, chloritisation), se place en dessous de cette isochrone. La proximité de la formation sédimentaire de São João del Rei, de faciès épizonal et discordante sur les gneiss, permettrait d'expliquer ce rajeunissement partiel.

Mais, par ailleurs, les trois échantillons s'alignent sur une isochrone de $1\,975 \pm 96$ m.a. ayant un R_i relativement élevé de $0,7128 \pm 0,0010$. On ne peut donc exclure que ces gneiss granitoïdes puissent résulter d'une granitisation à l'époque Paraíba des gneiss du socle.

La seule biotite datée dans les environs de Barbacena (échantillon 189) a donné par K/Ar un âge de 464 ± 23 m.a. inférieur à celui obtenu immédiatement au Sud et du même ordre que ceux obtenus dans la Serra dos Órgãos.

CONCLUSIONS Trois orogénèses successives sont représentées dans la région considérée par trois groupes d'âges principaux: 2 780 m.a., 2 070 m.a. et 620 m.a. L'âge des granites post-tectoniques de la dernière est de l'ordre de 540 m.a., celui des pegmatites est de l'ordre de 470 m.a.

La première orogénèse (2 780 m.a.) affecte le complexe gneissique qui constitue la Serra da Mantiqueira.

Durant la deuxième orogénèse qui représente le cycle trans-amazonien, se situe, vers 2 070 m.a., le métamorphisme catazonal des formations Paraíba et Juiz de Fora. La première de ces formations est constituée principalement des sédiments du cycle en question. La seconde a, en partie du moins, une origine plus ancienne.

La troisième orogénèse, qui représente le cycle brésilien, a produit vers 620 m.a. les gneiss de la Serra dos Órgãos ainsi que les gneiss comparables imbriqués dans la formation Paraíba et en dérivant par rétomorphose, granitisation, et palingénèse.

Les événements successifs ont été insuffisants pour réhomogénéiser ou rajeunir l'ensemble des formations précédentes. Des isochrones peuvent être obtenues sur les roches totales représentatives des trois grands cycles. Cependant, dans toutes les roches des trois unités considérées, il s'est produit, sous l'effet de la dernière orogénèse, une redistribution du Sr radiogénique entre minéraux tels que le plagioclase et le microcline, ainsi qu'un rajeunissement des hornblendes et des biotites constaté tant par la méthode Rb/Sr que K/Ar.

Ainsi, dans les régions où se sont formés vers 620 m.a., les gneiss syntectoniques de type Órgãos, et vers 540 m.a., les granites post-tectoniques du cycle brésilien, une réhomogénéisation du strontium entre les minéraux (feldspaths, biotite, apatite) s'est poursuivie jusqu'à 430 m.a. dans certains échantillons. Les âges K/Ar y sont de l'ordre de 450 m.a. pour les biotites et de 500 m.a. pour les hornblendes.

De même, dans les gneiss catazonaux de la formation Paraíba âgée de 2 000 m.a. et de la formation Juiz de Fora en partie plus ancienne, une réhomogénéisation du Sr entre les minéraux (plagioclase, microcline) a pu se prolonger jusqu'à 493 m.a., même dans les roches de faciès granulite où aucune observation microscopique ne peut être mise en relation avec ce phénomène. Dans ces régions, ainsi que, dans la Serra da Mantiqueira où les gneiss ont 2 800 m.a., les âges K/Ar sont de l'ordre de 500-600 m.a. pour les biotites et de 600-700 m.a. pour les hornblendes.

On constate enfin que des roches totales, ou des parties de roches hétérogènes, provenant des différentes unités, présentent des âges apparents faibles tendant vers celui de la biotite lorsque ces roches sont très riches en ce minéral et sont quasi dépourvues d'autres minéraux de Rb tels que le feldspath potassique. Il apparaît que dans ces conditions, non seulement la biotite mais la roche entière sont restées ouvertes pour le strontium radiogénique, jusqu'à l'époque du dernier refroidissement régional.

Pour les orogénèses trans-amazonienne et brésilienne, les valeurs ici adoptées de 2 070, 620 et 540 m.a. sont celles qui ont été obtenues par la méthode U/Pb; elles sont un peu supérieures à celles obtenues par Rb-Sr. Cependant, si on utilise pour les calculs $\lambda_{\text{Rb}^{87}} = 1.39 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ au lieu de 1.47×10^{-11} , les valeurs deviennent concordantes. Il y a lieu de noter que la meilleure concordance obtenue avec un $\lambda_{\text{Rb}^{87}} = 1,30 \cdot 10^{-11} \cdot \text{a}^{-1}$ n'est pas un argument suffisant pour adopter ces résultats plutôt que ceux obtenus avec un $\lambda_{\text{Rb}^{87}} = 1,47 \cdot 10^{-11} \cdot \text{a}^{-1}$. Il faut considérer, en effet, que les différences constatées entre les valeurs Rb/Sr ($\lambda_{\text{Rb}^{87}} = 1,47 \cdot 10^{-11} \cdot \text{a}^{-1}$) et les valeurs U/Pb pourraient s'expliquer en supposant que les âges Rb/Sr seraient un peu faibles du fait que certains échantillons pris en considération pour le calcul de l'âge pourraient être un peu rajeunis. Inversement, l'âge U/Pb pourrait être rendu un peu trop élevé par la présence de zircons hérités.

Pour la première orogénèse il n'existe pas encore de résultats par la méthode U/Pb. En prenant $\lambda_{Rb^{87}} = 1.39 \times 10^{-11} a^{-1}$, l'âge Rb/Sr passe de 2 780 à 2 940 m.a.

En conclusion, de l'ensemble des valeurs présentées, les auteurs adoptent les résultats suivants comme les plus représentatifs:

circa 2 800 m.a.: âges des gneiss Mantiqueira

2 090 m.a.: âge du métamorphisme Paraíba (orogénèse trans-amazonienne)

620 m.a.: âge des gneiss syntectoniques de la Serra dos Órgãos (orogénèse brésilienne)

540 m.a.: âge des granites post-tectoniques (orogénèse brésilienne)

470-500 m.a.: âge des pegmatites, et fermeture du système K/Ar dans les hornblendes de la Serra dos Órgãos (orogénèse brésilienne)

450 m.a.: réhomogénéisation partielle à complète du Sr^{87} entre les différents minéraux, et fermeture des systèmes

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMARAL, G., CORDANI, U. G., KAWASHITA, K. et REYNOLDS, J. H. — 1966 — Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **30**, 159/189
- DELHAL, J., LEDENT, D. et CORDANI, U. G. — 1969 — Ages Pb/U, Sr/Rb et Ar/K de formations métamorphiques et granitiques du Sud-Est du Brésil (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **92**, 271-283
- DEUTSCH, S., LEDENT, D. et PASTEELS, P. — 1965 — Datation par les méthodes Rb/Sr et Pb/U au Laboratoire de Géochronologie du Service de Géologie et de Géochimie nucléaires. Université Libre de Bruxelles
- DIRAC, M. et EBERT, H. — 1967 — Isotopic ages from the pegmatite province of Eastern Brazil. *Nature*, **215**, 948-949
- EBERT, H. — 1956 — Depto. Nac. Prod. Min., Relatório anual do Diretor, 97/107
- EBERT, H. — 1957 — Beitrag zur Gliederung des Prakambriums in Minas Gerais. *Geol. Rundschau*, **453**, 471/521
- HERZ, N. — 1970 — Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 641-B, 58 pp.
- LEDENT, D. et PASTEELS, P. — 1968 — Déterminations de l'âge des roches post-tectoniques du sud-est du Brésil. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **91**, 305/309
- ROSIER, G. F. — 1965 — Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais. *Bol. Depto. Nac. Prod. Min.*, n.º 222, 41 p.
- YORK, D. — 1966 — Least-squares fitting of a straight line. *Can. J. Phys.*, **44**, 1 079-1 086

Localisation et description succincte des échantillons datés

Remarques.

- Figurent dans cette liste tous les échantillons cités dans ce travail, y compris ceux déjà mentionnés dans les publications antérieures. (Ledent et Pasteels, 1968; Delhal *et al.*, 1969).
- Le numéro attribué à l'échantillon sur le terrain par J. Delhal est suivi du numéro de son inscription au répertoire général (R.G.) du Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren où la moitié de chaque échantillon des missions Cordani-Delhal-Gomes est conservée. L'autre moitié se trouve au Centro de Pesquisas Geocronológicas de l'Université de São Paulo.

— 1. R.G. 106 701. Affl. 1: Carrière environ 6 km à E.S.E. de Três Rios, rive droite de la rivière Piabanha (coord.: 22° 08' 24" S — 43° 09' 02" W) (RJ).

Gneiss de composition granitique finement zonaire — Type Órgãos dans Série Paraíba.

— 3. R.G. 106 703. Affl. 1: Voir ci-dessus.

Gneiss de composition granitique finement zonaire. Type Órgãos dans Série Paraíba.

- 4 et 5. R.G. 106 704 et 106 705. Affl. 2: Carrière de Areal, rive droite de la rivière Piabanha (coord.: 22° 14' 24" S — 43° 05' 42" W) (RJ).
Gneiss de composition granitique, migmatitique — Type Órgãos à la limite des Séries Órgãos et Paraíba.
- 6. R.G. 106 706. Affl. 2: Voir ci-dessus.
Veine pegmatitique discordante dans les migmatites.
- 8 à 10. R.G. 106 708 à 106 710. Affl. 3: Carrière du "Viaduto", environ 5 km à l'Est de Três Rios, rive droite du fleuve Paraíba (coord.: 22° 06' 45" S — 43° 09' 27" W) (RJ).
Métasédiments finement zonaires à hypersthène, grenat, biotite. Faciès granulite de la Série Paraíba.
- 11. R.G. 106 711. Affl. 3: Voir ci-dessus.
Idem, bande homogène, très sombre mais leucocrate.
- 13. R.G. 106 713. Affl. 4: Carrière de marbre, environ 3,5 km au Nord de Bemposta (coord.: 22° 06' 42" S — 43° 05' W) (RJ).
Calcaire métamorphique de grain grossier, à forstérite.
- 16. R.G. 106 716. Affl. 6: Carrière de Três Rios (coord.: 22° 06' 14" S — 43° 11' 19" W) (RJ).
Gneiss rubané, zones blanches granoblastiques, formées d'oligoclase, de quartz et de biotite; zones noires, gneissiques et cataclastiques, à biotite particulièrement abondante, oligoclase, quartz, hornblende, grenat et apatite.
- 17. R.G. 106 717. Affl. 6: Voir ci-dessus.
Idem, passée hololeucocrate, blanche, hétérogranulaire, un peu de biotite et de grenat.
- 19. R.G. 106 719. Affl. 8: 1 km à l'Est de Alberto Torres, au bord de la route et de la rive droite de la rivière Piabanha (coord.: 22° 12' 00" S — 43° 08' 29" W) (RJ).
Gneiss granitoïde. Type Órgãos dans Série Paraíba.
- 25. R.G. 106 725. Affl. 12: 4 km au Sud de Chiador, à 500 m à l'W de la gare (coord.: 22° 02' 30" S — 43° 03' 03" W) (MG).
Gneiss à deux pyroxènes et hornblende en intercalations dans gneiss à biotite rouge et orthose. Faciès granulite de la Série Paraíba.
- 30. R.G. 106 730. Affl. 16: Route BR 135 (Três Rios — Juiz de Fora), km 151, rive gauche de la rivière Paraíba (coord.: 22° 00' 15" S — 43° 19' 16" W) (MG).
Gneiss à hornblende, biotite et sphène, finement zonal. Faciès amphibolite de la Série Paraíba.
- 35. R.G. 106 735. Affl. 18: Localité de Anta. Route Três Rios — Sapucaia (RJ).
Petite veine pegmatitique à grandes biotites dans un complexe basique de faciès granulite de la Série Paraíba.
- 38. R.G. 106 738. Affl. 20: Route Córrego da Prata (S. Rita da) — Floresta (RJ).
Dyke de "gabbro" représenté sur la carte de Rosier (1957). Gneiss d'origine gabbroïque à hornblende, biotite et vestiges de pyroxène.
- 44. R.G. 106 744. Affl. 25: Route Itaipava — Teresópolis, km 10,2 de Itaipava (RJ).
Granite post-tectonique de la Serra dos Órgãos.
- 47. R.G. 106 747. Affl. 28: Route Nova Friburgo — Bom Jardim. Carrières entre les km 98 et 99 (RJ).
Migmatite, partie granodioritique à hornblende et grenat. Série Órgãos.
- 48. R.G. 106 748. Affl. 28: Voir ci-dessus.
Même migmatite, partie amphibolique, à hornblende et biotite.
- 49. R.G. 106 749. Affl. 28: Voir ci-dessus.
Même migmatite, partie granitique.
- 50. R.G. 106 750. Affl. 29: Près de Nova Friburgo sur la route vers Campo do Coelho (RJ).
Granite post-tectonique de la Serra dos Órgãos.
- 55. R.G. 106 755. Affl. 34: Nova Friburgo, ancienne route vers São Lourenço (RJ).
Gneiss granitoïde, Série Órgãos.
- 57. R.G. 106 757. Affl. 36: A 7 km de Lumiar par la route vers Nova Friburgo (RJ).
Granite post-tectonique.

- 58. R.G. 106 758. Afl. 37: Lumiar (RJ).
Gneiss à biotite, sillimanite, microcline, plagioclase et quartz. Structure granoblastique. Série Paraíba.
- 70. R.G. 106 772. Afl. 46: Route Cantagalo — Macuco, 4 km à l'W de Macuco (RJ).
Gneiss granitoïde de type Órgãos dans Série Paraíba.
- 72. R.G. 106 776. Afl. 48: Route Cabo Frio — S. Pedro da Aldeia. Carrière à 10 km de Cabo Frio (RJ).
Gneiss migmatitique de type Órgãos.
- 76. R.G. 106 780. Afl. 49 (D-2): Vitória, avenida N. S. da Penha (ES).
Granite post-tectonique.
- 78. R.G. 106 782. Afl. 49 (V-2): Vitória, BR-101, 2 km du Posto São Luiz, (ES).
Gneiss à grenat, hypersthène, biotite brun-rouge, plagioclase. Le feldspath potassique est absent ou rare.
- 101. R.G. 106 807. Afl. 63: Route Miracema — Santo Antônio de Pádua. Petite carrière à 2 km de Santo Antônio (RJ).
Gneiss finement zonaire, de faciès granulite et amphibolite; zone à pyroxène monoclinique, scapolite, sphène, carbonate.
- 108. R.G. 106 814. Afl. 68: Route Manhuaçu-Lajinha; à 5 km de Lajinha (MG).
Gneiss granitoïde de Type Órgãos.
- 109. Afl. 69: Route Manhuaçu-Lajinha. A 7 km de Lajinha (MG).
(a) Metaquartzite à muscovite. (b) Gneiss à amphibole.
- 113. R.G. M. 11 208 et R.G.M. 11 209. Afl. 73: Lavra São Roque à Caiana (MG).
Pegmatite à muscovite et microcline.
- 114. R.G. 106 818. Afl. 73: Voir ci-dessus.
Gneiss à biotite et grenat, de type Paraíba, constituant l'éponte de la pegmatite.
- 120. R.G. 106 824. Afl. 78: Route Tombos — Faria Lemos. A 8 km de Tombos (MG).
Roche intrusive basique ("Klausenite à biotite", selon Rosier, 1965).
- 121. R.G. 106 825, 106 826, 106 827. Afl. 79: Route Carangola — Fervedouro. Carrière à 4 km de Carangola (MG).
a) Gneiss à hypersthène de caractère charnockitique.
b) Gneiss à grenat (leptynite), en contact avec (a).
c) Roche riche en biotite et hornblende en "taches" ou "passées" dans (a).
- 124. R.G. 106 830. Afl. 82: Juiz de Fora; carrière située entre la route vers Benfica de Minas et le Mt. Castelo (MG).
Gneiss sombre ("métagrauwaque" de la Série Juiz de Fora, selon Ebert, 1957).
- 127. R.G. 106 833. Afl. 86: Juiz de Fora. Sommet du Mont du Christ Rédempteur (MG).
Gneiss à hypersthène et grenat, plagioclase et orthose, opaque et apatite, biotite rare. Structure granoblastique.
- 128. R.G. 106 834. Afl. 87: Juiz de Fora. Carrière située à l'angle S. W. de l'aéroport (MG).
Gneiss à grenat et biotite brun-rouge, plagioclase, orthose et quartz. Structure granoblastique.
- 130. R.G. 106 836. Afl. 89: Route Juiz de Fora-Salvaterra. A 1.5 km de la bifurcation vers l'aéroport (MG).
Gneiss à hypersthène et grenat, biotite, plagioclase antiperthitique et quartz. Structure porphyroclastique.
- 133. R.G. 106 839. Afl. 90: Juiz de Fora. Carrière près de la route vers l'aéroport (MG).
Veine pegmatitique dans gneiss ("Kinsigite gneiss" de la Série Juiz de Fora, selon Ebert, 1957).
- 139. R.G. 106 845. Afl. 96: Chemin de fer au Nord de Matias Barbosa, près du passage à niveau du km 173 de la route Juiz de Fora — Três Rios (MG).
Gneiss leucocrate à biotite.
- 140. R.G. 106 846. Afl. 97: Carrière "Assel", km 182 de la route Juiz de Fora — Três Rios (MG).
Gneiss à hypersthène, biotite brun-rouge, plagioclase, microperthite, quartz. Structure granoblastique à cataclastique.

- 144. R.G. 106 850. Afl. 98: Route de Juiz de Fora — Coronel Pacheco, km 5,3 (MG).
Gneiss migmatitique, à hornblende et pyroxène.
- 146. R.G. 106 852. Afl. 99: Route Juiz de Fora — Belo Horizonte. Carrière au km 211 (entre Benfca et Paulo Lima) (MG).
Gneiss migmatitique, partie amphibolitique.
- 147. R.G. 106 853. Afl. 101: Route Juiz de Fora — Belo Horizonte. Carrière au km 259 (entre Santos Dumont et Barbacena) (MG).
Gneiss migmatitique, type Mantiqueira (voir texte).
- 149. R.G. 106 855. Afl. 101: Voir ci-dessus.
Gneiss pegmatoïde.
- 150. R.G. 106 856. Afl. 102: Route Juiz de Fora — Belo Horizonte. km 285, région de Barbacena (MG).
Gneiss granitoïde à biotite (voir texte).
- 152. R.G. 106 858. Afl. 102: Voir ci-dessus.
Gneiss granitoïde à biotite.
- 153. R.G. 106 859. Afl. 103: Route Juiz de Fora — Belo Horizonte. km 303, région de Barbacena (MG).
Gneiss granitoïde à biotite.
- 189. R.G. 106 891. Afl. 125: Route Barbacena — São João del Rei. Carrière au km 7 (MG).
Gneiss migmatitique à biotite et chlorite.
- 193. Afl. 129: Nouvelle route Itaipava — Rio de Janeiro. Carrière du km 45 (RJ).
Gneiss granitique à tonalitique de la Serra dos Órgãos.
- JD. 144. R.G. 107 084. Afl. JD. 144. Route Rio de Janeiro — Belo Horizonte. Carrière à 2 km à W du km 215, environ de Dias Tavares (MG).
Gneiss migmatitique à hornblende et biotite, plagioclase et quartz, sphène et apatite, sans feldspath potassique. Structure granoblastique.
- JD. 145. R.G. 107 085. Afl. JD. 145. Juiz de Fora, route du Mont du Christ Rédempteur, à 1,3 km du sommet (MG).
Gneiss à hypersthène, apatite, opaque et grenat, pas de feldspath potassique et biotite exceptionnelle. Structure granoblastique.

E R R A T A

page	ligne	<u>LIRE</u> :	AU LIEU DE :
1	22	anos ⁻¹	anos
	36	<u>syntectonique</u>	subtectonique
2	22	en partie	en partir
	23	<u>U.</u> Cordani	I. Cordani
	46	<u>Messieurs</u>	Messierus
3	41	arc de cercle <u>centré</u> sur	arc de cercle sur
5	8 (tableau II)	$\frac{Rb^{87}}{Sr^{86}}$	$\frac{Sr^8}{Sr^{86}}$
7	31 (tableau III)	<u>47-49</u>	47-49
9	4 et 6	4-5	4, 5
12	6	2070 $\pm$ 70 m. a.	2070 $\pm$ m. a.
13	11	$Rb^{87}/\underline{Sr}^{86}$	Rb^{87}/Rb^{86}
	26	pas <u>le</u> cas	pas de cas
	29	<u>mettre à la ligne</u> : Les points analytiques...	
18	40	utilise	utilize
	42	1, <u>39</u> .	1, 30.
19	6	2070 m. a.	2090 m. a.
	13	, et fermeture des systèmes <u>Rb/Sr et K/Ar dans les</u> <u>biotites de la Serra dos Órgãos.</u>	, et fermeture des systèmes
21	36	AJOUTER ENTRE - 124 et - 127 - 125. R. G. 106. 831. Affl. 84 : Juiz de Fora, route vers Benfica de Minas, 300 m avant Barbosa Lage (MG). Gneiss à biotite, type "Mantiqueira" (voir texte). - 126. R. G. 106. 832. Affl. 85 : Juiz de Fora, carrière de Santo Antônio da Lage, environ 1, 5 km au N-W de Barbosa Lage (MG). Gneiss à biotite, type "Mantiqueira".	

N. B. - Les erreurs d'accents et de ponctuation ne sont pas reprises dans cet errata.