

Essai de datation U/Pb de l'orthogneiss de Saint-Alyre-ès-Montagne

Y. Vialette*, Ch. Pin*, P. Tempier*

Mots clés : Datation, U-Pb, Zircon, Orthogneiss, Puy-de-Dôme (Saint-Alyre-ès-Montagne).

Résumé

L'étude U/Pb sur zircon de l'orthogneiss de Saint-Alyre-ès-Montagne n'a pas permis de dater la mise en place du massif de granite initial. En effet, la population de zircons étudiée montre la présence d'une composante ancienne héritée. Le non-alignement des points expérimentaux peut résulter de ce phénomène d'héritage et/ou d'épisodes de pertes successives en Pb radiogénique. Il est à noter cependant que trois fractions sur cinq pourraient fournir un intercept inférieur à 394 MA, très voisin d'un résultat Rb/Sr obtenu antérieurement. L'interprétation de cet âge voisin de 400 MA demeure ambiguë. Il pourrait s'agir soit de l'âge de mise en place d'un granite syntectonique contenant des zircons hérités, soit celui du métamorphisme (Acadien) d'un granite plus ancien.

Abstract

U/Pb zircon study of Saint-Alyre-ès-Montagne orthogneiss

A U/Pb zircon study of Saint-Alyre orthogneiss does not allow to define the emplacement age of the granite protolith. The data show an old inherited component, as do several similar orthogneisses from southern Massif Central. Several superimposed episodic losses and this inherited component could account for the scatter of the experimental points. However, three points could yield an 394 ± 6 Ma age, almost similar to a Rb/Sr date previously obtained on the same massif (Mathonnat, 1983). The meaning of this ca. 400 Ma age remains unclear: either emplacement of a syntectonic granitoid containing inherited zircons or metamorphism (with lead losses) of an older granite.

Introduction

Le socle du Cézallier est constitué de terrains métamorphiques appartenant à la zone interne de la chaîne varisque. Il comprend un soubassement de terrains autochtones recouvert par un ensemble allochtone : le groupe leptyno-amphibolique.

Les terrains constituant l'autochtone relatif affleurent dans la « fenêtre de Massiac » et sont constitués de paragneiss à biotite et sillimanite et d'orthogneiss affectés par un métamorphisme prograde qui atteint le faciès amphibolite.

Les terrains allochtones comportent à leur base le groupe leptyno-amphibolique surmonté par des formations anatectiques où l'on note la présence de reliques de granulites plus ou moins rétrotransformées dans les conditions thermodynamiques de la mésozone. Le chevauchement du groupe leptyno-amphibolique et des migmatites sur l'autochtone para et orthodérivé est rattaché à une phase de tectonique tangentielle synmétamorphe attribuée au Dévonien inférieur (Burg et Matte, 1978).

Dans les terrains autochtones se distingue l'orthogneiss de Saint-Alyre-ès-Montagne. Il s'agit d'une roche à affinité calco-alcaline qui montre deux paragenèses, l'une caractérisée par des textures magmatiques reliques, l'autre synmétamorphe contemporaine de l'acquisition de la foliation (Mathonnat, 1983). Ce massif présente plusieurs faciès, en particulier un faciès à grain grossier et un faciès à grain fin à

texture jointive et polygonale résultant soit de conditions de métamorphisme plus intenses (Autran et Péterlongo, 1979), soit d'une variation de granulométrie liée à la gradation de la déformation (Mathonnat, 1983, Feybesse, 1984-85).

Douze échantillons de roche totale déterminent deux droites dans un diagramme isochrone Rb-Sr dont les pentes fournissent deux âges (Mathonnat, 1983)

— droite 4 points-faciès fin à texture jointive polygonale

$$T_1 = 405 \pm 15 \text{ MA } (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,7122 \pm 0,0005$$

(MSWD = 1,53)

— droite 8 points-faciès grossier

$$T_2 = 535 \pm 26 (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,7066 \pm 0,0011$$

(MSWD = 2,78)

Mathonnat (1983) interprète ces droites comme des isochrones. L'âge à 535 ± 26 MA correspondrait à la mise en place du granite orthogneissifié ultérieurement, interprétation compatible avec les résultats régionaux (Duthou et al., 1984) ; pour lui, l'âge à 405 ± 15 MA serait celui d'une réhomogénéisation isotopique au cours d'une phase de métamorphisme.

But de L'étude

A l'affleurement, l'orthogneiss présente parfois des faciès soit hydrothermalisés, soit partiellement anatectiques. L'étude pétrographique préliminaire des carottes du sondage de Chassole (Feybesse et al. 1986) ayant montré qu'au-delà de 700 m, on rencontrait un faciès grossier sain, nous avons décidé d'effectuer une datation par la méthode U/Pb sur zircon afin d'essayer de résoudre le problème de l'âge de mise en place de ce granite.

*OPGC - Université Blaise Pascal,
Département Sciences de la terre,
UA 10 CNRS,
15, rue Kessler - 63000 Clermont-Ferrand

Caractéristiques de l'échantillon sélectionné

Le prélèvement a été effectué entre 922 et 930 m. Il représentait 17 kg de roche. Avant broyage de l'ensemble, des lames minces ont été taillées pour vérifier l'état de fraîcheur et l'absence de passage anatectique. La mise en évidence d'une zone légèrement étirée a conduit à scinder le prélèvement en 2 lots et les zircons extraits ont été analysés séparément.

Le faciès *grossier* présente une structure granoblastique, le quartz est en plages xénomorphes, parfois allongées avec des sous grains à bordures dentelées. Le plagioclase (An 15-25) xénomorphe à subautomorphe est plus abondant que le feldspath potassique; de nombreux cristaux renferment des gouttelettes de quartz; le feldspath potassique est en plages xénomorphes avec parfois une fine frange de granulation commençante; la biotite brune, assez abondante, définit l'orientation de la roche; elle est riche en inclusions d'apatite et de zircon.

Le faciès *étiré* présente une granulométrie beaucoup plus fine où tous les minéraux sont orientés. La composition minéralogique est la même que celle du faciès grossier. On peut noter cependant une diminution du nombre des gouttelettes de quartz dans le plagioclase, et des grains de quartz presque toujours fragmentés en sous grains fusiformes.

La différence entre les deux faciès paraît être essentiellement due à un taux de déformation différent à partir d'une même roche initiale.

Afin de déceler d'éventuelles différences entre les deux faciès, leur analyse chimique a été effectuée (tabl. 1).

	faciès grossier	faciès étiré
SiO ₂	69,10	70,80
Al ₂ O ₃	14,60	14,40
Fe ₂ O ₃	1,14	1,04
FeO	2,31	2,31
MgO	1,05	1,00
CaO	3,10	3,00
Na ₂ O	3,10	2,90
K ₂ O	3,50	3,62
TiO ₂	0,30	0,45
MnO	0,04	0,04

Tabl. 1 — Composition chimique des deux échantillons étudiés
Major element data

Faciès	Taille (µm)	Poids (µg/g)	U (µg/g)	Pb	[²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb] _{mes}	[²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U] _c	[²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U] _c	[²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb] _c
Grossier	70 - 100	10.35	672	44.2	867	0.53614	0.06569	0.059197
Grossier	100 - 125	6.08	660	46.4	970	0.60453	0.07112	0.061652
Grossier	125 - 175	2.22	669	49.8	990	0.69216	0.07447	0.067406
Etiré	100 - 125	3.90	555	51.3	746	0.77705	0.09273	0.060775
Etiré	125 - 175	3.05	598	52.3	668	0.76630	0.08723	0.063714

mes : mesuré

c : corrigé du plomb non radiogénique

Tabl. 2 — Données analytiques sur les zircons de l'orthogneiss de Saint-Alyre
Analytical data on zircons of Saint-Alyre-ès-Montagne orthogneiss

Les faibles variations observées entrent dans les limites de fluctuations de composition de l'orthogneiss grossier.

Étude typologique des zircons

Dans les deux lots, les populations de zircons sont identiques. Les cristaux sont automorphes, limpides. Ils se présentent en prismes allongés avec parfois des surcroissances. On observe quelques *noyaux reliques* et de petites inclusions.

L'étude typologique de la population de zircons montre que le type S domine (S 2, 3, 7), le type L étant également représenté (L 2, 3). Sur un diagramme I A, I T (Pupin, 1980) la distribution révèle une aire d'extension comparable à celle observée pour le granite de la Margeride. Ce type de population bien homogène peut correspondre soit à une roche ayant subi une anatexie importante avec recristallisation du zircon, soit à un granite d'anatexie (type 3 de la classification de Pupin, 1980).

Technique de mesure

Après broyage et tamisage, trois fractions de zircon de l'orthogneiss grossier et 2 fractions du faciès étiré ont été extraites et triées à la main pour éliminer tous les zircons à cœur hérité visible, ou à inclusion. Les cinq lots ont été analysés par dilution isotopique suivant la technique décrite par Krogh (1973) au moyen d'un spectromètre de masse Cameca TSN 206.

Le blanc total en plomb mesuré pendant l'analyse est de 52 pg et la composition isotopique du plomb de pollution est de ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 17.53, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.48, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 37.14

Les valeurs des constantes utilisées dans les calculs sont les suivantes: ²³⁸U = 0.155125.10⁻⁹an⁻¹, ²³⁵U = 0.98485.10⁻⁹an⁻¹. La pollution par les réactifs s'étant avérée négligeable devant la teneur en plomb commun des différentes fractions, nous avons choisi pour la correction du plomb commun, la constitution isotopique de minéralisations mesurée dans la région par Marcoux (1986). Les valeurs utilisées sont les suivantes: ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.13, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.63, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38.30.

Les résultats analytiques sont présentés dans le tabl. 2, les erreurs sur les rapports isotopiques étant données avec un intervalle de confiance à 95%. Le calcul de l'âge et des erreurs dans le diagramme Concordia a été effectué suivant la méthode proposée par Davis (1982). Les erreurs introduites sont de 0,5% sur le rapport U/Pb et de 0,1% sur le rapport ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb.

Résultats

Les données U-Pb sont reportées dans un diagramme Concordia ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) versus ($^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$).

Les trois points correspondant au faciès grossier définissent une droite qui recoupe la Concordia à 1966 - 97 /+ 115 MA et à 394 - 5 /+ 6 MA.

Le degré de discordance est élevé (70 à 90 %), la fraction la plus fine est la plus discordante, elle ne montre pas d'enrichissement significatif en uranium mais une teneur plus faible en plomb radiogénique. La position des points analytiques pourrait suggérer une possibilité de perte continue en Pb par diffusion. Cependant, l'existence de noyaux hérités optiquement visibles dans les zircons plaide en faveur d'un modèle de mélange sans exclure la possibilité d'une perte épisodique au cours du métamorphisme. Il y aurait mélange entre une population de zircon ayant un âge apparent à 1966 MA et une population plus jeune qui aurait cristallisé vers 394 MA.

Dans le faciès étiré deux lots de zircons non magnétiques ont été analysés. Leur position dans le diagramme Concordia ne permet aucune interprétation.

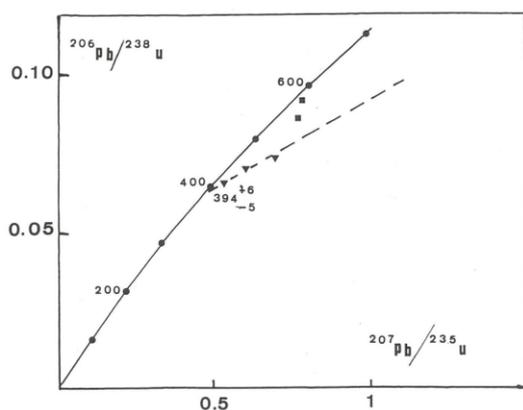


Fig. 1. — Diagramme Concordia
 ▼ zircons de l'orthogneiss ■ zircons de l'orthogneiss étiré
 Concordia diagram for zircon fractions extracted
 from the orthogneiss ▼ and foliated orthogneiss ■

Discussion

Le système U-Pb des zircons de cette roche a gardé en mémoire les traces d'une histoire ancienne, comme en témoigne l'intercept supérieur à 1966 MA.

Cet âge est interprété en termes d'héritage à partir d'une source métasédimentaire contenant une composante d'âge primaire Protérozoïque inférieur. Toutefois le caractère très probable de phénomènes de recyclages sédimentaires multiples (Veizer et Jansen, 1979) interdit d'attribuer une signification géologique précise à cet âge (Pin, 1981).

L'existence de phénomènes d'héritage est compatible avec les données expérimentales relatives à la saturation du zircon dans les magmas acides (Watson et Harrison, 1983). En effet, la roche totale étudiée contient 122 ppm de zirconium (analyse par spectrométrie de fluorescence X, ENSM-Alès) alors que la composition chimique globale de cet échantillon et le modèle de solubilité de Watson et Harrison ne prévoient qu'une teneur de 60 ppm pour une température du

magma de 700⁰ C, considérée comme une estimation plausible pour un tel granitoïde. Le zirconium en excès peut traduire soit la présence de zircon cumulatif, soit l'existence de cristaux hérités et incomplètement dissous dans le bain. La présence de noyaux, ainsi que la mémoire isotopique ancienne permettent de choisir la deuxième hypothèse.

L'intercept inférieur à 394 MA peut s'interpréter en termes de pertes épisodiques ou, plus vraisemblablement compte tenu de la présence de coeurs et de surcroissance, comme le résultat d'un mélange entre une composante héritée ancienne et du zircon néoformé, ces deux hypothèses n'étant pas mutuellement exclusives. Dans les deux cas, cet âge dévonien inférieur peut correspondre à l'événement métamorphique « Acadien » connu par ailleurs dans le Massif central français (Bernard-Griffiths et al. 1977 ; Pin et Peucat, 1986) et dans d'autres secteurs de la chaîne hercynienne (Léon, Cabanis et al. 1979 ; Spessart et Odenwaldes : Okrusch et Richter 1986 ; Lippolt 1986).

On notera également son bon accord - peut être fortuit - avec les données Rb-Sr obtenues sur le faciès fin étiré (Mathonnat, 1983).

D'un point de vue géologique, cet âge pourrait dater soit la mise en place synkinématique d'un granite de fusion crustale, soit l'orthogneissification d'un granite plus ancien (cf. âge Rb-Sr à 535 MA ; Mathonnat 1983).

Conclusion

En l'absence de passées anatectiques dans l'orthogneiss, on pouvait espérer que les points expérimentaux définiraient un alignement interprétable en tant qu'âge de mise en place du massif de granite. En fait, les points sont dispersés. Considérer les trois points du faciès grossier comme un alignement significatif, qu'il s'agisse d'une droite de mélange et/ou d'une trajectoire de perte serait hasardeux. Cependant le fait que l'intercept inférieur coïncide avec un alignement Rb-Sr correspondant à l'âge du métamorphisme « Acadien » connu par ailleurs dans le Massif central français, incline à lui accorder une signification géologique.

Par ailleurs, les mesures montrent :

— que les populations des deux faciès ne semblent pas avoir subi une histoire commune simple — c'est-à-dire à 2 voire 3 stades.

— dans le faciès grossier, la présence de zircons hérités qui au cours du métamorphisme hercynien (*s.l.*) ont perdu la plus grande partie de leur plomb radiogénique.

L'étude U/Pb des zircons de l'orthogneiss de Saint-Alyre-ès-Montagne ne permet donc pas de définir avec certitude l'âge de mise en place du granite, mais indique la présence de zircons hérités d'âge minimum 1966 MA. Nous rejoignons là les conclusions de Pin (1979) qui pour plusieurs massifs d'orthogneiss de la vallée du Lot (La Vaissière, Sovillac et de Saint-Chély-d'Aubrac) n'avait pu obtenir d'alignement, probablement en raison de la superposition complexe de phénomènes d'héritage et de pertes et/ou de néo-croissances multiples. Seule une étude isotopique ponctuelle, réalisable au moyen d'un analyseur ionique à résolution spatiale et résolution de masse suffisantes (Compston et al. 1982) pourrait permettre de résoudre ce problème, dans l'avenir.

Remerciements

Nous remercions Mlle Isabelle Gagnol qui a effectué l'étude typologique de la population de zircon et le laboratoire de géochronologie du Centre armoricain d'étude structurale des socles qui nous a communiqué le programme de calcul de Davis, 1982.

Références bibliographiques

- AUTRAN A., PETERLONGO J.-M. (1979). — Massif central. Livret Guide. 26^e CGI Paris, *Rev. Sci. Nat. Auvergne*, **45**.
- BERNARD-GRIFFITHS J., CANTAGREL J.-M., DUTHOU J.-L. (1977). — Radiometric evidence for an Acadian Tectonometamorphic Event in western Massif Central Français. *Contr. Mineral. Petrol.*, **61**, p. 199-212.
- BURGJ.-P., MATTE Ph. (1978). — A cross section through the French massif central and the scope of its Variscan evolution. *Z. Dtsch. Geol. Gesell.*, **129** p. 429-440.
- CABANIS B., PEUCAT J.-J., MICHOT J., DEUTSCH S. (1979). — Remise en cause de l'existence d'un socle orthogneissique antécambrien dans le pays de Léon (Domaine Nord-Armoricain) ; étude géochronologique par les méthodes Rb/Sr et U/Pb des orthogneiss de Treglonou et de Plounevez-Lochrist. *Bull. BRGM. Fr.* (II), section 1, n° 4, pp. 357-364.
- COMPSTON W., WILLIAMS I.-S. (1982). — Protolith ages from inherited zircon cores measured by a high mass-resolution ion microprobe. Abstracts fifth International conference on geochronology cosmochronology. Isotope Geology. Nikko National Park.
- DAVIS D.-W. (1982). — Optimum linear regression and error estimation applied to U-Pb data. *Can. J. Earth Science*, **19**, n° 11, pp. 2141-2149.
- DUTHOU J.-L., CANTAGREL J.-M., DIDIER J., VIALETTE Y. (1984). — Paleozoic granitoids from the French Massif central : age and origin studied by ⁸⁷Rb-⁸⁷Sr system. *Physics of the Earth and Planet interiors*, **35**, pp. 131-144.
- FEYBESSE J.-L. (1984-85). — Synthèse géologique du Cézallier, in GPF 2, thème 10 « Géothermalisme actuel » Cézallier. Document, BRGM, 95-10, pp. 45-92.
- FEYBESSE J.-L., BELIN J.-M., LOISEAU P., MICHAELY B., MARTIN P. (1986). — Présentation de l'ensemble des données pétrographiques et structurales acquises sur les forages S1 et S2 de Chassole (Cézallier, Massif central Français). GPF 3 — Thème 10. Document, BRGM n° 105, pp. 69-132.
- KROGH T.-E. (1973). — A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. *Geochim Cosmochim. Acta*, **37**, pp. 485-494.
- LIPPOLT H.-J. (1986). — Nachweis altpalaozoischer Primaralter (Rb-Sr) und karbonischer Abkühlungsalter (K-Ar) der Muskovit-biotit-gneise des Spessarts und der Biotit-gneise des Bollsteiner Odenwaldes. *Son. Geol. Rundschau*, 75-3, pp. 569-583.
- MARCOUX E. (1986). — Isotopes du plomb et paragenèses métalliques, traceurs de l'histoire des gîtes minéraux. Illustration des concepts de source, d'héritage et de régionalisme dans les gîtes français. Applications en recherche minière. Thèse Doc. Etat, Clermond-Fd, 292 p.
- MATHONNAT M. (1983). — La série métamorphique du Cézallier. Thèse 3^e cycle Clermont, 208 p.
- MATTE Ph. (1986). — La chaîne varisque parmi les chaînes paléozoïques périalantiques, modèle d'évolution et position des grands blocs continentaux au Permo-Carbonifère. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (8), n° 1, pp. 9-24.
- OKRUSCH M., RICHTER P. (1986). — Orthogneisses of the spessart crystalline complex, northwest Bavaria Indicators of the geotectonic environment? *Sond. Geol. Rundschau*, 75/3, pp. 555-568.
- PIN Ch. (1979). — Géochronologie U-Pb et microtectonique des séries métamorphiques antéstéphanienues de l'Aubrac et de la région de Marvejols (Massif central). Thèse 3^e cycle, Montpellier, 205 p.
- PIN Ch. (1981). — Old inherited zircons in two synkinematic variscan granitoids : the « granite du Pinet » and the « orthogneiss de Marvejols » (Southern French Massif central), *N. Jb. Miner. Abh.*, 142-1, pp. 27-48.
- PIN Ch., PEUCAT J.-J. (1986). — Ages des épisodes métamorphiques paléozoïques dans le Massif central et le Massif armoricain. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, II, n° 3, pp. 461-469.
- PUPIN J.-P. (1980). — Zircon and granite Petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, pp. 207-220.
- TEMPIER P., BELIN J.-M. (1985-1986). — Aspects pétrographiques, microtexturaux et géochimiques des formations recoupées par le sondage S² de Chassole (Puy-de-Dôme). GPF thème 10, Géothermalisme actuel. Cézallier. Documents du BRGM, n° 105, pp. 133-146.
- VEIZER J., JANSEN S.L. (1979). — Basement and sedimentary recycling and continental evolution. *J. Geol.*, 87, pp. 341-370.
- WATSON E.-B., HARRISON T.-M. (1983). — Zircon saturation revisited : temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *EPSL* 64, 2, pp. 295-304.