

**ROLE DE PROTECTION EXERCE PAR LA COUVERTURE TRIASIQUE  
VIS A VIS DE L'EVOLUTION GEOCHIMIQUE SUPERFICIELLE  
DU SOCLE GRANITIQUE DE LA PENA, PRES DE POBLET  
(TARRAGONE, ESPAGNE)**

Jaume BECH BORRAS (1), Yves CHEVALIER (2), et Jean DEJOU (3)

**INTRODUCTION**

Le cadre de l'étude qui va suivre se situe dans la Cordillère Prelittorale, appartenant à l'ensemble des Catalanides, –VIRGILI (1964), qui couvre la partie ouest de la province de Barcelona et celle de Tarragone. Il se localise plus exactement dans la région de la Conca de Barberà, à la Pena, appartenant à les Montagnes de Prades, au sud de Poblet, qui groupe les sommets les plus élevés de la Cordillère. L'altitude du site est d'environ 900 mètres, mais elle atteint 1201 mètres. La structure géologique, affectée par une tectonique intense –ASHAUER et al (1935); CALVET (1976)– est formée ici par des matériaux sédimentaires triasiques d'une grande épaisseur (plus de 200 mètres de puissance) avec les conglomérats et grès rouges du Bundsandstein, les cal-

---

(1) Laboratori de Sòls, Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Agrícola, Urgell, 187, BARCELONA - 36

(2) Laboratoire de Géologie de l'Université, Avenue de Valrose, 06034 NICE - France

(3) INRA - Station d'Agronomie, Domaine de Mondésir, 12 Avenue de l'Agriculture, 63039 CLERMONT-FERRAND - Cedex, France

caires et dolomies du Muschelkalk, reposant directement sur le socle granitique intrusif —VIRGILI (1960). Cette stratigraphie, relativement simple, se complique d'ailleurs dans le Priorat avec la présence de matériaux paléozoïques, jurassiques et crétacés et des intrusions de nature différente, syénitique et dioritique, qui appartiennent,

tout comme les granites, à l'orogénèse sudète ou asturienne.

A la Pena, le granite est profondément altéré, mais les arènes sont en partie fossilisées par la couverture triasique et en partie dégagées (figure 1). C'est l'examen comparé de ces formations meubles avec l'étude de leurs caractéristiques essentielles qui va désormais retenir notre attention.

## ETUDE PETROGRAPHIQUE DU GRANITE

### *Observations microscopiques*

Le microscope polarisant révèle la présence de quartz, d'oligoclase (An. 20), très abondante et séricitisée et de biotite chloritisée. Les feldspaths potassiques sont peu visibles: 0,50 % d'après l'analyse modale; mais l'utilisation de la microsonde électronique permet de découvrir de nombreuses plages d'orthose interstitielle, cryptocristalline, de très petite taille, non décelable au microscope ordinaire, ayant la biréfringence du quartz et apparue en fin de cristallisation du magma. Le potassium se concentre dans ces feldspaths, alors que les biotites chloritisées ont perdu totalement cet élément, y compris les séricites des plagioclases qui ont peut être atteint ainsi un stade de vermiculisation précoce. Toutefois à la périphérie des biotites altérées, on enregistre parfois la présence du potassium, comme si celui-ci avait diffusé sur le pourtour des cristaux.

### *Composition chimique*

#### *et Paramètres chimico-minéralogiques (Tableau I)*

Le calcul des paramètres CPIW range la roche parmi les granites calco-alkalins, subplagioclasiques. Toutefois trois caractéristiques particulières la rapprochent étroitement des granodiorites: la teneur en  $K_2O$ , très voisine de la moyenne de ces roches —DALY (1933)—, le pourcentage d'orthose moins élevé que celui des plagioclases, et la valeur du paramètre de saturation (35,3), voisin de celui des roches mésocrates. Par ailleurs, la position du point représentatif de sa composition chimique dans le diagramme de La Roche (1972) la situe tout à proximité du clan des granodiorites.

#### *Analyse de l'Orthose cryptocristalline (Tableau I)*

Effectuée à l'aide de la microsonde, elle montre que le minéral est très riche en  $K_2O$ , d'ailleurs légèrement surestimé,

le paramètre Z étant de 4,2 au lieu de 4,0. C'est la plus forte teneur compatible avec la structure d'un feldspath potassique et le minéral est très proche de l'adulaire des Grisons décrit par DEER et al. (1962)

et celui du paramètre  $Fe/Fe + Mg$  classent le minéral à la frontière des pycnochlorites-brunsvigites —DEER et al (1962), mais plus proche cependant des brunsvigites. La comparaison avec un minéral de Nouvelle-Zélande est à cet égard très significative; il y a en particulier indentité remarquable de la composition des couches tétraédriques.

#### *Analyse de la chlorite (Tableau 1)*

Le minéral est essentiellement constitué de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $FeO$  (le fer total est exprimé sous forme de  $Fe^{2+}$ ) et de  $MgO$ . La teneur de  $K_2O$  est extrêmement faible, comme souvent dans les chlorites.

Le calcul de la formule structurale

#### *Composition minéralogique approchée du Granite (Tableau 1)*

Ces données permettent une estimation quantitative approchée de la composition du granite où l'on vérifie l'abondance des plagioclases.

### ETUDE COMPARATIF DES ARENES FOSSILISEES PAR LE TRIAS ET DE CELLES QUI NE SONT PAS RECOUVERTES PAR CETTE FORMATION

Les arènes ont été recueillies à la fois sous la couverture triasique et en dehors de cette formation. Elles diffèrent par un certain nombre de caractéristiques, concernant la couleur, l'ameublissement, la composition de leurs fractions fines ( $< 2\mu$ ) et l'évolution géochimique globale.

#### *1/ Couleur*

Sous la couverture triasique, l'arène représentée par un échantillon E.62 (150-200 cm du sommet) est légèrement rubéfiée. Sa couleur à l'état sec déterminée par le code Munsell donne: 10 YR 7/4 à 6/4 (brun jaunâtre). Par

contre, l'arène E.63 (100-120 cm) recueillie hors de cette couverture ne l'est pas; sa couleur est de 10 YR 7/3 à 6/3 (brun pâle).

#### *2/ Ameublissement superficiel (fig. 2)*

Les diagrammes où figurent en abscisse la taille des particules déterminée par la granulométrie et en ordonnée les fractions cumulées, montrent que l'arène non rubéfiée, hors de la couverture triasique, a subi un ameublissement plus marqué. En effet, la fraction fine  $0,20\mu$  représente ici 9,5 % du total contre seulement 2 % dans l'arène fossilisée.

### 3/ Composition des fractions fines ( $< 2\mu$ ) (fig. 3) - Arène rubéfiée

Les divers diagrammes de RX permettent d'identifier la présence d'interstratifiés irréguliers 10-14 Å non gonflants (raie à 12,8 Å inchangée à la suite du traitement à l'éthylène-glycol et s'écrasant à 10 Å au chauffage), d'illite, de kaolinite (7,19 Å) et d'hallowysite (7,67 Å), la déshydratation de ce minéral à 250° C provoquant une forte croissance du pic à 7,14 Å. Le quartz complète ce cortège argileux.

La courbe d'analyse thermique différentielle corrobore ce diagnostic montrant en outre la présence d'oxydes de fer grâce à un pic exothermique important à 350° C. La thermogravimétrie démarque un départ d'eau accusé entre 400 et 600° C attribué aux minéraux 1/1/. Le calcul donne des teneurs de 25 % et de 35 % respectivement pour l'illite et l'association kaolinite + hallowysite, tandis que les oxydes de fer, responsables de la coloration de l'arène et fixés sur les argiles atteignent 6,3 %. La phase  $< 2\mu$  est moins riche en  $\text{SiO}_2$  que celle de l'arène non rubéfiée (tableau II) et le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  indique une bisiallisation franche - PEDRO (1968).

*Arène non rubéfiée.* - La composition de la fraction  $< 2\mu$  est différente de la précédente. Les minéraux argileux sont les suivants: smectite, illite et surtout kaolinite très abondante; il n'y a ici qu'un seul pic à 7,14 Å mais plus important et non dédoublé. Une estimation approchée donne respectivement 25 % d'illite, 45 % de kaolinite et seulement 3,4 % d'oxyde de fer. Mais le

rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,95$  traduit aussi une bisiallisation.

### 4/ Evolution géochimique globale (Tableau III)

Celui-ci contient les analyses chimiques du granite frais et des deux types d'arènes. On constate que la composition de l'arène rubéfiée est peu différente de celle de la roche-mère, ce qui traduit une altération chimique très ménagée. En effet, CaO et MgO sont inchangés et même  $\text{K}_2\text{O}$  s'accroît en proportion relative, en raison de l'invulnérabilité des feldspaths potassiques cryptocristallins.

$\text{Na}_2\text{O}$  se révèle le cation plus mobile. Tout  $\text{Fe}^{2+}$  est transformé en  $\text{Fe}^{3+}$  et on note une certaine désilicification.

Par contre, dans l'arène non rubéfiée, l'altération s'accuse, car si MgO est toujours constant, CaO et  $\text{Na}_2\text{O}$  sont fortement évacués (57 et 53 %). L'hydratation est aussi plus élevée tandis que la désilicification ne progresse que très peu.

La séquence d'altération depuis le granite à l'arène non rubéfiée s'établit com suit, avec les divers éléments classés par ordre de mobilité croissante:

$\text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti}, \text{K} < \text{Mg} < \text{Si} < \text{Na} < \text{Ca}$

*Indices de REICHE (1943), repris par RUXTON (1968) (Fig. 4)*

La représentation graphique de la variation des deux paramètres WPI et PI de façon explicite que l'altération chimique est plus accentuée dans le cas de l'arène non rubéfiée, par suite de la valeur négative de l'indice WPI.

*Indice de PARKER (1970) (fig. 4)*

Cet auteur a proposé pour l'étude de l'altération chimique des roches, l'utilisation d'un indice où sont pris en compte d'une part les cations qu'il considère comme les plus mobiles, et d'autre part les énergies de liaison de ces mêmes cations avec l'oxygène.

Il est défini comme suit :

$$Pa = \left[ \frac{Ca + Mg + K + Na}{0,7 \quad 0,9 \quad 0,25 \quad 0,35} \right] \times 100$$

La figure 4, représentant la variation de cet indice depuis le granite frais jusqu'aux arènes, montre qu'il n'est pas modifié dans l'arène rubéfiée, alors qu'il diminue dans l'arène non rubéfiée, résultat qui corrobore les données déjà acquises.

## CONCLUSION GENERALE

A la Pena, nous sommes donc en présence de deux types d'arènes granitiques: l'une, fossilisée par la couverture triasique, a subi une évolution géochimique ménagée, dans le domaine de la bisiallisation, et dans des conditions légèrement rubéifiantes. Cette évolution se manifeste d'ailleurs avec une grande ampleur à la surface du socle hercynien en Espagne et la rubéfaction peut être accusée -VIRGILI et al (1974). L'autre, dégagée de toute couverture sédimentaire est marquée aussi par une altération caractéristique du même domaine de la bisiallisation, mais elle est plus accentuée comme l'indiquent la granulométrie, l'étude des minéraux argileux secondaires et l'évolution chimique globale.

Cette différence peut s'expliquer par le rôle de protection très efficace exercé par les puissantes assises du Trias, qui ont limité les effets des agents climati-

ques et figé la progressions de l'altération.

Mais ces arènes se distinguent aussi par la rubéfaction qui n'apparaît ici que sous le Trias. Elle est considérée comme antérieure au Bundsandstein dans la Chaîne Ibérique et le Système Central espagnol -VIRGILI et al (1976; HERNANDO COSTA et al (1978). Ce type d'altération rubéfiante a été également observée sur le socle dans l'Ouest de l'Espagne sous des couvertures plus récentes: albiennes, paléocène, miocène, plio-pleistocène et les auteurs estiment que ce processus a pu se dérouler pendant une très longue période géologique comprise entre le post-hercynien pré-triasique et le début du Miocène -MOLINA et al (1980). Ainsi les arènes de la Pena diffèrent aussi au point de vue de leur âge, l'une étant anté-triasique et l'autre, non rubéfiée, beaucoup plus récente, sans doute post-miocène et caractérisée par une évolution géochimique plus marquée.

## SUMMARY

At La Pena, near Poblet (Tarragone, Spain), the *hercinian basement* is highly altered; it has produced two kinds of sands: one lightly *rubified* and fossilized by a *triassic* covering made of *sandstone* and lime layers of *Bundsandstein* and *Muschelkalk*; and the other not *rubified* and free from any sedimentary covering. Both have developed in an environment propitious to the *bialitization*, but the free sand is characterized by a more sensible superficial geochemical evolution, as we can see by granulometry, by the study of

clay minerals in which kaolinite is in greater quantity, and by the whole chemical alteration.

We can understand this difference recalling the part of protection played by the *triassic* covering which has limited the intervention of alteration agents. On the other hand the *rubification* which appears only under *triassic* could be explained by a different chronology for these sands, one being of a *pre-triassic* age and the other much more recent, doubtlessly *post-miocene*.

## RESUM

A la Pena, prop de Poblet (Tarragona), el sòcol granític hercinià és fortament alterat; ha donat lloc a dos tipus d'arena: una de lleugerament rubificada i fossilitzada per un recobriment triàsic constituït per capes gresoses i calcàries del *Bundsandstein* i del *Muschelkalk*; i l'altra no rubificada i desproveïda de tota cobertura sedimentària. Totes dues s'han desenvolupat en un ambient favorable a la *bisialitització*, però l'arena lliure es caracteritza per una evolució geoquímica superficial més acusada, tal com ho

mostren la granulometria, l'estudi dels minerals argilosos, en els quals la caolinita és més abundant, i l'alteració química global.

Hom pot adonar-se d'aquesta diferència evocant el paper de protecció exercit pel recobriment triàsic que ha limitat la intervenció dels agents de l'alteració. D'altra banda, la rubefacció que no apareix més que al Triàsic podria explicar-se per una cronologia diferent per a aquestes arenas, essent una d'edat antetriàsica i l'altra, molt més recent, sens dubte postmiocènica.

Tableau I. COMPOSITION CHIMICO-MINÉRALOGIQUE DU GRANITE DE LA PENA ET FORMULES STRUCTURALES DE DEUX DE SES CONSTITUANTS

Eléments	Granite frais E 61	Composition minéralogique approchée en %	Formules structurales approchées			
			Orthose: 32 oxygènes		Chlorite: 28 oxygènes	
			La Pena	Adulaire des Grisons	La Pena	Brunsvigte Nouvelle Zélande
SiO <sub>2</sub>	68,50	Apatite: 0,5			5,868	5,864
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,30	Oxyde de fer libre 0,8			2,132	2,136
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,49	Chlorite: 10,7			} 8,0	
FeO	2,94	Orthose: 17,3	Si 11,900	11,939	2,485	2,307
TiO <sub>2</sub>	0,42	Albite: 28,0	Al <sup>4+</sup> } 4,042	4,066		0,473
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	Anorthite: 8,1	Al <sup>3+</sup> }			0,057
MnO	0,06	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> restant: 1,6	Fe <sub>3+</sub> 0,005	0,006		
CaO	1,90	Quartz: 31,5	Ti 0,003			
MgO	1,57	Total 98,5	Fe <sup>2+</sup> -	-	5,144	5,605
K <sub>2</sub> O	2,95		Mn 0,003	-	0,112	
Na <sub>2</sub> O	3,48		Mg -	0,019	} 11,83	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,60	<b>Paramètres pétrographiques</b>	Ca 0,038	0,006	4,073	3,143
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,17	CPIW =	Na 0,188	0,264	0,014	0,048
TOTAL	99,61	I(II)(3)4, 2, (3) 4	K 3,971	3,715	0,003	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre Deb	0,71	[(1) 2, 1, 1, 3]			<b>Fe/Fe+Mg</b>	
		Si = 324	X 15,942	16,01	0,56	0,66
		Qz = 124,8	Z 4,208	4,00		
		SAT = 35,3				
		COL = 16,4				
		FELDS = 32,3				
			Mol. % { Ab 4,5	6,6		
			An 0,7	0,6		
			Or 94,8	92,8		

Tableau II. ANALYSES CHIMIQUES DES FRACTIONS  
 $< 2\mu$  DES ARENES

Eléments	Arène rubéfiée E.621	Arène rubéfiée E. 631
SiO <sub>2</sub>	36,60	44,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,20	25,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,39	5,40
FeO	—	—
TiO <sub>2</sub>	0,76	0,24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,26
MnO	0,11	0,06
CaO	3,57	1,66
MgO	1,98	1,74
K <sub>2</sub> O	2,50	2,36
Na <sub>2</sub> O	1,35	0,76
H <sub>2</sub> O+	21,74	16,43
H <sub>2</sub> O-	1,37	0,46
TOTAL	100,00	98,87
SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,8	2,95



Tableau III. ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES DES ARÈNES  
COMPARÉES A CELLE DU GRANITE FRAIS

Eléments	Granite frais E. 61	Arène rubéfiée E. 62	Arène non rubéfiée E. 63
SiO <sub>2</sub>	68,50	64,10	63,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,30	16,80	16,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,49	4,30	4,40
FeO	2,94	traces	traces
TiO <sub>2</sub>	0,42	0,60	0,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,33	0,22
MnO	0,06	0,05	0,09
CaO	1,90	1,90	0,82
MgO	1,57	1,60	1,60
K <sub>2</sub> O	2,95	4,25	3,85
Na <sub>2</sub> O	3,48	2,40	1,60
H <sub>2</sub> O+	1,60	2,54	4,43
H <sub>2</sub> O-	0,17	0,52	1,30
TOTAL	99,61	99,39	99,31

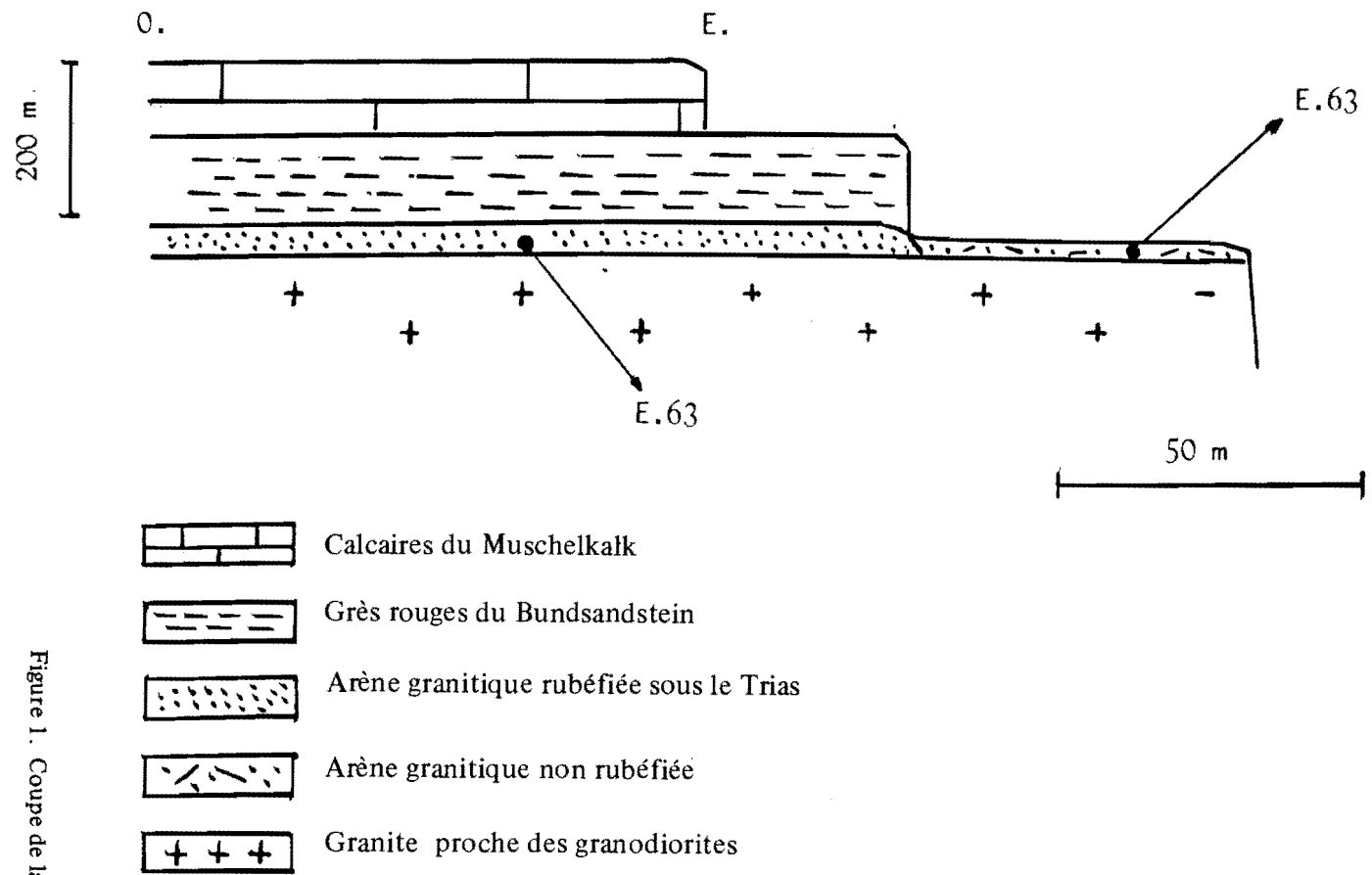


Figure 1. Coupe de la Pena

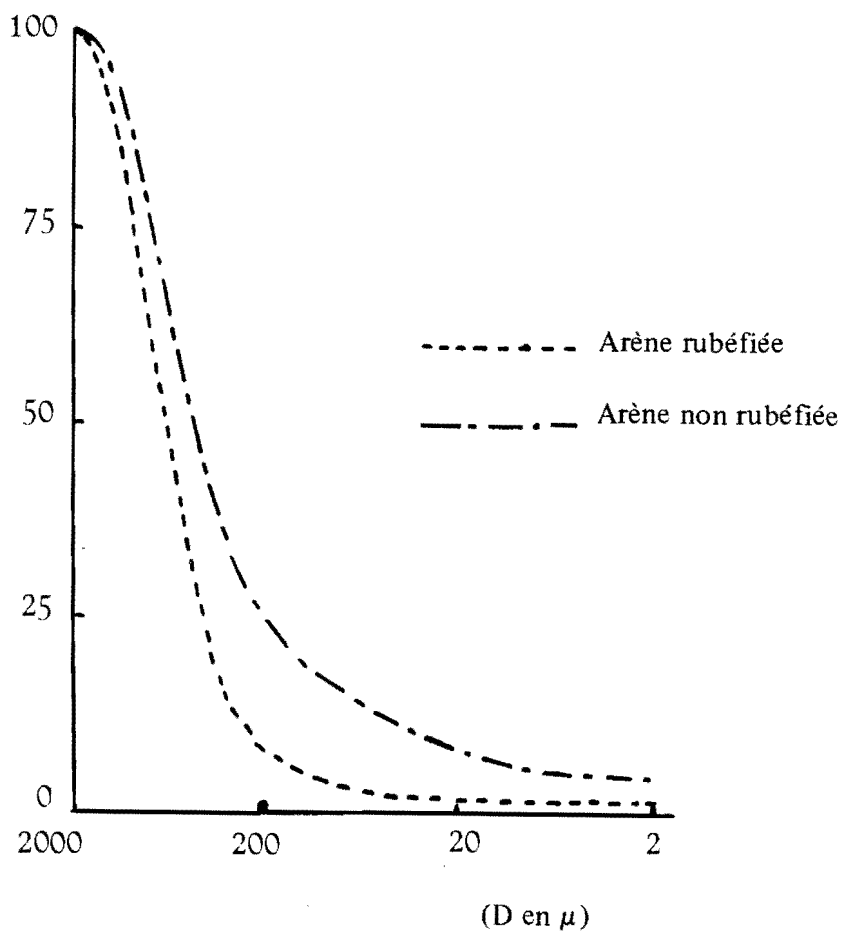


Figure 2. Courbes cumulatives représentant la composition granulométrique des arènes de la Pena.

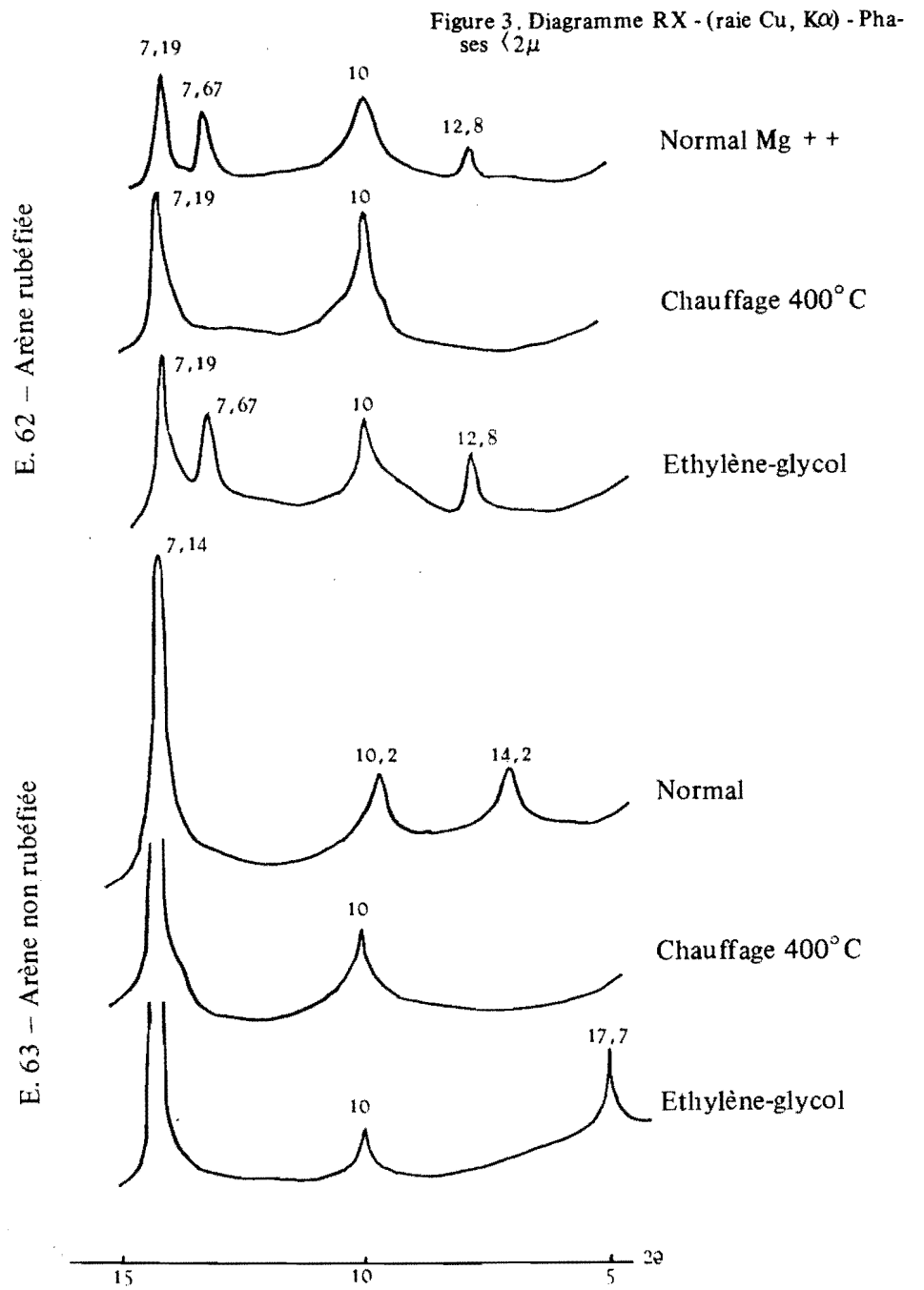
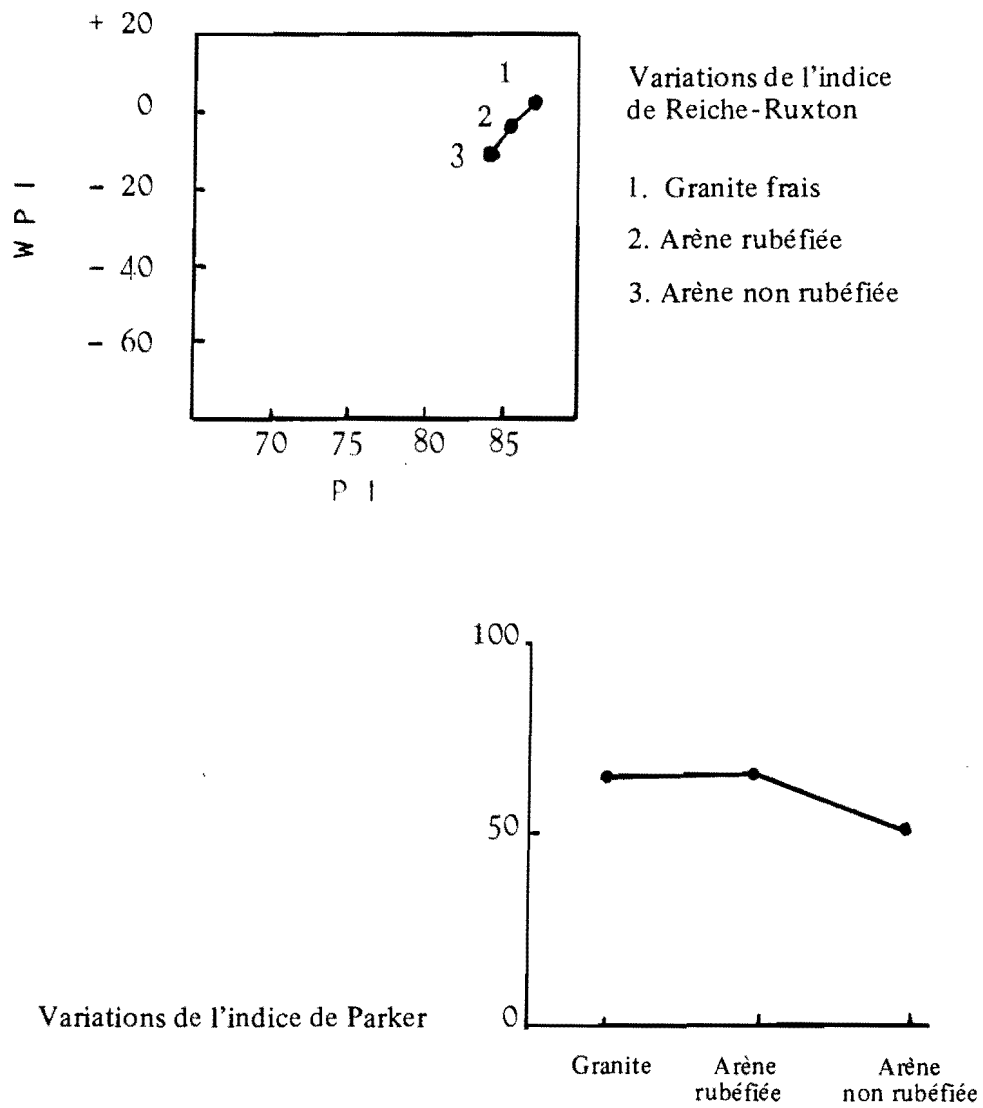


Figure 4. Evolution chimique globale du granite de la Pena, Poblet.



## BIBLIOGRAPHIE

- ASHAUER H. et TEICHMULLER R. (1935) *Die varische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens*. Traduction par J.M. RIOS in Publ. Extranj. Sobre Geol. España, 3, (1966) p. 7-102.
- CALVET J. (1976). *Notas geomorfológicas sobre un sector del contacto Depresión central Catalana - Cordillera Prelitoral (alrededor de l'Esplugas de Francolí)*. Acta Geol. Hispánica, v. 11, núm. 2, p. 25-32.
- DALY R.A. (1933). *Igneous rocks and the depths of the earth*. McGraw. Hill Book Comp. New-York et Londres, 1 v. 598 p.
- DEER W.A., HOWIE R.A. et ZUSSMAN J. (1962). *Rock forming minerals*. Longmans, Londres. v. 3. Sheet silicates, chap. Chlorites, p. 131-162. v. 4. Framework silicates, p. 36-45.
- HERNANDO COSTA J. et HERNANDO COSTA S. (1977). *La alteración pretriásica según el estudio de las fracciones pesadas de materiales detríticos*. Cuadernos Geol. Iber. Madrid, v. 4, p. 99-110.
- de LA ROCHE H. (1972). *Revue sommaire de quelques diagrammes chimicomínéralogiques pour l'étude des associations ignées ou sédimentaires et de leurs dérivés métamorphiques*. Sc. de la Terre. Nancy t. XVII, núm. 1-2, p. 31-46, 5 fig.
- MOLINA E. et BLANCO J.A. (1980). *Quelques précisions sur l'altération du Massif hercynien espagnol*. C.R. Ac. Sc., t. 290, série D, p. 1293-1296.
- PARKER A. (1970). *An index of weathering for silicate rocks*. Geol. Magaz., p. 501-504.
- PEDRO G. (1968). *Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. Présentation d'une esquisse géographique*. Rev. Geogr. phy. et Geol. dyn., Paris, t. X, fasc. 5, p. 457-470.
- REICHE P. (1943). *Graphic representation of chemical weathering*. Jour. Sed. Petrology, v. 13, p. 58-68.
- RUXTON B.P. (1968). *Measures of the degree of chemical weathering of rocks*. Jour. Geol., v. 76, núm. 5, p. 518-527
- VIRGILI C. (1960). *El Triásico de los Catalanes*. Tesis Doct. Boll. Ins. Geol. Minero, t. LXIX, 856 p., 96 fig.
- VIRGILI C. (1964). *Estudio geológico del sector Esplugas-Vimbodí-Rojals*. Inst. de Estudios Tarracon. Ramon Berenguer IV. Pub. núm. 2, p. 7-24
- VIRGILI C., PAQUET H. et MILLOT G. (1974). *Altération du soubassement de la couverture permotriásique en Espagne*. Bull. Groupe franç. Argiles, t. XXVI, p. 277-285.