

Étude de sols bruns formés sur arènes granitiques de la bordure septentrionale de la Sierra de Prades

(Tarragone, Espagne)

Jaime BECH BORRAS (1, 2), José CARDUS (2, 3), Miguel LASALA (3), Maurice LAMOUREUX (4), Paul QUANTIN (4), Pierre SEGALEN (5)

(1) *Laboratorio de los suelos, Escuela Universitaria de Ingenieria Agricola. Urgel 187, Barcelona, 36 (Espagne)*

(2) *Departemento de Edafologia. Nucleo Universitario de Pedralbes. Universidad de Barcelona. Barcelona, 28 (Espagne)*

(3) *Instituto de Biologia de Barcelona. U.F.I. Edafologia y Agrobiologia, C.S.I.C. Jorge Girona Salgado S/N, Barcelona, 24 (Espagne)*

(4) *Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay 93140 Bondy (France)*

(5) *Antérieurement à l'O.R.S.T.O.M. ; actuellement 25, rue de la Mairie, Saint-Martin des Champs, 29210 Morlaix (France)*

RÉSUMÉ

Deux profils de sols dérivés d'arènes granitiques ont été étudiés dans le massif de Prades au nord-ouest de Tarragone, Espagne. Ils sont situés sous des boisements de chênes et de pins, à plus de 900 m d'altitude, sous une température de l'ordre de 11,7 °C et des précipitations de 900 mm (Moyennes annuelles).

Les sols sont peu épais ; les minéraux du granite sont en cours d'altération, les minéraux argileux produits sont un mélange de 2/1 et 1/1 ; les teneurs en oxydes de fer totaux et libres sont très réduites. La couleur des sols, la morphologie et les caractéristiques minéralogiques permettent de classer ces sols dans les sols bruns.

MOTS-CLÉS : Prades — Sols bruns.

SUMMARY

ABOUT BROWN SOILS DERIVED FROM GRANITIC SAND IN THE NORTHERN PART OF THE PRADES SIERRA

Two soil profiles derived from granitic material have been studied in the Prades massif to the north west of Tarragona, Spain. They develop under oaks and pines forest, at an elevation of more than 900 meters, where the mean annual temperature is 11,7 °C and rainfall 900 mm.

The soils are shallow, the granitic minerals weathering and the clay minerals produced a mixture of 2/1 and 1/1 minerals. The total iron oxide content is low as well as that of free iron oxides. The color of the soils, the morphology and the mineralogical characteristics allow to classify the soils as brown soils.

KEY WORD : Prades — Brown soils.

RESUMEN

ESTUDIO DE SUELOS PARDOS DERIVADOS DE ARENAS GRANÍTICAS EN LA PARTE SEPTENTRIONAL DE LA SIERRA DE PRADES

Se han observado y estudiado dos perfiles de suelos derivados de arenas graníticas en el macizo de Prades al noroeste de Tarragona, España. Están situados bajo robledales y pinares, a más de 900 m de altura, con una temperatura media anual de 11,7 °C y una pluviometría de 900 mm.

Son suelos poco profundos, con los minerales del granito en curso de alteración; los minerales arcillosos están constituidos por una mezcla de 2/1 y 1/1; las concentraciones de óxidos de hierro total y libre son muy bajas. El color, la morfología y las características mineralógicas permiten clasificarlos entre los suelos pardos.

TERMINOS CLAVE : Prades — Suelos pardos.

INTRODUCTION

La Serra de Prades est située à l'ouest de Barcelone et au nord-ouest de Tarragone par 0°55' à 1°12' de longitude et 41°24' de latitude (fig. 1). C'est un ensemble montagneux qui fait partie de la Cordillère Prélittorale Catalane (BECH BORRAS, 1982), dont le point culminant est le Puig de la Baltasana (1 201 m).

La Serra de Prades est constituée d'un socle paléozoïque traversé d'intrusions de roches éruptives (granites et diorites) avec une couverture secondaire subhorizontale. Deux profils de sols dérivés d'arènes granitiques ont été observés le long de la route qui va de Poblet à Prades sur le bord septentrional de la Serra de Prades, sur les contreforts nord et nord-est du Puig de la Baltasana, à 940 et 1 072 mètres d'altitude (fig. 2).

Les sols dérivés des arènes granitiques sont des sols bruns, dont voici les caractéristiques et la genèse.

1. ENVIRONNEMENT ACTUEL DES SOLS

1.1. La géologie

Le massif de Prades fait partie de la Cordillère pré-littorale (fig. 1); il résulte d'un pli monoclin

de direction nord-ouest sud-est. Une faille importante, de direction est-ouest le limite vers le nord-est et le met en contact brusque avec les sédiments paléogènes de la dépression centrale catalane (Conca de Barbera). Le massif apparaît comme un puissant horst, haut de plus de 1 000 m, d'où l'on descend par gradins (fig. 2).

Du point de vue stratigraphique, on peut distinguer : à la base le socle paléozoïque constitué de schistes du Silurien supérieur, surmontés de conglomérats du Carbonifère de faciès Culm, passant graduellement à des molasses et des schistes ; au sommet, en discordance sur le socle, affleure très largement le Trias, dont les trois éléments : Bundsandstein, Muschelkalk et Keuper, sont bien visibles aux environs de Prades (fig. 3 — Solé SUGRANES, 1973).

Le socle paléozoïque est traversé par des intrusions granitiques post-carbonifères et antétriasiques, accompagnées de veines de quartz et d'aprites. Le contact, entre les sédiments et les granites, est marqué par un métamorphisme de contact (cornéennes à hornblende). Le granite est une roche à gros grains, à biotite et plagioclases où domine l'oligoclase (BECH BORRAS, CHEVALIER et DEJOU, 1980). Ce granite qui passe graduellement à un faciès de granodiorite et de diorite est fortement diaclasé et arénisé. Il est observé dans la montée

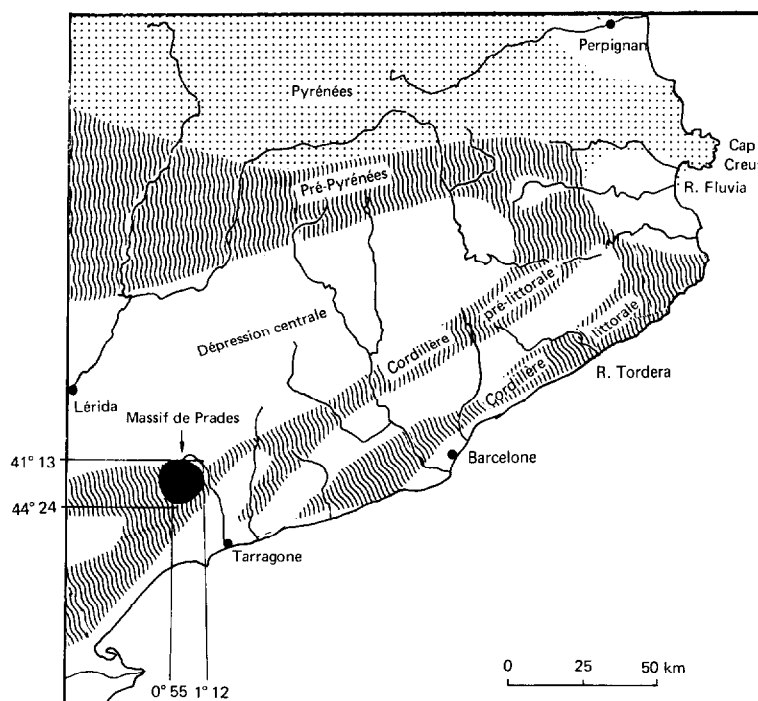


FIG. 1. — Localisation de la zone étudiée

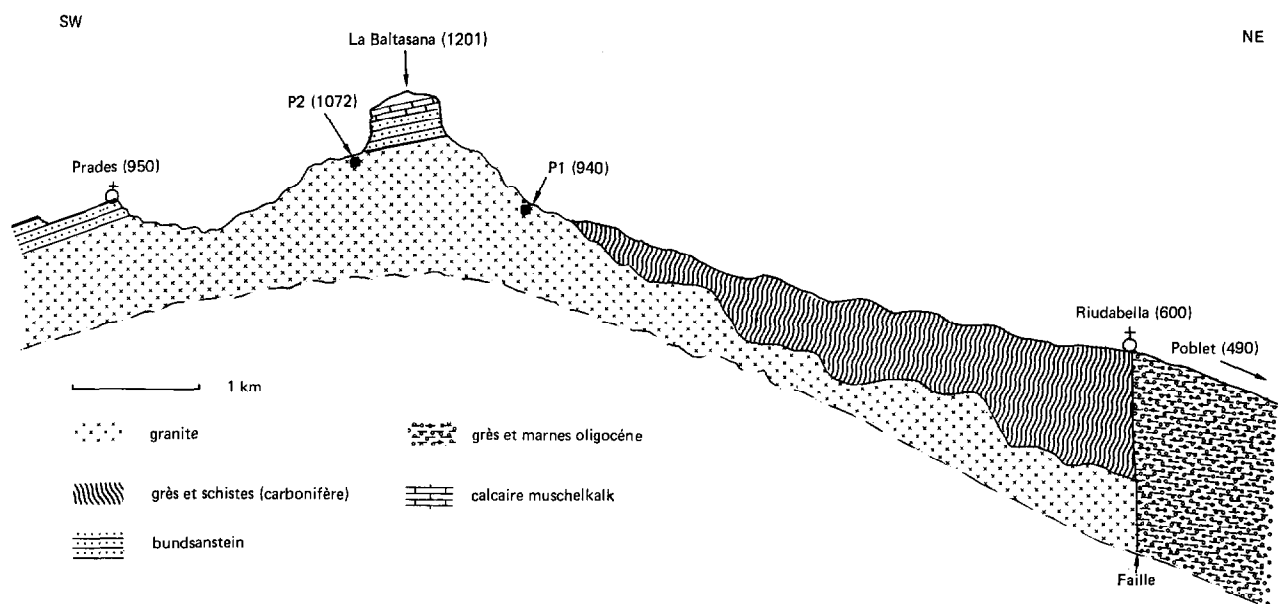


FIG. 2. — Coupe géologique de Sierra de Prades. Localisation des profils

de Poblet à Prades, tandis qu'au sommet, ce sont les différents niveaux du Trias qui affleurent (VIRGILI, 1964) (fig. 2).

1.2. La topographie et le drainage

Les profils étudiés ont été observés sur le flanc sud-est et au sommet du massif de Prades (fig. 2). Dans le premier cas, la pente est très forte, avec un drainage efficace. Le deuxième profil est observé dans une zone faiblement vallonnée mais, où l'évacuation des eaux est aisée.

1.3. Le Climat

Le massif de Prades constitue une véritable « île » du point de vue climatique : plus fraîche et plus humide que les zones déprimées qui l'entourent.

Les données climatiques concernant le massif de Prades sont malheureusement incomplètes. D'après FOLCH et VELASCO, 1978, on peut estimer que la température moyenne annuelle est de l'ordre de 11° 7C avec un minimum de 4 °C de décembre à février et un maximum de 19° 6C entre juillet et août. Les précipitations moyennes annuelles sont estimées à 900 mm, avec trois maxima en février, mai et novembre.

La station qui dispose de données complètes est celle de Rindabella (fig. 2 — tabl. I), mais à une altitude nettement plus faible (650 m). A partir de cet ensemble de données, le climat de la zone

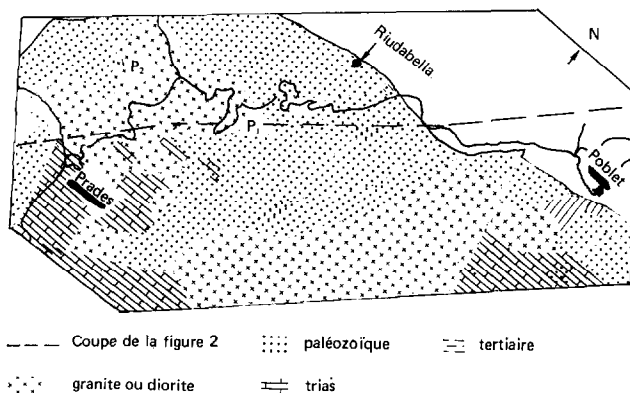


FIG. 3. — Esquisse géologique de la zone étudiée (d'après SOLE SUGRANES, 1973)

étudiée peut être qualifié de « subméditerranéen », c'est-à-dire avec une faible sécheresse estivale et une tendance au climat tempéré (BECH BORRAS, 1982), près du sommet.

1.4. La végétation

La base du massif de Prades porte une forêt sclérophylle de chênes verts (*Quercetum ilicis galloprovinciale*) ; par contre, sur les flancs et la partie haute (à plus de 700 mètres d'altitude) apparaît la chênaie montagnarde (*Quercetum mediterraneo-*

TABLEAU I

Caractéristiques climatiques de la station de Rindabella (Tarragone)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Température	4.6	6.8	8.7	11.5	15.8	19.2	22.4	22.8	19.2	14.2	8.4	5.9	13.3
Précipitations	19	49	45	57	70	50	14	17	50	72	61	35	539
E. T. P.	11	22	32	45	84	111	140	127	97	47	23	16	155

Température : Température moyenne mensuelle en C

Précipitations : Précipitations moyennes mensuelles en mm

E.T.P. : Évapotranspiration potentielle en mm

montanum). (FOLCH et VELASCO, 1978, BRAUN BLANQUET, 1936).

Cette chênaie comporte surtout *Quercus pubescens* et *Quercus valentina* auxquels sont associés *Castanea saliva* et *Quercus pyrenaica* (ou chêne tauzin). Il existe quelques enclaves de pinèdes secondaires à *Pinus sylvestris*, *P. pinaster* et *P. nigra*. Au-dessus de 1 000 mètres, sans doute en raison du vent froid du nord-ouest, la chênaie à *Q. pyrenaica* est remplacée par une pinède à *P. sylvestris* avec au sol un tapis de *Arctostaphylos uva ursi*, var. *crassifolia*. Pour certains auteurs, ce type de végétation serait véritablement une formation primaire : *Arctostaphylo-Pinetum catalaunicae*.

2. MORPHOLOGIE DES PROFILS

Les profils de sols bruns formés sur des arènes granitiques sont numérotés P₁ et P₂. Ils sont situés près du Tossal de la Baltasana, à côté de la route Prades-Espluga de Francoli, aux altitudes respectives de 940 et 1 050 m.

2.1. Description du Profil P₁

. Localisation : commune de Vimboli (Tarragona) au km 14,5 de la route Prades-Poblet.

. Coordonnées : 1°0'44" long. est, 41°20'20" lat. nord. Altitude de 940 m.

. Géomorphologie : tranchée de route ; pente : 15-20°.

. Orientation : sud-est.

. Végétation : forêt de *Pinus silvestris*, *Quercus valentina*, *Cistus laurus*, *Cistus albidus* (peu), *Quercus ilex*, *Arbustus unedo*, *Arctostaphylos uva ursi* V. *crassifolia*, etc.

. Roche-mère : granite diaclasé et arénisé.

. Drainage : bon.

. Érosion : faible à modérée. Des blocs de granite apparaissent en surface.

. Classification : brun lessivé (CPCS) ; haploxeralf (Soil Taxonomy), Luvisol orthique (FAO).

Caractéristiques morphologiques :

0 - 3 cm : Horizon A₀₀.

Litière avec prédominance de feuilles de chênes et de *Cistus laurus* ; en surface, blocs de roche et graviers de nature granitique.

3 - 15 cm : Horizon A₁.

Légèrement humide ; brun foncé, 10 YR 3/4 ; matière organique difficilement décelable ; pas d'effervescence avec HCl ; très peu de blocs ; pierres peu abondantes (2-15 %) et graviers de nature granitique très altérés ; texture sablo-limoneuse ; structure fragmentaire peu nette, granulaire ; porosité moyenne ; beaucoup de racines grossières, moyennes et fines ; activité biologique moyenne à faible (quelques Julidés mais sans Lombricidés) ; transition graduelle ; limite régulière ondulée.

15 - 30 cm : Horizon (B).

Frais, légèrement humide ; brun foncé, 10 YR 4/4 ; matière organique non directement décelable ; pierres peu abondantes (2-15 %), graviers abondants (30-50 %) ; granite fortement altéré ; texture sableuse ; structure fragmentaire peu développée, polyédrique émousée ; porosité moyenne faible ; racines grossières, moyennes et fines ; faible activité biologique ; transition graduelle ; limite ondulée.

30 - 50 cm : Horizon B/C.

Légèrement humide ; brun rougeâtre, 5 Y 4/4 ; quelques plages brunes (5 YR 5/6), dans les fentes ; paraissant dépourvu de matière organique ; blocs abondants, pierres et graviers granitiques altérés ; texture sableuse ; structure particulière ; très faible porosité ; revêtements de ferriargilanes dans les fentes ; racines ; très faible activité biologique, champignons associés aux racines ; transition diffuse.

50 cm : Horizon C.

Altérite granitique 7,5 YR 7/6.

2.2. Description du Profil P₂

. Localisation : commune de Prades (Tarragona) près du Col de l'Arena, au km 18,7 de la route Prades-Espluga de Francoli, 100 m direction nord-ouest dans une forêt clairsemée de *Pinus silvestris*.

. Coordonnées : 0°59'45" long. est et 41°19'55" lat. Nord.

. Altitude : 1 070 m.

. Géomorphologie : versant d'un sommet arrondi. Pente 10°.

. Orientation : est.

. Végétation : forêt clairsemée de *Pinus silvestris* avec *Arclostaphylos uva ursi v. crassifolia* très abondante. Moins abondants : *Quercus pyrenaica*, *Luzula forsteri*, *Cistus laurifolius*, *Desehampsia flexuosa*, *Veronica officinalis*, *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus*, etc.

. Roche-mère : granite aplitique altéré.

. Drainage : bon.

. Érosion : faible.

. Classification : sol brun (CPCS), Xerochrept (Soil Taxonomy), Cambisol eutrique (FAO).

Caractéristiques morphologiques :

0 - 3 cm : Horizon A₀₀.

Très humide ; noirâtre 10 YR 2/1 ; restes organiques, feuilles, écorce et pommes de pin, lichens ; pierres (15-30 %) anguleuses et peu altérées d'aplite et de pegmatite de teinte rosée ; graviers abondants ; texture sableuse ; structure fragmentaire peu nette : laminaire à grenue moyenne ; poreux ; très friable ; racines fines et moyennes ; activités biologiques moyennes à faibles ; transition distincte ; limite régulière.

3 - 8 cm : Horizon A₁.

Humide ; brun foncé, 10 YR 4/2 ; matière organique directement décelable ; quelques pierres et graviers (15-30 %) de granite aplitique et de pegmatite ; texture sableuse à sablo-limoneuse ; structure fragmentaire peu nette, grumelleuse grossière à particulaire ; très poreux ; porosité intergranulaire ; très friable, consistance semi-rigide ; quelques racines fines et moyennes ; activité biologique moyenne et faible ; mycelium blanc ; transition graduelle ; limite régulière.

8 - 32 cm : Horizon (B).

Humide ; brun foncé, 10 YR 4/3 ; matière organique non directement décelable très peu de pierres, graviers peu abondants ; texture sablo-limoneuse ; structure fragmentaire peu nette, polyédrique subanguleuse moyenne, poreuse et friable ; racines fines et moyennes avec tendance à

la direction horizontale ; transition nette, limite régulière.

Au-delà de 32 cm : Horizon C.

Humide, brun, 10 YR 6/6 ; taches et raies de couleur rouille 10 YR 6/8 ; non organique ; texture sableuse ; peu poreux ; altérite de granite aplitique.

2.3. Commentaires sur la morphologie

Les deux profils sont situés à des altitudes assez voisines, mais l'un (P₁) est sur une pente exposée au sud-est, tandis que l'autre (P₂) est sur une zone moins accidentée, dans un col. Quoiqu'il en soit, les épaisseurs des profils sont modestes avec un solum ne dépassant guère 30 à 50 cm l'abondance des roches dans les profils est importante (1) ; la couleur du solum est brun foncé (planche 10 YR) ; seul l'horizon de transition B/C du profil P₁ présente une teinte rougeâtre (planche 5 YR).

Le profil P₂ situé au sommet du massif, dans une zone à pente modérée, ne présente pas de signes visibles de lessivage. Par contre P₁ situé sur un versant à pente forte, présente des revêtements argileux (ferriargilanes) localisés surtout à la base de l'horizon B.

3. MICROMORPHOLOGIE

Dans chaque profil P₁ et P₂ deux lames ont été prélevées sur les limites de transition, d'une part entre les horizons A₁ et B, d'autre part entre les horizons B et C.

3.1. Observations générales

Quelle que soit la lame, « la phase squelette » domine nettement sur « la phase plasma ». Cette dernière se limite à de minces revêtements sur les grains de sable et à des remplissages de fissures ou de vides intracristallins. Les vides, entre les cristaux ou amas de cristaux, représentent 40 à 70 % de surface des lames. D'une façon générale, la matière organique n'apparaît que sous forme de débris de racines, de microorganismes ou de petits amas noirs organo-minéraux.

3.2. Dans le profil P₁ « la phase squelette » est constituée de gros cristaux (3 mm et plus) de quartz, de feldspath et de biotite.

Les quartz sont très peu altérés, même en surface ; les plagioclases sont d'autant plus séricitisés qu'ils sont plus calciques (parties centrales). L'augite aëgyrinique apparaît nettement, contribuant probablement à l'accroissement du sodium et du pH au

(1) Cette abondance de roches a rendu difficile le prélèvement des échantillons pour examen micromorphologique.

TABLEAU II

Déterminations physiques et chimiques sur les échantillons P₁ et P₂. Analyse mécanique, matière organique, conductivité électrique, phosphore

Profil	Horizons	Prof. cm	Graviers %	SG %	SF %	L %	Argile %	C %	MO %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	CE mms	P ₂ O ₅ %
P ₁ - Entre Poblet et Prades	A ₁	0-15	8,83	53,7	21,2	19,2	5,8	2,0	3,5	0,110	18,4		0,8	0,035
	(B)	15-30	2,88	56,5	23,7	7,0	12,7	0,5	0,9	0,043	12,4	tr.	0,5	0,043
	B/C	30-50	5,20	59,1	22,0	7,3	11,5	0,2	0,3	0,021	7,3	tr.	0,4	0,052
	C	50-	3,36	71,95	14,8	5,7	7,5	0,1	0,2	0,014	7,7	tr.	0,2	0,038
P ₂ - Près de Prades	A ₁	3-8	3,35	68,8	15,6	7,5	8,1	2,75	4,7	0,116	23,6		0,5	0,033
	(B)	8-32	8,09	59,4	18,3	11,4	11,0	0,5	0,9	0,038	13,1		0,3	0,035
	C	32-	14,33	61,9	20,7	9,9	7,5	0,2	0,3	0,019	8,1		0,2	0,041

TABLEAU III

Déterminations physiques et chimiques sur les échantillons P₁ et P₂, complexe absorbant, pH, oxydes de fer

Horizon	Profil cm	Complexe absorbant						Degré sat. V %	pH		Δ pH	Fe ₂ O ₃			Fe ₂ O ₃ % dans			
		CEC	Ca	Mg	K	Na	S		H ₂ O	KCl		Total %	Libre %	L/T	Min. x Prim.	Oxydes crist.	Prod. ts amorphes	
																		mé/100 g
P ₁	A ₁	0-15	16,0	25,3	2,2	0,54	0,17	28,2	100	7,45	6,75	- 0,7	4,6	1,1	23	76	18	0,5
	(B)	15-30	15,4	16,1	2,0	0,14	0,15	18,4	100	7,1	6,45	- 0,65	4,95	1,25	25	74	20	0,5
	B-C	30-50	14,6	12,85	2,9	0,10	0,22	16,2	100	7,1	6,2	- 0,9	4,95	1,4	28	72	18	10
	C	50-	12,3	13,6	2,7	0,04	0,33	15,7	100	7,05	5,3	- 1,75	4,45	1,4	31	68	18	13
P ₂	A ₁	3-8	15,1	7,8	1,0	0,22	0,08	9,32	61,7	6,35	5,55	- 0,8	1,3	0,45	34	65	27	0,7
	(B)	8-32	10,6	7,1	1,3	0,16	0,08	8,52	80,4	6,40	5,95	- 0,45	1,25	0,4	32	68	28	0,3
	C	32-	12,0	7,3	1,8	0,18	0,09	9,34	77,8	6,1	4,8	- 1,3	1,7	0,6	35	65	32	0,2

TABLEAU IV

Déterminations micromorphologiques et minéralogiques : Q : quartz — I : illite — Io : Illite ouverte — M : montmorillonite — mH : méthalloisite — K : kaolinite — I-M : Interstratifié illite-montmorillonite — Go : goethite — Mg : magnétite — Il : ilménite

Profils	Profondeur cm	Minéraux primaires	Plasma	Constituants de la fraction inférieure à 2 μ
P ₁	0-15	. Quartz abondant, peu altéré, Flagioclase séricitisés	. Très peu abondant (intrafissural)	. Io ⁺⁺ , IM ⁺⁺⁺ , M ⁺⁺ , K, mH, Q
	15-30	. Biotite peu altérées	. Quelques revêtements minces autour des cristaux intrafissural)	. I, M, I-M, mH
	30-50	. Augite aegyrienne		. I, M, I-M
	50			mH tr. Il.
P ₂	3-8	. Quartz abondant	. Peu abondant, (intrafissural et intracristallin.	. M ⁺⁺⁺ , K, mH ⁺⁺ , Io ⁺ , Q ⁺ , Mg ⁺⁺⁺ .
	8-32	. Plagioclase séricitisés.		
	32	. Biotite altérés	. Phase plus grossière, "aquelo-plasmique"	. M, K, mH, Io, Q, Go tr.

niveau du complexe d'échange. Les biotites sont abondantes, peu altérées à la base du B et plus ferruginisées vers la surface dans les vides intra-fissurales.

La « phase plasmique » est très peu abondante. Une partie, résultant de l'altération des minéraux, forme de minces revêtements biréfringents autour des cristaux. Ces revêtements sont abondants à 30 cm et disparaissent à la base du B et dans le niveau AB. Une autre partie du plasma se localise à l'intérieur des cristaux, le long des fissures et des lignes de clivage des feldspaths et biotites ou dans certains vides intracrystallins.

3.3. Dans le profil P₂ la « phase squelette » est constituée de minéraux primaires plus petits (moins de 1 mm). Le squelette est dominé par le quartz (plus de 50 %), le feldspath reste abondant, tandis que la biotite est constituée de petits éléments peu nombreux. L'altération de ces minéraux (sauf pour le quartz) paraît plus poussée qu'en P₁.

Une particularité micromorphologique de ce profil est la présence d'une « phase squelo-plasmique » soudant les minéraux entre eux et constituée de petits grains de sable fin, de limon et d'un peu d'argile.

Par contre, le plasma intrafissural et intracrystallin est toujours présent et même plus abondant par points qu'en P₁.

4. CARACTÈRES ANALYTIQUES : Résultats et interprétations

Les résultats présentés sur les tableaux II, III et IV, justifient les remarques suivantes :

4.1. Granulométrie

Les sables fins et grossiers sont très abondants ; tandis que le limon est assez faible (5 à 19 %). Les teneurs en argile présentent dans les profils un accroissement net vers 30 cm de profondeur. Dans le profil P₁, on passe de 5,8 à 12,7 % ; dans le profil P₂, de 8,1 à 11,0 %.

Sur le terrain, des revêtements argileux ont été observés à la base du profil P₁ ; des argilanes sont également visibles sur les lames de micromorphologie. Ce profil présente donc un horizon illuvié en argiles. Par contre, pour le profil P₂, le taux d'accroissement en argile est insuffisant (1,3 %) ; les revêtements n'ont pas été observés sur le terrain, ni les argilanes en lame mince.

Matière organique

Les horizons de surface contiennent entre 3 et 5 %

de matière organique ; la décroissance avec la profondeur est très rapide. Le rapport C/N voisin de 20, est très élevé dans l'horizon de surface des deux sols et la décroissance est très rapide puisqu'au-dessous de 30 cm, il est de 7 à 8.

pH

Le pH (H₂O) est supérieur à 7,0 dans le profil P₁, de 6,1 à 6,4 dans le profil P₂. Le pH (KCl) est inférieur de 0,4 à 0,9 unité dans le solum, près de la roche-mère la différence est de 1,3 à 1,7 unité pH.

Le complexe absorbant

La capacité d'échange cationique est comprise, pour les deux profils, entre 10 et 16 mé/100 g. L'ion calcium est partout le mieux représenté avec des teneurs particulièrement élevées dans le profil P₁ où des traces de carbonates de calcium ont été mises en évidence à l'analyse. De plus, on note une abondance des minéraux en cours d'altération. Finalement la somme des cations échangeables est supérieure à la capacité d'échange. Par contre, dans le profil P₂, le sol est légèrement acide et désaturé. On observe également une teneur élevée en sodium échangeable dans le profil P₁.

Les teneurs en oxydes de fer sont très modérées. Les oxydes totaux vont de 0,5 % dans P₁ à 2,4-1,7 % dans P₂. Les oxydes libres représentent 25 à 30 % du fer total ; le fer facilement extractible est généralement très faible (0,6 à 0,05 %).

Ces petites quantités d'oxydes libres, cristallisés ou amorphes, ne suffisent pas à colorer en rouge les sols ; mais associés à la matière organique, ils les colorent en brun. Les teneurs en fer libre un peu plus élevées en P₁ sont probablement dues à de faibles quantités de magnétite et d'ilménite identifiées dans le profil. Dans le profil P₂, on a reconnu des traces de magnétite et de goéthite.

L'analyse minéralogique de la fraction < 2μ

Les minéraux argileux sont, dans les deux sols, des mélanges d'interstratifiés de montmorillonite et d'illite, ainsi que de la kaolinite et de la métahalloysite.

Dans le profil P₁ l'illite apparaît dès la base du profil ; elle augmente et s'ouvre vers le sommet, tandis que des interstratifiés IM et IC et surtout de la montmorillonite apparaissent en surface. La métahalloysite existe dans tout le profil, mais en faible quantité.

Dans le profil P₂, la montmorillonite est dominante sur l'illite, avec encore de faibles quantités de kaolinite et de métahalloysite.

Ces résultats montrent un processus d'altération

encore peu avancé. Les micas sont partiellement transformés en I-M et I-C. Les plagioclases séricitisés se sont en partie transformés en argile 2/1 de type I-M et montmorillonite, et en argile 1/1 de type métahalloysite et kaolinite. Dans les deux profils le développement de la montmorillonite et des argiles kaolinitiques vers le haut du profil montrent bien que l'altération progresse actuellement dans le sol, qu'elle est fonctionnelle et que le sol est encore dans une phase juvénile.

5. DISCUSSION

Les observations effectuées sur le terrain et en lames minces, ainsi que les déterminations analytiques, permettent de mettre en évidence un certain nombre de points.

5.1. Le faible développement des profils

Dans le massif de Prades, les effets de la tectonique apparaissent brutaux et récents. L'ablation de la couverture triasique est probablement récente. Le granite vient à l'affleurement sur des pentes assez fortes. Le développement des profils est modeste.

Le solum est peu épais, 30 à 50 cm environ, et encombré de roches sur les pentes. Il comporte un horizon A peu épais, un horizon B à peine développé et une altérite.

5.2. Le faible degré d'altération des minéraux

La roche est un granite calco-alcalin pegmatitique à quartz abondant, pagioclase et biotite, et quelques minéraux accessoires comme l'augite aegyrinique, la magnétite, l'ilménite.

L'altération est encore peu poussée avec des plagioclases fendillés et séricitisés, et des biotites en cours d'ouverture.

Les oxydes de fer sont peu abondants et ne suffisent pas à donner une couleur vive aux sols. Les minéraux argileux sont un mélange 2/1 et 1/1, où dominent les 2/1.

5.3. Le rôle réservoir du squelette

Les minéraux primaires qui constituent « le squelette » de ces sols sont fortement fissurés et contiennent des réserves d'eau et de plasma importantes. Ce sont des « sables-réservoirs » susceptibles de fournir au complexe absorbant des cations en abondance et probablement extractibles par l'acétate d'ammonium. La présence de faibles quantités de carbonate de calcium et des cations libérés par les

minéraux en cours d'altération peuvent contribuer à entretenir de fortes teneurs en cations échangeables.

5.4. Signification de l'altération minéralogique

L'altération minérale, quoique juvénile et en condition peu acide, est cependant bien visible. De l'altérite au solum, la proportion de montmorillonite croît par rapport aux argiles interstratifiées, dérivées des minéraux micacés. Il se forme cependant une part non négligeable d'argile 1/1, d'abord de la métahalloysite puis de la kaolinite. L'individualisation d'oxy-hydroxydes de fer (goethite) est à peine perceptible, montrant, qu'à ce stade, le fer reste en grande partie piégé dans les argiles. Ce stade d'altération minérale semble typique de sols bruns eutrophes en début de formation.

Le granite calco-alcalin, le climat modérément humide et l'altération peu avancée du fait de l'érosion, justifient la formation d'un sol brun eutrophe, alors que dans le voisinage, sur des arènes granitiques plus siliceuses et plus altérées, s'observent *des sols fersiallitiques lessivés plus désaturés, voire cryplopodzolisés, et plus développés* (BECH BORRAS *et al.*, 1980).

CONCLUSIONS

Les données de terrain et de laboratoire fournies par ces deux profils permettent de tirer les conclusions suivantes :

1. Le faible développement des profils est en relation avec une tectonique récente et l'ablation de la couverture triasique du granite. La topographie favorise un rajeunissement permanent des sols.

2. Les données micromorphologiques et la diffraction RX mettent en évidence une faible altération des feldspaths et des biotites avec formation d'un mélange de minéraux argileux 2/1 et 1/1.

3. L'analyse chimique met en évidence, à partir d'une roche présentant des teneurs modérées en fer, la formation de faibles quantités d'oxydes libres, parfois mal cristallisés.

Le calcium est le cation le mieux représenté sur le complexe absorbant ; il est particulièrement abondant dans le profil P₁ où il pourrait être fourni par l'altération des plagioclases ; dans le profil P₂, il est moins abondant et le degré de saturation plus faible. Ces caractéristiques pourraient être en relation avec les données climatiques actuelles (pluviométrie plus forte au sommet qu'à la base du massif).

4. L'examen micromorphologique et l'analyse

granulométrique mettent en évidence un appauvrissement en plasma à la surface du sol. Toutefois l'examen des profils ne montre pas de revêtements très nets surtout dans le profil P₂.

Il s'agit dans les deux cas de sols bruns peu développés, riches en minéraux primaires, suscep-

tibles d'une évolution ultérieure orientée vers un certain lessivage qui peut déjà être mis en évidence dans le profil P₁.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 14 mars 1983

BIBLIOGRAPHIE

- BECH BORRAS (J.), 1982. — Introduction à l'étude de quelques sols de Catalogne. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, vol. XIX, n° 3 : 221-231.
- BECH (J.), CHEVALIER (Y.), DEJOU (J.), 1980. — Rôle de protection exercé par la géochimie superficielle du socle granitique de la Pena près de Poblet. Tarragona, Espagne ; *Arx. Esc. Agric. Barna 4a*, sér. n° 2.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1936. — « L'exclusion de la Sigma en Catalogne » (Pâques, 1934). *Cananillesia*. Vol. VII, fasc. X-XII : 153-167.
- DEB (B. C.), 1950. — Estimations of free iron oxides in soils and clays and their removal. *J. Soil Sci.*, 1 : 212-220.
- FOLCH (R.), VELASCO (E.), 1978. — Dades cartogràfiques per a l'estudi de la vegetació de les muntanyes de Prades. Sept. XVIII Ass. Intercomarcal d'estudiosos. Ed. Barcino, 29 p.
- SEGALEN (P.), 1968. — Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, vol. VI, n° 1 : 105-126.
- VIRGILI (C.), 1964. — Estudio geológico del sector Espluga — Vimbodi — Rojals. Inst. Estud. Tarracon. Ramon Berenguer, 4 : 7-24.
- SOLES SUGRANES (L.), 1973. — Nota sobre algunos aspectos de la tectónica del Carbonífero de las sierras de Prades (Prov. de Tarragona). *Acta Geol. Hispa.* 8, (4) : 138-144.

ANNEXE

Méthodes d'analyses utilisées

Les échantillons prélevés sur le terrain lors de l'examen des profils ont été séchés à l'air et passés au tamis de 2 mm, avec pesée du refus et soumis aux déterminations suivantes :

- analyse mécanique : méthode Pipette Robinson après dispersion au pyrophosphate de sodium ;
- pH : mesure à l'électrode de verre après dispersion suivant la proportion 1, 2, 5 dans l'eau et KCl N ;
- complexe absorbant : extraction des bases échangeables par l'acétate d'ammonium N à pH 7. Le calcium et le magnésium ont été dosés par absorption atomique ; le potassium et le sodium par photométrie de flamme.

Le carbone organique a été dosé après attaque du sol au bichromate de potassium et dosage en retour par le sel de Mohr suivant WALKLEY et BLACK.

L'azote total a été estimé après attaque du sol par l'acide sulfurique concentré bouillant suivant la technique de Kjeldahl.

Le carbonate de calcium a été estimé volumétriquement au calcimètre Bernard.

La conductivité a été déterminée sur l'extrait de pâte saturée.

L'acide phosphorique a été estimé suivant la technique de Olsen.

Les oxydes de fer totaux ont été déterminés après attaque de l'échantillon total par l'acide chlorhydrique au 1/2 pendant 30 minutes.

Les oxydes de fer amorphes ont été extraits par une technique cinétique à l'acide chlorhydrique (suivant SEGALEN, 1968).

Les oxydes libres (amorphes et cristallisés) ont été extraits par l'hydrosulfite de sodium suivant une technique dérivée de DEB 1951.

Les proportions du fer lié aux minéraux primaires, aux oxydes libres cristallisés, et aux oxydes libres amorphes ont été déduites des résultats précédents.

Les constituants minéraux et les microorganisations ont été étudiés en lames minces taillées dans les échantillons imprégnés par le mélange d'une résine (Norsodyne) et de styrène.

L'échantillon total et la fraction inférieure à 2 μ ont été examinés par diffraction RX. Un échantillon du profil P₂ a été examiné au microscope électronique à transmissions.

L'ensemble des résultats analytiques est porté dans les tableaux B₁, B₂ et B₄.