

SOLS CALCIQUES MÉLANIQUES DU PRÉ-RIF OCCIDENTAL

Périmètre de Bou Daroua - Ouezzane - Maroc

par **R. DURAND***

Collaboration technique : A. SAUVAGEOT**

RÉSUMÉ

Dans le Pré-rif marneux, sous un climat de type méditerranéen subhumide, ont été observés des sols calciques mélaniques. Ces sols, caractérisés par un horizon superficiel noirâtre très humifère, à structure polyédrique fine, se placent dans une toposéquence, entre les rendzines, développées sur les sommets, et les vertisols de bas de pente.

Après la description des trois séries rencontrées dans le périmètre étudié, une hypothèse a été formulée sur l'origine de ces sols. Le régime hydrique serait le facteur essentiel de la pédogenèse, et de la différenciation de ces séries.

Il semble en particulier, que la période d'engorgement temporaire de surface, en saison fraîche, soit responsable de la formation de l'horizon humifère de surface, et de la dynamique du calcium.

De par leur genèse et leur position topographique, les sols calciques mélaniques apparaissent ainsi, comme une unité intergrade entre la classe des solcimagésiques, et celle des vertisols.

ABSTRACT

In the marly « pré-Rif », with sub-moist mediterranean climate, black limy soils have been observed. These soils, characterized by a blackish superficial very humic horizon, with a fine polyedric structure, belong to a « toposequence », between rendzines, formed upon tops, and the vertisols on the lowest part of the slopes.

* Assistant de recherches INRA, Coopérant du Service National affecté à la Station de Recherches Forestières, Rabat.

** Licenciée ès Sciences, chef du laboratoire de Chimie à la Station de Recherches Forestières, Rabat.

After the description of the three successions found in the studied area, an hypothesis has been formulated on the origin of these soils. Hydric conditions would be the chief factor of pedogenesis and of the differentiation of these sequences.

It seems, in particular, that the period of temporary superficial flooding during cool climate, would be the cause for the formation of the humic surface and for the calcium dynamic.

Owing to their genesis and topographic situation, limy black soils appear as an intergrade unit between the class of calcimagnesian soils and that of vertisols.

INTRODUCTION

Le périmètre de Bou Daroua, s'étend sur tout le bassin versant qui domine le barrage de Ouezzane. Pour lutter contre l'érosion, qui avait réduit de moitié la capacité du barrage, un réseau de banquettes fruitières et forestières fut installé.

Le but de l'étude avait été de déterminer le rôle du mode de plantation sur la réussite des arbres, ce qui nous avait conduit à étudier plus particulièrement l'influence des banquettes sur la dynamique de l'eau.

Des prélèvements ont été effectués à différentes époques de l'année 1968 afin de mesurer l'humidité du sol en place, et d'en suivre l'évolution. Mais auparavant, a dû être réalisée l'étude des sols, afin de pouvoir implanter chaque emplacement dans les conditions les plus représentatives. C'est au cours de cette étude que l'on a été amené à décrire les sols calciques mélaniques qui font l'objet de cette note. Ces sols ont déjà fait l'objet de descriptions par des auteurs, qui les ont appelés, soit rendzines noires soit « tirs de coteaux ».

LE MILIEU

Le bassin versant comprend deux zones, séparées par la vallée de l'Oued Malek :

- à l'est s'étend une zone à relief très accusé, et entaillée profondément par un réseau de ravins à régime torrentiel ;
- à l'ouest, une série de collines à relief mou se raccordent lentement à la vallée.

Climat

Il est de type méditerranéen subhumide à hiver tempéré, suivant la classification d'EMBERGER.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 870 mm. On enregistre deux maxima : l'un en décembre, l'autre en février, tandis qu'une période relativement sèche s'établit de juin à septembre.

La température moyenne annuelle est élevée : 18,2 °C, ce qui traduit des étés chauds (température moyenne mensuelle maxima : 27 °C), et des hivers doux (température moyenne mensuelle minima : 11 °C).

Le climat se caractérise donc par un été chaud sans véritable période sèche, et un hiver doux et très humide.

Géologie

Le périmètre est situé dans la zone pré-rifaine, et son histoire géologique se rattache à celle du système alpin méditerranéen.

Une première série de mouvements tectoniques, qui a atteint son paroxysme à la fin de l'Oligocène, affecte la région, provoquant la formation de nombreuses écailles jurassiques, recouvertes par des marnes. Cette couverture marneuse post-jurassique serait, soit para-autochtone (SUTER, 1965), soit largement charriée (MATTAUER, 1962), et proviendrait de la zone la plus interne du sillon rifain.

La deuxième série de mouvements tectoniques affecte surtout les zones internes de la chaîne rifaine. Par suite de la surrection de la zone intrarifaine, la série tertiaire s'est décollée, et a glissé par gravité sur le Pré-rif, où elle constitue la nappe de Ouezzane.

Les principales roches mères rencontrées dans le périmètre seront les marnes sableuses grises de l'Eocène supérieur, les marnes jaunâtres interstratifiées de bancs calcaires de l'Oligocène, ces deux formations appartenant à la nappe de Ouezzane, et les marnes bleues du Crétacé.

DESCRIPTION DES SOLS

Les différentes séries rencontrées sur ces marnes pré-rifaines appartiennent aux groupes suivants (CPCS, 1967) :

- III/22 - vertisols à drainage externe possible mais nul, et à structure anguleuse,
- V/11 - rendzines,
- V/23 - sols calciques mélaniques,
- V/31 - sols marrons.

Sur un même matériau, la vertisolisation se développe du haut vers le bas de la colline, par augmentation de l'humidité dans le profil ; corrélativement il y a diminution du lessivage oblique.

On peut schématiser la répartition des trois premiers groupes par la séquence suivante :

- sur le sommet se développe une rendzine,
- le versant porte les sols calciques mélaniques,
- en bas de pente, en même temps que les marnes cèdent la place à un colluvium marneux, il y a passage progressif des sols calciques mélaniques aux vertisols.

Les sols marrons se développent dans une situation topographique comparable à celle des sols calciques mélaniques, mais sur une roche mère dont la teneur en calcaire est beaucoup plus faible. Il n'y aurait donc pas de lien génétique entre ces deux groupes.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SOLS CALCIQUES MÉLANIQUES

Les sols décrits, sur les marnes du Prérif, sont profonds. Ils possèdent un horizon superficiel, d'une épaisseur moyenne de 20 cm, très riche en matière organique. Cet horizon, à structure polyédrique fine est semblable à l'horizon de self-mulching des vertisols. Cet horizon plus ou moins décarbonaté, a toujours un complexe absorbant saturé en calcium et le pH eau reste supérieur à 7.

Les horizons inférieurs à teneurs en argile et en calcaire variables suivant la roche mère, mais toujours très élevées, ont le plus souvent une structure massive.

Sols calciques mélaniques sur marnes Crétacées : Profil 2

Prof.	Altitude : 285 m.
(cm.)	Végétation : doum, lentisque, asphodèle. Topographie : pente faible, versant nord.
0- 20	Horizon A ₁₁ noir (2,5 Y 3/0), humifère, argileux, non calcaire. Structure polyédrique fine. Inclusions calcaires. Nombreuses racines.
20- 50	Horizon A ₁₂ passant progressivement du brun foncé au brun-jaune (2,5 Y 5/1). Argileux, calcaire. Structure polyédrique à angulaire. Nombreux rhizomes et racines de doum.
50- 70	Horizon BCa ₁ jaune (2,5 Y 7/3). Argileux. Calcaire. Structure massive à débit angulaire. Revêtements peu nets. Quelques concrétions calcaires. Nombreuses grosses racines.
70- 95	Horizon BCa ₂ jaune (2,5 Y 7/3). Argileux. Calcaire. Structure massive à débit angulaire. Revêtements. Quelques amas de calcaire pulvérulent. Racines assez nombreuses.
95-150	Horizon CBca ₂ jaune (5 Y 7/2). Argileux. Calcaire. Légèrement bariolé de rouille. Cette argile calcaire entoure des agrégats marneux gris-bleu, compacts, secs, à cassure conchoïdale. Très nombreux amas de calcaire pulvérulent, de plusieurs millimètres d'épaisseur, et de taille moyenne 5 × 2 cm. Ces amas sont parfois humides à la fin de la saison pluvieuse, alors que le reste de l'horizon est sec. Peu de racines.
Plus de 150	Horizon C. Les agrégats marneux gris-bleu prennent une importance prépondérante par rapport à l'argile jaune. Les amas de calcaire pulvérulent sont toujours très nombreux. Rares racines.

Profondeur cm	Granulométrie %					Matière organique %				pH	
	Sg	Sf	Lg	Lf	A	M.O.	C	N	C/N	pâte	eau
0-20	3,0	4,5	8,0	23,0	54,0	6,71	3,90	0,26	15,2	6,7	7,3
20-50	4,0	5,0	7,5	31,0	48,5	2,06	1,20	0,12	9,8	7,5	8,0
50-70	2,5	4,5	7,5	38,0	45,0	0,82	0,48	0,07	6,4	7,7	8,3
70-95	4,0	4,5	7,5	40,0	43,0					7,8	8,2
95-130	3,0	4,0	8,0	39,5	42,0					7,7	8,2
130-160	2,0	4,5	7,0	39,0	46,0					7,7	8,7

Profondeur cm	CaCO ₃ %		Cations échangeables mé/100 g					S T	Ca Mg	Humidité flétr. %
	total	actif	Ca	Mg	K	Na	T			
0-20	0	0	47,7	1,75	1,28	0,7	48,2	Sat.	27	24,8
20-50	37,0	17,5	32,8	1,0	0,61	1,0	36,3	98	33	14,8
50-70	48,5	19,5	24,3	1,0	0,33	1,0	32,1	83	24	13,6
70-95	49,0	19,0	22,5	1,25	0,25	1,0	24,3	Sat.	18	13,5
95-130	47,5	18,5	21,3	1,50	0,25	1,0	23,9	Sat.	14	13,2
130-160	39,0	17,5	22,8	2,50	0,25	1,0	26,1	Sat.	9	14,0

La capacité d'échange élevée traduirait un pourcentage d'argile de type montmorillonite, voisin de 60 % (LEPOUTRE et SAUVAGEOT, 1967).

La perméabilité est faible ; l'étude des profils hydriques situés près du P2 (fig. 1) montrent sous végétation naturelle un engorgement temporaire des horizons superficiels en février-mars, et une sécheresse très prononcée de ces mêmes horizons en juillet-août.

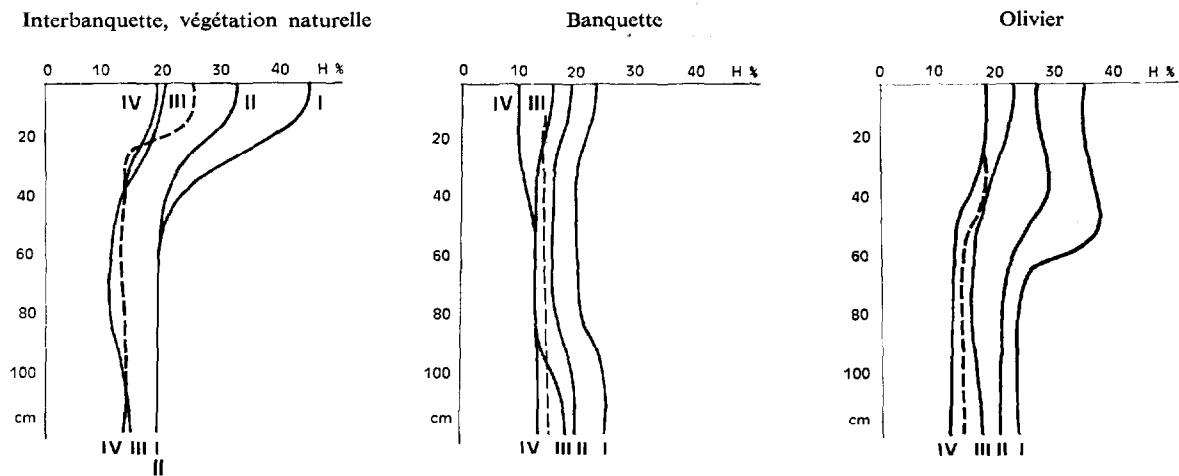


FIG. 1. — Profils hydriques, sols calciques mélaniques sur marnes Crétacées - versant nord.

- I 15 mars 1968
- II 8 mai 1968
- III 1^{er} juillet 1968
- IV 16 août 1968
- humidité au point de flétrissement

La matière organique, temporairement saturée d'eau, liée intimement à l'argile, serait un anmoor calcique.

Les résultats consignés dans le tableau précédent ont été obtenus à partir d'échantillons prélevés le 14 mars. Des prélèvements effectués le 27 juillet, en période sèche, ont donné les chiffres suivants.

Profondeur cm	Matière organique %				C/N	
	M.O. calcination	M.O. Anne	C	N	Calcination	Anne
0-20	9,6	8,3	4,81	0,29	19,5	16,4
20-50	4,2	3,0	1,71	0,14	17,2	12,0

Les conditions climatiques défavorables (engorgement hivernal, été sec et chaud) entravent l'humification et la minéralisation. La période favorable à la décomposition de la matière organique est très courte, et se situerait après la période des pluies, au début du printemps.

Le pH de ce sol est très élevé, en liaison avec la teneur en calcaire actif.

Le taux de calcaire total montre un lessivage en cet élément, avec accumulation maximale dans l'horizon 70-95 cm. Cependant, la distribution de ce calcaire par classes granulométriques (fig. 2), calculée à partir de la granulométrie après décalcarisation, montre que le pourcentage maximal de calcaire dans une classe granulométrique devient de plus en plus superficiel, au fur et à mesure que les particules deviennent plus petites. Il y aurait donc, soit réarrangement du calcaire en particules plus grosses après lessivage, sous l'action de la dessiccation, soit altération de plus en plus poussée de la roche mère à la surface du sol.

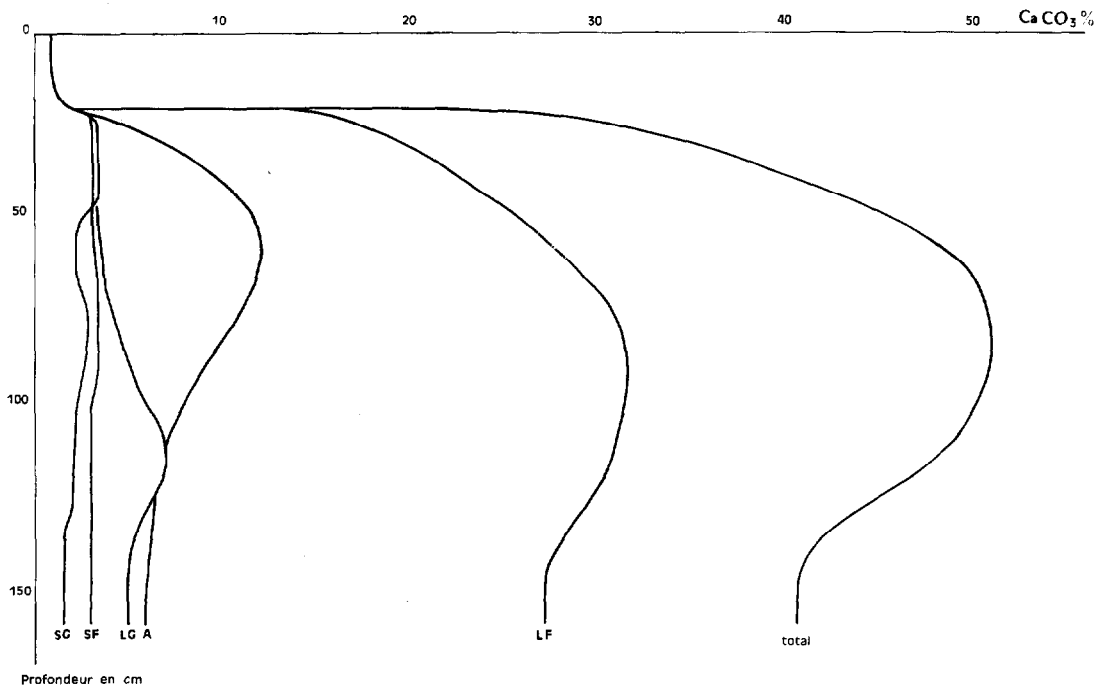


FIG. 2. — Distribution du calcaire par classe granulométrique

Sols calciques mélaniques sur marnes Eocènes : Profil 10

Prof.	Altitude : 325 m.
(cm.)	Végétation : doum, lentisque. Topographie : sommet de butte ; pente très faible.
0- 15	Horizon A ₁₁ noir (5 Y 4/1), humifère. Argileux. Calcaire. Structure polyédrique fine. Forte cohésion. Nombreux rhizomes de doum.
15- 30	Horizon A ₁₂ passant du brun-foncé au brun-jaune (5 Y 5/2). Argileux. Calcaire. Structure massive à débit polyédrique fin. Forte cohésion.
30- 65	Horizon BCa ₁ gris-jaune (5 Y 7/4). Argileux. Très calcaire. Structure angulaire plus ou moins fondue. Faible cohésion.
65- 90	Horizon BCa ₂ gris-jaune (5 Y 7/4). Argileux. Très calcaire. Structure angulaire plus ou moins fondue. Cohésion moyenne. Quelques agrégats à faces conchoïdales. Quelques taches rouilles diffuses.
90-105	Horizon C/BCa ₂ gris-jaune légèrement bleuté (5 Y 8/3). Argileux. Très calcaire. Agrégats de structure polyédrique et conchoïdale. Très forte cohésion. Quelques veines rouilles parallèles strient l'horizon.
Plus de 105	Horizon C : marnes gris-bleu (5 Y 8/3), à cassure conchoïdale. Très forte cohésion. Bandes rouilles (10 YR 6/8) plus ou moins parallèles.

Profondeur cm	Granulométrie %					Matière organique %				pH	
	Sg	Sf	Lg	Lf	A	M.O.	C	N	C/N	pâte	eau
0-15	5,5	5,5	9,5	25,0	49,0	5,8	3,36	0,30	11,2	7,5	7,5
15-30	6,5	6,0	8,5	26,5	50,0	3,2	1,83	0,16	10,2	7,5	7,6
30-65	2,0	5,0	7,0	36,0	49,5	1,2	0,71	0,07	10,3	7,8	8,1
65-90	2,0	7,0	7,0	33,0	46,5	0,5	0,30	0,04	6,9	7,8	8,2
90-105	2,0	8,0	6,0	34,0	45,0					7,8	8,3
105-140	2,0	9,5	7,0	36,0	43,0					7,8	8,3

Profondeur cm	CaCO ₃ %		Cations échangeables mé/100 g					S T	Ca Mg	Humidité flétri. %
	total	actif	Ca	Mg	K	Na	T			
0-15	27,5	12,5	37,0	1,3	1,2	0,8	41,2	98	28	20,8
15-30	45,0	19,0	28,1	1,3	0,6	0,6	30,8	Sat.	22	18,8
30-65	56,5	20,0	20,4	0,5	0,3	0,6	21,4	Sat.	41	14,2
65-90	55,0	20,0	21,3	1,0	0,2	0,6	20,5	Sat.	21	14,4
90-105	54,0	18,5	20,0	0,9	0,2	0,6	19,6	Sat.	22	10,0
105-140	56,0	17,5	18,9	1,4	0,3	0,6	19,4	Sat.	13	11,8

Comme pour la série précédente, on peut estimer à partir de la capacité d'échange, que la montmorillonite représente 60 % de la quantité totale d'argile.

Le remarquable parallélisme et la rectitude des courbes des profils hydriques (fig. 3) montrent la perméabilité élevée de ces sols. Dans ces conditions, les horizons superficiels ne s'engorgeront pas, et l'eau s'infiltrera très profondément sans ruisseler.

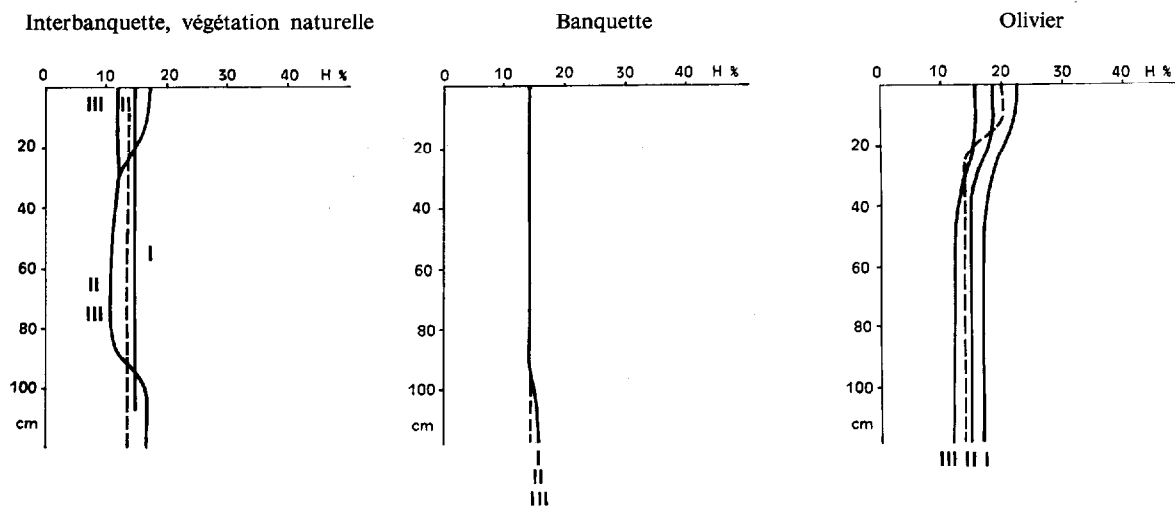


FIG. 3. — Profils hydriques, sols calcaiques mélaniques sur marnes Eocènes.

- I 8 mai 1968
- II 2 juillet 1968
- III 16 août 1968
- humidité au point de flétrissement

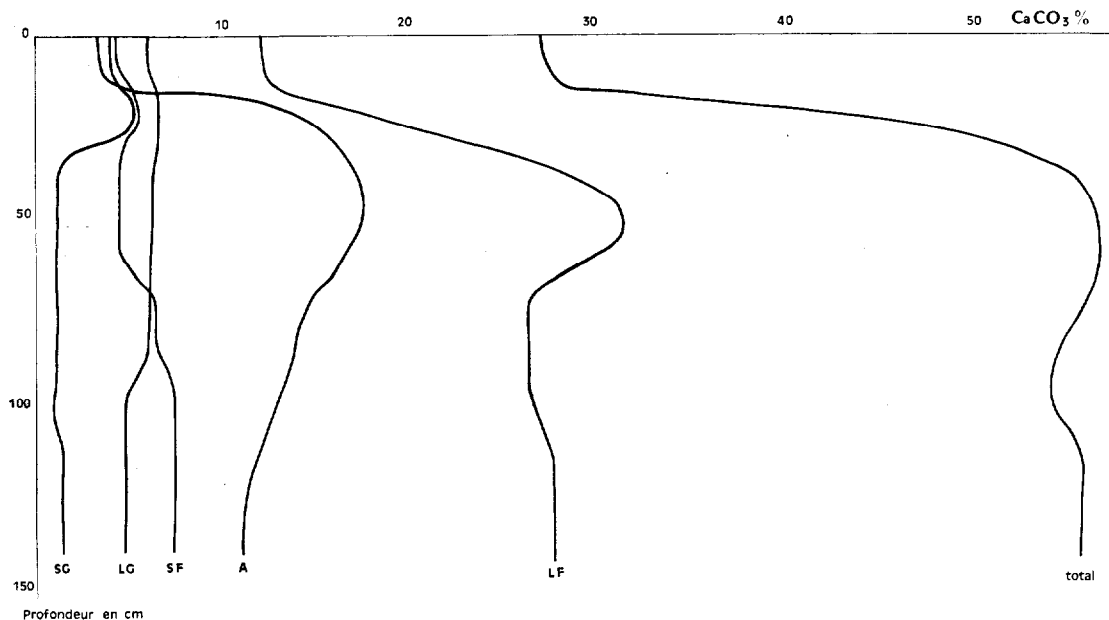


FIG. 4. — Profil 10, distribution du calcaire par classe granulométrique

La matière organique pourra se décomposer plus facilement, profitant d'une période favorable plus longue. Cela conduit à classer cet humus dans un type intermédiaire entre le mull calcique et l'anmoor calcique.

Les analyses du calcaire total mettent en évidence une décalcarification partielle des horizons humifères de surface. Mais comme aucun horizon ne montre d'enrichissement par rapport à la roche mère, il faut admettre un lessivage oblique des horizons de surface. Cependant, le pourcentage de calcaire des fractions argile et limon fin (fig. 4) montre un maxima vers 50 cm. Il y aurait donc un très faible lessivage vertical.

Sols calciques mélaniques sur marnes Oligocènes : Profil 8

Prof.	Altitude : 415 m.
(cm.)	Végétation : doum, lentisque.
	Topographie : pente moyenne, versant ouest.
0- 15	Horizon A ₁₁ noir (2,5 Y 3/1), humifère. Argileux. Non calcaire. Structure polyédrique fine. Quelques inclusions calcaires. Nombreux rhizomes de doum (<i>chamaerops humilis</i>).
15- 25	Horizon A ₁₂ passant du brun foncé au brun-jaune (2,5 Y 4/2) par diminution de la matière organique. Argileux. Non calcaire. Structure polyédrique fine. Inclusions calcaires. Très nombreuses racines de doum.
25- 45	Horizon BCa ₁ brun-jaune (2,5 Y 5/4). Argileux. Calcaire. Structure fondue à débit polyédrique. Revêtements peu marqués. Quelques concrétions calcaires ($\varnothing = 1$ à 2 mm). Nombreuses racines.
45- 70	Horizon BCa ₂ brun-jaune (2,5 Y 6/4). Argileux. Calcaire. Structure polyédrique avec revêtements peu marqués. Quelques concrétions calcaires ($\varnothing = 1$ à 2 mm). Nombreuses racines.
70- 90	Horizon B _{3g} gris bleuté avec taches rouilles. Argileux. Calcaire. Structure polyédrique grossière. Quelques amas de calcaire pulvérulent. Peu de racines.
90-100	Horizon II C ₁ . Zone discontinue de calcaire gris-bleu à patine jaune gréseuse.
Plus de 100	Horizon III C _{2g} bleuté. Nombreuses veines rouilles. Argileux à argilo-limoneux. Calcaire. Structure polyédrique grossière, parfois conchoïdale. Nombreux amas de calcaire pulvérulent (1/2 cm \times quelques mm) en placage sur les agrégats.

Profondeur cm	Granulométrie %					Matière organique %				pH	
	Sg	Sf	Lg	Lf	A	M.O.	C	N	C/N	pâte	eau
0-15	4,0	15,0	12,0	19,0	44,5	5,7	3,30	0,30	10,8	7,2	7,4
15-25	2,0	9,5	10,5	18,0	56,0	3,7	2,16	0,19	11,2	7,0	7,5
25-45	3,5	7,0	10,0	33,0	44,0	0,5	0,30	0,08	3,7	7,6	8,1
45-70	6,0	7,0	10,5	34,5	40,0	0,6	0,36	0,07	5,4	7,8	8,1
70-90	3,5	6,0	10,0	36,0	42,5	0,2	0,12	0,07		7,9	8,2
100-120	5,0	5,0	6,5	38,0	42,0					7,9	8,3
150-170	3,0	7,0	8,0	42,0	35,5					7,9	8,3

Profondeur cm	CaCO ₃ %		Cations échangeables mé/100 g					S T	Ca Mg
	total	actif	Ca	Mg	K	Na	T		
0-15	tr.	tr.	34,7	1,8	1,3	0,5	38,2	Sat.	19
15-25	tr.	tr.	37,4	1,9	1,2	0,7	40,2	Sat.	20
25-45	35,0	17,5	23,0	1,1	0,4	0,6	23,6	Sat.	21
45-70	38,0	16,5	22,5	1,2	0,4	0,6	22,5	Sat.	19
70-90	30,0	16,5	23,1	1,2	0,4	0,6	24,1	Sat.	19
100-120	33,0	17,5			0,3	0,6			
150-170	32,0	16,5			0,3	0,6			

Dans ces sols, où le taux de montmorillonite est toujours voisin de 60 % de la fraction argileuse, l'humus serait de type mull calcique.

La perméabilité des horizons supérieurs de ces sols est assez forte. L'eau s'infiltré rapidement jusqu'au premier banc de calcaire (fig. 5), où elle stagne plus ou moins, en donnant naissance à un pseudogley, avant de s'écouler latéralement, en suivant les plans des dalles calcaires.

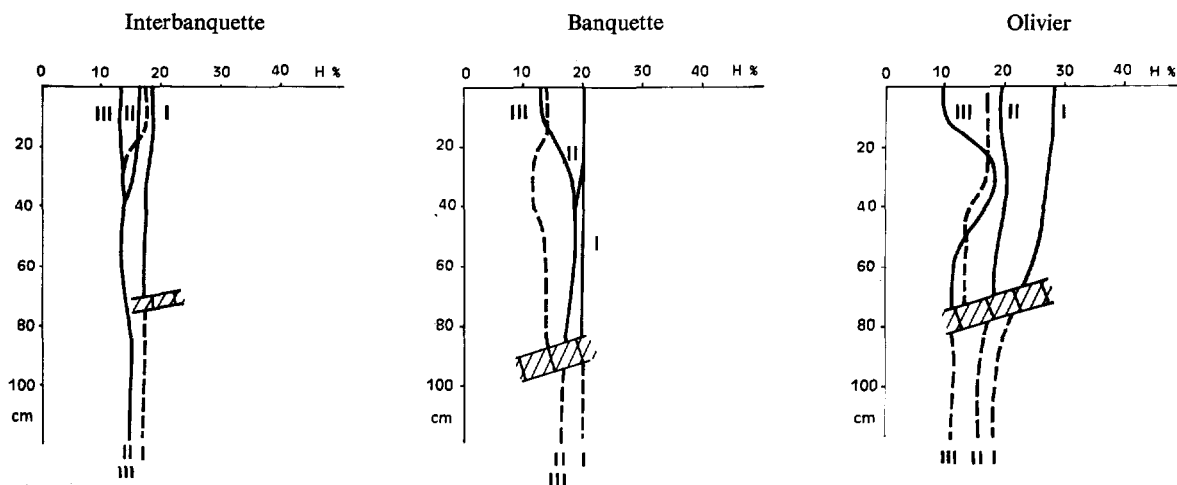


FIG. 5. — Profils hydriques, sols calciques mélaniques sur marnes Oligocènes

I 3 mai 1968

II 1^{er} juillet 1968

III 16 août 1968

--- humidité au point de flétrissement

La répartition du calcaire est marquée par cette dynamique de l'eau : les horizons supérieurs sont lessivés et CaCO₃ se dépose de 25 à 70 cm, au dessus des horizons de pseudogley.

De 70 à 90 cm, on note également une légère décarbonatation, due au lessivage latéral le long des bancs calcaires.

Le schéma de la distribution du calcaire par classe granulométrique (fig. 6), montre, mais de façon moins nette, le phénomène déjà observé dans les sols calciques mélaniques sur marnes crétacées : le pourcentage maximal de calcaire dans une classe granulométrique devient de plus en plus superficiel au fur et à mesure que les particules deviennent plus petites.

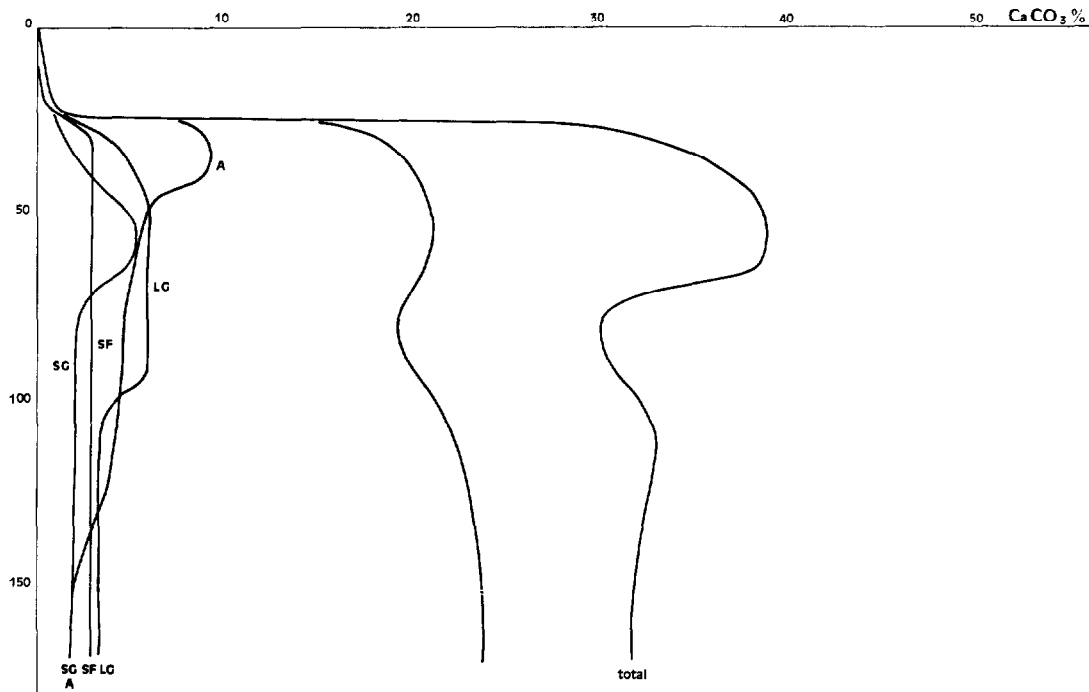


FIG. 6. — Distribution du calcaire par classe granulométrique

Mais, de plus, on remarque que c'est surtout le calcaire de la taille des limons fins qui est soumis au lessivage oblique dans l'horizon B_{3g} .

Les mouvements du calcaire étant limités au dessus du banc calcaire, les amas de calcaire pulvérulent qui apparaissent dans la roche mère, plus en profondeur, doivent être attribués à une diffusion sur place. Cela avait été également mis en évidence, de façon semblable dans les sols marrons sur marnes Oligocènes.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET HYPOTHÈSE SUR LA GENÈSE DES SOLS CALCIFIQUES MÉLANIQUES

La nature de la matière organique et la dynamique du calcium sont les deux faits essentiels qui permettent d'élaborer une théorie sur la formation des sols calciques mélaniques.

La morphologie de l'horizon humifère de surface est très caractéristique, et la belle structure

polyédrique fine se retrouve quelle que soit la roche mère, sur une épaisseur à peu près uniforme de 20 cm. On remarque, de plus, la constance des principaux résultats analytiques :

- la teneur en matière organique, déterminée par la méthode Anne sur des échantillons prélevés en mars 1968, est toujours très élevée, variant de 5 à 8 %;
- le rapport C/N oscille entre 11 et 15;
- le pH pâte entre 7 et 7,5;
- le complexe absorbant est toujours saturé, mais on s'aperçoit de plus que les teneurs en cations sont uniformes, 1,25 mé K⁺/100 g, 1,3 à 1,8 mé Mg⁺⁺/100 g et 35 à 45 mé Ca⁺⁺/100 g.

Tout cela incite à penser que le type de matière organique est toujours le même.

Cette matière organique se formerait aux dépens de l'enracinement et des apports du couvert végétal dense, en particulier ceux du doum (*Chamaerops humilis*). Sa décomposition serait fonction des conditions d'humidité rencontrées.

Tous ces sols calciques mélaniques sont soumis en été à des conditions de sécheresse identiques qui empêchent toute humification, tandis qu'en hiver des différences apparaissent dans le degré et la longueur de la période d'engorgement.

Deux séries de prélèvements effectués, à la fin de la période des pluies, et en période sèche (en particulier pour le profil 2), montrent d'ailleurs une variation du rapport C/N d'une unité :

- 16 en été contre 15 en hiver pour l'horizon de surface, et
- 12 en été contre 10 en hiver pour l'horizon sous-jacent.

Il y aurait donc décomposition de la matière organique pendant la période humide.

D'autre part, il existe des variations du rapport C/N entre les différents sols, dont les causes doivent être recherchées dans les conditions hivernales. En effet, on constate que les sols sur marnes Crétacées, qui s'engorgent de façon très prononcée, ont un humus à rapport C/N de 15, tandis que les sols sur les marnes Eocènes et Oligocènes, plus perméables en surface, ont des rapports C/N voisins de 11. La décomposition de la matière organique et la formation du complexe argilo-humique ne pourront donc s'effectuer que pendant une période limitée, fonction du taux d'humidité du sol. Pour chaque type de sol, la durée favorable sera alors variable, la plus courte ayant lieu dans les sols imperméables sur marnes Crétacées, la plus longue dans les sols très perméables sur Eocène.

Mais le processus fondamental de la formation du complexe argilo-humique n'est pas élucidé. On avait d'abord pensé avec SINGH (1956), que l'humus très noir, intimement lié à l'argile, ne pouvait se former qu'en milieu légèrement acide, cette faible acidité locale étant provoquée par les conditions anaérobies saisonnières. Or des prélèvements effectués en janvier 1969 pendant la période d'engorgement ont démenti cette hypothèse : il n'existe pas de variations du pH pâte. Cependant, la belle structure polyédrique de l'horizon de surface, en opposition à la structure grumeleuse d'un mull calcique, conduit à attribuer une importance prépondérante dans la formation du complexe à la période d'engorgement, en accord avec B. LEPOUTRE (1969).

Ce régime hydrique affectant les horizons de surface, joint aux valeurs caractéristiques vues au début de ce chapitre, permettrait de classer actuellement ce type d'humus comme hydromull calcique, en attendant des vérifications fournies par des analyses sur la composition chimique.

Les mouvements de Ca⁺⁺ sont régis par les mêmes phénomènes que ceux qui prévalent dans la formation du complexe argilo-humique, c'est-à-dire par les alternances d'humectation et de dessiccation.

L'étude des courbes de la distribution du calcaire met en évidence deux faits contradictoires : c'est dans les sols sur marnes crétacées, qui sont les plus imperméables, que l'on remarque l'accumulation

de calcaire la plus importante et la plus profonde ; les sols très perméables sur marnes Eocènes, par contre, ne montrent pas d'accumulation nette de calcaire, et la décarbonatation des horizons de surface est incomplète.

Cette contradiction peut être levée si on considère que la période d'engorgement de surface est nécessaire pour la solubilisation du calcaire et son entraînement. Durant cette période, où la tension de CO_2 serait plus élevée en raison de la décomposition de la matière organique abondante, se formerait du bicarbonate à partir du carbonate de calcium.

Par la suite, en raison de la longue période d'engorgement, l'humectation s'effectuera profondément dans les marnes les plus imperméables, mais au dessous d'un certain taux d'humidité, le calcium se déposera.

Après précipitation des particules fines s'aggloméreront. La profondeur de pénétration de l'eau étant variable, et fonction de la pluviométrie annuelle, la période de dessiccation sera plus longue en profondeur, et la distribution du calcaire par classe granulométrique dans les horizons d'accumulation en traduira le résultat. En effet si l'élévation des teneurs en calcaire dans un horizon provenait d'une altération de plus en plus poussée de la roche mère, un ventre du profil calcaire pour une classe granulométrique donnée serait compensé par une diminution de la teneur en CO_3Ca des classes de texture plus grossière, la teneur totale restant constante.

Le lessivage vertical que nous venons d'envisager n'est pas le seul à se produire, car on ne retrouve pas dans les horizons d'accumulation le taux de calcaire perdu par les horizons supérieurs. Il existe donc un lessivage oblique, qui est d'ailleurs beaucoup plus compréhensible dans ces sols sur pente.

Il faut maintenant envisager la formation des *amas de calcaire pulvérulent* qui correspondraient aux « nodules farineux » de J.H. DURAND, et aux « tâches calcaires » de A. RUELLAN. Ces amas ne se retrouvent que dans les sols sur marnes Crétacées et Oligocènes.

Il a été vu au profil 8 que les amas n'apparaissent que sous les horizons d'accumulation du calcaire, tandis qu'au profil 2 sur Crétacé, l'accumulation du calcaire se poursuit partiellement dans les horizons à amas pulvérulents contenant des agrégats marneux. De plus des analyses ont montré qu'il n'y a pas de différence significative sur la teneur en calcaire de ces horizons, prélevés avec ou sans amas.

Les amas de calcaire pulvérulent proviendraient donc d'une diffusion de CaCO_3 à partir des agrégats marneux, sous l'influence d'une microhydromorphie. Cette microhydromorphie se traduit aussi par la présence de taches rouilles inférieures à 1 mm dans les agrégats marneux.

Il faut enfin noter un résultat annexe à cette dynamique du calcium. Les analyses ont montré que *le pourcentage de calcaire actif* varie peu d'un sol à l'autre, et que cette teneur, toujours élevée, ne semble pas être une fonction simple du calcaire de la taille des argiles et limons fins.

CLASSIFICATION DES SOLS CALCIQUES MÉLANIQUES

Les sols du périmètre de Bou Daroua diffèrent des sols calciques mélaniques décrits précédemment (CPCS, 1967) essentiellement par leur profondeur, liée à la nature de la roche mère. Toutes les autres caractéristiques étant communes, il semble donc actuellement logique de les regrouper.

Le type modal sur marne serait représenté par la série du profil 2. La série du profil 8, sur marnes Oligocènes, entrerait dans un sous-groupe hydromorphe à pseudogley.

La série du profil 10, en raison de la décarbonatation incomplète des horizons de surface ne devrait pas entrer dans la sous-classe des sols saturés. Cependant aussi bien en raison des nombreux caractères communs, que de leur proximité dans l'espace, nous classerons ce sol dans les calciques mélaniques. Mais il serait plus exact de le considérer comme un intergrade entre les rendzines shumifère et les sols calciques mélaniques.

Dans une toposéquence, les sols calciques mélaniques se placent entre les rendzines et les vertisols à drainage externe possible. Leur genèse diffère essentiellement de celle des vertisols par le régime hydrique, et donc par la dynamique du Ca^{++} (HESS et SCHOEN, 1964), mais tous les intermédiaires existent entre les deux types de sol dès l'instant où les conditions d'humidité s'accroissent.

Le groupe des sols calciques mélaniques devrait donc être considéré comme une unité intergrade entre les sols calcimagnésiques, et les vertisols.

Janvier 1969.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), 1965. — Classification des sols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. III, fasc. 3, pp. 269-288.
- BREWER (R.), 1960. — Cutans : their definition, recognition, and interpretation. *J. Soil Sci.*, vol. XI, n° 2, pp. 280-292.
- Commission de Pédologie et de cartographie des sols, 1968. — Classification des sols. *Ed. 1967, C.P.C.S., Grignon*, 87 p. multigr.
- DURAND (J.H.), 1953. — Etude géologique, hydrologique et pédologique des croûtes en Algérie. *Serv. Et. Sci., Alger*, 209 p.
- DURAND (J.H.), 1956. — Les croûtes calcaires s.l. d'Afrique du Nord étudiées à la lumière de la Bio-Rhexistasie. *Serv. Et. sci. Trav. sect. Pédol. Agrol.*, Bull. n° 2, 19 p.
- DURAND (R.), 1968. — Etude pédologique du périmètre de Bou Daroua. *Ann. Rech. for. Maroc* t. 11 (en préparation).
- HESS (C.), SCHORN (U.), 1964. — Tirsification et classification des vertisols. Apport de l'analyse minéralogique des argiles à la connaissance des tirs. *Al Awamia*, 13, pp. 41-92.
- LEPOUTRE (B.), SAUVAGEOT (A.), 1967. — Une détermination des capacités d'échange et des taux de saturation respectifs de la matière organique et des minéraux argileux dans le complexe adsorbant des sols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. V, n° 2, pp. 219-240.
- LEPOUTRE (B.), SAUVAGEOT (A.), 1969. — Pédogénèse et vocations forestières des sols sur marnes miocènes de la région de Fes.
- MATTAUER (M.), 1961. — Sur l'allure du sillon eugéosynclinal d'Afrique du Nord. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, pp. 32-33.
- MATTAUER (M.), 1962. — Sur les directions de courant mesurées dans le Crétacé inférieur du Rif central et leurs conséquences structurales. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, pp. 7-8.
- RUELLAN (A.), 1968. — Les horizons d'individualisation et d'accumulation du calcaire dans les sols du Maroc. *Internation. Congr. Soil Sci. 9, Adélaïde*, vol. IV, pp. 501-510.
- SERVAT (E.). — Cours de pédologie. ENSA, Montpellier.
- SINGH (S.), 1956. — The formation of Dark-Coloured Clay - Organic Complexes in Black soils. *J. Soil Sci.*, vol. VII, n° 1, pp. 43-58.
- SUTER (G.), 1965. — La région du moyen Ouerrha (Rif, Maroc) : étude préliminaire sur la stratigraphie et la tectonique. *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 183, pp. 7-17.
- SUTER (G.), FIECHTER (G.G.), 1966. — Le Rif méridional atlantique (Maroc) : aperçu structural sur la région de Zoumi-Ouezane et le pays du Habt (Larache). *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 188, pp. 15-18.