

# Ages U-Pb sur Zircon de granitoïdes « brasilianos » de la ceinture du Seridó (Province Borborema, NE Brésil)

Jacques Leterrier, Emanuel Jardim de Sá, Jean-Michel Bertrand et Christian Pin

C.R. Acad. Sci. Paris,  
t. 318, série II,  
p. 1505 à 1511,  
1994

J.L. et J.M.B. : CRPG, BP n° 20,  
54500 Vandœuvre-les-Nancy, France ;

E.J.S. : Departamento de Geologia,  
UFRN, 59065 Natal, Brésil ;

C.P. : Institut de Géologie,  
5, rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand  
Cedex, France.

**Résumé** L'âge U-Pb des zircons de diorites réputées précoces dans l'évolution du plutonisme « brasiliano » de la ceinture du Seridó est de  $579 \pm 7$  Ma. Les granites associés ont un âge légèrement plus jeune et moins précis, bien que les relations de terrain suggèrent une mise en place synchrone de celle des diorites. La différence d'âge peut correspondre à la difficulté de distinguer entre « âge de cristallisation » et « âge de mise en place », ce dernier restant à établir précisément.

**Mots-clés** : Géochronologie U-Pb, zircon, plutonisme « brasiliano », Seridó, Brésil.

## **Abstract** U-Pb zircon geochronology of "brasiliano" granitoids from the Seridó orogenic belt (Borborema Province, NE Brazil)

Diorites previously attributed to an early stage of the "brasiliano" plutonic evolution of the Seridó belt yielded U-Pb zircon age of  $579 \pm 7$  Ma. The age of associated granites is slightly younger although a synchronous emplacement of granites and diorites is suggested by field relationships. Such an age difference may result from difficulties to distinguish "crystallization age" from "emplacement age", which is still to be determined precisely.

**Keywords** : U-Pb geochronology, zircon, "brasiliano" plutonism, Seridó, Brazil.

### **Abridged English Version**

THE Seridó belt (figure 1) displays the tectono-metamorphic signature of the "brasiliano" orogeny (ca. 600 Ma). This event consists mainly of continental-scale dextral shear zones which controlled most of the plutonism (Jardim de Sá *et al.*, 1987; Archanjo and Bouchez, 1991; Corsini *et al.*, 1991), with a minimum  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of 544 Ma (Lambert de Figueiredo, 1992). The "brasiliano" magmatism is bimodal and associates a mafic to intermediate series (I = gabbros to quartz-monzonites) and subalkaline granitoids (II) (Jardim de Sá *et al.*, 1987; Leterrier *et al.*, 1990). Previous Rb-Sr dates (Jardim de Sá *et al.*, 1987) suggested a time gap of ca 200 Ma between these plutonic events (760 to 550 Ma), with the older age being related to an early family of diorites. On the other hand, field relations indicate a coeval evolution

for most of the basic rocks and granitoid plutons.

### **GEOLOGY AND GEOCHEMISTRY**

Mafic rocks (I) rarely form plutons (São João de Sabugi) but more frequently occur as stocks or enclaves within granitoid plutons. The geochemistry of this magmatic series (Leterrier *et al.*, 1990) indicates compositions of transitional basalts of shoshonitic type for the mafic members, with high contents in alkalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 4.3\%$ ), Ba ( $> 560$  ppm), Sr ( $> 700$  ppm), Zr ( $> 90$  ppm) and REE ( $> 105$  ppm). REE profiles are highly fractionated ( $(\text{La}/\text{Yb})_N > 13$ ) with a small negative Eu anomaly. Granitoids of the II series (Acari and São José de Espinharas, separated in the field by about 100 km) form composite

### **Note**

présentée par  
Jean Dercourt.  
remise le 13 décembre 1993,  
acceptée après révision  
le 11 avril 1994.

plutons associating chemically well-individualized units of syenogranites, monzogranites and leuco-monzogranites. All units show compositions similar to those of subalkaline or monzonitic series with  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 8\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ , high Ba (700-1,900 ppm), Sr (300-700 ppm), Zr (160-625 ppm) and REE (150-408 ppm). REE profiles are highly fractionated for LREE ( $(\text{La}/\text{Sm})_N = 5.6$  to 9) and more flat for HREE ( $(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 2.5$  to 4.2).

#### U-Pb GEOCHRONOLOGY

U-Pb isotopic dating was carried out on zircons from São João do Sabugi, a small dioritic pluton, from a dioritic enclave in the Acari granite and from the monzogranitic pluton of São José de Espinharas (figure 2). All these rocks have been previously studied by the Rb-Sr method (Jardim de Sá *et al.*, 1987). Zircons from São João do Sabugi diorite are pale-pink limpid prisms and short, multifaceted grains. SEM imagery shows magmatic zoning with no core. The more external zone, slightly unconformable, corresponds to the multifaceted morphology and may correspond to high emplacement temperatures, suggesting a time difference between primary crystallization and later refaceting (emplacement-related?). Zircons from the Acari enclave are colourless and show a complex morphology: fragments of nebulitic zoned zircons associated in synneusis, truncated pyramids with overgrowth of a thin microinclusion-rich external zone. No cores have been observed. All these features suggest quenching followed by fracturation, eventually healed by an incipient recrystallization. Zircons from São José de Espinharas monzogranite are colourless and show two types: (i) short rounded to multifaceted prisms. SEM imagery has shown a well-contrasted core and magmatic zoning; (ii) long prisms with pyramids showing a thin, regular zoning.

Isotopic analyses were performed on fractions of 30 to 50 grains submitted to air-abrasion (Krogh, 1982) to eliminate the external altered zone of the zircons. Chemical preparation (done in Clermont-Ferrand) includes:

$\text{HNO}_3$  3 N washing, HF digestion at 240°C and HCl 3 N dissolution of fluorides at 180°C in bomb (Parrish, 1987), elution on resin of two aliquots (one with addition of a mixed  $^{235}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb}$  spike) following Krogh (1973). Common lead blanks ranged between 27 and 104 pg during this study. Mass-spectrometry was performed on a Finnigan MAT 262.

#### DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Zircons from the two diorites are concordant with an age of  $579 \pm 7$  Ma (table I and figure 3). Results from the São José de Espinharas monzogranite zircons are less precise: the three fractions are highly discordant and define a discordia with a lower intercept at  $544 \pm 7/-8$  Ma (upper intercept at  $1,990 \pm 37$  Ma). An older age of  $555 \pm 5$  Ma has been obtained for the Acari monzogranite by Legrand *et al.* (1991) (lower intercept with almost concordant fractions). If calculated with the two less discordant fractions, the São José de Espinharas zircons yield an age of 573 Ma close to the diorite age. It is thus difficult to define accurately the emplacement age of the granite which may be slightly younger than the 579 Ma crystallization age of the diorites.

Although imprecise for the granite, the new results conform to the previous views of a general contemporaneity of the different magma series, as part of the "brasiliano" event. The previous Rb-Sr date of São João do Sabugi, ca. 760 Ma, can be discarded. Instead, the 579 Ma age dates the peak of the thermal event associated with the transpressional tectonics of the Seridó belt. With respect to accepted cooling temperatures, it is in agreement with the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages obtained on biotites and amphiboles from the rocks around the Patos shear zone (Lambert de Figueiredo, 1992) just south of this area. This age is also similar to the age of the latest Pan-African collage in West Africa (Liégeois *et al.*, in press) and to the main offset of the Central African wrench faults (Toteu *et al.*, in press). The origin of the Seridó granites is mainly crustal as evidenced by Pb inheritance, the crustal source probably being the Caico Complex (ca 2.15 Ga), the basement unit of the Seridó belt (De Souza *et al.*, 1993).

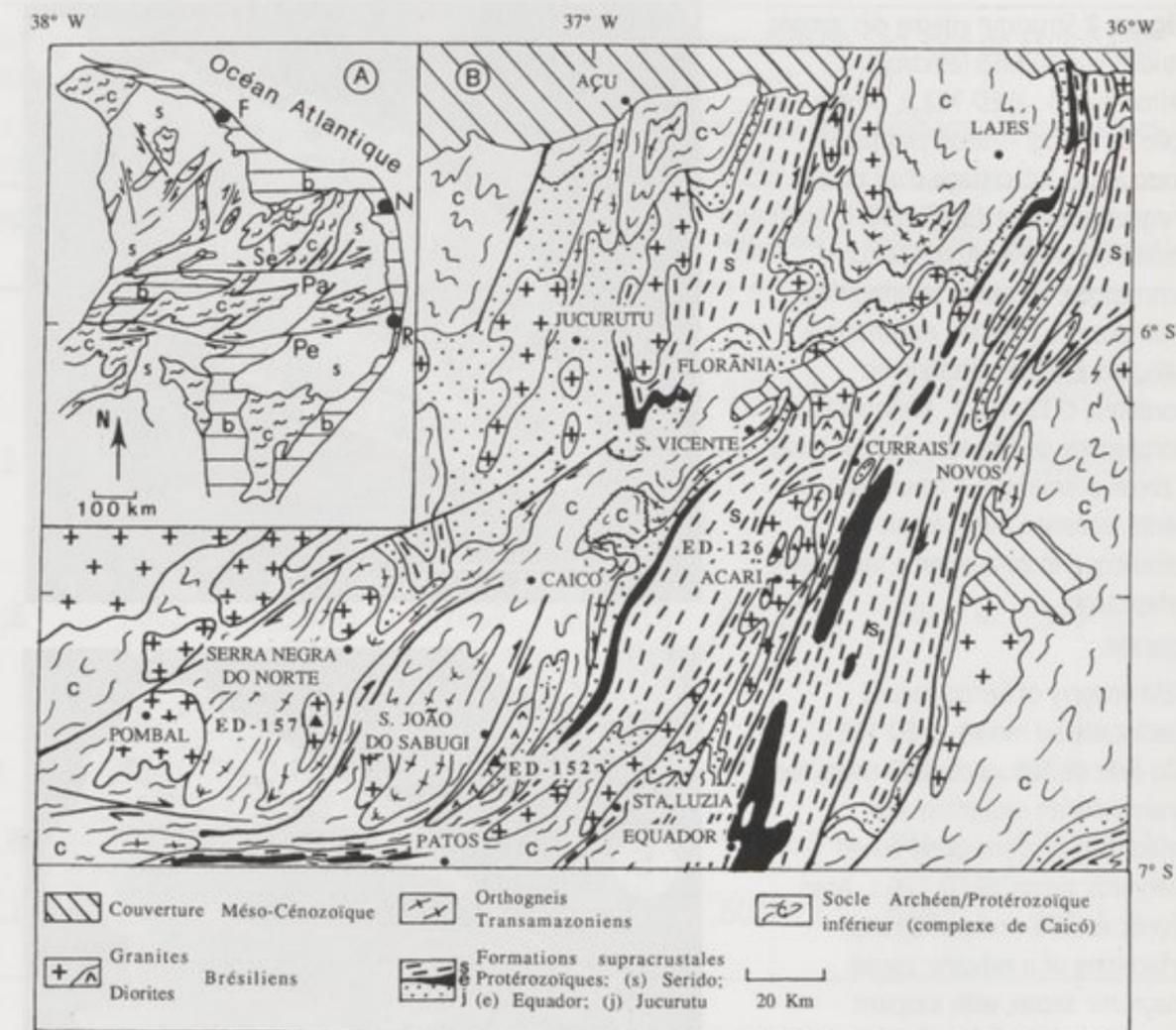
## INTRODUCTION

La ceinture orogénique du Seridó, NE Brésil (figure 1), appartient au cycle orogénique « brasilien » (= Panafricain) caractérisé par le jeu, en transpression ductile, de grands décrochements dextres qui ont contrôlé la mise en place de granitoïdes (Jardim de Sá *et al.*, 1987; Archanjo et Bouchez, 1991; Corsini *et al.*, 1991). Cet épisode magmatique est synchrone d'un événement tectonométamorphique d'âge minimal 544 Ma, âge  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sur minéraux (Lambert de Figueiredo, 1992). Le plutonisme « brasilien » est bimodal et associe une séquence basique à intermédiaire (I = gabbros à quartz-monzonites) à des granitoïdes subcalins (II = syéno à monzogranites) (Jardim de Sá *et al.*, 1987; Leterrier *et al.*, 1990). Les données isotopiques Rb-Sr existantes (Jardim de Sá *et al.*, 1987) suggèrent que la mise en place de certains plutons de la séquence basique serait précoce (840-760 Ma) par rapport aux granitoïdes syntectoniques (660-550 Ma). Toutefois, les relations de terrain observées entre la plupart des roches basiques et les granitoïdes associés indiquent plutôt une mise en place synchrone. L'objectif principal de cette étude est de préciser l'âge de cet événement magmatique et de la déformation pénécemporaine.

## PÉTROGRAPHIE ET GÉOCHIMIE

Les roches basiques (I), constituent soit des plutons isolés (São João de Sabugi) soit, plus souvent, des masses kilométriques à hectométriques et des enclaves, incluses dans les plutons granitoïdes sous forme d'associations hétérogènes (« mingling »). Les contacts entre roches basiques et granitoïdes, parfois anguleux, sont généralement tranchés, curvilignes ou lobés, impliquant que le magmatisme basique est majoritairement synchrone du plutonisme granitique.

Les caractères pétrographiques et géochimiques des deux séries plutoniques « brasiliens » du Seridó ont été présentés dans Leterrier *et al.* (1990). La série basique (I) est comprise entre des termes gabbroïques et des termes quartz-monzonitiques. Sauf de rares

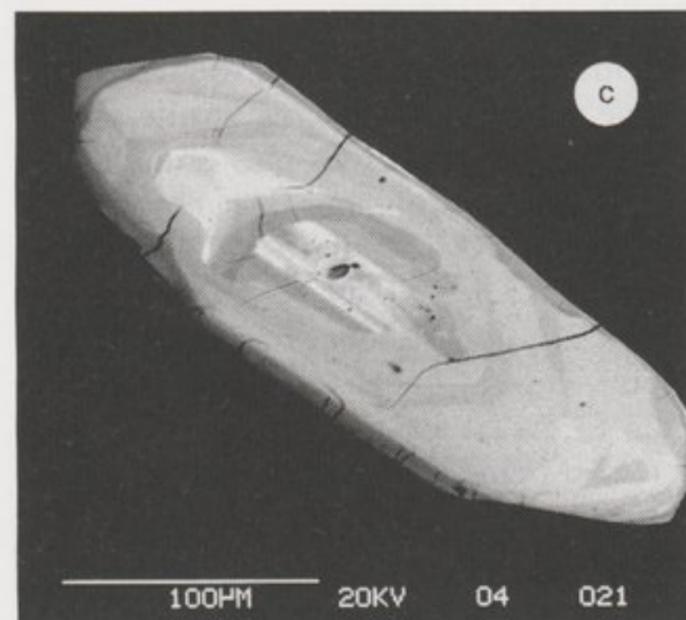
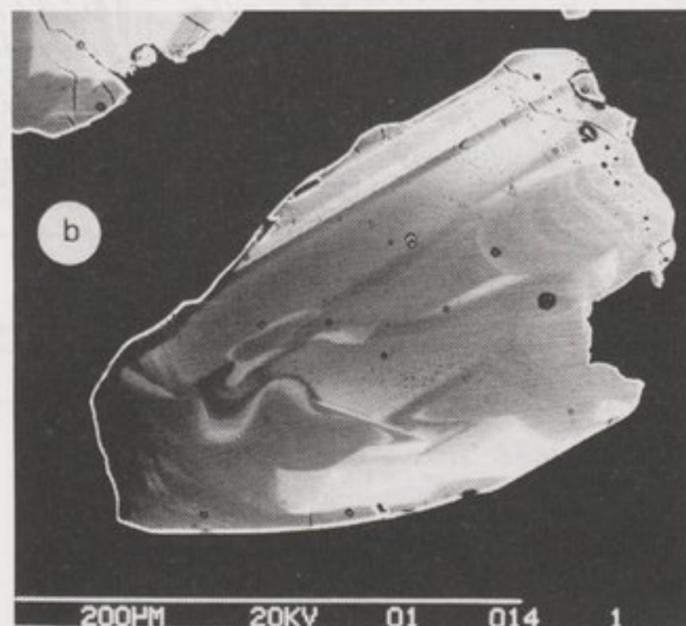
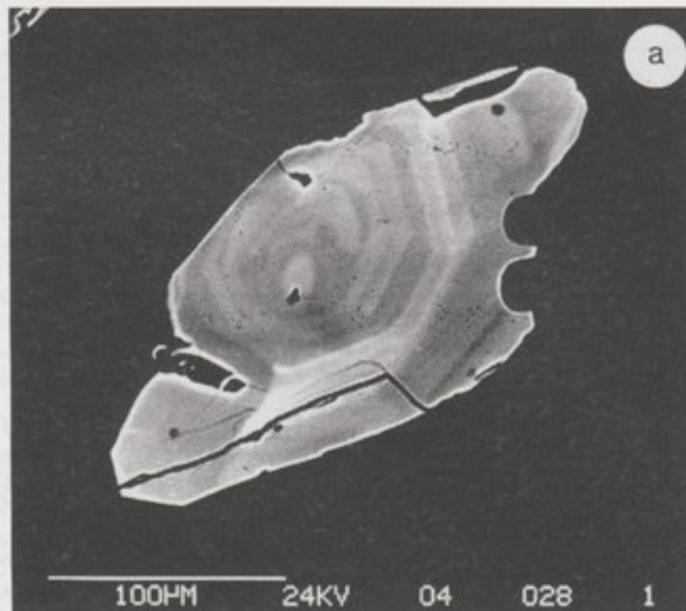


reliques d'ortho et clinopyroxènes dans les gabbros, ces roches sont constituées de hornblende + biotite (dominante dans les termes les plus évolués) + plagioclase (An 68 à 25) ± feldspath potassique ± quartz avec, comme minéraux accessoires, apatite, zircon et sphène. Les termes les plus primitifs ont une composition chimique de gabbro-diorite ( $48,3\% < \text{SiO}_2 < 50,9\%$ ,  $5\% < \text{MgO} < 5,8\%$ ,  $8,2\% < \text{CaO} < 8,9\%$ ,  $63 \text{ ppm} < \text{Ni} < 97 \text{ ppm}$ ). Ils sont caractérisés par des teneurs élevées en alcalins ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 4,3\%$ ), Ba ( $> 560 \text{ ppm}$ ), Sr ( $> 700 \text{ ppm}$ ), Zr ( $> 90 \text{ ppm}$ ) et en Terres Rares ( $> 105 \text{ ppm}$ ) dont les spectres, fortement fractionnés ( $(\text{La}/\text{Yb})_N > 13$ ), présentent une faible anomalie négative en Eu (Leterrier *et al.*, 1990). Ces roches présentent ainsi les caractéristiques des séries basaltiques transitionnelles de type shoshonitique. Les autres termes de cette série sont dispersés entre un pôle syénodioritique et un pôle quartz-monzonitique suggérant la superposition de plusieurs processus pétrogénétiques tels que cristallisation fractionnée et hybridation (attes-

**Figure 1** A : Esquisse géologique de la Province Borborema, Nordeste Brésil (selon Sá, 1991). b. couverture phanérozoïque ; c. ceintures protérozoïques plissées et intrusions granitiques d'âge brésilien (Se : ceinture du Seridó) ; s. socle Archéen/Protérozoïque inférieur et granitoïdes associés. Cisaillements de Patos (Pa) et de Pernambuco (Pe). F : Fortaleza ; N : Natal ; R : Recife. B : Carte géologique simplifiée de la ceinture plissée du Seridó (selon Leterrier *et al.*, 1990). Localisation des échantillons étudiés.

A: Geological framework of the Borborema Province, Northeast Brazil (according to Sá, 1991). b. Phanerozoic cover; c. Proterozoic orogenic fold belts and brasiliano-age granitoids (Se: Seridó belt); s. Archean/Lower Proterozoic basement and associated granitoids. Patos (Pa) and Pernambuco (Pe) shear zones. F: Fortaleza; N: Natal; R: Recife. B: Simplified geological map of the Seridó fold belt (after Leterrier *et al.*, 1990) and location of the studied samples.

**Figure 2** Structure interne des zircons étudiés vue au MEB (électrons rétrodiffusés): a) ED 152.2, Diorite São João de Sabugi - Zircon plat trapu, corrosion et refacettage d'un zircon magmatique zoné; b) ED 126.1, Diorite en enclave, Acari - zircon prismatique, corrosion et refacettage d'un zircon à zonation magmatique nébulitique (recristallisation en bordure); c) ED 157.1, Monzogranite porphyroïde de São José de Espinharas - zircon prismatique à cœur résiduel hérité, zonation magmatique nébulitique et zone externe mince avec refacettage.



SEM imagery of Serido zircons (backscattered mode): a) ED 152.2, São João de Sabugi diorite - short, flat grain showing resorption and refaceting of a previously zoned magmatic zircon; b) ED 126.1, Acari dioritic enclave - resorption and refaceting of a nebulitic zoned magmatic zircon, with incipient recrystallization of the outer zone; c) ED 157.1, São José de Espinharas porphyritic monzogranite - prismatic zircon with inherited core, magmatic nebulitic zonation and thin outer zone with refaceting.

tée par la présence, dans les enclaves dioritiques, de xénocristaux de feldspath potassique issus des granites encaissants).

Les massifs granitoïdes étudiés (Acari et São José de Espinharas) sont éloignés l'un de

l'autre d'environ 100 km, mais leur pétrographie et leur environnement tectonique sont voisins (série II). Ils sont composites et associent plusieurs unités bien individualisées (syénogranites porphyroïdes à amphibole + biotite, monzogranites porphyroïdes grossiers à biotite ± amphibole et leuco-monzogranites à biotite), où les feldspaths (orthose et plagioclase) sont plus abondants que le quartz, avec la présence de sphène + zircon + apatite + magnétite. Ces unités présentent toutes le même caractère fortement alcalin ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 8\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ) et des teneurs très élevées en Ba (700-1900 ppm), Sr (300-700 ppm), Zr (160-625 ppm) et TR (150-408 ppm) dont les spectres, fortement fractionnés pour les TR légères ( $(\text{La}/\text{Sm})_N = 5,6$  à 9), tendent à s'aplatir au niveau des TR lourdes ( $(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 2,5$  à 4,2). Ces séries peuvent être parallélisées avec les lignées granitiques subalcalines ou monzonitiques.

## GÉOCHRONOLOGIE U-PB

L'étude isotopique U-Pb des zircons de granitoïdes du Seridó a été entreprise pour préciser la chronologie relative des deux séries plutoniques « brasiliens » de la ceinture. Six fractions de zircon ont été analysées dont deux proviennent d'un échantillon de la diorite de São João de Sabugi, une d'un échantillon de diorite en enclave dans le monzogranite d'Acari et trois d'un échantillon du monzogranite de São José de Espinharas. Ces échantillons proviennent de plutons qui ont été précédemment datés par la méthode Rb-Sr (Jardim de Sá *et al.*, 1987).

Les zircons de la diorite de São João do Sabugi (**figure 2**) sont de teinte brun-rose pâle avec une morphologie prismatique allongée et, plus rarement, de petits cristaux plats et arrondis (à multiples facettes). Au MEB, ils montrent une zonation magmatique parfois nébulitique sans cœur individualisé. La zone la plus externe, parfois discordante sur les zones précédentes résorbées, correspond à la morphologie arrondie ou à multiples facettes des grains, qui suggère des conditions de haute température. Cette his-

**Tableau** Données isotopiques U-Pb sur zircon pour les diorites de São João de Sabugi et d'Acari et le monzogranite de São José de Espinharas. Les marges d'erreur tiennent compte des blancs mesurés et du plomb commun initial (Stacey et Kramers, 1975).

U-Pb data on zircon for the diorites from São João de Sabugi and Acari and the monzogranite from São José de Espinharas. Uncertainties are calculated taking into account measured blanks and initial common Pb (Stacey and Kramers, 1975).

Échantillon (poids mg)	U (ppm)	Pb* (ppm)	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ (2 $\sigma$ )	Age (Ma) $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	Age (Ma) $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	Age (Ma) $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$
DIORITE									
São João de Sabugi									
ED 152.1 (0,98) .....	92	9	469,5 (2,3)	0,09394 (91)	0,7689 (80)	0,05936 (36)	579 $\pm$ 5	579 $\pm$ 7	580 $\pm$ 7
(1ED 152.2 (0,69) .....	90	9,2	1 289 (23)	0,09342 (65)	0,7664 (81)	0,05950 (16)	576 $\pm$ 5	578 $\pm$ 8	585 $\pm$ 6
DIORITE									
Acari									
ED 126.1 (0,74) .....	131	17,8	1 092 (13)	0,09403 (71)	0,7669 (66)	0,05915 (15)	579 $\pm$ 3	578 $\pm$ 4	573 $\pm$ 5
MONZOGRANITE									
Serra Negra									
ED 157.1 (0,34) .....	180	23	3 341 (15)	0,1243 (14)	1,3999 (77)	0,08171 (25)	755 $\pm$ 2	889 $\pm$ 3	1 239 $\pm$ 6
ED 157.2 (0,41) .....	193	33,6	1 133 (12)	0,1663 (16)	2,263 (14)	0,0987 (12)	992 $\pm$ 3	1 201 $\pm$ 5	1 600 $\pm$ 12
ED 157.3 (0,58) .....	674	66,2	2 776 (19)	0,09796 (68)	0,9076 (75)	0,06720 (17)	602 $\pm$ 2	656 $\pm$ 3	844 $\pm$ 5

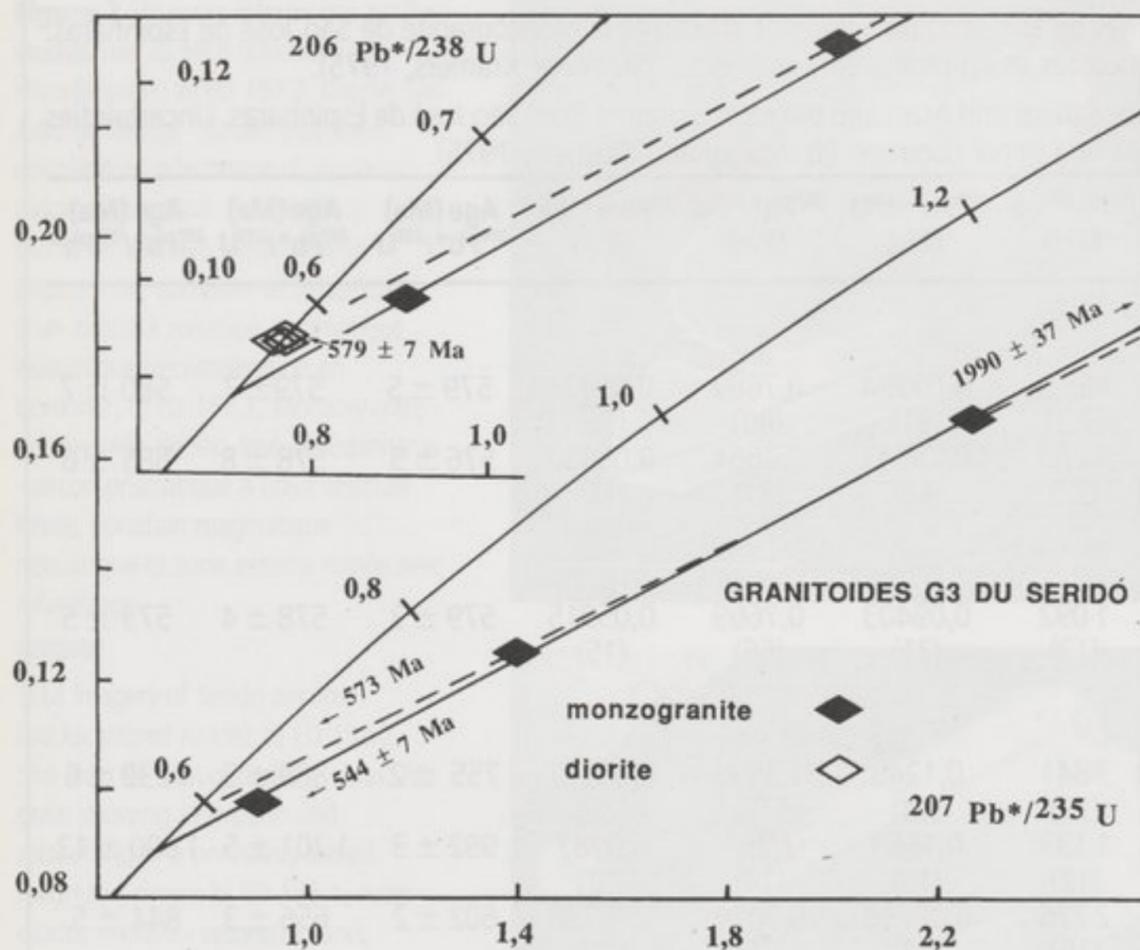
toire en trois temps (croissance magmatique, résorption, et zone externe de HT) correspond très probablement à un seul épisode magmatique, où la première cristallisation et la mise en place peuvent être légèrement décalées dans le temps.

Les zircons de la diorite d'Acari sont incolores et de morphologie complexe (**figure 2**). Ils correspondent souvent à des fragments de zircons zonés nébulitiques, associés en synneusis (associations de prismes évoquant des macles); les pyramides sont tronquées, avec parfois croissance d'une mince zone externe avec microinclusions (quartz?). Aucun cœur hérité n'a été observé. Ces observations évoquent une cristallisation rapide (trempe), suivie d'une fracturation cicatrisée par une amorce de recristallisation.

Les zircons du granite porphyroïde de São José de Espinharas, tous incolores, sont de deux types (**figure 2**): (i) zircons prismatiques à tendance arrondie ou à multiples facettes. L'un des grains étudiés au MEB montre un cœur bien individualisé, une zone intermédiaire à zonation magmatique, parfois à secteurs, et une zone corticale non zonée; (ii) zircons prismatiques allongés limpides, à

bipyramides franches. Ces grains montrent un fin zonage régulier, en harmonie avec la forme cristalline externe. Ils correspondent à des grains cristallisés directement à partir du magma, sans héritage évident.

Les données géochronologiques nouvelles (**tableau**) ont été obtenues par la méthode U-Pb sur zircon, en s'inspirant des techniques développées récemment pour l'étude de très petites fractions. Ne disposant pas du traceur  $^{205}\text{Pb}$  qui permet l'analyse de fractions de quelques microgrammes, nous avons préparé des lots homogènes de 30 à 50 grains abrasés à l'air, pour rechercher des points concordants en éliminant les zones corticales altérées ou microfracturées (Krogh, 1982). La préparation chimique a été réalisée au laboratoire de l'URA 10 à Clermont-Ferrand: lavage des zircons à  $\text{HNO}_3$  3N dilué, digestion en bombes Teflon (HF concentré) à 240°C (Parrish, 1987), reprise en HCl 3N en bombe à 180°C. Deux aliquotes ont été séparées, l'une d'elle additionnée d'un traceur mixte  $^{235}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb}$ , et éluées sur résine en milieu chlorhydrique (Krogh, 1973). Les blancs de plomb ont varié pendant la durée de cette étude de 27 à 104 pg. L'ana-



**Figure 3** Diagramme Concordia : Diorites de São João de Sabugi et d'Acari, Monzogranite de São José de Espinharas.

Concordia diagrams: Diorites from São João de Sabugi and Acari, Monzogranite from São José de Espinharas.

lyse isotopique a été réalisée à Nancy sur un spectromètre de masse Finnigan MAT 262. Le calcul des marges d'erreur tient compte des incertitudes sur les rapports mesurés (blancs, plomb et uranium des échantillons) et du plomb commun initial (Stacey et Kramers, 1975).

## DISCUSSION

Reportés sur un diagramme Concordia (figure 3), les points analytiques correspondant aux diorites sont concordants à  $579 \pm 7$  Ma aussi bien pour Acari que São João do Sabugi, confirmant les similitudes pétrographiques et géochimiques observées entre les roches en enclaves et les massifs. La discordance entre cet âge et les âges Rb-Sr anormalement vieux conforte, pour la genèse des diorites, l'hypothèse de processus de mélange de magmas ou de contamination (Macedo et al., 1993). Les résultats sont plus ambigus pour le monzogranite de São José de Espinharas: les points représentatifs définissent une discordia et sont proches d'un intercept inférieur à  $544 + 7 / - 8$  Ma. Cet âge apparaît

trop jeune, compte tenu du contexte régional et surtout par comparaison avec l'âge U-Pb établi à  $555 \pm 5$  Ma par Legrand et al. (1991) pour le granite d'Acari (intercept inférieur avec certaines fractions presque concordantes). Toutefois, les deux points les plus éloignés de l'intercept inférieur correspondent à un âge de 573 Ma, plus proche de l'âge défini par les diorites. Ces résultats suggèrent que l'âge précis de la mise en place des granites, qui reste encore à définir, peut être différent de celui de la cristallisation en profondeur des zircons des diorites, comme le suggère la morphologie des zircons de ces dernières (fracturation, trempe, recristallisation HT). L'intercept supérieur de la discordia du monzogranite de São José de Espinharas à  $1990 \pm 37$  Ma confirme les observations microscopiques de cœurs hérités et est en accord avec l'héritage crustal à 2 Ga mis en évidence par les données Sm-Nd pour les granitoïdes « brasilianos » de la ceinture du Seridó (Van Schmus et al., 1993).

## CONCLUSION

Les résultats obtenus confirment que les diorites et les granites appartiennent bien au cycle magmatique « brasiliano », bien qu'ils soient chimiquement différents. Leur caractère syntectonique par rapport à la tectonique transpressionnelle de la ceinture du Seridó permet de dater très précisément à 579 Ma le pic des manifestations thermiques liées à cet événement. Cet âge est tout à fait cohérent avec les âges  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  déterminés sur les roches déformées de Patos (Lambert de Figueiredo, 1992), avec celui de la phase majeure panafricaine de « collage » en Afrique de l'Ouest (Liégeois et al., à paraître) et avec celui du fonctionnement des grands décrochements en Afrique centrale (Toteu et al., à paraître). Les évidences d'héritage (cœurs résorbés, héritage de Pb) montrent aussi que les granites ont une origine principalement crustale, l'âge de la source étant proche de celui du Complexe de Caïco (ca. 2100 Ma) qui forme le socle de la ceinture orogénique de Seridó (Souza et al., 1993).

Contribution CRPG n° 1047.

- ARCHANJO, C. J. et BOUCHEZ, J. L., 1991. Le Seridó, une chaîne transpressive dextre au Protérozoïque supérieur du NE du Brésil, *Bull. Soc. géol. France*, 162, p. 637-647.
- CORSINI, M., VAUCHEZ, A., ARCHANJO, C. J. et JARDIM DE SA, E. F., 1991. Strain transfer at a continental scale from a transcurrent shear zone to a transpressional fold belt: the Patos-Seridó belt system, northeastern Brazil, *Geology*, 19, p. 586-589.
- JARDIM DE SA, E. F., MACEDO, M. H. F., LEGRAND, J. M., McREATH, I., GALINDO, A. C. et SA, J. M., 1987. Proterozoic granitoids in a polycyclic setting: the Seridó region, NE Brazil. In *International Symposium on Granites and Associated Mineralizations*, Salvador, Brazil, p. 103-110.
- KROGH, T. E., 1973. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, p. 485-494.
- KROGH, T. E., 1982. Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, p. 637-649.
- LAMBERT DE FIGUEIREDO, L., 1992. Étude pétrostructurale et géochronologique  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de systèmes décrochants ductiles: l'exemple de la Province Borborema (NE Brésil), DEA, Université de Nice-Sophia Antipolis, inédit.
- LEGRAND, J. M., DEUTSCH, S. et SOUZA, L. C., 1991. Datação U/Pb e granitogenese do maciço de Acari (RN), *Atas do XIV simposio de geologia do Nordeste*, Recife, 12, p. 172-174.
- LETERRIER, J., JARDIM DE SA, E. F., MACEDO, M. H. F. et AMARO, V. E., 1990. The magmatic and geodynamic signature of the Brasiliano cycle plutonism in the Seridó belt, NE Brazil, *Ext. Abs. 36th. Congr. Bras. Geol.*, 4, p. 1640-1655.
- LIÉGEOIS, J. P., BLACK, R., NAVEZ, J. et LATOUCHE, L., 1993. Pan-African Cryogenian and Vendian coupled orogenies in Air (Niger). Precambrian continental lithospheric delamination and subsequent assembly of terranes in the Eastern Tuareg shield, *Precambrian Research*, à paraître.
- MACEDO, M. H. F., JARDIM DE SA, E. F., KAWASHITA, K. et TEIXEIRA DE ARAUJO, M. A., 1993. Errócronas, pseudoisócronas e retas de mistura: exemplos das suites de K-dioritos brasilianos na faixa Seridó, *Ext. Abs. XV Simp. Geol. Nordeste*, Natal, p. 328-331.
- PARRISH, R. R., 1987. An improved micro-capsule for zircon dissolution in U-Pb geochronology, *Chemical Geol. (Isotope Geoscience Section)*, 66, p. 99-102.
- SA, J. M., 1991. Évolution géodynamique de la ceinture protérozoïque d'Orós, Nord-Est du Brésil, *Thèse*, Université Nancy-I, 177 p., inédit, déposée Université de Nancy-I.
- STACEY, J. S. et KRAMERS, J. D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 26, p. 207-221.
- SOUZA, Z., MARTIN, H., MACEDO, M. H. F., PEUCAT, J. J. et JARDIM DE SA, E. F., 1993. Un segment de croûte continentale juvénile d'âge Protérozoïque inférieur: le complexe de Caico (Rio Grande do Norte, NE Brésil), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 316, série II, p. 201-208.
- TOTEU, S. F., VAN SCHMUS, W. R., PENAYE, J. et NYOBE, J. B. U-Pb and Sm-Nd evidence for Eburnian and Pan-African high-grade metamorphism in cratonic rocks of southern Cameroon, *Precambrian Research*, soumis.
- VAN SCHMUS, W. R., BRITO NEVES, B. B., HACKSPACHER, P. et BABINSKI, M., 1993. Identification of crustal blocks in Northeast Brazil using Sm-Nd and U-Pb geochronology, *Anais II Simp. CSF*, Salvador, p. 239-242.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES