

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS CALCIQUES MELANIQUES DU PRERIF OCCIDENTAL

Périmètre de Bou Daroua — Ouezzane — Maroc

R. DURAND *

Collaboration technique : A. SAUVAGEOT **

SOMMAIRE

- I. Introduction
- II. Conditions du milieu
 - A. Climat
 - B. Géologie
- III. Description des sols
 - A. Principales caractéristiques des sols calcaiques mélaniques et des unités intergradés voisines
 - 1. Série du profil 2, sur marnes crétacés
 - 2. Série du profil 10, sur marnes éocènes
 - 3. Série du profil 8, sur marnes oligocènes
 - B. interprétation des résultats et hypothèse sur la génèse des sols calcaiques mélaniques
 - 1. Matière organique
 - 2. Calcaire
- IV. Classification des séries de sols décrites

* 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.

I. 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 baptisés, soit rendzines noires soit « tirs de coteaux ».

II. Conditions du 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 ravines à régime torrentiel ;

— à l'ouest, une série de collines à relief mou se raccordent lentement à la vallée.

A. 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.

* Je tiens à remercier M. B. LEPOUTRE, Docteur-Ingénieur, Directeur de recherche ORSTOM, qui a guidé mes travaux, tant sur le terrain qu'au laboratoire, et qui m'a maintes fois aidé, aussi bien dans la résolution des problèmes qui se posaient, que dans la rédaction de cette note.

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

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

B. 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 G.), soit largement charriée (MATTAUER M.), 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 Prérif, 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 bleu du Crétacé.

III. 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.

Les sols présentés dans cette note appartiennent, soit au groupe des sols calciques mélaniques, soit à des unités intergrades avec des groupes d'autres sous-classes.

A. Principales caractéristiques des sols calciques mélaniques et des unités intergrades voisines.

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 adsorbant 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.

1. Série du profil 2, sur marnes crétacées. (TABL. I a et b)

Altitude : 285 m

Végétation : doum, lentisque, asphodèle

Topographie : pente faible, versant nord

- 0 cm : Horizon Al_1 noir (2,5 Y 3/0), humifère. Argileux, non calcaire structure polyédrique fine. Inclusions calcaires. Nombreuses racines.
- 20 cm : Horizon Al_2 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 cm : 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 cm : Horizon Bca₂ jaune (2,5 Y 7/3). Argileux. Calcaire. Structure massive à débit angulaire. Revêtements. Quelques amas de calcaire pulvérulent. Racines assez nombreuses.
- 95 cm : Horizon C/Bca₂ 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 mm d'épaisseur, et de taille moyenne 5 x 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.
- 150 cm : 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.

TABLEAU I-a

Prof. cm	Granulométrie %					Matière organique %				pH	
	Sg	Sf	Lg	Lf	A	MO	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	7,5
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	7,8	38,0	45,0	46,0	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

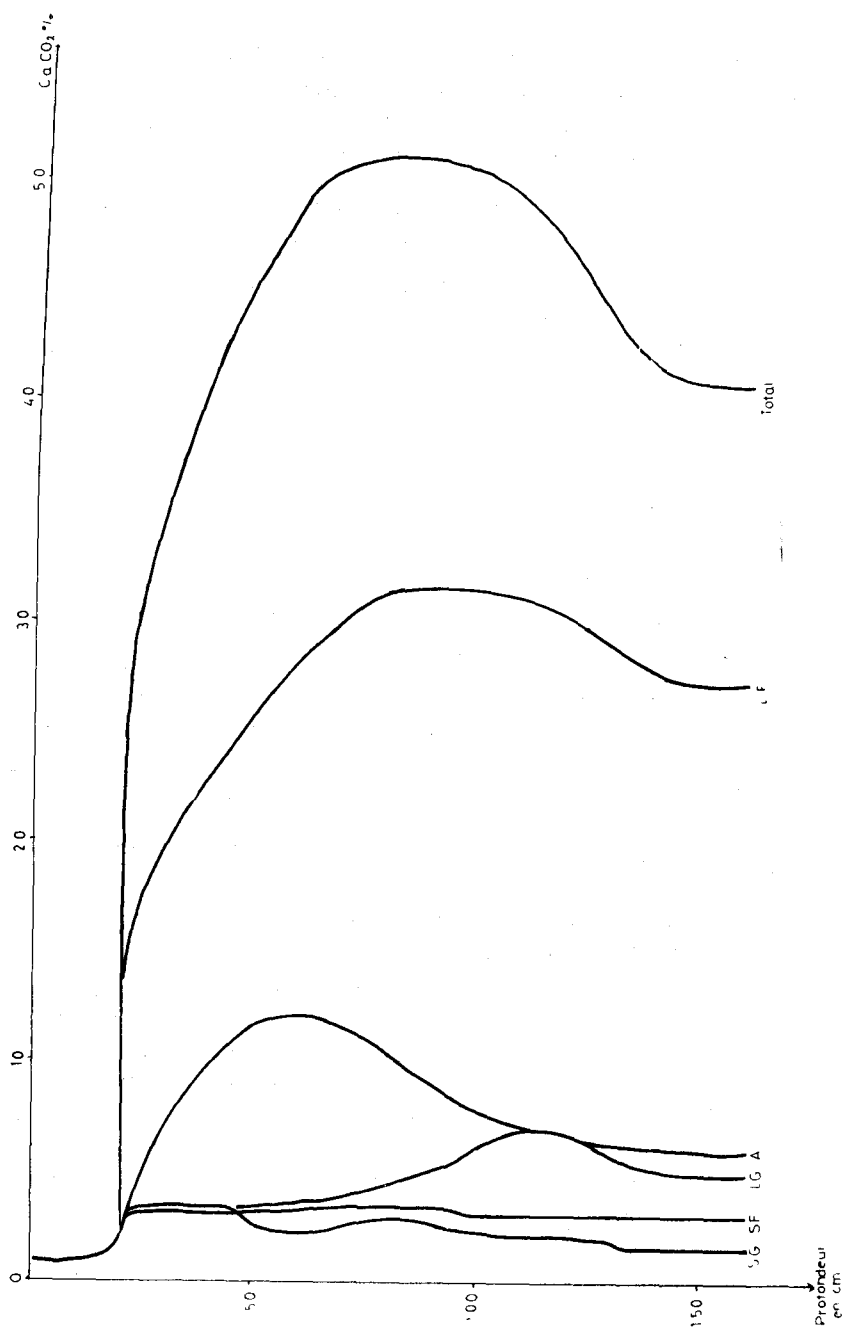
TABLEAU I-b

Prof. cm	CaCO ₃ %		Cat. échang. méq/100 g					S	Ca	Humidité	
	tot	act	Ca	Mg	K	Na	T	T	Mg	% flétri.	
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).

FIGURE I

Profil 2 - Distribution du calcaire par classe granulométrique



La perméabilité est faible ; l'étude d'un profil hydrique situé près du P2 (FIG. 1) montre sous végétation naturelle un engorgement temporaire des horizons superficiels en février-mars, et une sécheresse très prononcée de ces mêmes horizons en juillet-août.

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	
	MO calcination	MO Anne	O	N	Calcination	Anne
0-20	9,8	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 maxima 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 maximum 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.

2. Série du profil 10, sur marnes éocènes. (TABL. II a et b)

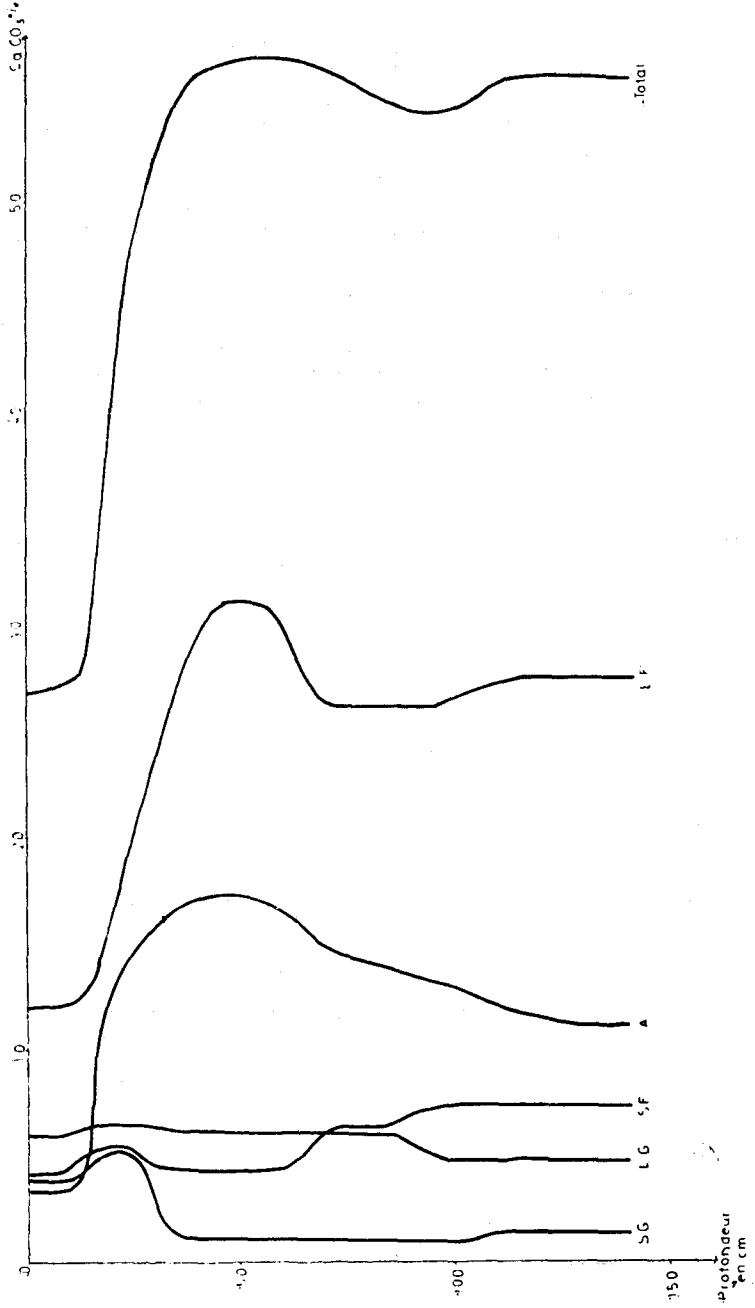
Altitude : 325 m

Végétation, doum, lentisque

Topographie : sommet de butte : pente très faible.

FIGURE II

Profil 10 - Distribution du calcaire par classe granulométrique



- 0 cm : Horizon A₁ noir (5 Y 4/1), lumière. Argileux. Calcaire. Structure polyédrique fine. Forte cohésion. Nombreux rhizomes de doum.
- 15 cm : Horizon Al₂ passant du brun-foncé au brun-jaune (5 Y 5/2). Argileux. Calcaire. Structure massive à débit polyédrique fin. Forte cohésion.
- 30 cm : Horizon Bca₁ gris-jaune (5 Y 7/4). Argileux. Très calcaire. Structure angulaire plus ou moins fondue. Faible cohésion.
- 65 cm : Horizon Bca₂ 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 cm : Horizon C/Bca₂ 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.
- 105 cm : Horizon C : Marnes gris-bleu (5 Y 8/3, à cassure conchoïdale. Très forte cohésion. Bandes rouillées (10 YR 6/8, plus ou moins parallèles.

TABLEAU II a

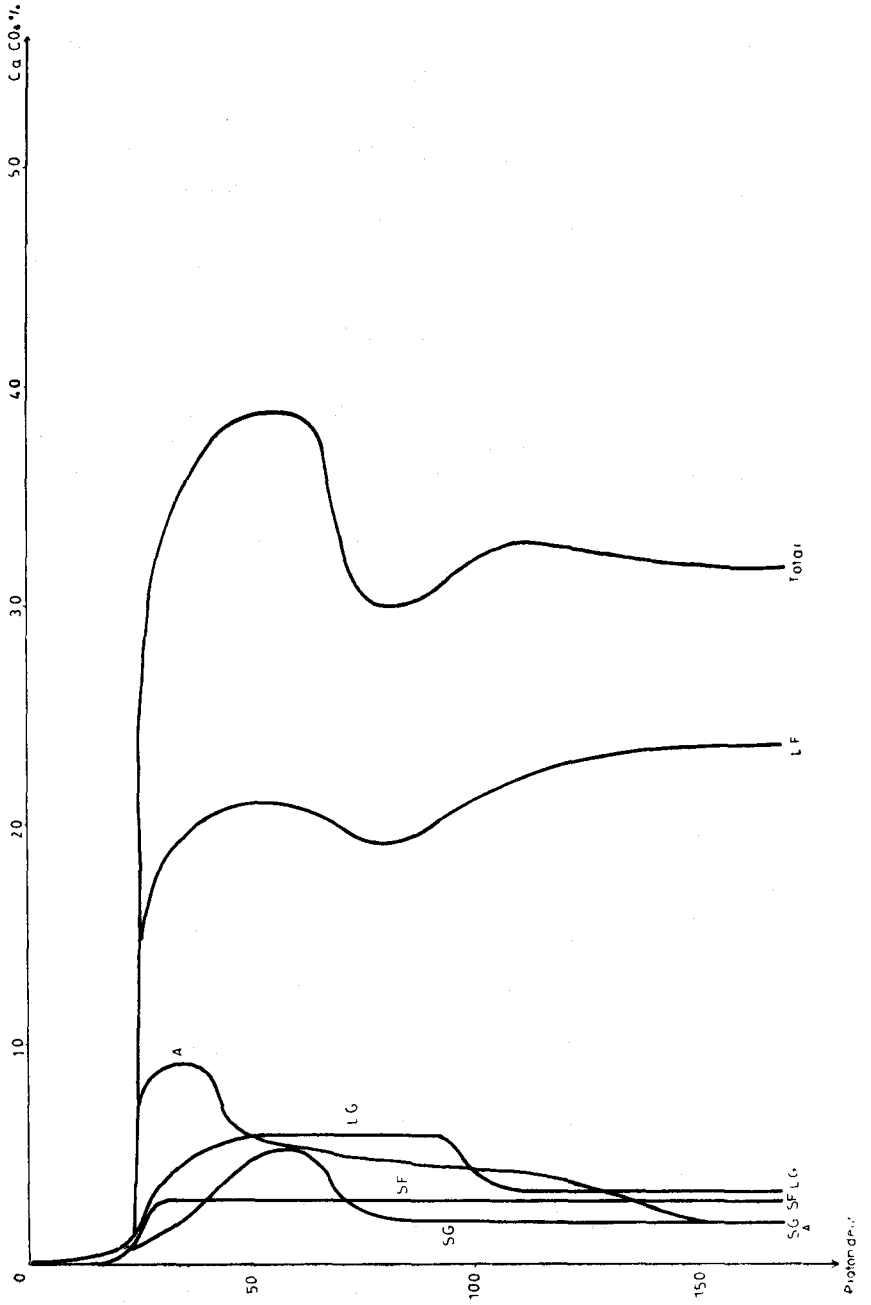
Prof.	Granulométrie %					Matière organique %				pH	
	Sg	Sf	Lg	Lf	A	MO	C	N	C/N	pâte	eau
0-15	5,5	5,5	9,5	25,0	49,0	5,8	3,36	0,30	11,2	7,5	7,5
15-30	6,5	6,0	8,5		50,0	3,2	1,83	0,16	10,2	7,5	7,6
30-65	2,0	5,0	7,0	36,0	49,5	1,2	0,71	0,07	10,3	7,8	8,1
65-90	2,0	7,0	7,0	33,0	46,5	0,5	0,30	0,04	6,9	7,8	8,2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

TABLEAU II b

Prof. cm	CaCO ₃ %		Cat. échang. méq/100 g					S	Ca	Humidité	
	tot.	act.	Ca	Mg	K	Na	T	T	Mg	%	flétri.
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		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

FIGURE III

Profil 8 - Distribution du calcaire par classe granulométrique



Comme pour la série précédente, on peut estimer à partir de la capacité d'échange, que la montmorillonite est voisine de 60 %.

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.

La matière organique pourra se décomposer plus facilement, profitant d'une période favorable plus longue. Ceci 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 décalcification 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. 2) montre un maximum vers 50 cm. Il y aurait donc un très faible lessivage vertical.

3. Série du profil 8, sur marnes oligocènes. (TABL. III a et b)

Altitude : 415 m

Végétation : doum, lentisque

Topographie : pente moyenne, versant ouest

- 0 cm : Horizon A₁ noir (2,5 Y 3/1), humifère. Argileux. Non calcaire. Structure polyédrique fine. Quelques inclusions calcaires. Nombreux rhizomes de doum (*Chamaerops humilis*)
- 15 cm : Horizon A₂ passant du brun-foncé au brun-jaune (2,5 Y 5/4). Argileux. Calcaire. Structure fondue à débit polyédrique. Revêtements peu marqués. concrétions calcaires ($\phi = 1$ à 2 mm). Nombreuses racines.
- 45 cm : Horizon Bca₂ brun-jaune (2,5 Y 6/4). Argileux. Calcaires. Structure polyédrique avec revêtements peu marqués. Quelques concrétions calcaires ($\phi = 1$ à 2 mm). Nombreuses racines.
- 70 cm : Horizon B_{3g} gris bleuté avec taches rouilles. Argileux. Calcaire. Structure polyédrique grossière. Quelques amas de calcaire pulvérulent. Peu de racines.
- 90 cm : Horizon IIC₁. Zone discontinue de calcaire gris bleu à pâtre jaune gréseuse.
- 100 cm : Horizon III C_{3g} bleuté. Nombreuses veines rouilles. Argileux à argilo-limoneux. Calcaire. Structure polyédrique grossière, parfois conchoïdale. Nombreux amas de calcaire pulvérulent (1/2 cm x quelques mm) en placage sur les agrégats.

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

TABLEAU III a

Prof. cm	Granulométrie %					Matière organique %				pH	
	Sg	Sf	Lg	Lf	A	MO	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		8,1
45-70	6,0	7,0	10,0	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

TABLEAU III b

Prof. cm	CaCO ₃ %		Cat. échang. méq/100 g					S	Ca
	tot.	act.	Ca	Mg	K	Na	T	T	Mg
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	—	—	—

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.

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 ; lessivage latéral le long des bancs calcaires.

Le schéma de la distribution du calcaire par classes granulométriques (FIG. 3), montre, mais de façon moins nette, le phénomène déjà observé dans les sols développés sur marnes crétacées : le pourcentage maximum de calcaire dans une classe granulométrique devient de plus en plus superficiel au fur et à mesure que les particules deviennent plus petites.

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. Ceci avait été également mis en évidence, de façon semblable dans les sols marrons sur marnes oligocènes.

B. *Interprétation des résultats et hypothèse sur la genèse des sols calciques 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.

1. Matière organique

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 méq K⁺/100 g, 1,3 à 1,8 méq Mg⁺⁺/100 g et 35 à 45 méq Ca⁺⁺/100 g.

Tout ceci 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 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 Crétacés, la plus longue dans les sols 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.

2. Calcaire

Les mouvements de Ca^{++} sont régis par les mêmes phénomènes que ceux qui prévalent à 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 de décarbonatation des horizons de surface 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, du bicarbonate se formerait 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 p'us 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 « taches 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 pulvérulent 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 nous 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.

IV. Classification des séries de sols décrites

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 considérer comme intergrades entre les rendzines humifères et les sols calciques mélaniques.

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 humifères 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.

Manuscrit déposé le 23 janvier 1969

بـودرة

درس الباحث في ناحية وزان الاراضى واقسام خريطة لدراسة تكوين الاثرية في محيط بودرة (مشروع منظمة التغذية العالمية) F.A.O. وقد اظهر العلاقة الموجودة بين مختلف شروط البيئة ونوع الاراضى الارزين Rendzines اراضى انكاسية المانية المتحولة الى التيرس. وفي هذا البحث يدرس الباحث بصفة خاصة الاراضى الكلسية المانية وتوزيع الكلسيوم في مختلف الطبقات المكونة — وكذلك سرعة الماء في المظهر الجانبى — ويقترح أخيرا بعض التعديلات في التصنيف .

RÉSUMÉ

Dans la région d'Ouezzane, l'auteur étudie les sols et dresse la carte pédologique du périmètre de Bou Daroua (projet FAO).

Il montre la liaison qui existe entre les différentes conditions de milieu et le type de sol : rendzines, sols calciques mélaniques, sols vertiques.

Dans cette note, il étudie particulièrement les sols calciques mélaniques et la répartition du calcium dans les différentes classes texturales, ainsi que le régime de l'eau dans le profil.

Il propose enfin quelques amendements de classification.

RESUMEN

En la región de Ouezzan, el autor estudia los suelos y prepara el mapa pedológico del perímetro de Bou Daroua (Proyecto FAO).

El autor muestra el enlace que existe entre las diferentes condiciones del medio y el tipo de suelo : redzinas, suelos cálcicos melánicos, suelos vérticos.

En este trabajo, el autor estudia particularmente los suelos cálcicos melánicos y la repartición del calcio en las diferentes clases texturales así como el régimen del agua en el perfil.

El autor propone al final algunas modificaciones en la clasificación.

SUMMARY

On the pre-Rif mountains of Ouezzane, the author studies and inventories the soils on the Bou-Daroua F.A.O. project.

The shows the relationship between different ecological conditions and types of soils : rendzinas, calcique melanique soils, and vertisoils. The «calcique-melanique» soils are his main topic, and the author gives some analytical results concerning the distribution of the calcareous partiels among the different horizons and teptural classes.

The also studies the movement of water in the soil during the year.

Finally he proposes some modifications in the soil classification system.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, G. — 1965. Classification des sols. Cahiers ORSTOM, Pédologie.
- BREWER, R. — 1960. Cutans : Their definitions, recognition, and interpretation. — *Journal of Soil Science*, **11**, pp. 280-292.
- DURAND, J.H. — 1953. Etude géologique, hydrologique et pédologique des croûtes en Algérie. — *Serv. des Etudes Sci.*, 209 p., Alger.
- 1956. Les croûtes calcaires s.l. d'Afrique du Nord étudiées à la lumière de la Bio-Rhexistase. — *Serv. des Etudes Sci. Pédologie et Agrolologie*, Bulletin n° 2.
- DURAND, R. — 1968. Etude pédologique du périmètre de Bou Daroua. — *Ann. Rech. For. Maroc*, (en préparation).
- HESS, C. et U. SCHOEN. — 1964. Tirsification et classification des vertisols. Apport de l'analyse minéralogique des argiles à la connaissance des tirs. — *Al Awamia*, **13**, pp. 49-92.
- LEPOUTRE, B. et A. SAUVAGEOT. — 1967. Une détermination des capacités d'échange et des taux de saturation respectifs de la matière organique et des minéraux argileux dans le complexe absorbant des sols. — *Cahiers ORSTOM, Pédologie*, vol. V, n° 2, pp. 219-240.
- LEPOUTRE, B. — 1969. Les sols formés sur marnes helvétiques et tortoniennes de la région de Fes et leurs vocations forestières. — *Ann., Rech. For. Maroc.*, T. **10** (en préparation).
- RUELLAN, A. — 1968. Les horizons d'individualisation et d'accumulation du calcaire dans les sols du Maroc. — *Comm. 9^e Congrès Intern. Science du Sol, Adelaïde*.
- SERVAT, E. — *Cours de pédologie*. — Ensa Montpellier.
- SINGH, S. — 1956. The Formation of Dark-Coloured Clay — Organic Complexes in Black Soils. — *Journal of Soil Science*, Vol. 7, n° 1 pp. 43-58.

SUTER, G. — 1965. La région du moyen Ouerrha (Rif, Maroc) : étude préliminaire sur la stratigraphie et la tectonique. — N. et M. Serv. Géol. Maroc n° 183, pp. 7-17.

SUTER, G. et G.G. FIECHTER. — 1966. Le rif méridional atlantique (Maroc : aperçu structural sur la région de Zoumi-Ouezzane et le pays du Habt (Larache). — Ibid n° 188, pp. 15-18.

TRAVAUX CPCS. — 1967. Classification des sols.