Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 60 (1980)

Heft: 2-3

Artikel: Géochronologie K-Ar et Rb-Sr de quelques granites à feldspaths alcalins de la province de Zamora (Espagne)

Autor: Toros, Maurice / Delaloye, Michel / Gülaçar, Fazil

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46670

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 26.04.2025

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

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 60, 251–261, 1980

Géochronologie K-Ar et Rb-Sr de quelques granites à feldspaths alcalins de la province de Zamora (Espagne)

par *Maurice Toros*[1], *Michel Delaloye*[2] et *Fazil Gülaçar*[3]

Abstract

K-Ar and Rb-Sr isotopic ages have been measured on mineral concentrates (muscovite, biotite and K-felspar) from various granitic bodies from the Zamora Province in NW Spain.

A major metamorphic event is dated at 324 ± 12 M.y. Its greenschist character is evident. Considering the cooling temperatures of the dated minerals, it seems that the maximum temperature reached during this event was less than 350 °C.

Early Paleozoic Rb-Sr ages suggest that these minerals were probably formed during Cambrian or Precambrian times.

1. Introduction

1.1. LOCALISATION

Les roches datées proviennent d'une région située à environ 270 km. au NW de Madrid, au bord E de la Meseta ibérique à proximité du territoire portugais, à 20 km à l'W de Zamora (Tableau 1).

1.2. CADRE GÉOLOGIQUE

La Meseta ibérique ou Massif hespérique, segment ibérique du bâti hercynien, est une chaîne bien individualisée, à double déversement, caractérisée:

- par une virgation prononcée des structures dans sa partie N
- une configuration cylindrique
- et une remarquable zonalité (MATTE, 1968; BARD & al., 1971; JULIVERT & al., 1977, 1980).

[1] Institut de Minéralogie, Université de Lausanne, 1005 Lausanne

[2] Département de Minéralogie, Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4

[3] Département de chimie physique, Université de Genève, 30, Quai Ernest-Ansermet, 1211 Genève 4

Tableau 1 Localisation des échantillons

Esla	x :	408 150	y :	771 950
Villalcampo	x :	401 750	Y :	770 425
Castro	x :	390 850	y :	780 650
Carbajosa	x :	400 075	y :	772 750
Arcillera	x :	383 500	y :	770 700
Cerezal	x :	401 300	y :	779 650
Brandilanes	x :	392 325	y :	782 875
Sayago *	x :	399 375	y :	767 725

* granite calcoalcalin à mégacristaux de feldspath potassique

Le Massif hespérique se divise en effet en plusieurs zones (LOTZE, 1945a et 1945b) disposées plus ou moins symétriquement par rapport à la zone axiale ou Gallaïco-Castillane (fig. 1), d'où proviennent nos échantillons. Elle s'étend de la Galice occidentale jusqu'aux Monts de Tolède, en passant par le NE du Portugal et les Sierras de Credos et de Guadarrama. Cette zone est pour l'essentiel constituée de roches cristallines polymétamorphiques, monométamorphiques ou plutoniques (péridotites, gabbros, granitoïdes), appartenant à plusieurs cycles orogéniques.

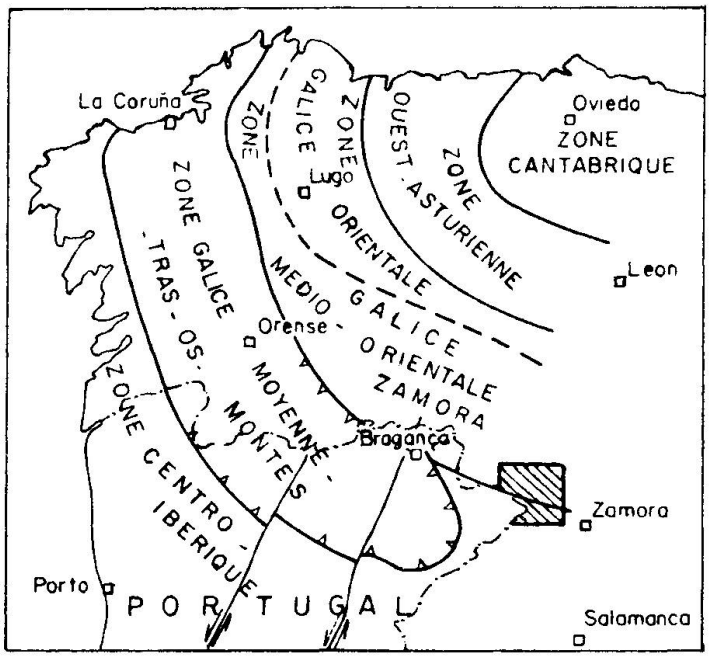

Fig. 1 Zonéographie du NW de la péninsule ibérique. Les échantillons datés proviennent de la zone hachurée.

Cycle hercynien

Dans le Massif hespérique, les auteurs reconnaissent deux stades dans l'orogenèse varisque:

- durant 220 M.a., du Cambrien inférieur au Dévonien supérieur, un stade géosynclinal long, relativement calme;
- du Dévonien au Stéphanien moyen, durant 60 M.a., un stade tectogénique paroxismal court (BARD & al., 1971).

On compte plusieurs phases de plissement au cours du second stade (MARTINEZ-GARCIA, 1973; RIBEIRO, 1974). Le schéma généralement admis (MATTE, 1968) n'en retient que deux.

- La première phase, majeure, comprise entre 340 et 310 M.a. engendre l'essentiel de la structure. Elle est rapidement suivie par un métamorphisme régional de type intermédiaire - basse pression, centré sur la zone axiale et maximal dans les secteurs à plis couchés de la mésozone et de la catazone.
  Une première génération de granitoïdes calco-alcalins à biotite se met en place à la périphérie de la zone axiale pendant (JULIVERT & al., 1977) ou après (FLOOR & al., 1970) cette phase de déformation, mais avant la seconde phase.
  En même temps, mais parfois un peu plus tard, une série de granites alcalins à deux micas, accompagnés parfois de minéralisation en Sn et W, se met en place dans toute la zone axiale.
- La seconde phase de plissement, de serrage, comprise entre 310 M.a. et 290 M.a., engendre les structures les plus apparentes de la région. Mais dans la zone axiale, elle affecte une croûte déjà entièrement cristalline. De ce fait elle produit, dans des conditions de températures déjà décroissantes, une déformation moins intense et moins souple que la première, engendrant des plis relativement ouverts, à plan axial sub-vertical, avec néanmoins une schistosité plus accusée que la première.
  Cette seconde phase est suivie par l'intrusion dans des domaines structuraux et métamorphiques variés d'une seconde série de granites calco-alcalins à biotite, nettement post-tectoniques, en massifs circonscrits.

1.3. DATATIONS: RÉSULTATS ANTÉRIEURS

Les travaux antérieurs, entrepris en particulier par l'école hollandaise, ont montré que:

- Les mesures en roches totales des rapports isotopiques Rb-Sr définissent, pour les deux premiers groupes de granitoïdes varisques, une isochrone située à 298 ± 10 M.a. et à 280 ± 11 M.a. pour le troisième (PRIEM et al., 1970).
- Les muscovites et les biotites des trois groupes indiquent des âges apparents compris entre 305 et 286 M.a. pour les premières, entre 287 et 270 M.a. pour

les secondes. Les températures dans la zone axiale seraient donc tombées, au Westphalien supérieur déjà à 500 °C, et à 300 °C à la fin du Carbonifère (tableau 2) - températures de fermeture pour le Sr radiogénique de la muscovite et respectivement de la biotite (CAPDEVILA et VIALETTE, 1965; PRIEM et al., 1970).

- Les rapports initiaux $^{87}Sr/^{86}Sr$ dans les granites alcalins et alumineux sont élevés, souvent supérieurs à 0,710 (CAPDEVILA & al., 1973).
- Quant aux orthogneiss, les mesures Rb-Sr en roches totales indiquent des âges compris entre 400 et 470 M.a. (PRIEM et al., 1970; VAN CALSTEREN, 1977; VAN CALSTEREN et al., 1979).

Ce plutonisme pré-hercynien (Ordovicien Sup.) serait anorogénique, si l'on admet l'absence d'orogenèse calédonienne dans le Massif hespérique (ZWART et DORNSIEPEN, 1977, 1980; DEN TEX, 1977).

2. Description des granites

2.1. CARACTÈRES MACROSCOPIQUES ET MODES DE GISEMENT

Les granitoïdes forment des massifs allongés, parallèles aux structures majeures, dans l'axe des antiformes de la seconde phase.

Ils sont concordants à sub-concordants et parallèles aux isogrades du métamorphisme régional (intermédiaire de basse pression). Vers le N et le NW ils percent l'isograde de la sillimanite et engendrent des paragenèses de métamorphisme de contact.

Ils sont orientés et présentent une schistosité (S2) identique à celle développée dans les roches avoisinantes (infra-cambriennes à siluriennes) et parallèle à l'allongement des massifs.

Ces massifs présentent une autre structure planaire, sub-horizontale, distincte des joints de décompression, déformée par F2 et plus discrète que S2.

2.2. COMPOSITION MOYENNE

A l'exception de l'éch. Sayago, ils comportent, en volume et en moyenne: 33% de quartz, 28% de microcline, 23% d'albite, 12% de muscovite et 4% de biotite. Ce sont donc des granites à feldspaths alcalins ou selon la terminologie des auteurs français, des leucogranites; ils entrent dans le groupe IIC (granites sub-solvus) de TUTTLE & BOWEN (1958).

2.3 CONDITIONS DE FORMATION

Sur la base des observations pétrographiques on a conclu à la présence de muscovite primaire. Or les conditions thermodynamiques de la cristallisation

de la muscovite comme phase magmatique (muscovite primaire), de même que les conditions de coexistence du feldspath potassique et de l'albite (cristallisation sub-solvus des feldspaths) dans le système $KAlO_2$-$NaAlO_2$-Al_2O_3-SiO_2-H_2O, conduisent à estimer que la température de cristallisation de nos granites se situe à $T \sim 670°$ et $4 < P < 5$ kb (THOMPSON & ALGOR, 1977; THOMPSON & TRACY, 1979) en présence d'un excès d'alumine. Selon TUTTLE & BOWEN (1958), la teneur en eau du magma devait être supérieure à 7%. On lui doit la muscovite deutérique, la greisenisation partout sensible et, plus localement, la kaolinisation.

3. Géochronologie

3.1. MÉTHODOLOGIE K-Ar

Les mesures conduisant au calcul de l'âge ont été effectuées, pour le potassium, par photométrie de flamme, et pour l'argon, par dilution isotopique au moyen d'un spectromètre de masse AEI-MS-10-S équipé d'une sortie digitalisée permettant le traitement statistique des données à l'ordinateur.

Les constantes utilisées sont celles recommandées par la Commission ad hoc du Congrès géologique de Sydney (STEIGER et al., 1977).

Le calcul de l'isochrone $^{40}Ar/^{36}Ar$ en fonction de $^{40}K/^{36}Ar$ est effectué au moyen d'un programme (FONTIGNIE, 1977) tenant compte des erreurs sur les deux axes de coordonnés et utilisant la méthode des moindres distances qui permet de calculer l'erreur sur la pente.

3.2 MÉTHODOLOGIE Rb-Sr

Les mesures isotopiques du Rb et du Sr ont été effectuées par dilution isotopique sur un spectromètre de masse Varian CH-4. Les constantes recommandées par STEIGER et al. (1977) ont été utilisées pour les calculs effectués par ordinateur après lecture visuelle des hauteurs des différents pics.

3.3 INTERPRÉTATION DES ÂGES K-Ar ET Rb-Sr (tableaux 3 et 4)

Il est apparu intéressant de regrouper les résultats individuels dans un diagramme $^{40}Ar/^{36}Ar$ en fonction de $^{40}K/^{36}Ar$ (Fig. 2). Tous les points sans exception se regroupent le long d'une droite avec un coefficient de corrélation de 0.9947 montrant qu'il s'agit d'une isochrone.

On peut également montrer qu'il n'y a pas de différence dans la pente de la droite si l'on établit des sous-groupes avec les différents minéraux. En effet les âges calculés à partir des sous-groupes sont:

Tableau 2 Géochronologie Rb-Sr des principaux événements de l'orogenèse hercynienne dans la Meseta ibérique

M.a.	
270	Fin de la fermeture des biotites pour le Sr radiogénique dans les trois groupes de granitoïdes varisques
280	Granites calcoalcalins à biotites, circonscrits et post-tectoniques.
285	Début de la fermeture des biotites pour le Sr radiogénique dans les trois groupes de granitoïdes varisques: T <300°C. Fin de la fermeture des muscovites pour le Sr radiogénique dans les trois groupes de granitoïdes varisques.
290	FIN DE LA SECONDE PHASE DE DEFORMATION VARISQUE
300	Granitoïdes calcoalcalins à biotite, ANTERIEURS à la seconde phase de déformation. Granites alcalins à deux micas, ANTERIEURS à la seconde phase de déformation.
305	Début de la fermeture des muscovites pour le Sr radiogénique dans les trois groupes de granitoïdes varisques: T<500°C.
300-310	Second paroxysme du métamorphisme hercynien.
310	DEBUT DE LA SECONDE PHASE DE DEFORMATION VARISQUE
315	FIN DE LA PREMIERE PHASE DE DEFORMATION VARISQUE
320	Granites alcalins à deux micas, associés à une phase de migmatisation régionale
330±15	Premier paroxysme du métamorphisme hercynien
340	DEBUT DE LA PREMIERE PHASE DE DEFORMATION VARISQUE
380-420	Granites "hercyniens précoces" (early Hercynian granites).
400-470	Granites anorogéniques ("caledoniens") d'abord calcoalcalins, puis alcalins et finalement peralcalins.

Remarque: Dans la Meseta ibérique les évènements de l'orogenèse hercynienne ont une certaine DUREE et ne sont PAS SYNCHRONES. Ce tableau synthétique est donc forcément approximatif et schématique.

Sources: PRIEM et al. (1970); van CALSTEREN (1977); van CALSTEREN et al. (1979); DORNSIEPEN (1979).

Tableau 3 Données analytiques Potassium-Argon

No d'échantillon			% K	Age en M.a.	$^{40}Ar/^{36}Ar \cdot 1000$	$^{40}K/^{36}Ar \cdot 10.000$	$^{40}Ar^{*}/g \cdot 10^{-10}$	% Ar*
1	Esla	Musc.	4.516	439.7 ± 15.0	2.236	0.671	38.996	86.8
2		Biot.	4.299	310.9 ± 13.3	7.875	3.845	25.880	96.2
3		Fpath	6.890	494.3 ± 30.0	2.243	0.589	67.948	86.8
4	Villalcampo	Musc.	6.259	299.5 ± 9.7	8.809	4.498	35.357	96.6
5		Biot.	2.283	262.9 ± 8.3	7.819	4.575	11.205	96.2
6		Fpath	3.876	674.3 ± 39.9	1.836	0.324	54.953	83.9
7	Sayago	Musc.	6.259	314.9 ± 9.5	13.098	6.405	37.338	97.7
9		Fpath	6.782	464.5 ± 23.0	4.529	1.375	62.310	93.5
10	Cerezal	Musc.	7.512	315.4 ± 9.5	19.627	9.655	44.891	98.5
11		Fpath	5.354	290.3 ± 51.8	1.445	0.628	29.239	79.5
12	Castro	Musc.	7.023	331.2 ± 10.5	22.611	10.566	44.268	98.7
13		Biot.	6.342	300.3 ± 10.2	18.048	9.350	35.938	98.4
14		Fpath	7.056	398.0 ± 18.2	3.082	1.077	54.496	90.4
15	Carbajosa	Musc.	7.645	294.3 ± 9.1	7.989	4.142	42.379	96.3
16		Fpath	6.765	318.5 ± 22.7	2.514	1.096	40.861	88.2
17	Arcillera	Musc.	7.620	304.9 ± 9.5	17.372	8.850	43.887	98.3
18		Fpath	7.388	178.4 ± 15.9	1.048	0.691	24.023	71.8
19	Brandillanes	Biot.	6.309	303.8 ± 9.5	19.689	10.087	36.205	98.5
20		Fpath	6.931	343.7 ± 14.9	5.119	2.192	45.509	94.2
21	Granite de Pino Diabase intrusive		1.360	245.8 ± 19.3	1.590	2.580	6.360	81.6

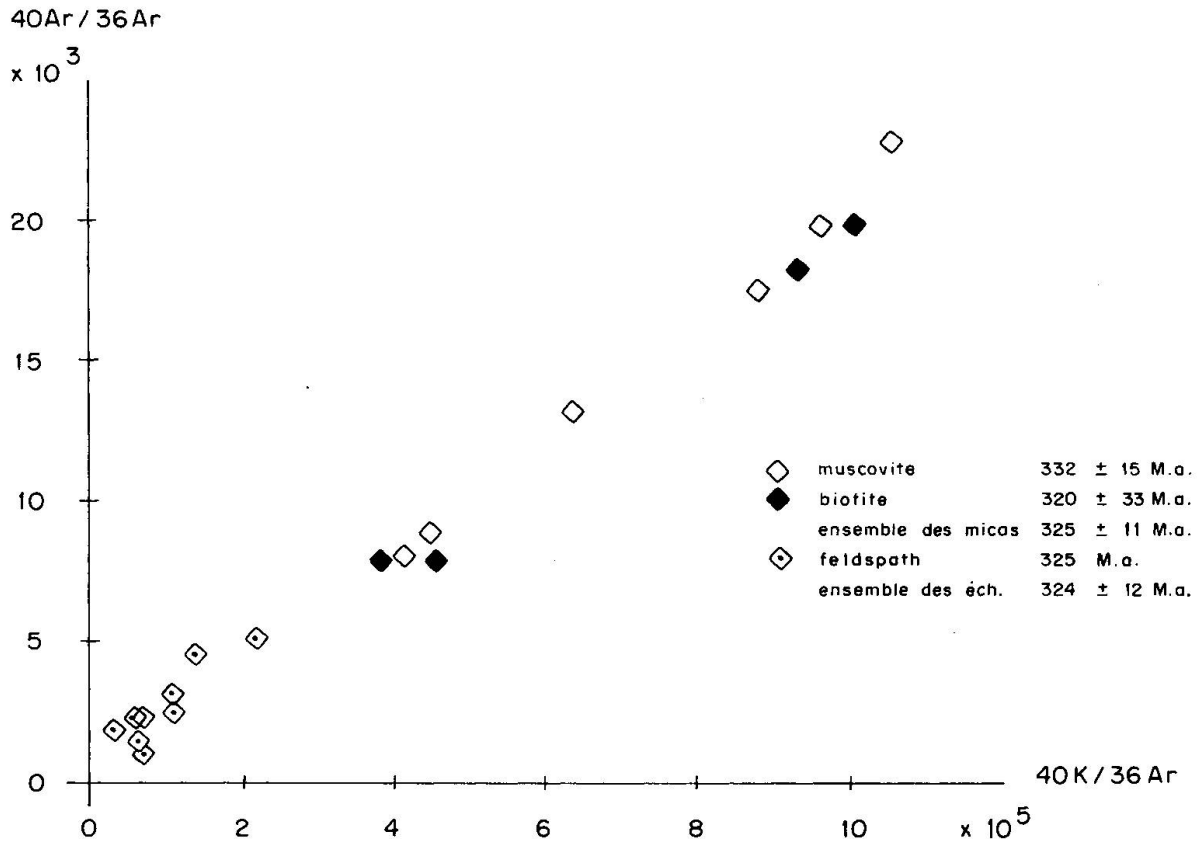

Fig. 2 Diagramme d'isochrone Potassium-Argon.

pour les muscovites	332 ± 15 M.a.
pour les biotites	320 ± 33 M.a.
pour l'ensemble des micas	325 ± 11 M.a.
pour les microclines	326 ± 106 M.a.
pour l'ensemble des échantillons	324 ± 12 M.a.

Il faut remarquer l'erreur très large obtenue sur le groupe des feldspaths potassiques. Deux causes peuvent être invoquées pour l'expliquer: d'une part la relative pauvreté en potassium et d'autre part l'altération subie par ces minéraux lors de la libération de la phase fluide dissoute (> 7%).

Si l'on regroupe par affinités géologiques les différents échantillons datés, on s'aperçoit là aussi qu'aucune tendance particulière ne peut être mise en évidence. Par contre, les âges obtenus sur les micas ainsi que l'âge d'ensemble des échantillons de 324 ± 12 M.a. (base du Carbonifère moyen) sont compatibles avec les résultats de VAN CALSTEREN et al. (1979) donnés à 318 ± 21 M.a. pour les granites alcalins à deux micas déformés et associés à la phase de migmatisation régionale (se référer au Tableau 2) ou avec les résultats publiés par RIES (1979) faisant état d'un métamorphisme varisque (Tableau 1). On constate que

l'âge des biotites est légèrement plus jeune que celui des muscovites, ceci s'explique par la différence des températures de fermeture de ces deux espèces (STEIGER and JÄGER, 1977).

Une datation a été également faite sur un dyke diabasique intrusif dans le granite de PINO. L'âge déterminé (246 M.a.) montre bien que le granite est antérieur.

Les datations effectuées par la méthode du Rubidium-Strontium (Tableau 4) ne représentent qu'une première approche par cette technique. En effet, des mesures sur roches totales sont nécessaires pour préciser le rapport initial $^{87}Sr/^{86}Sr$. Une valeur théorique de 0.7100 a été choisie pour calculer provisoirement des âges individuels. Ce choix a été influencé par les résultats antérieurs publiés par VAN CALSTEREN et al. 1979, par PRIEM et al., 1970 et par CAPDEVILA et al., 1973, dans la même région.

Tous les âges calculés par Rb-Sr sont plus anciens que ceux calculés par K-Ar sur les mêmes concentrés de minéraux. Il n'y a qu'une seule exception pour la muscovite du granite d'Esla. Sa teneur en potassium de 4,5% nous montre déjà qu'il s'agit d'un minéral particulier.

On peut donc raisonnablement penser que ces granites, transformés durant l'orogenèse hercynienne, sont constitués d'éléments plus anciens datant de l'Ordovicien, du Cambrien ou même du Précambrien.

Toujours en raison de l'inconnue sur le rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$, nos âges individuels sont à traiter avec prudence. Il faut cependant remarquer que les biotites

Tableau 4 Données analytiques Rubidium-Strontium

		Age en M.a.	ppm ^{87}Rb	ppm $^{87}Sr_{rad}$
Esla	Musc.	372.8 ± 17.0	82.4	0.4373
	Biot.	434.7 ± 62.6	89.4	0.5532
Villalcampo	Musc.	413.3 ± 28.9	65.6	0.3860
	Biot.	531.2 ± 21.4	38.9	0.2947
Sayago	Biot.	508.7 ± 26.8	109.8	0.7959
Cerezal	Musc.	545.7 ± 52.7	269.2	2.0941
	Fpath	638.2 ± 42.6	94.8	0.8633
Castro	Musc.	652.9 ± 57.9	142.0	1.3228
	Biot.	524.3 ± 49.8	259.6	1.9397
	Fpath	737.4 ± 58.2	87.2	0.9179
Carbajosa	Musc.	643.8 ± 40.1	151.9	1.3949
	Fpath	617.3 ± 50.6	95.1	0.8376
Arcillera	Musc.	911.5 ± 85.8	122.7	1.5990
Brandillanes	Biot.	504.9 ± 37.1	121.7	0.8762

qui sont en Rb-Sr comme en K-Ar les plus sensibles aux ouvertures des systèmes ne donnent pas des âges Rb-Sr voisins des âges K-Ar. La température de 350 °C nécessaire pour ouvrir la biotite en Rb-Sr n'a très probablement pas été atteinte. Il faut, dans ce cas, envisager pour l'événement hercynien une action hydrothermale dans laquelle la température a dû être voisine de 300 °C.

Conclusions

Au vu des résultats individuels et des développements obtenus par le calcul des isochrones, nous pouvons dater à 324 ± 12 M.a. le métamorphisme de faciès schistes verts subi par les granites alcalins. On peut raisonnablement envisager qu'il s'agit de la phase sudète de l'orogenèse hercynienne.

De plus, ces granites contiennent très probablement des minéraux beaucoup plus anciens (cambriens ou même précambriens) ayant subi un dernier métamorphisme de faciès schistes verts durant la phase sudète.

Nous sommes donc en présence de roches polymétamorphiques nécessitant une étude plus approfondie pour pouvoir mieux caractériser leur histoire antéhercynienne.

Remerciements

Nous remercions les Dr. H. de Souza et D. Fontignie pour leur aide et leurs conseils précieux. L'aide financière du Fonds national suisse pour la Recherche scientifique (requêtes 2.035-078 et 2.207-079) a été indispensable à la réalisation de cette étude.

Bibliographie

BARD, J.P., CAPDEVILA, R. et MATTE, PH. (1971): La structure de la chaîne hercynienne de la Meseta ibérique: comparaison avec les segments voisins. Publ. Inst. Fr. Pétrole, Collection Coll. et Semin., *22* (Histoire structurale du Golfe de Gascogne, 1), I-4-1. I.4.68.

CAPDEVILA, R., CORRETGE, G. et FLOOR, P. (1973): Les granitoïdes varisques de la Meseta ibérique. Bull. Soc. Geol. Fr., *15*, 209–228.

CAPDEVILA, R. et VIALETTE, Y. (1965): Premières mesures d'âge absolu effectuées par la méthode au strontium sur des granites et micaschistes de la Province de Lugo (Nord-Ouest de l'Espagne). C.R. Acad. Sci. Paris, *260*, 5081–5083.

DEN TEX, E. (1977): Le socle poly-cyclique et son rôle dans l'évolution de la chaîne varisque en Galice (Espagne du NW) in La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale. Coll. intern. CNRS, Rennes, *243*, 441–451.

DORNSIEPEN, V.F. (1979): Rb-Sr whole rock ages within the european Hercynian. A review. Kristalinikum, *14*, 33–49.

FLOOR, P., KISCH, H.J. et OEN, I.S. (1970): Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal. Bol. Geol. Min., *81*, 242–244.

FONTIGNIE, D. (1977): Géochronologie des galets diabasiques des conglomérats du val d'Illiez dans le synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France). C.R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève, *12*, 84-95.

JULIVERT, M., MARCOS, A. et PEREZ-ESTAUN, A. (1977): La structure de la chaîne hercynienne dans le secteur ibérique et l'arc ibéro-armoricain. In La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale. Coll. Intern. CNRS, Rennes, *243*, 429–440.

JULIVERT, M., MARTINEZ, F.J., et RIBEIRO, A. (1980): The iberian segment of the European Hercynian foldbelt. Mem. BRGM, *108*, 132–158.

LOTZE, F. (1945a): Einige Probleme des Iberischen Meseta. Geotekt. Forsch., *6*, 1–12.

LOTZE, F. (1945b): Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. Geotekt. Forsch., *6*, 78–92.

MARTINEZ GARCIA, E. (1973): Deformación y metamorphismo en la zona de Sanabria. Stud. Geol., *5*, 7–106.

MATTE, PH. (1968): La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne). Géologie Alpine, *44*, 157–280.

PRIEM, H.N.A., BOELRIJK, N.A.I.M., VERSCHURE, R.H., HEBEDA, E.H. et VERDURMEN, E.A.TH. (1970): Dating events of acid plutonism through the Paleozoic of the western iberian peninsula. Eclog. Geol. Helvet., *63*, 255–274.

RIBEIRO, A. (1974): Contribution à l'étude tectonique de Tràs-os-Montes oriental. Mem. Serv. Geol. Portugal, *24*, 1–168.

RIES, A.C. (1979): Variscan metamorphism and K-Ar dates in the Variscan fold belt of S Brittany and NW Spain: J. Geol. Soc. Lond., *136*, 89–103.

STEIGER, R.H. and JÄGER, E. (1977) subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth and Planetary Sci. Lett., *36*, 359–362.

THOMPSON, A.B. et ALGOR, J.R. (1977): Model systems for anatexis of pelitic rocks. I. Theory of melting reactions in the system $KAlO_2$ - $NaAlO_2$ - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O. Contrib. Mineral. Petrol., *63*, 247–269.

THOMPSON, A.B. et TRACY, R.J. (1979): Model systems for anatexis of pelitic rocks. II. Facies series melting and reactions in the system CaO-$KalO_2$ - $NaAlO_2$ - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O. Contrib. Mineral. Petrol., *70*, 429–438.

TUTTLE, O.F. et BOWEN, N.L. (1958): Origin of granite in light of experimental studies. Geol. Soc. Am. Memoir, *74*, 1–153.

VAN CALSTEREN, P.W.C. (1977): Geochronological, geochemical and geophysical investigations in the high-grade mafic-ultramafic complex at Cabo Ortegal and other pre-existing elements, in the hercynian basement of Galicia (NW Spain). Leidse Geol. Meded, *51*, 57–61.

VAN CALSTEREN, P.W.C., BOELRIJK, N.A., HEBEDA, E.H., PRIEM, H.N.A., DEN TEX, E., VERDURMEN, E.A. et VERSCHURE, R.M. (1979): Isotopic dating of older elements (including the Cabo Ortegal mafic ultramafic complex) in the hercynien orogen of N.W. Spain. Manifestations of a presumed early paleozoïc mantle-plume. Chem. Geol., *24*, 35–56.

WAGNER, G.A., REIMER, G.M. and JÄGER, E. (1977): Cooling ages derived by apatite fission-track, mica Rb-Sr and K-Ar dating the uplift and cooling history of the Central Alps. Mem. Inst. Geol. Miner. Univ. Padova, Italia, *30*, 27 p.

ZWART, H.J. et DORNSIEPEN, U.F. (1980): The variscan and prevariscan tectonic evolution of central and western Europe: a tentative model. Mem. BRGM, *108*, 226–232.

ZWART, H.J. et DORNSIEPEN, U.F. (1977): The tectonic framework of central and western Europe. Geol. & Mijb., *57*, 627–654.

Manuscrit reçu le 12 novembre 1980