

LE BATHOLITE DE «LOS PEDROCHES» (SIERRA MORENA) ETUDES CARTOGRAPHIQUE, PETROGRAPHIQUE, GEOCHIMIQUE, GEOCHRONOLOGIQUE ET METALLOGENIQUE¹

G. DEFALQUE², D. DÉMAIFFE³,
P. DUMONT³ et Ph. LALIEUX³

(5 figures, 2 tableaux et une carte hors texte).

RESUME.- Une carte géologique du batholite de Los Pedroches (Sierra Morena, Espagne) et une description pétrographique sommaire des principaux types pétrographiques sont présentées : il s'agit de la granodiorite à enclaves, dite de Pozoblanco, du granite porphyroïde d'Antanillas, du granite porphyroïde fin de Navalacienda, du leucogranite de Mogabar et des dykes de microgranite et microdiorite quartzique.

Sur base de la géochimie des éléments majeurs et de certains éléments en trace (Rb, Sr, Ba, Y, ...), on peut montrer que le leucogranite de Mogabar n'appartient pas à la même série magmatique que l'ensemble granodiorite-granite porphyroïde-dykes. Les roches du batholite présentent une affinité calco-alkaline. Dans les diagrammes de discrimination Y-SiO₂ et Rb-SiO₂, les roches du batholite se situent dans le domaine des granites formés lors d'un processus de collision de plaques.

Une isochrone Rb-Sr a été obtenue pour 17 échantillons représentant tous les types pétrographiques du batholite: elle donne un âge de 299.6 ± 4.6 Ma (2σ) ce qui correspond à une mise en place tarditectonique, postérieure à la deuxième phase du plissement hercynien. Le rapport isotopique initial du strontium est de 0.70638 ± 0.00007 (2σ). Le leucogranite de Mogabar par contre n'a pas pu être daté avec précision.

Enfin les principaux types de concentrations métallifères de Los Pedroches sont passés en revue.

ABSTRACT.- A geological map of the whole Los Pedroches batholith (Sierra Morena, Spain) is presented for the first time.

A brief petrographic description of the main rock types is also given: the enclave-bearing granodiorite of Pozoblanco, the Antanillas porphyroïdic granite, the fine-grained Navalacienda porphyroïdic granite, the Mogabar leucogranite and the microgranitic and quartz microdioritic dykes.

Major and trace (Rb, Sr, Ba, Y, ...) element geochemistry shows that the Mogabar leucogranite does not belong to the same magmatic series as the granodiorite-porphyroïdic granite-dykes. The rocks of the batholith display a typical calc-alkaline trend. In the Pearce discrimination diagrams (Y-SiO₂ and Rb-SiO₂) the rocks plot in the field of granites generated during a collision process.

A Rb-Sr whole rock isochron (17 samples) gives an age of 299.6 ± 4.6 Ma (2σ) which implies a late-tectonic emplacement, posterior to the second phase of folding of the Hercynian orogeny. The Sr isotopic initial ratio is 0.70638 ± 0.00007 (2σ). The Mogabar leucogranite has not been properly dated.

A short review of the mineralizations related to the batholith is given.

1.- *Manuscrit reçu en janvier 1992.*

2.- *PETROFINA S.A., Bruxelles*

3.- *Université Libre de Bruxelles, Laboratoires associés de Géologie-Pétrologie-Géochronologie (CP 160/02) - avenue Roosevelt, 50 B-1050 Bruxelles.*

1.- INTRODUCTION

Le batholite granitique de Los Pedroches est un des plus importants de la Péninsule ibérique: il couvre une superficie de plus de 2500 km² et il s'étire entre Don Benito au NW et la région de Linares au SE; il atteint 30 km de largeur dans la région de Villanueva de Cordoba. Ces dimensions ne tiennent pas compte du prolongement du granite sous les sédiments récents de la dépression du Guadiana.

Ce travail fait la synthèse de levés de terrains poursuivis entre 1970 et 1976 dans le but de situer le batholite dans le cadre géologique régional des recherches minières (Astruminera S.A., Fina Iberica S.A., Iarsa) et d'études pétrographiques, géochimiques et géochronologiques réalisées aux laboratoires associés de Géologie - Pétrologie - Géochronologie de l'Université Libre de Bruxelles.

La carte géologique annexée synthétise nos levés de détail. Elle a emprunté la cartographie au 1:200.000 de l'IGME (Inst. Géol. Minier d'Espagne) pour plusieurs zones à la bordure de la région de Los Pedroches.

Son échelle ne permet pas de reporter tout le cortège des nombreux dykes qui entourent le massif granitique. C'est à dessein que les schistes encaissants le batholite ont été considérés comme une unité lithostratigraphique distincte du Paléozoïque étant donné le problème que pose leur âge qui sera discuté plus loin.

Quelques études à caractère local ont été publiées plus récemment (GARROTE *et al.*, 1985; ARRIOLA *et al.*, 1985; GARCIA-CASCO *et al.*, 1987a et b).

2.- CADRE GEOLOGIQUE

2.1.- La Sierra Morena

Le batholite de Los Pedroches se situe au coeur de la Sierra Morena dans le Massif Hespérique qui constitue le versant méridional de la grande chaîne varisque en Europe. Ce massif a été subdivisé en six zones (Lotze, 1945), dont deux ont pour limite le batholite: la zone est-lusitano-alcudienne au nord et la zone de l'Ossa Morena au sud.

La zone est-lusitano-alcudienne correspond à un vaste ensemble précambrien et paléozoïque plissé et peu métamorphique. Les terrains les plus anciens sont représentés par un complexe schisto-grauwackeux, l'Alcudien, rapporté au Précambrien supérieur à Cambrien inférieur (Bouyx, 1970). Ils apparaissent au centre de vastes zones anticlinales et sont intrudés en maints endroits par des plutons granitiques. L'Ordovicien

et le Silurien sont bien développés tandis que le Dévonien et le Carbonifère affleurent au coeur des synclinaux.

Une discordance stratigraphique (phase sarde) sépare le Paléozoïque de ce complexe ancien. Le relief de la région est-lusitano-alcudienne est typiquement appalachien avec des cordillères de quartzites paléozoïques dominant des pénéplaines schisteuses du Précambrien.

Au sud du batholite, la zone de l'Ossa Morena est formée essentiellement de terrains précambriens généralement métamorphisés et de Cambrien recoupés par d'importantes intrusions. L'Ordovicien et le Silurien sont réduits. L'axe synclinal de Peñarroya-Espiel est constitué de Dévonien et de Carbonifère peu épais et discordants.

L'ensemble Ossa Morena est structuralement et pétrologiquement beaucoup plus complexe que la zone est-lusitano-alcudienne. Plusieurs phases de déformations s'y sont succédées et induisent le développement d'une schistosité dans certains granites.

Un grand linéament parallèle à l'axe du batholite est bien visible sur la photographie spatiale (ERTS): il passe par Valle de la Serena, Higuera et se poursuit au nord de Valsequillo et de Obejo. Il est jalonné d'intrusions basiques et ultra-basiques, fréquemment serpentinisées notamment au sud de Pozoblanco et de Villanueva de Cordoba. Ce linéament pourrait marquer la limite entre les zones d'Ossa Morena et est-lusitano-alcudienne.

2.2.- Les terrains encaissants le batholite

Le batholite est allongé parallèlement aux plis de la chaîne (N70°W); il est, dans l'ensemble, concordant avec les structures régionales. A petite échelle, cependant le granite peut recouper perpendiculairement les structures paléozoïques comme celle de Sierra Agalla à l'ouest de Quintana. Dans la partie orientale, la bordure nord du batholite s'écarte progressivement des quartzites qui ceignent les schistes de Los Pedroches et la distance granite-quartzite passe de 4 km dans la région de Conquista à 16 km à l'extrémité orientale. Le massif batholitique de Los Pedroches apparaît ainsi comme une intrusion tardi-orogénique; sa mise en place correspond sans doute à la phase asturienne des plissements hercyniens.

L'activité tectonique s'achève avec l'apparition de fractures verticales qui recoupent et décrochent les structures hercyniennes. Dans la région étudiée, on distingue deux réseaux principaux de failles: NE-SW et NW-SE.

Les failles NE-SW montrent bien souvent un décrochement sénestre qui, généralement, ne dépasse pas 2 km. Elles affectent également le massif granitique et principalement sa partie orientale où elles déterminent un fossé d'effondrement qui marque la terminaison du batholite. Ces failles NE-SW ont joué aussi un rôle dans les minéralisations. Elles sont antérieures au Trias puisque ce dernier occupe les fossés d'effondrement orientaux de Bailen et Linares.

2.3.- Age des formations péritholitiques

Les cartes et la littérature géologiques situent le batholite au coeur d'une épaisse formation schisteuse (plusieurs milliers de mètres), disposée en synclinal et rapportée au Dévonien supérieur - Carbonifère inférieur.

Initialement, les schistes de Los Pedroches ont été attribués au Cambrien (Mallada, 1880). Plus tard, (Henke, 1926, Carbonell, 1931, Febrel *et al.*, 1964) ces schistes sont rapportés au Dévonien et au Carbonifère inférieur (Culm).

Les déterminations paléontologiques donnent un âge dévonien (Mallada 1880, Groth 1914) et plus tard frasnien (Almela *et al.*, 1962) à des niveaux carbonatés situés entre Santa Eufemia et San Benito. Ces derniers auteurs attribuent au Dinantien quelques bancs de calcaire oolithique affleurant au nord de Belalcazar.

Des échantillons récoltés (Dr. R. Yun Cabrera) à Las Trebedes à 15 km au sud de Pozoblanco dans un niveau de calcaire récifal ont été confiés au Dr. J. Godefroid (Inst. Royal des Sciences Naturelles) qui, après avoir consulté divers spécialistes (J.L. Garcia-Alcalde, F. Tourneur et M. Coen Aubert), incline à lui assigner un âge emsien supérieur sur la base de brachiopodes et tabulés (J. Godefroid, comm. pers.).

Tout semblerait ainsi confirmer l'âge dévono-dinantien des schistes encaissants le batholite. Néanmoins, les remarques suivantes s'imposent :

- 1) les granitoïdes hercyniens de la Meseta sont dans l'ensemble intrusifs dans de vastes structures anticlinales précambriennes. L'exception serait le batholite de Los Pedroches situé au milieu d'un grand synclinal dévono-carbonifère.
- 2) à l'ouest de Castuera, le granite de Los Pedroches est en contact avec les schistes anté-ordoviciens de l'Alcudien.
- 3) en Extremadure et en particulier dans la région située dans le prolongement du batholite, la puissante formation schisteuse de Los Pedroches n'existe pas. Le Dévonien, peu épais, occupe le centre de quelques synclinaux étroits. Le Carbonifère très mince

apparaît en quelques rares endroits dans ces synclinaux.

- 4) le synclinal de Peñaroya-Belmez, situé à moins de 10 km de Los Pedroches, possède un Dévono-Dinantien de quelques centaines de mètres de puissance à peine. De même, au nord dans le synclinal de Guadalmez, quelques affleurements montrent un Carbonifère (Viséen-Namurien) réduit à moins de 200 m d'épaisseur.
- 5) les faciès des schistes de l'Alcudia et de Los Pedroches présentent de bonnes similitudes et sont tous deux affectés d'une schistosité verticale de plan axial.

L'attribution d'un âge dévono-dinantien à la totalité des schistes de Los Pedroches peut donc être mise en doute. On peut se demander si une partie de cette puissante formation ne correspond pas aux schistes anté-ordoviciens de l'Alcudien (redressés au travers de la couverture paléozoïque lors de la mise en place du granite). Le contact entre le Dévonien et les schistes de Los Pedroches serait tectonique et il faut rappeler que certains auteurs (cités par Saupé, 1973 p. 23) considèrent comme un chevauchement la limite entre les zones Ossa Morena et est-lusitano-alcudienne situé au bord nord du batholite. Plus à l'ouest en Extremadure, les levés géologiques confirment des contacts chevauchants entre le Paléozoïque et le Précambrien. La tectonique tangentielle en Sierra Morena est vraisemblablement plus importante qu'il n'y paraît à première vue.

2.4.- Le métamorphisme de contact

La mise en place du batholite a induit le développement d'une auréole de métamorphisme de contact qui s'étend sur 500 à 1500 mètres; on y reconnaît une zone interne de cornéenne à cordiérite, chiastolite et micas, puis une zone de schistes noduleux à phenoblastes de chiastolite et enfin des schistes tachetés.

3.- LES ROCHES DU BATHOLITE : DESCRIPTION DE TERRAIN

Cinq types pétrographiques principaux ont été identifiés sur le terrain :

- la granodiorite à enclaves dite de Pozoblanco,
- le granite porphyroïde dit d'Antanillas,
- le granite porphyroïde fin dit de Navalacienda,
- le leucogranite à muscovite de Mogabar,
- les dykes de microgranite dit de Rosuela

D'autres faciès d'extension plus locale comme le complexe gabbro-dioritique de Zalamea, lié à la granodiorite, ont été observés. De nombreuses

venues magmatiques filoniennes recourent le batholite et sa périphérie, il s'agit :

- de microdiorites quartziques et de lamprophyres,
- de rhyolites.

Enfin, le batholite est traversé par une série de filons à quartz et calcédoine, souvent métallifères, qui correspondent aux remplissages de cassures tardives.

3.1.- La granodiorite à enclaves de Pozoblanco occupe plus de la moitié de la surface du batholite et s'étend depuis Quintana au nord-ouest jusqu'au-delà de Villanueva de Cordoba au sud-est, sans discontinuité ni changement de faciès notable.

Cette roche apparaît de plus sous forme de petites intrusions circulaires ou semi-circulaires en dehors de la masse principale, comme à Magacela (nord-ouest) et à l'est de Andujar. Les petits stocks de Fontanosas, Garlitos et Santa Elena sont de même nature. Il s'agit d'une roche grise caractérisée par de nombreuses enclaves arrondies, sombres, de nature microdioritique. Sur la bordure du batholite, on observe quelques enclaves anguleuses à texture schisteuse qui proviennent de l'encaissant.

3.2.- Le granite porphyroïde d'Antanillas occupe la quasi-totalité de l'extrémité orientale du batholite. Plus à l'ouest, il forme quatre massifs situés à la bordure septentrionale du batholite. C'est une roche gris clair montrant des phénocristaux d'orthose (6 à 7 cm). De rares enclaves y ont été observées (région de Conquista). On observe localement sur le terrain une transition progressive entre la granodiorite et le granite porphyroïde comme au sud-est de Villanueva de Cordoba. Dans cette région, la limite cartographique reste quelque peu difficile à établir.

3.3.- Le granite porphyroïde fin de Navalacienda, aussi de couleur grise, est caractérisé par des cristaux centimétriques d'orthose dans une matrice finement grenue. Il est nettement subordonné par rapport aux deux premiers types et se présente généralement au sein de masses du granite porphyroïde grossier. Dans toutes les zones où il affleure, ce granite entoure le leucogranite de Mogabar qui est décrit ci-après.

3.4.- Le leucogranite à muscovite de Mogabar, de couleur rose, forme des reliefs topographiques et est aisément repérable sur les photographies aériennes. Il présente une texture généralement fine. Il apparaît en petits massifs intrusifs dans le granite porphyroïde du type Navalacienda avec lequel il est en contact net. Des dykes de

leucogranite (parfois aplitique ou micropegmatitique) recourent les granites porphyroïdes. Le leucogranite de Mogabar ne montre aucune enclave.

3.5.- Le microgranite de Rosuela apparaît en dykes sub-verticaux de quelques décimètres à plusieurs dizaines de mètres. La plupart des dykes ont une orientation sub-parallèle à celle de l'axe du batholite. Quelques-uns ont une orientation méridienne. Ils peuvent pénétrer dans les schistes encaissants jusqu'à plusieurs kilomètres de la bordure batholitique. Ils traversent en grand nombre la granodiorite mais sont plus rares dans les granites porphyroïdes. Le centre du dyke a un faciès prophyrique bien développé avec feldspaths et quartz automorphes. Sa bordure refroidie plus rapidement, est à pâte très fine (faciès d'aplite) et présente des structures fluidales. Les enclaves y sont rares.

3.6.- Les microdiorites apparaissent sous différents aspects sur le terrain :

- en enclaves dans la granodiorite de Pozoblanco
- en dykes recoupant la granodiorite au centre du batholite
- en dykes accompagnés de dykes et sills de lamprophyres à la bordure de batholite et dans les schistes encaissants. C'est la «pain de figue» (pan de higo) des mineurs de la région.

3.7.- Des sills de rhyolite de quelques mètres de puissance s'observent dans l'auréole métamorphique. La présence de phénocristaux de quartz d'habitus rhyolitique est typique de cette roche très fine blanchâtre. Cette roche est antérieure à la granodiorite (sills injectés de granite au contact du batholite) et aux dykes de microdiorite qui la recourent.

4.- DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE

Une description pétrographique préliminaire des roches du batholite de Los Pedroches a été donnée par G. Defalque *et al.* (1971). Plus récemment, Garrote *et al.* (1985) et Arriola *et al.* (1985) ont décrit les roches prélevées le long de deux coupes transversales à hauteur de Villanueva de Corboda et de Esparragosa de la Serena respectivement. Lalieux (1983), de son côté, a examiné les échantillons prélevés par G. Defalque et P. Dumont au cours de plusieurs missions sur le terrain. Seule une synthèse de ces travaux, reprenant les faits saillants est présentée ici.

4.1.- La granodiorite de Pozoblanco est une roche grise, hétérogranulaire (grain moyen 6 à 7 mm), constituée d'orthose perthitique, de plagi-

clases zonés (An 40-25), de quartz et de biotite. La hornblende a été trouvée dans la région d'Azuel mais elle n'est pas présente partout.

Le zircon, l'apatite et le rutile en aiguilles sont présents souvent en inclusions dans les biotites; l'allanite est exceptionnelle. La chlorite, le sphène et la séricite sont secondaires.

Au contact avec les schistes encaissants, la granodiorite est plus fine: elle peut contenir localement de la muscovite en grandes plages ou de la cordiérite pinnitisée, résultant vraisemblablement de l'assimilation de l'encaissant schisteux par la granodiorite.

Deux types principaux d'enclaves ont été reconnus:

- **des enclaves microgrenues basiques:** arrondies, à contact net avec la granodiorite, elles peuvent atteindre plus de deux mètres. La structure est typiquement magmatique, parfois porphyrique. La composition est celle d'une diorite quartzique. (Ces roches ont été appelées tonalite par Castro *et al.*, 1991).
- **des enclaves anguleuses de cornéenne:** elles sont caractérisées par la présence de quartz, de plagioclase et par l'abondance de biotite et de spinelle vert de type hercynite.

4.2.- Le granite porphyroïde d'Antanillas est minéralogiquement assez comparable à la granodiorite; il se caractérise par l'abondance de phénocristaux d'orthose perthitique (1 à 2 cm en général mais atteignant 7 à 8 cm à l'ouest de Castuera) à structure poecilitique. Le plagioclase est zoné de façon récurrente (An 30 - An 20). La biotite est souvent chloritisée. La muscovite secondaire apparaît autour de la biotite ou dans le plagioclase. Apatite et zircon sont accessoires. L'abondance d'orthose confère à la roche la composition d'un monzogranite.

Quelques rares enclaves microdioritiques ont été trouvées dans ce granite au nord-ouest de Conquista.

4.3.- Le granite porphyroïde fin de Navalacienda est une roche grise, hétérogranulaire à cristaux centimétriques d'orthose dans une mésostase fine où l'on reconnaît quartz, plagioclase, feldspath potassique interstitiel et biotite. Le plagioclase présente deux habitus: en cristaux de 2 à 3 mm, zonés (An 35 - An 20) et en petites lattes (0.5 mm) fortement saussuritisées. Aucune enclave n'a été trouvée dans ce granite.

4.4.- Le leucogranite de Mogabar est équi-granulaire, finement grenu (1 à 2 mm mais localement 4 à 5 mm). Il contient de la muscovite et de la biotite (on pourrait donc l'appeler leucogranite à 2 micas), deux feldspaths et du quartz. La muscovite se

présente soit en grandes lamelles à contour net, n'englobant pas les feldspaths et considérées comme une phase primaire, soit en paillettes secondaires provenant de la transformation des plagioclases (muscovite secondaire). Le plagioclase (An 20) est sub-automorphe, non zoné. L'orthose xénomorphe est perthitique et souvent en association micropegmatitique avec le quartz. Le rapport biotite/muscovite varie de 0 à 1 d'un échantillon à l'autre. L'apatite est plus abondante que dans les autres faciès du batholite. Le zircon, la tourmaline, les oxydes de fer et la cassitérite sont accessoires (Navez, 1972).

4.5.- La partie centrale des dykes de microgranite présente une structure porphyrique avec phénocristaux automorphes de quartz corrodé, de plagioclase et de feldspath potassique turbide et de biotite chloritisée. La mésostase à structure micropegmatitique est composée de feldspath, quartz, biotite et oxydes. La muscovite, la chlorite et la calcite se développent secondairement.

4.6.- Les dykes de microdiorite quartzique sont aussi porphyriques; ils contiennent des phénocristaux de plagioclase zonés (An 45 - An 30) souvent rétro-morphosés, de quartz corrodé et craquelé, de biotite chloritisée déformée, emballés dans une mésostase constituée de quartz, d'oligoclase, de biotite et accessoirement de zircon, d'apatite, de sphène et d'opaques.

5.- GEOCHIMIE

L'approche géochimique (éléments majeurs et quelques éléments en traces) a été utilisée pour identifier la série de différenciation à laquelle appartiennent les roches du batholite. Des échantillons représentatifs des principaux faciès du batholite ont été sélectionnés: 4 granodiorites, 2 enclaves microgrenues basiques, 5 granites porphyroïdes, 1 granite porphyroïde fin, 3 leucogranites, 4 dykes de microgranite et 1 dyke de microdiorite.

5.1.- Méthodes analytiques

Les éléments majeurs et les éléments en trace Rb, Sr et Ba ont été déterminés par spectrométrie de fluorescence X dans le cadre du Collectif Interuniversitaire de Géochimie Instrumentale (Dr. J.C. Duchesne, Univ. de Liège). Les très faibles teneurs en Sr des leucogranites ont été déterminées par dilution isotopique en spectrométrie de masse.

Les roches ont été mises en solution par une attaque HF + HClO₄, le Sr a été séparé par la méthode classique des colonnes à résine échangeuse d'ions. La composition isotopique du Sr a été mesurée sur le spectromètre de masse

FINNIGAN MAT 260 du Centre Belge de Géochronologie; les rapports isotopiques sont normalisés par rapport à $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 8.3752$.

5.2.- Éléments majeurs (Tableau 1)

L'affinité calco-alcaline de la série des roches du batholite de Los Pedroches apparaît clairement dans le diagramme $\log \text{CaO}/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ en fonction de SiO_2 (Fig. 1) (il s'agit en fait de l'adaptation par Brown (1981) de l'indice de Peacock). Au-delà de 68% de SiO_2 , la limite entre

les domaines calco-alcalin et alcalin calcique n'est pas précisément établie; les granites porphyroïdes sont quelque peu dispersés.

A l'exception des leucogranites de Mogabar, les différents faciès pétrographiques du batholite définissent une seule tendance de différenciation qui débute par les enclaves dioritiques et la microdiorite, se poursuit par les granodiorites et aboutit enfin aux granites porphyroïdes et aux microgranites.

Tableau 1.- Compositions chimiques: éléments majeurs (% en poids), éléments en traces (ppm).

	GRANODIORITES				GRANITES PORPHYROIDES					
	7686	7698	7706	7747	7538	7547	7673	7726	7732	7580
SiO ₂	69.35	69.10	71.13	68.81	75.42	73.05	71.70	73.60	74.18	72.39
TiO ₂	0.33	0.41	0.29	0.44	0.18	0.34	0.33	0.31	0.21	0.43
Al ₂ O ₃	16.19	15.81	15.39	15.46	13.09	14.07	14.54	14.55	13.19	14.48
Fe ₂ O ₃	0.05	1.37	0.70	0.88	0.44	0.68	0.79	0.53	0.33	0.98
FeO	2.50	1.82	1.53	2.53	1.39	1.43	1.36	1.52	1.24	1.47
MnO	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05
MgO	1.81	1.67	1.10	2.01	0.24	0.75	0.45	0.00	0.45	0.05
CaO	1.67	2.63	2.09	2.58	0.81	0.82	0.97	1.00	1.71	1.44
Na ₂ O	2.87	2.76	2.99	2.59	2.74	2.54	2.91	2.89	2.80	2.58
K ₂ O	4.25	3.12	3.79	3.17	4.51	4.87	4.86	4.51	5.22	4.56
H ₂ O	0.63	1.03	0.69	1.21	0.98	1.12	1.37	0.75	0.48	1.26
P ₂ O ₅	0.29	0.25	0.24	0.25	0.14	0.29	0.68	0.28	0.13	0.32
Total	99.99	100.02	99.99	99.99	99.99	99.99	100.00	99.98	99.99	100.01
Rb	164	233	162	152	289	301	293	297	290	217
Sr	333	257	397	310	84	92	87	114	89	197
Ba	473	462	859	511	274	320	368	392	331	730

	MICROGRANITES				MICRO-DIORITE	ENCLAVES BASIQUES		LEUCOGRANITES		
	7519	7524	7532	7745		7024	275	7406	7665	7674
SiO ₂	67.97	69.07	73.68	68.83	60.72	62.78	66.35	75.49	77.15	76.64
TiO ₂	0.63	0.40	0.39	0.52	0.69	0.72	0.66	0.03	0.04	0.06
Al ₂ O ₃	14.72	14.46	14.15	14.85	17.11	16.53	16.76	13.09	12.89	13.40
Fe ₂ O ₃	1.34	0.90	0.59	0.76	1.23	1.47	1.19	0.16	0.24	0.25
FeO	2.58	1.84	0.52	2.35	3.49	4.28	2.65	0.32	0.39	0.58
MnO	0.09	0.05	0.01	0.05	0.10	0.12	0.08	0.01	0.02	0.01
MgO	1.25	1.11	0.24	1.72	3.57	3.71	1.70	1.22	0.05	0.10
CaO	1.43	1.28	0.20	0.98	4.36	4.04	2.59	0.24	0.29	0.27
Na ₂ O	3.22	2.86	1.67	3.06	1.73	2.93	3.82	3.49	3.41	3.22
K ₂ O	4.34	4.75	6.57	4.99	3.28	2.31	2.28	4.57	4.52	3.95
H ₂ O	2.18	2.92	1.84	1.53	3.53	0.90	1.63	1.30	0.94	1.06
P ₂ O ₅	0.24	0.36	0.14	0.36	0.20	0.21	0.31	0.08	0.08	0.47
Total	99.99	100.00	100.00	100.00	100.01	100.00	100.02	100.00	100.02	100.01
Rb	165	231	298	210	132	148	152	381	385	569
Sr	186	117	169	124	238	287	263	7.5	8.8	13.7
Ba	553	417	714	559	431	332	386	< 10	< 10	< 10

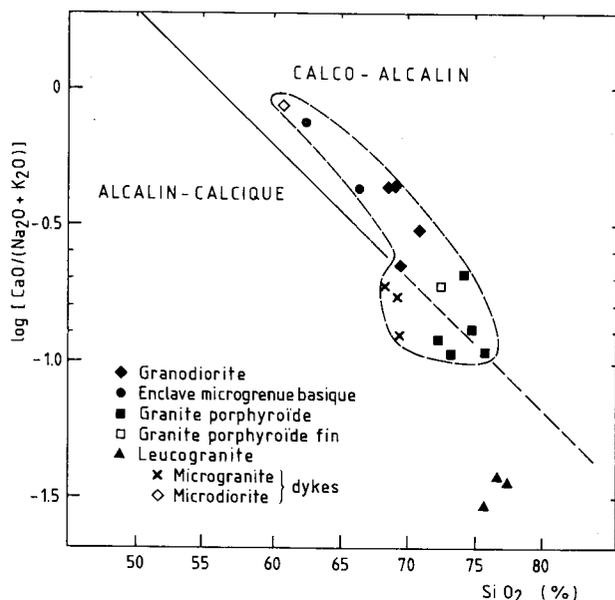


Fig. 1.-Diagramme de Peacock ($\log CaO/Na_2O + K_2O$ en fonction de SiO_2) (D'après Brown, 1981).

Le hiatus entre cette tendance et les leucogranites apparaît important ce qui est en faveur d'une origine indépendante de ces derniers. Les leucogranites sont nettement enrichis en alcalins par rapport à la chaux, ce qui est d'ailleurs une de leurs caractéristiques (voir Brown, 1981, pour une discussion des leucogranites de l'Himalaya et de la Malaisie). Le caractère calco-alcalin des roches du batholite peut également être déduit du diagramme AFM (non repris dans ce papier).

L'existence de deux séries magmatiques distinctes est confirmée par la disposition des roches dans le diagramme $MgO-SiO_2$ (Fig. 2) : la teneur en MgO décroît régulièrement avec SiO_2 croissant dans la série différenciation. Les leucogranites par contre ne définissent aucune tendance : ils sont pauvres en MgO ($< 1.2\%$) et sont clairement distincts des autres roches, du côté des hautes teneurs en SiO_2 ($> 75\%$).

5.3.- Éléments en trace

Les éléments alcalins et alcalino-terreux (K, Rb, Sr, Ba) sont particulièrement bien adaptés à l'étude géochimique des granitoïdes : on les trouve en effet dans les minéraux silicatés majeurs (feldspaths et micas) et pas dans les minéraux accessoires. Les données sont présentées sous forme de diagrammes bilogarithmiques K-Rb, Rb-Sr, Ba-Rb et Ba-Sr (Fig.3). L'évolution géochimique se marque par une augmentation concomitante de K et Rb sans variation notable du rapport K/Rb qui reste voisin de 150. Les leucogranites sont nettement enrichis en Rb (jusque 570 ppm) pour des teneurs en K constantes voire légèrement décroissantes ce qui diminue nettement le rapport K/Rb (< 100).

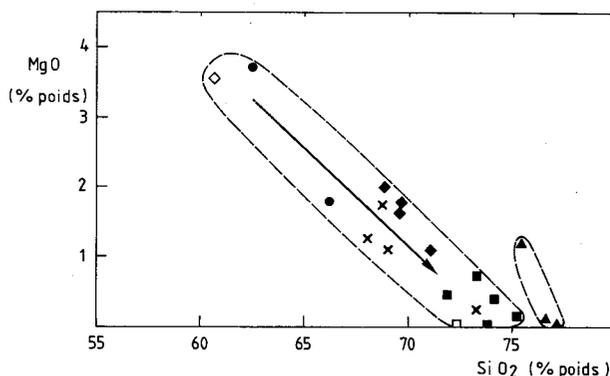


Fig. 2.-Diagramme $MgO-SiO_2$ montrant que les leucogranites de Mogabar sont distincts des autres roches du batholite (même symboles qu'à la Figure 1).

Dans les diagrammes Rb/Sr, Ba/Rb et Ba/Sr, il apparaît très clairement un regroupement des roches en deux ensembles : la plupart des faciès pétrographiques du batholite d'une part, les leucogranites d'autre part. Le hiatus entre ces deux ensembles est très important, particulièrement en ce qui concerne les teneurs en Sr et en Ba : les leucogranites sont très appauvris en ces deux éléments (< 15 ppm Sr ; en-dessous de la limite de détection (50 ppm) de la fluorescence X pour le Ba). La tendance principale est caractérisée par une décroissance régulière des teneurs en Sr et Ba et par une augmentation de la teneur en Rb.

Les diagrammes de discrimination de Pearce *et al.* (1984) permettent de définir l'environnement géotectonique de mise en place des granitoïdes. Quatre situations géotectoniques ont été définies : les granitoïdes de rides océaniques (ORG), les granitoïdes de collision (COLG), les granitoïdes intraplaques (WPG), les granitoïdes d'arc insulaire (VAG). Le diagramme- SiO_2 (Fig. 4) montre que toutes les roches de Los Pedroches sont relativement pauvres en yttrium, quelle que soit la teneur en SiO_2 : elles appartiennent donc à la série VAG ou COLG, ce qui confirme bien leur appartenance à la série calco-alcaline qui ne peut, en effet, être engendrée que dans un environnement de convergence de plaques.

Le diagramme Rb- SiO_2 permet d'affiner la discrimination : tous les granitoïdes de Los Pedroches (à l'exception des 2 enclaves de diorite et du dyke de microdiorite qui n'auraient pas dû être reportés dans ce diagramme) se situent dans le domaine des granites générés lors d'un processus de collision.

Cette déduction est en bon accord avec les modèles géotectoniques élaborés pour le développement de la chaîne hercynienne en Europe en général et pour la Meseta Ibérique en particulier. (Bard 1971).

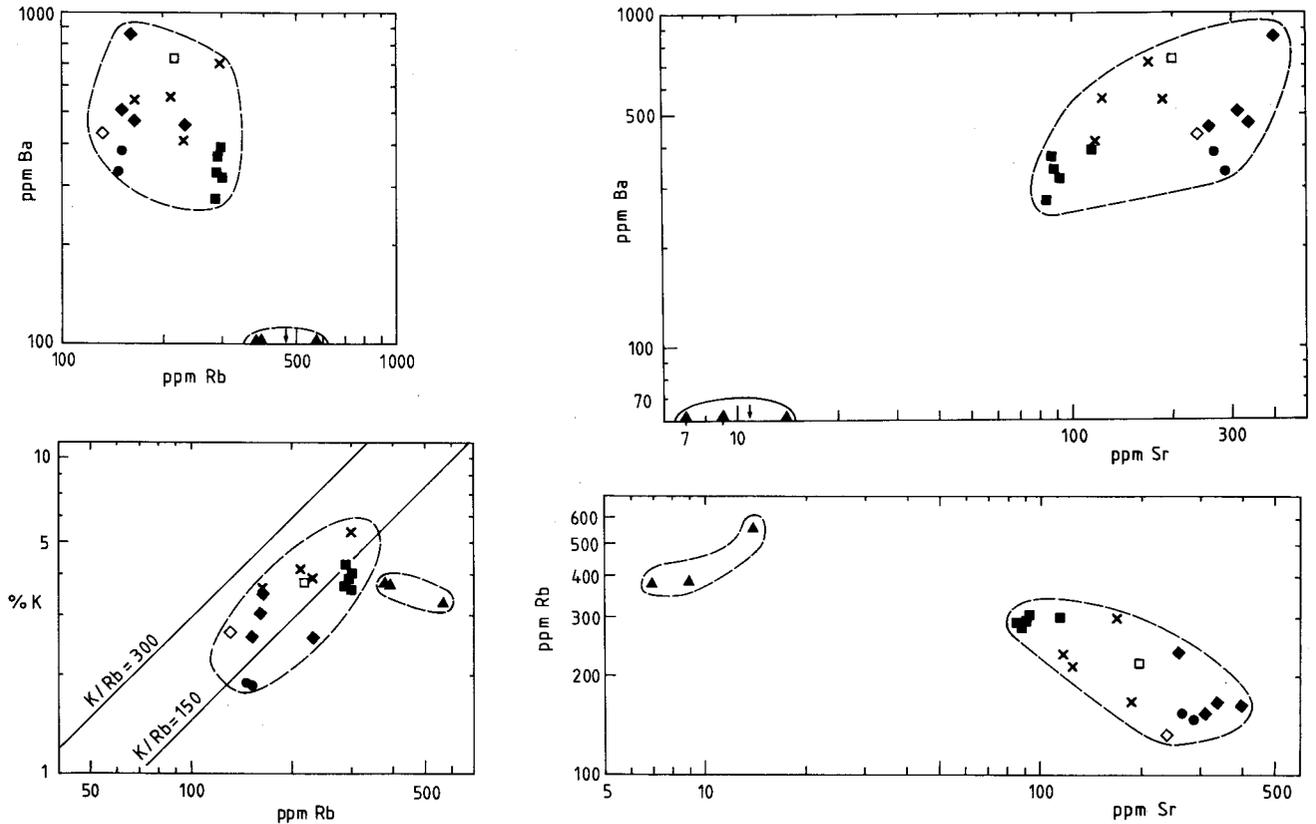


Fig. 3.-Diagrammes K-Rb, Rb-Sr, Ba-Rb et Ba-Sr.

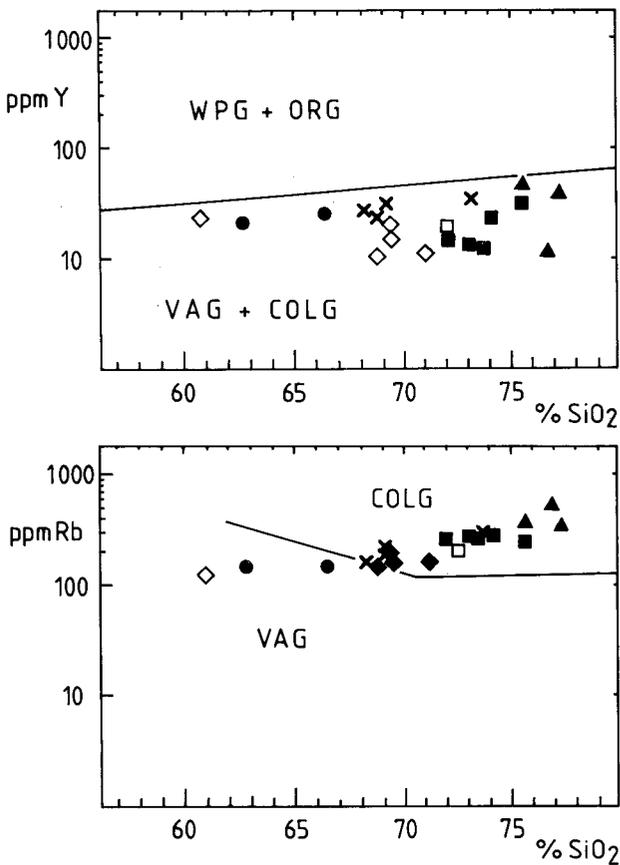


Fig. 4.-Diagrammes Y-SiO₂ et Rb-SiO₂ (d'après Pearce *et al.*, 1984).
 WPG: granites intraplaques; ORG: granites de rides océaniques; VAG: granites d'arcs insulaires; COLG: granites de collision.

6.- GEOCHRONOLOGIE

Les seules données géochronologiques publiées sur le batholite de Los Pedroches sont les mesures ⁴⁰K - ⁴⁰Ar obtenues par Penha et Arribas (1974) et Bellon *et al.* (1979) sur des granodiorites: les âges obtenus sont assez imprécis, ils s'étalent de 291 à 342 Ma. Par ailleurs, Halliday et Mitchel (1984) ont déterminé, par ⁴⁰K - ⁴⁰Ar aussi, l'âge des minéralisations liées au batholite par l'intermédiaire des fractions argileuses extraites du minerai lui-même ou de sa gangue: ils démontrent ainsi une importante activité hydrothermale mésozoïque (210 à 230 Ma). Les principaux types pétrographiques ont fait l'objet d'analyses isotopiques ⁸⁷Rb - ⁸⁷Sr en roches totales (Tableau 2); les données ont été reportées dans le diagramme classique ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr - ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (Fig. 5). Une première isochrone a été calculée pour l'ensemble granodiorite et enclaves basiques (6 échantillons) - granite porphyroïde (5 échantillons) - granite porphyroïde fin (1 échantillon).

Ces roches couvrent plus de 95 % de la superficie du batholite et tant les relations de terrain que les données géochimiques ont mis en évidence les liens existant entre ces différents types lithologiques.

Tableau 2.- Données isotopiques Rb-Sr.

n°	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2$
Granodiorites				
7706	162	397	1.1791	0.71068 ± 0.00003
7686	164	333	1.4242	0.71205 ± 0.00003
7747	152	310	1.4171	0.71317 ± 0.00016
7698	233	257	2.6343	0.71789 ± 0.00019
Granites porphyroïdes				
7726	297	114	7.5556	0.73888 ± 0.00005
7732	290	88.8	9.4834	0.74525 ± 0.00004
7547	301	92.4	9.4505	0.74896 ± 0.00010
7673	293	87.1	9.7726	0.74959 ± 0.00005
7538	289	83.6	10.0515	0.74784 ± 0.00007
Granite porphyroïde fin				
7580	217	197	3.1982	0.71964 ± 0.00007
Microgranites (dyke)				
7519	165	186	2.5696	0.71683 ± 0.00007
7745	210	124	4.9169	0.72670 ± 0.00020
7532	298	169	5.1215	0.72755 ± 0.00021
7524	231	117	5.7198	0.72998 ± 0.00012
Microdiorite (dyke)				
7024	132	238	1.6049	0.71327 ± 0.00005
Enclaves microgrenues basiques				
275	148	287	1.4881	0.71223 ± 0.00012
7406	152	263	1.6698	0.71481 ± 0.00004
Leucogranites				
7746	572	13.7*	126.44	1.19422 ± 0.00050
7674	385	8.8*	133.52	1.27128 ± 0.00058
7665	381	7.5*	155.66	1.30030 ± 0.00042

Les concentrations en Rb et Sr ont été déterminées par spectrométrie de fluorescence X sauf celles notées * qui ont été obtenue par dilution isotopique.

L'isochrone calculée donne un âge de 308 ± 6.5 Ma (2σ) avec MSWD (Mean Square of the Weighted Deviates) de 16. Cette valeur assez élevée reflète la dispersion relative des points autour de l'isochrone, dispersion qui s'explique probablement par le fait que les échantillons ont été prélevés à grandes distances l'un de l'autre, ce qui pose le problème de l'homogénéité isotopique à grande échelle d'un massif de dimension batholitique.

Les âges calculés pour l'ensemble granodiorite - enclaves d'une part, et pour les granites porphyroïdes d'autre part, sont moins précis (ce qui est dû au manque d'étalement des valeurs $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$): ils sont de 320 ± 12 Ma et 308 ± 11 Ma respectivement, ce qui dans les limites d'erreur, n'est cependant pas significativement différent de l'isochrone regroupant les deux ensembles.

Les dykes de microgranite recoupent la granodiorite: l'isochrone calculée pour les 4 dykes analysés donne un âge de 295 ± 18 Ma, légèrement plus jeune donc que le batholite proprement dit, bien qu'à nouveau, la différence ne soit pas très significative au vu des erreurs. Nous avons calculé une isochrone globale pour 17 échantillons du batholite, en y incluant le dyke de microdiorite: l'âge obtenu est de 299.6 ± 4.6 Ma (2σ). Cette valeur est considérée comme la meilleure estimation de l'âge de mise en place du batholite de Los Pedroches. La géochimie a démontré que les leucogranites de Mogabar n'appartenaient pas à la série principale de différenciation du batholite. Rappelons que, sur le terrain, les leucogranites apparaissent bien comme postérieurs aux granitoïdes qu'ils recourent. Les leucogranites analysés se situent significativement en-dessous de l'isochrone de 300 Ma, ce qui démontre qu'ils sont effectivement plus jeunes que le batholite.

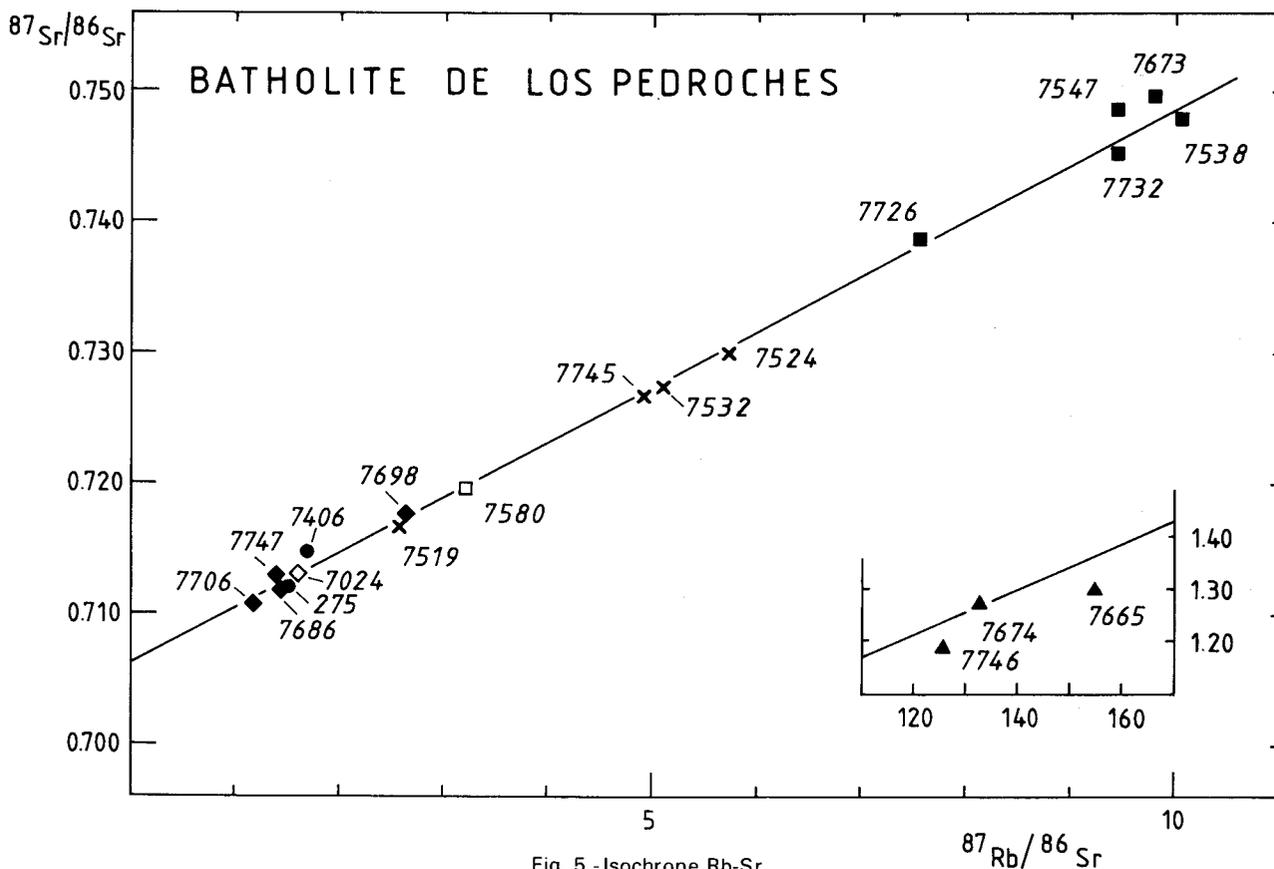
Malheureusement, les 3 échantillons analysés ne définissent pas une isochrone; cependant, vu les valeurs extrêmes des rapports $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (> 120), on peut calculer, pour chaque échantillon, un âge conventionnel en se donnant une valeur pour la composition isotopique initiale. Comme ces leucogranites ont probablement une origine crustale, nous avons choisi un rapport initial élevé de l'ordre de 0,715 - 0,720. Avec ces valeurs, les âges conventionnels calculés sont voisins de 260-265 Ma pour 2 échantillons et voisins de 290 Ma pour l'échantillon 7674.

Les rapports isotopiques initiaux des différentes isochrones calculées sont tous voisins de 0,7060: celui de l'isochrone globale reprenant les 17 échantillons du batholite (à l'exclusion des leucogranites) est de $0,70638 \pm 0,00007$ (2σ). Cette valeur est intermédiaire entre celles de roches d'origine mantélique à 300 Ma ($\approx 0,704$) et celles des roches d'origine crustale ($> 0,710$): elle peut s'expliquer soit par une contamination d'un magma mantélique par du matériel crustal, soit par fusion partielle de matériel de type volcano-sédimentaire.

Bien qu'il ne soit pas possible à partir de la géochimie isotopique du Sr seule de choisir entre ces deux possibilités, il est intéressant de signaler que ce type de formation volcano-sédimentaire est largement représenté au sein du massif ibérique (i.e. Alvarado, 1983).

7.- ASPECT METALLOGENIQUE

De nombreuses concentrations métallifères sont en relation avec le batholite de Los Pedroches et les plutons granodioritiques voisins. Les gîtes



métallifères de Los Pedroches se répartissent schématiquement en trois types principaux.

1° Les minéralisations liées à des filons transversaux.

Le batholite et les terrains encaissants sont traversés de cassures tardives sub-verticales d'orientation NE-SW qui peuvent être le siège de concentrations métallifères diverses.

Ces cassures ont un remplissage de quartz, jaspé et carbonates à l'intérieur du batholite alors que dans les terrains encaissants elles se matérialisent par une brèche à fragments d'éponte cimentés généralement par du quartz.

À l'intérieur du batholite, les plus abondantes sont les minéralisations **cuprifères**. De nombreuses cassures transversales montrent en surface des imprégnations d'azurite, malachite et chrysocolle tandis que les travaux miniers ont reconnu des sulfures (chalcosine, chalcopryrite et bornite) en profondeur.

Dans la partie orientale du batholite (Cardena et Virgen de la Cabeza) quelques filons renferment des minéralisations **cupro-uranifères** ou **uranifères** avec notamment de la torbernite (Arribas 1963, Arteaga 1964). Exceptionnellement, comme à La Romana, près de Pozoblanco, du plomb est associé au cuivre. Dans le massif granitique de La

Cruz-Linares, qui est un prolongement oriental du batholite principal, les filons sont au contraire généralement minéralisés en galène et blende.

Les filons cuprifères apparaissent aussi bien dans la granodiorite que dans les granites prophyroïdes.

À la périphérie du batholite sont localisés des filons de **galène** et **blende** au nord (Castuera, Torrecampo) comme au sud (Alcaracejos). D'autres sont connus au voisinage des stocks granodioritiques de Santa Elena, Fontanasos et Garlitos, tant dans l'auréole métamorphique qu'en dehors de celle-ci. Quelques filons ont livré des tonnages importants comme ceux du groupe minier d'Alcaracejos dépassant le million de tonnes de galène.

Le **bismuth** constitue une autre minéralisation péribatholitique intéressante: il apparaît dans des fractures (NE-SW) situées dans l'auréole métamorphique de la partie centrale du batholite (de Torrecampo à Azuel et de Pozoblanco vers le S.E.). En surface, le minerai peut se présenter sous forme de bismite et de bismutite mais à faible profondeur, il apparaît en grains de bismuth natif. La bismuthinite est rare. À ce bismuth sont associés fréquemment divers minéraux de cuivre (malachite, chrysocolle, emplectite), de cobalt et de nickel (chloantite, gersdorffite, cobaltine, érythrine,...). La minéralisation se présente sous

forme de chapelets de lentilles de minerai qui plongent dans le plan du filon avec un pendage de 60° à 70° correspondant à celui des couches encaissantes.

Enfin près de Castuera et Esparragosa, quelques filons montrent de faibles minéralisations de galène et **stibine**. Tamain (1968) signale de petits gîtes de stibine au bord nord du batholite oriental.

Une certaine **zonalité** semble se dessiner dans la répartition des concentrations métallifères des cassures NE-SW: à l'intérieur du batholite le cuivre, parfois accompagné de minéraux uranifères, prédomine tandis que le bismuth se loge à la périphérie immédiate du granite et les minéralisations plombo-zincifères apparaissent dans une zone plus externe. Tous ces gisements de Bi et Pb-Zn se situent autour de la granodiorite du batholite ou à proximité des plutons granodioritiques de Fontanosas, Garlitos et Santa Elena. Ils n'apparaissent pas à la bordure des granites porphyroïdes.

Il est également important de préciser la localisation du minerai dans les filons. Toutes les cassures ne sont pas minéralisées et les cassures minéralisées ne le sont que localement. Les concentrations métallifères importantes se situent souvent dans une caisse filonienne bien développée, notamment à la traversée de terrains durs (cornéenne, quartzite, roche magmatique) (Tamain, 1972).

Cependant, les mineurs de bismuth avaient déjà constaté dans certains gîtes que les lentilles de minerai se trouvaient à proximité du croisement avec un dyke de «pan de higo» (microdiorite quartzique). Le levé détaillé des minéralisations de bismuth du contact sud du batholite (entre Alcaracejos et Villanueva de Cordoba) et au nord du batholite (Torrecampo, Conquista et Azuel) a montré que de très nombreux indices ou gîtes se situaient à la croisée d'un filon avec un dyke de lamprophyre ou de porphyre.

Par la suite, une reconnaissance générale des travaux miniers de Los Pedroches et des régions avoisinantes a permis de faire la même observation pour de nombreux gisements de Pb-Zn.

Ces roches porphyriques ou lamprophyriques ont été observées notamment dans les groupes miniers de La Alondra, Miraflores, Peñalobosa, Las Torcas, El Soldado, Las Morras, Rosalejo, Chaparro, El Centenillo, Les Guindos situés autour des granodiorites de Los Pedroches et Santa Elena. On retrouve également des roches identiques à celles de Los Pedroches dans les anciennes grandes mines de la région de Abenojar (Prov. Ciudad Real): La Fortuna, San Froilan, San Quintin, Valdeinferno, Villagutierrez qui se

situent au nord-est du stock granodioritique de Fontanosas.

A la bordure nord-ouest du Valle de Alcutia, plusieurs mines de plomb se situent à proximité du petit pluton granodioritique de Garlitos mais la plupart des vieux travaux miniers de ce Valle, bien qu'éloignés des plutons, ont traversé des porphyres (Dolores, La Romanilla, Santa Maria, Veredilla) ou des roches plus basiques souvent doléritiques (Bienvenida, Encarnacion, La Fabrica...).

Certains gisements recoupent des dykes acides comme au Borracho (NE de Garlitos) (Saupé 1973).

Enfin des roches de type porphyre ou lamprophyre sont fréquentes dans les déblais des mines qui jalonnent la région sud-occidentale du batholite depuis Espiel jusqu'au-delà de Azuaga: Mirabueno, Casiano de Prado, La Pava, La Loba, ...

Quel rôle ont joué les lamprophyres, microdiorites et autres roches magmatiques dans l'origine de ces minéralisations? Toutes ces roches ont pu constituer les roches-mères des métaux qui auraient été remobilisés lors de la mise en place du granite et déposés par la suite dans les cassures. Cette hypothèse (Defalque *et al.*, 1971) s'appuie en partie sur l'observation d'une teneur élevée en sulfures observée dans des lamprophyres.

Le «désert métallogénique» du Rio Pinto (Tamain, 1968) à la bordure NE du batholite ne résulterait-il pas de l'éloignement de la granodiorite et de son cortège de dykes porphyriques et lamprophyriques?

2° Le deuxième type de gîtes métallifères liés à des filons longitudinaux qui s'étendent sur plusieurs kilomètres entre Villanueva de Cordoba et Cardena suivant une orientation WNW-ESE. Ce sont les filons du Zumajo qui ont donné lieu à quelques exploitations de galène. On y trouve également chalcopyrite, blende et localement fluorine et barytine.

3° Des filons à Sn et W constituent le troisième type de gîtes métallifères de Los Pedroches.

Un certain nombre de filons de quartz à scheelite et/ou wolframite longent les bordures nord et sud du batholite. Ils se situent soit dans les schistes encaissants soit dans le granite mais près du contact. Il s'agit presque toujours de granite porphyroïde ou de leucogranite, les gîtes de wolfram étant en effet, rares autour de la granodiorite. Certains filons peuvent aussi contenir de la cassitérite (mine Cuenca au sud de Cardena) que l'on retrouve par ailleurs dans des alluvions proches du leucogranite de Mogabar près de Conquista avec des quantités appréciables

de monazite et accessoirement de scheelite et wolframite. J. Navez (1972) a montré que le leucogranite lui-même contenait de la cassitérite en grains très fins et que celle-ci apparaissait également dans de rares veines de quartz recoupant le granite de Mogabar. On peut émettre l'hypothèse que les filons à étain et wolfram sont liés au leucogranite.

8.- DISCUSSION ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La géochimie des roches du batholite de Los Pedroches (éléments majeurs et éléments en trace) suggère l'existence de deux séries magmatiques indépendantes: les **leucogranites** d'une part et le **reste du batholite**, de nature essentiellement **granodioritique à monzogranitique** d'autre part.

Les enclaves microgrenues basiques de type microdioritique ainsi que les dykes de microgranite et de microdiorite apparaissent comme cognétiques du reste du batholite.

Le **caractère calco-alkalin** de la série a été clairement établi, les diagrammes de discrimination permettent, de plus, de proposer un environnement géotectonique de collision de plaques.

L'âge de 300 Ma obtenu pour le batholite de Los Pedroches cadre parfaitement bien avec l'évolution mise en évidence par Bellon *et al.* (1979) pour les granitoïdes hercyniens, ces auteurs distinguent en effet trois phases successives de mise en place magmatique: vers 325 Ma (Viséen supérieur à Namurien), vers 300 Ma (Westphalien supérieur) et vers 285 Ma (Permien inférieur). Le batholite de Los Pedroches se serait donc mis en place lors de la deuxième phase magmatique. Ces données confirment les conclusions de Bard (1971), Defalque *et al.* (1971) et Capdevilla *et al.* (1973) qui présentaient le massif de Los Pedroches comme une **intrusion tardi-tectonique** postérieure à la deuxième phase du plissement hercynien.

Les principales caractéristiques pétrographiques et géochimiques des roches du batholite, à l'exclusion des leucogranites du Mont Mogabar, sont reprises ci-dessous:

Type pétrographique:

granodiorite et granite porphyroïde (monzogranite) avec microgranite en dykes.

Minéralogie:

- plagioclase: An 25-40 (granodiorite) et An 20-35 (granite porphyroïde)

- biotite abondante, hornblende subordonnée
- pas de muscovite primaire.

Nature des enclaves:

microgrenue basique (type diorite)

($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀: 0.706

Ces caractéristiques sont assez comparables à celles des «granodiorites» de la chaîne hercynienne du Massif Central français (Didier et Lameyre, 1971) et des granites de type I décrits par Chappell et White (1974). Bien que les deux classifications concernent des granitoïdes mis en place en zones orogéniques, elles ne se recouvrent pas entièrement comme l'ont montré Didier *et al.* (1982).

Cependant, la présence d'enclaves ignées basiques et la valeur relativement basse du rapport initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ démontrent l'existence d'un composant d'origine mantélique dans la suite granodiorite-monzogranite.

Les leucogranites du Mont Mogabar contiennent de la muscovite primaire, prédominante par rapport à la biotite, un plagioclase assez sodique (An 20 au maximum) et accessoirement de la cassitérite. Ils sont ainsi comparables aux leucogranites hercyniens du Massif Central et aux granites de type S considérés comme d'origine crustale.

BIBLIOGRAPHY

- ALMELA, A., ALVARADO, M., COMA, J., FELGUEROSO, C., QUINTERO, I., 1962.- Estudio Geológico de la region de Almaden. *Bol. IGME*, LXXIII, 193-327.
- ALVARADO, M., 1983.- Introduccion a la Geologica General de España, 1-65.
- ARRIBAS, A., 1963.- Mineralogia y metalogenia de los yacimientos espanoles de uranio «La Virgen». Andujar (Jaen). *Est. Geol.*, vol XIX, 15-31.
- ARRIOLA, A., EGUIGUREN, E., GARROTE, A., 1985.- El Batolito de Los Pedroches en la transversal de Esparragosa de la Serena (Badajoz). *Temas Geologico Mineros*, IGME, 19-28.
- ARTEAGA, R., 1964.- Las mineralizaciones uraniferas de la zona Cardeña-Santuario. *Rapp. int. J.E.N.*
- BARD, J.P., 1971.- Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sud-ibérique, comparaison de la variabilité des caractères géotectoniques de ces zones avec les orogènes «orthotectoniques». *Bol. Geol. Minero. España*, 81, 226-241.
- BAUER, G., 1945-1950.- Rapports inédits. Stolberger Zink.
- BELLON, H., BLACHERE, H., CROUSILLES, M., DELOCHE, C., PIXSAUT, C., HERTRICH, B., PROST-DAME, V., ROSSI, P., SIMON, D. & TAMAIN, G., 1979.- Radiochronologie, évolution tectono-magmatique et implications métallogéniques dans les Cadomo-variscides du sud-est hespérique. *Bull. Soc. Géol. France*, 21: 113-120.
- BOUYX, E., 1970.- Contribution à l'étude des formations anté-ordoviciennes de la Meseta méridionale (Ciudad Real et Badajoz) *Memoria del IGME de España*, 73: 263 p.
- BROWN, G.C., 1981.- Space and time in granite plutonism. In: «The origin and evolution of earth's continental crust». *Phil. Trans. of the Royal Soc. of London*, 301: 321-336.

- CABANAS, R., 1968.- El macizo batolítico de Los Pedroches. *Mem. Real Acad. Ciencias Madrid*, XXIII, 80-157.
- CAPDEVILLA, R., CORRETGE, G. & FLOOR, P., 1973.- Les granitoides varisques de la Meseta ibérique. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, 15, (3-4): 209-225.
- CARBONELL TRILLO-FIGUEROA, A., 1931.- Memoria explicativa de la Hoja Geologica nº 822 Venta de Cardeña, *IGME*, 22-24.
- CHAPPELL, B.N. & WHITE, A.J.R., 1974.- Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, 8: 173-174.
- CASTRO, A., MORENO VENTAS, I. & DE LA ROSA, J., 1991.- Multistage crystallisation of tonalitic enclaves in granitoid rocks (Hercynian belt, Spain): implications for magma mixing. *Geol. Rundt.*, 80/1: 109-120.
- DEFALQUE, G., DUMONT, P. & PANOU, G., 1971.- Le batholite granitique de Los Pedroches et ses minéralisations. *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. et Hydrol.*, 80(1-2): 51-60.
- DEFALQUE, G., 1972.- Etude géologique et minière de la partie centrale du batholite de Los Pedroches. IARSA, rapport inédit.,
- DIDIER, J. & LAMEYRE, J., 1971.- Les roches granitiques du Massif Central. In: «Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif Central français», *Symposium J. Jung*. 133-135.
- DIDIER, J., DUTHOU, J.-L. & LAMEYRE, J., 1982.- Mantle and crustal granites: genetic classifications of orogenic granites and the nature of their enclaves (Actes du 26ème C.G.I., Paris 1980), *J. Volc. Geotherm. Research*, 125-132.
- FEBREL MOLINERO, T. & SAENZ DE SANTAMARIA, S., 1964.- El Devoniano del sur del Batolito de Los Pedroches en las provincias de Córdoba y Badajoz. *Notas y Com. IGME*, 73: 51-60.
- GARCIA-CASCO, A. & PASCUAL, E., 1987a.- El pluton de Santa Eufemia (batolito de Los Pedroches, Córdoba, España): un granitoide epizonal de tipo S., *Geogaceta*, 2, 56-59.
- GARCIA-CASCO, A., PASCUAL, E. & CASTRO, A., 1987b.- La asociación magmática del batolito de Los Pedroches: ensayo de caracterización. *Geogaceta*, 2: 59-61.
- GARROTE, R., SANCHEZ-CARRETERO, R. & TIJERO, R., 1985.- El batolito de Los Pedroches en la transversal de Villanueva de Córdoba, *Temas Geológico Mineros, IGME*: 29-39.
- GROTH, J., 1914.- Les schistes à goniatis de Guadalmez. *C.R. Acad. Sc. Paris*, CLVIII, 525.
- HALLIDAY, A.N. & MITCHELL, J.C., 1984.- K-Ar ages of clay-size concentrates from the mineralisation of the Pedroches batholith, Spain and evidence for Mesozoic hydrothermal activity associated with the break-up of Pangea. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 68: 229-239.
- HENKE, W., 1926.- Beitrage zur Geologie der Sierra Morena nordlich von La Carolina (Jaén). *Abh. Senckenberg. naturforsch. Gesellsch. Dtsch., Frankfurt*, XXXIX, (2).
- LALIEUX, Ph., 1983.- Etude pétrologique et géochimique du batholite de Los Pedroches. *Mém. Fac. Sc., Université Libre de Bruxelles*, 136 p.
- LEUTWEIN, F., SAUPE, F., SONET, J. & BOUYX, E., 1970.- Première mesure géochronologique en Sierra Morena: la granodiorite de Fontanosas (Province de Ciudad Real, Espagne). *Geol. en Mijnbouw*, 297-304.
- LOTZE, F., 1945.- Einige probleme des Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.* 6: 1-12.
- MALLADA, L., 1880.- Reconocimiento Geologico de la provincia de Córdoba. *Bol. com. Mapa Geol.*, 7.
- MARQUES TRIGERO, E., 1966.- Contribucion el Estudio Metalogenico de Los Pedroches (Córdoba). *Notas y Comunic. IGME*, 82: 9-25.
- NAVEZ, J., 1972.- Relation entre les alluvions stannifères de la région de Conquista et le granite du Mont Mogobar. *Mém. Fac. Sc., Université Libre de Bruxelles*.
- OVTRACHT, A. & TAMAIN, G., 1973.- Tectonique, migration des «centres chauds» et minéralisation dans le sud de la meseta ibérique (Espagne). Colloque E. Raguin: Les roches plutoniques dans leur rapport avec les gîtes minéraux. *Masson, Paris*, 191-211.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B. & TINDLE, A.G., 1984.- Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.* 25: 956-983.
- PENHA, M.J. & ARRIBAS, A., 1974.- Datacion geocronologica de algunos granitos uraniferos espanoles. *Bol. geol. Min.*, 85: 271-273.
- SAUPE, F., 1973.- La géologie du gisement de mercure d'Almaden. *Sc. de la Terre Nancy, Mémoire*, 29: 342 p.
- TAMAIN, G., 1968.- Le district minier de Linares - La Carolina et son cadre métallogénique en Sierra Morena orientale. *Bull. Soc. Géol. France*, 7^e série, X: 97-102.
- TAMAIN, G., 1972.- Recherches géologiques et minières en Sierra Morena orientale (Espagne). *Thèse Université Paris Sud (Orsay)*.

CARTE GEOLOGIQUE DU BATHOLITE DE LOS PEDROCHES

LEGENDE

- Granodiorite de Pozoblanco
- Complexe dioritique de Zalamea
- Granite porphyroïde d'Antanillas
- Granite porphyroïde fin de Navalacienda
- Granite leucocrate du Mogabar
- Dyke de microgranite de Rosuela
- Dyke de lamphryres et microdiorite quartzifère
- Faille/Filon
- Localité
- Echantillon
- Miocène à récent
- Triasique
- Paléozoïque
- Schistes de Los Pedroches
- Précambrien
- Granites et diorites de Obejo
- Granites et diorites de la Higuera
- Roches basiques et ultrabasiques

LOCALITES

- AL: ALCARACEJOS
- AN: ANDUJAR
- AZ: AZUEL
- BE: BELALCAZAR
- CA: CASTUERA
- CB: CABEZA DEL BUEY
- CD: CARDENA
- CP: CAMPANARIO
- CQ: CONQUISTA
- DB: DON BENITO
- ES: ESPARRAGOSA
- EV: EL VISO
- GU: GUIJO
- HD: HINOJOSA DEL DUQUE
- LH: LA HIGUERA
- MO: MONTORO
- MP: MALPARTIDA
- MR: MONTERRUBIO
- PE: PEDROCHES
- PZ: POZO BLANCO
- QT: QUINTANA
- SE: SANTA EUFEMIA
- TO: TORRECAMPO
- VA: VALLE DE LA SERENA
- VC: VILLANUEVA DE CORDOBA
- VD: VILLANUEVA DEL DUQUE
- VS: VILLANUEVA DE LA SERENA
- ZA: ZALAMEA

