

INQUA
8° Congrès International
PARIS - 1969

Le développement au cours du Quaternaire
des sols à profil calcaire différencié de
la plaine du Zebra (Maroc Oriental).
Interprétation paléoclimatique.

=====

par
Alain RUELLAN
Pédologue ORSTOM

Partout au Maroc, les terrasses étagées le long des oueds sont fréquentes. Dans une zone donnée, ces terrasses peuvent être nombreuses : elles constituent alors une échelle chronologique assez fine en fonction de laquelle il est intéressant d'étudier les variations pédologiques.

Cette étude des sols en fonction des niveaux quaternaires a été fréquemment réalisée, au Maroc et ailleurs. Pour le Maroc, on doit en particulier citer les travaux de pédologues, tels ceux de PUJOS (1957), HEUSCH (1960), HUBSCHMAN (1967), RUELLAN (1962, 1967) et les travaux de géographes et géologues, tels ceux de CHOUBERT (1957), GIGOUT (1960), RAYNAL (1961), JOLY (1962), MAURER (1968) et BEAUDET (1969). Ces études ont permis à leurs auteurs d'élaborer un certain nombre d'hypothèses et d'interprétations sur l'évolution des sols au cours du Quaternaire, l'accent étant mis sur l'importance des paléosols et des paléomécanismes pédologiques et géomorphologiques ; ces paléosols seraient les témoins des oscillations climatiques du Quaternaire.

La présente note est une nouvelle contribution à ces études. A partir d'un exemple analysé en détail dans la plaine du Zebra, les hypothèses admises jusqu'à présent seront discutées et de nouvelles interprétations seront proposées.

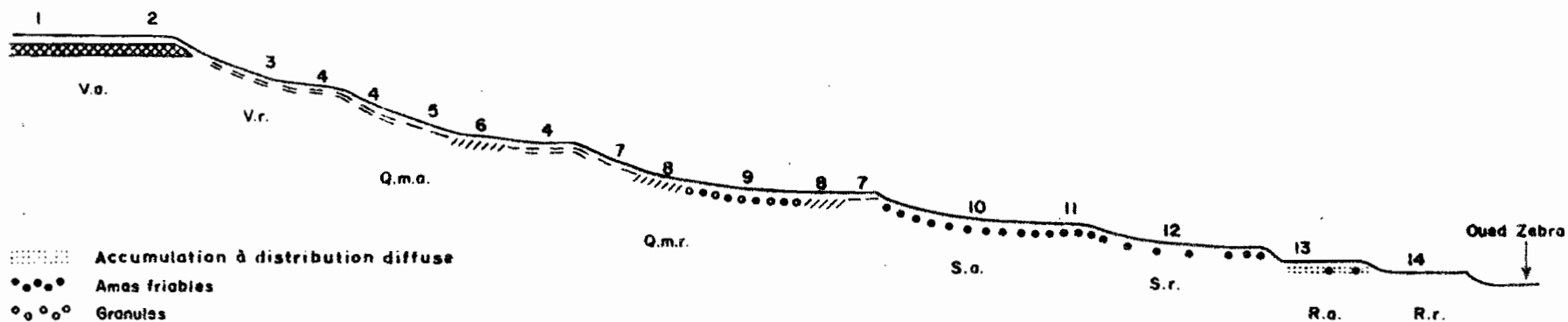
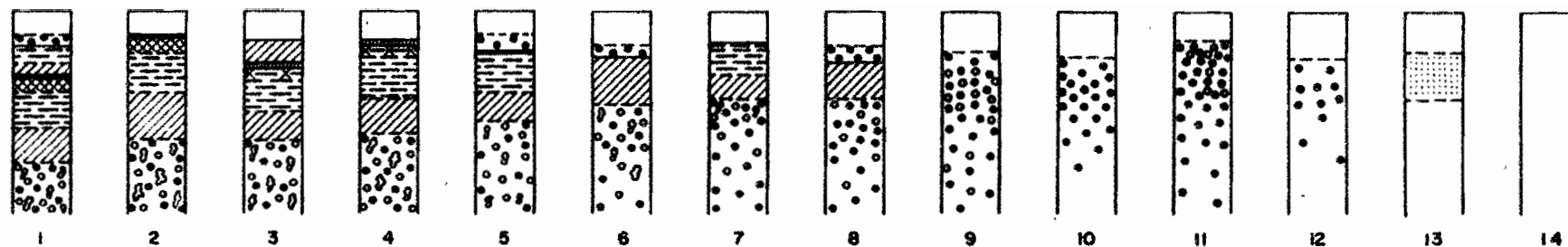
I. Les faits : la différenciation des sols en fonction des niveaux quaternaires.

La plaine du Zebra, située dans le Maroc Oriental, à une trentaine de kilomètres de la Méditerranée, appartient au bassin de la Basse Moulouya. Le climat y est méditerranéen aride chaud avec 250-300 mm de précipitations moyennes annuelles, un quotient pluviothermique d'Emberger de 35 et un indice global de Thorntwaite de 40.

Cette plaine est comblée par des sédiments calcaires continentaux, pliocènes et quaternaires, superposés ou emboîtés selon les lieux. Le long de l'oued Zebra, qui coule au centre de la plaine, on peut reconnaître huit niveaux étagés de glacis-terrasses (RUELLAN, 1962) :

- Deux très basses terrasses que j'appellerai Rharien récent et ancien.
- Deux basses terrasses : Soltanien récent et ancien.
- Deux terrasses moyennes : Quaternaire moyen récent et ancien.
- Deux hautes terrasses : Villafranchien récent et ancien.

Dans l'ensemble de la plaine, la très grande majorité des sols sont, d'après la classification française de G.AUBERT (1965), des sols bruns isohumiques subtropicaux, calcaires dès la surface (sous-groupes brun-rouge et encroûté); dans le cadre de la classification américaine (U.S.D.A., 1967), ce sont des aridisols : calciorthids et paleorthids mollic. Ces sols sont principalement caractérisés par la morphologie de leur profil calcaire : ce sont des sols à profil calcaire plus ou moins différencié (RUELLAN, 1970).



- ⋯⋯⋯ Accumulation à distribution diffuse
- Amas friables
- Granules
- ⊗⊗⊗⊗ Nodules
- ////// Encroûtement non feuilleté
- ==== Croûte
- ⊗⊗⊗⊗⊗ Dalle compacte
- ===== Pellicule rubanée

- V.a. : Villefranchien ancien
- V.r. : _____ récent
- Q.m.a. : Quaternaire moyen ancien
- Q.m.r. : _____ récent
- S.a. : Soltanien ancien
- S.r. : _____ récent
- R.a. : Rharbien ancien
- R.r. : _____ récent

Morphologie de l' horizon Bca dans les sols situés sur les terrasses quaternaires de l'oued Zebra.
 (Longueur de la coupe : quelques centaines de mètres ; différence d'altitude entre
 V.a. et R.r. : quelques dizaines de mètres)

1°) Le Rharbien récent : cette terrasse est située presque au niveau de l'oued et sa construction se poursuit encore actuellement à chaque grosse crue. Les sols que l'on y trouve sont peu évolués, à profil calcaire non différencié (voir, pour exemple, le profil n°NL2, décrit en annexe) :

- Les matériaux sont souvent, dans un même sol, très hétérogènes et les profils calcaires et argileux sont alors irréguliers, en dents de scie. Mais, quand on se trouve dans une zone d'alluvions homogènes, on constate que les sols sont uniformément calcaires et argileux.

- Sur ces niveaux, plus souvent mouillés que ceux qui les dominent, la couverture végétale, herbeuse et arbustive, est assez dense d'une façon presque permanente et l'on constate que la couleur des horizons de surface est en moyenne plus foncée que celle des sols de l'ensemble de la région: 4/4.

- La structure est peu développée et uniquement dans les horizons supérieurs. Les éléments coprogènes sont cependant en quantités importantes, même dans les horizons inférieurs où la structure massive, continue, est dominante.

- Les teneurs en matière organique ne sont pas pour autant plus élevées en surface que celles que l'on connaît habituellement dans la région (1,5 - 2,5 % en moyenne). Mais la répartition en profondeur est différente : elle est très isochimique, voire même irrégulière ; de fortes teneurs (1 %) peuvent se maintenir jusqu'à plus d'un mètre et les changements brutaux de texture s'accompagnent quelquefois d'une augmentation de la richesse organique. Tout ceci est typique d'un sol fréquemment enfoui sous de nouveaux dépôts sur lesquels il se reconstitue, assez rapidement semble-t-il.

- La salure et l'alcalisation sodique sont toujours faibles ; par contre, l'alcalisation magnésienne (Mg et CO_3Mg) est assez fréquente.

-Enfin, ces sols contiennent de l'attapulgite (30-40% de la fraction argileuse non calcaire) , mais, en général, uniquement en profondeur, au-delà de 50 cm environ (MILLOT, PAQUET, RUELLAN, 1969 ; PAQUET, 1969).

2°) Le Rharbien ancien : les sols y sont déjà nettement mieux différenciés (exemple : profil n° 11-1-60-2, décrit en annexe) :

- Les horizons de surface sont un peu moins riches en calcaire que les horizons C, et, en profondeur, une accumulation diffuse peut exister, accompagnée ou non de quelques amas calcaires. Souvent, on ne constate qu'une légère augmentation progressive des teneurs en calcaire, sans "ventre". Les sols sont donc à profil calcaire peu différencié.

- Le profil textural argileux présente, soit un "ventre" d'accumulation, peu accentué mais net, soit seulement un horizon A plus pauvre en argile que le C. Dans l'ensemble, la texture des matériaux est plus homogène.

- La couleur des horizons de surface est maintenant celle des sols de l'ensemble de la région : très claire ($> 4/4$). En profondeur, il n'y a aucune rubéfaction discernable.

- Le profil structural est mieux différencié que celui des sols de la première terrasse. En surface, la structure polyédrique à nuciforme est celle de tous les sols calcaires de la plaine. En profondeur, dans les ébauches d'horizons B, on passe à des structures polyédriques moyennes assez mal développées, puis, dans les horizons C, à des structures massives.

- Le profil organique est déjà ce qu'il est en moyenne dans l'ensemble des sols calcaires de cette zone aride du Zebra, avec 1,5-2,5 % de matières organiques totales en surface et une décroissance assez rapide en fonction de la profondeur (0,4-0,6 % vers 50 cm de profondeur).

- Salure et alcalisation sont identiques à celles des sols sur Rharbien récent. L'alcalisation magnésienne est cependant plus fréquente.

- Les teneurs en attapulгите sont également les mêmes, mais apparaissent dans le profil à des profondeurs moins grandes.

3°) Le Soltanien : sur ces terrasses, tous les sols sont à profil calcaire moyennement différencié (exemples : profils n° 31-12-59-2 et 13-4-59-6, décrits en annexe) :

- Les horizons A restent fortement calcaires : l'appauvrissement noté dans les sols de la terrasse précédente ne s'accroît pas et il en sera de même jusqu'aux plus hauts niveaux.

- Les horizons Bca, d'accumulation du calcaire, ne sont jamais très développés : ils sont à amas friables sur le niveau récent, à amas plus nombreux et fréquemment accompagnés de granules sur le niveau ancien. Mais, à part quelques exceptions dues à des positions topographiques très favorables (rebords de terrasses à texture très grossière, par exemple), les nodules sont rares et il n'y a presque jamais d'encroûtements calcaires. La teneur maximum en calcaire se situe le plus souvent entre 30 et 40 %.

- Le profil textural argileux est bien développé, surtout dans les sols du niveau ancien où la rubéfaction des horizons B, encore assez discrète sur le Soltanien récent, devient nette.

- La structure des horizons B est encore assez grossière sur le niveau récent ; elle est, par contre, finement polyédrique à facettes lissées, bien développée, sur le niveau ancien.

- La salure et l'alcalisation sodiques, généralement absentes du niveau récent, peuvent être très développées sur le niveau ancien où, par ailleurs, l'attapulгите apparaît presque dès la surface.

En somme, c'est sur les terrasses du Soltanien ancien que l'on trouve, pour la première fois, le sol caractéristique, modal, de la plaine aride du Zebra : sol à profil calcaire moyennement différencié, à Bca contenant des amas et parfois des granules, calcaire dès la surface, de couleur très claire ; le profil textural argileux est bien différencié ; l'horizon B est rubéfié, bien structuré ; salure et alcalisation sont importantes dès quelques dizaines de centimètres de profondeur ; l'attapulгите est présente presque dès la surface.

4°) La terrasse récente du Quaternaire moyen : le passage à ce niveau, quand on vient de la terrasse située juste à l'aval, s'accompagne d'une modification importante des sols, principalement des profils calcaires. En effet :

- Les formes de concentration discontinue du calcaire (amas, granules, nodules), presque toujours absentes des dépôts quaternaires récents, se généralisent sur toute l'épaisseur des formations du Quaternaire moyen.

- Dans les horizons Bca des sols à profil calcaire moyennement différencié, les teneurs en calcaire atteignent et dépassent souvent 40 % et l'individualisation du calcaire est importante : amas friables, granules et nodules sont abondants.

- Les sols à profil calcaire moyennement différencié sont étroitement associés à des sols à profil calcaire très différencié : ce niveau est en effet celui de l'apparition des encroûtements calcaires en un certain nombre de points où les conditions texturales et surtout topographiques leur sont favorables. Ces encroûtements ne sont cependant jamais très développés : il s'agit le plus souvent de sols à encroûtement non feuilleté ou de sols à croûte tendre et peu épaisse (10 à 30 cm de croûte sur 10 à 30 cm d'encroûtement massif ou nodulaire) (voir en annexe les profils n° 1-4-59-4 et 1-3-60-14).

- Cette accentuation de l'importance de l'horizon Bca n'est accompagnée d'aucune diminution des teneurs en calcaire des horizons de surface : la tendance serait même plutôt dans l'autre sens.

Pour ce qui est des autres caractéristiques des sols, il n'y a guère de modifications importantes, si ce n'est la généralisation des phénomènes de salure et d'alcalisation dans les horizons B et C et le développement de l'attapul-gite qui apparaît dès la surface et atteint près de 100 % de la fraction argileuse dans les encroûtements.

5°) La terrasse ancienne du Quaternaire moyen : cette terrasse est en général plus fréquente, plus importante, que la précédente. Pour ce qui est des sols, elle est surtout marquée par le développement des encroûtements qui couvrent des surfaces proportionnellement plus importantes et qui deviennent plus épais et plus durs. Des ébauches de dalles compactes peuvent apparaître.

6°) Le Villafranchien récent : ce niveau est celui de la disparition des sols sans encroûtement et même des sols où l'encroûtement se limite à un horizon non feuilleté. Tous les sols sont à croûte durcie dont les premiers centimètres sont fréquemment de la dalle compacte.

7°) Le Villafranchien ancien : c'est le niveau le plus élevé sur lequel les encroûtements calcaires sont généralisés et puissants : leur épaisseur atteint et dépasse fréquemment le mètre et la dalle compacte est presque toujours présente (voir en annexe le profil 16-4-59-1 + 4-5-68-3 + 19-3-63).

II. L'interprétation des faits : la différenciation des sols au cours du Quaternaire.

A. Les hypothèses admises .

Il est en fait assez rare, dans l'ensemble du Maroc, et même le long de l'oued Zebra, de retrouver groupés les huit niveaux décrits dans le paragraphe précédent. Le plus souvent, seuls quatre niveaux sont présents :

- Une basse terrasse, rharbienne, portant des sols peu évolués.
- Une terrasse soltanienne sur laquelle les sols sont beaucoup plus évolués, à profil calcaire moyennement différencié.
- Une terrasse du Quaternaire moyen, en général attribuée au Tensiftien : la majorité des sols y sont à encroûtement calcaire.
- Une haute terrasse, villafranchienne, caractérisée par la présence d'encroûtements calcaires très épais, très durs.

Quand on passe d'un niveau à l'autre, on constate donc que les sols changent d'une façon notable, et c'est de cette constatation qu'un certain nombre d'auteurs ont déduit quelques hypothèses que l'on peut brièvement résumer de la façon suivante (principalement d'après les travaux de CHOUBERT, 1957; PUJOS, 1957; GIGOUT, 1960; HEUSCH, 1960; RAYNAL, 1961; JOLY, 1962) :

1°) Les terrasses récentes ne portant que des sols peu évolués, il semble que les processus pédologiques sont aujourd'hui très ralentis par rapport à ce qu'ils furent dans le passé

2°) Les sols évolués situés sur les terrasses plus anciennes sont donc des paléosols qui témoignent de milieux différents du milieu actuel.

3°) En particulier, l'accumulation de l'argile dans les horizons B, la rubéfaction de ces horizons B, l'accumulation du calcaire sous la forme d'amas friables et de nodules, la formation des encroûtements calcaires, tous ces mécanismes sont des paléomécanismes témoignant de divers types de paléoclimats; le travail de ces mécanismes n'est plus possible aujourd'hui, ou alors seulement d'une façon très lente.

B. Nouvelles interprétations .

Dès lors que l'on dispose d'une chronologie plus fine, d'un nombre de terrasses plus élevé, on peut être conduit à des interprétations différentes.

En effet, on constate alors que les niveaux supplémentaires portent des sols dont la différenciation est intermédiaire entre ceux qui se situent sur les quatre niveaux les plus fréquents. Tel est le cas de l'exemple décrit ci-dessus dans la plaine du Zebra, où les sols n'apparaissent plus comme très différents d'un niveau à l'autre, mais au contraire comme appartenant tous à une même famille, à un même type de différenciation pédologique dont les caractères s'accroissent quand on passe des terrasses les plus basses aux plus élevées, c'est-à-dire des plus jeunes aux plus anciennes.

1°) Considérons d'abord le caractère majeur de ces sols, c'est-à-dire leur horizon Bca d'accumulation du calcaire. L'accentuation très progressive de la différenciation de cet horizon quand on passe des terrasses les plus récentes aux plus anciennes conduit à envisager les interprétations suivantes :

a) L'accumulation du calcaire est le résultat d'un mécanisme qui, dans ces régions méditerranéennes arides et

semi-arides, s'est lentement poursuivi tout au cours du Quaternaire : il ne s'agit pas d'un mécanisme aujourd'hui ralenti, mais d'un mécanisme qui a toujours été lent, le développement des premières manifestations visibles de ce mécanisme nécessitant un temps assez long, de l'ordre du millier d'années au moins.

b) Les horizons d'accumulation du calcaire, et en particulier les encroûtements calcaires, ne sont donc pas des paléohorizons appartenant à des paléosols, mais bien plutôt des horizons vieux appartenant à des sols vieux. Ces horizons sont d'autant plus développés, plus épais et plus calcaires, qu'ils appartiennent à des sols plus vieux situés sur des terrasses plus vieilles.

c) Les divers types d'accumulation de calcaire, qui diffèrent d'un niveau quaternaire à l'autre, ne sont donc pas les témoins de paléomilieus et en particulier de paléoclimats. Ils témoignent, au contraire, d'une certaine stabilité des climats tout au cours du Quaternaire, du moins pour ce qui est des périodes au cours desquelles les sols se sont différenciés.

2°) L'étude des autres caractères de ces sols en fonction des niveaux quaternaires, confirme les hypothèses précédentes. Rien dans ces sols, même parmi les plus anciens, ne paraît témoigner de milieux environnants fort différents du milieu actuel ; toute différenciation des caractères pédologiques paraît surtout fonction du temps. On constate cependant que le développement des divers caractères pédologiques en fonction de ce facteur temps est très variable d'un caractère à l'autre. On note en effet que :

- L'accumulation progressive du calcaire dans les sols n'est pas accompagnée d'un appauvrissement en calcaire des horizons de surface : dès le niveau du Rharbien ancien, l'horizon A est un peu moins calcaire que l'horizon C, mais le phénomène ne s'accroît pas sur les terrasses supérieures. Un équilibre semble donc atteint rapidement et il faut admettre que le calcaire qui s'accumule en B ne vient pas du lessivage de l'horizon A.

- Le profil textural argileux se différencie assez nettement dès le Rharbien ancien. Il atteint son développement maximum sur les terrasses du Soltanien ancien.

- C'est également à partir du Soltanien ancien que le profil structural est bien différencié, que la rubéfaction des horizons B est nette, que la salure et l'alcalisation sodique se développent dans les horizons B et C.

- Le profil organique, la couleur et la structure des horizons de surface, existent dès les sols du Rharbien ancien et ne se modifient pas sur les niveaux supérieurs.

- L'attapulгите se développe nettement en fonction de l'âge des surfaces : on la voit envahir progressivement la totalité des sols, puis devenir, au niveau des encroûtements calcaires, le minéral argileux largement majoritaire.

3°) La vitesse des mécanismes pédologiques, ou plutôt la vitesse à laquelle les caractères pédologiques se développent, est donc très variable :

- Il y a des mécanismes rapides, des caractères acquis rapidement et qui, témoignant d'un équilibre atteint, ne se modifient plus tant que les conditions du milieu ne changent pas. Tel est, par exemple, le cas du profil organique, de la structure, de la couleur et de la teneur en calcaire de l'horizon A.

- Il y a, au contraire, des mécanismes lents, des caractères qui s'accroissent très lentement en fonction du temps. Tel est, nous l'avons vu, le cas de l'horizon Bca qui n'est vraiment visible dans les sols qu'après quelques centaines ou milliers d'années d'évolution et dont les faciès les plus puissants ont nécessité toute la durée du Quaternaire pour se former.

III. Conclusions .

L'étude pédologique des terrasses quaternaires de l'oued Zebra nous apprend donc que les sols à profil calcaire différencié de cette région ne sont pas des sols fossiles, des paléosols, témoins de milieux pédogénétiques nettement différents des milieux actuels. Ces sols témoignent au contraire d'une certaine stabilité des principaux facteurs de la pédogenèse tout au cours du Quaternaire. Ce sont certes des sols souvent très vieux, et, en fait, dans chaque sol, il y a des caractères vieux et des caractères jeunes. Mais ces sols vieux sont actuellement bien vivants partout où l'homme n'est pas intervenu d'une façon trop accentuée sur le couvert végétal : il suffit d'ailleurs, pour s'en convaincre, de faire quelques observations simples sur l'importance des enracinements et de l'activité de la faune, sur les teneurs en matière organique, les variations d'humidité, les mouvements de matériaux, la charge des cours d'eau et des nappes phréatiques, l'altération des roches, les variations de la fissuration dans les sols.

Tout ceci ne veut pas dire pour autant qu'il n'y a eu, dans la plaine du Zebra, au cours du Quaternaire, aucune variation climatique. Les recherches poursuivies dans l'ensemble du Maroc par les spécialistes du Quaternaire ont montré, à plusieurs reprises, que ces variations climatiques ont certainement eu lieu : géologues, paléontologistes, géomorphologues, palynologues, préhistoriens sont tous d'accord sur ce point. La présence de sols évolués dans les régions pré-sahariennes confirment également ces variations climatiques. Mais, dans l'ensemble du Maroc, aride, semi-aride et subhumide, l'étude des sols tend à démontrer que ces variations climatiques ont toujours été de faible amplitude, ou de courte durée (RUELLAN, 1970). Ces variations ont pu, selon les cas, ralentir ou accélérer le déroulement des mécanismes, accentuer ou atténuer le développement de certains caractères

sensibles à toute modification du couvert végétal et du régime hydrique (teneurs en matière organique, assombrissement et structuration des horizons de surface, profondeurs des accumulations de sels et de carbonates). Mais le sens général de l'évolution des sols n'a jamais été profondément modifié : il n'y a pas trace, ni dans les sols, ni dans les dépôts quaternaires qui les remanient, de caractères pédologiques pouvant témoigner de climats nettement différents.

IV. Annexes : descriptions de quelques profils types.

Les quelques descriptions de profils données ci-dessous, accompagnées des résultats d'analyses les plus importants, sont extraites de RUELLAN, 1970. On pourra s'y reporter pour plus de détails. La classification des sols est donnée d'après AUBERT (1965) et U.S.D.A. (1967). La légende des tableaux est la suivante :

- Ech. : échantillon n°
- Prof. cm : profondeur en centimètres
- T.F. : terre fine inférieure à 2 mm ; toutes les analyses sont faites sur cette terre fine.
- Granulométrie : sur terre totale et sur terre préalablement décarbonatée par HCl dilué ; les fractions inférieures à 0,050 mm ont été mesurées soit à l'aide de la pipette de Robinson, soit par densimétrie.
 - A : argiles (< 0,002 mm).
 - L : limons (0,002 à 0,02 mm).
 - STF : sables très fins (0,02 à 0,05 mm).
 - SF : sables fins (0,05 à 0,2 mm).
 - SG : sables grossiers (0,2 à 2 mm).
- Calcaire : par mesure du CO₂ dégagé (calcimètre Bernard) ou dosage de Ca et Mg après attaque HCl.

- pH : eau : terre/eau = 1/2,5
KCl : terre/KCl normal = 1/2,5
Electro-pH mètre Metrohm.
- Sels totaux E.A. : sels totaux en g/Kg, d'après la conductivité d'un extrait terre/eau = 1/5.
- Mat. organ. : matières organiques
 - T : totales
 - C : carbone : méthode de WALKLEY-BLACK
- Minéraux argileux : résultats en % des minéraux cristallisés de la fraction fine (< 2 microns) non calcaire.
 - I : Illite
 - CK : Chlorite + Kaolinite
 - A : Attapulgite

A. Rharbien récent

Profil n° : N 12

Classification : Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport, modal, sur alluvions du Quaternaire. Entisol : xerofluent typic.

Localisation : Plaine du Zebra; point NL2 (34°54'N, 2°45'W); altitude : 95 m.

Climat : Méditerranéen aride ; environ 270 mm.

Site : Lit majeur de l'oued Zebra ; sur une petite butte du bourrelet alluvial.

Description du sol :

- 0 - 20 cm : Brun à brun-rouge assez foncé. Calcaire. Limono-sableux et caillouteux. Structure peu développée à tendance nuciforme. Limite inférieure abrupte et ondulée.
Echant. : A = 0-5 cm.
- 20 - 30 cm : Cailloutis à matrice sableuse. Limite inférieure abrupte et ondulée.
- 30 - 85 cm : Brun à brun-rouge un peu plus clair. Calcaire. Limono-sableux ; un peu caillouteux. Structure à tendance continue ; éléments coprogènes assez nombreux. Compacité faible. Limite inférieure abrupte et ondulée.
Echant. : B = 42-47 cm
C = 75-85 cm.
- Au-dessous de 85 cm : Cailloutis.

Profil n° N 12

Résultats d'analyses

Ech	Prof cm	T.F. %	Granulométrie %				
			A	L	STF	SF	SG
A	0-5	97.5	16.6	7.2	7.2	36.7	32.2
B	42-47	91.5	17.0	3.0	8.6	36.6	34.8
C	75-85	92.9	19.0	4.0	5.9	40.5	30.8

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat.Org. o/oo		Min.Argil. %		
		Eau	KCl		T	C	I	CK	A
A	22.2	8.2	7.7	0.3	8.2	4.7	80	20	
B	23.1	8.4	7.7	0.55	7.9	4.6	40	20	40
C	24.2	8.7	7.75	0.35	8.6	5.0	40	20	40

B. Rharbien ancien

Profil n° : 11-1-60-2

Classification : Sol isohumique, à complexe saturé, brun-rouge subtropical, sur alluvions du Quaternaire.
Aridisol : calciorthid mollic.

Localisation : Plaine du Zebra ; point S 65 f
(34°54' N, 2°46' W) ; altitude : 107 m.

Climat : Méditerranéen aride ; environ 270 mm.

Site : Basse terrasse de l'oued Zebra ; pente de 1,5% ; drainage bon ; érosion faible.

Utilisation : Céréales en sec, jachère, pâturage.

Description du sol

0 - 45 cm : Brun (7,5 YR 4/4), plus clair en profondeur (7,5 YR 6/4). Calcaire. Limoneux. Structure lamellaire en surface (glaçage), puis structure polyédrique à nuciforme, plus polyédrique en profondeur ; sous-structure à tendance grumelleuse dans les 10-20 premiers cm ; éléments coprogènes. Limite inférieure diffuse.

Echant. : A = 10-15 cm

B = 35-40 cm

45 - 100 cm : Plus rouge (5 YR 5/6). Calcaire : quelques amas friables calcaires. Limono-argileux. Structure polyédrique grossière ; éléments coprogènes peu nombreux. Limite inférieure abrupte et ondulée.

Echant. : C = 50-60 cm

D = 80-90 cm

100 - 105 cm : Cailloutis

Au-dessous
de 105 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 5/8). Calcaire ; amas
friables calcaires plus nombreux ; quelques
granules calcaires. Moins argileux. Struc-
ture polyédrique moyenne, bien développée.
Echant. : E = 105-115 cm.

Profil n° 11-1-60-2

Résultats d'analyses

Ech	Prof cm	T.F. %	Granulométrie %					Gran.ter.décarb.%			
			A	L	STF	SF	SG	A	L	STF +SF	SG
A	10- 15	95.0	22.0	43.0	11.3	15.1	7.6	29	41	27	3
B	35- 40	95.8	25.3	42.1	12.7	12.7	7.2	37	37	24	2
C	50- 60	96.6	40.5	26.3	12.7	13.8	6.7	47	25	25	3
D	80- 90	95.8	37.1	25.4	7.7	22.1	7.7	42	22	30	6
E	105-115	84.2	28.2	23.2	12.5	26.4	11.7	41	10	38	11

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat. Org. o/oo		Min.Argil. %		
		Eau	KCl		T	C	I	CK	A
A	26.9				17.0	9.9	60	30	10
B	30.2	8.35	7.5	1.10	12.0	7.0	30	30	40
C	29.3				8.0	4.6	30	30	40
D	29.3	8.5	7.6	1.15	5.3	3.0			
E	34.1				4.0	2.3	30	20	50

C. Soltanien récent

Profil n° : 31-12-59-2

Classification : Sol isohumique, à complexe saturé, brun-rouge subtropical, sur alluvions du Quaternaire.

Aridisol : calciorthid mollic.

Localisation : Plaine du Zebra ; point S 64 a
(34°54' N, 2°46' W) ; altitude : 109 m.

Climat : Méditerranéen aride ; environ 270 mm.

Site : Terrasse de l'oued Zebra ; pente de 1% ; drainage bon ; érosion faible.

Utilisation : Céréales en sec, jachère, pâturage.

Description du sol

0 - 30 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 5/6). Calcaire. Limoneux. Structure lamellaire sur quelques mm (glaçage de surface), puis polyédrique à nuciforme, puis polyédrique grossière ; sous-structure grumeleuse peu développée. Eléments coprogènes. Limite inférieure graduelle et ondulée.

Echant. : A = 5-10 cm.

B = 15-20 cm.

30 - 55 cm : Apparition de pseudo-myceliums calcaires et de quelques amas friables calcaires mal délimités. Structure polyédrique un peu plus fine. Limite inférieure diffuse.

Echant. : C = 35-40 cm.

- 55 - 85 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 4,5/8). Calcaire : a-
mas friables calcaires assez nombreux et
bien individualisés. Limono-argileux. Struc-
ture polyédrique moyenne ; éléments copro-
gènes peu nombreux. Limite inférieure dif-
fuse.
Echant. : D = 55-65 cm
 E = 70-80 cm
- 85- 100 cm : Diminution progressive de la densité des a-
mas **friables** calcaires.
Echant. : F = 85-95 cm
- Au-dessous
de 100 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 4/8). Calcaire ; a-
mas friables calcaires peu nombreux, mal délimi-
tés. Limoneux. Structure polyédrique moyenne.
Echant. : H = 120-130 cm

Profil n° 31-12-59-2

Résultats d'analyses

Ech	Prof cm	T.F. %	Granulométrie %				
			A	L	STF	SF	SG
A	5- 10	90.0	23.6	21.6	15.2	27.0	12.6
B	15- 20	90.8	24.3	22.2	14.9	28.0	10.6
C	35- 40	93.3	26.6	20.7	14.3	28.4	10.0
D	55- 65	96.4	30.2	18.8	14.5	28.3	8.2
E	70- 80	97.1	30.0	19.7	11.7	31.7	6.9
F	85- 95	97.2	30.6	15.4	15.2	33.9	4.9
G	105-115	96.7	24.3	19.6	15.3	34.6	6.2
H	120-130	95.8	26.8	24.8	17.4	24.1	6.9

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat. Org. o/oo		Min.Argil. %		
		Eau	KCl		T	C	I	CK	A
A	21.9				14.3	8.3			
B	23.5	8.8	7.45	0.9	12.4	7.2	40	20	40
C	26.0				6.0	3.5			
D	24.0	8.8	7.75	1.75	4.7	2.7			
E	23.5				3.3	1.9	40	20	40
F	21.0			2.25	2.4	1.4			
G	19.4				2.2	1.3			
H	25.6			2.6	1.9	1.1	40	20	40

D. Soltanien ancien

Profil n° : 13-4-59-6

Classification : Sol isohumique à complexe saturé, brun-rouge subtropical, sur alluvions du Quaternaire, Aridisol : calciorthid mollic.

Localisation : Plaine du Zebra ; point N 24 (34°53' N, 2°43' W) ; altitude : 90 m.

Climat : Méditerranéen aride ; environ 270 mm.

Site : Terrasse de l'oued Zebra ; pente de 1,5% ; drainage moyen ; érosion faible.

Utilisation : Céréales, jachères, pâturages.

Description du sol

0 - 13 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 4/6). Calcaire. Limoneux. Structure lamellaire sur quelques mm (glaçage de surface), puis polyédrique à muciforme, puis polyédrique grossière ; sous-structure grumeleuse peu développée ; éléments coprogènes assez nombreux. Limite inférieure graduelle et régulière.

Echant. : A = 0- 5 cm

B = 5-10 cm

13 - 24 cm : Apparition de pseudo-myceliums calcaires et de quelques amas friables calcaires mal délimités. Structure polyédrique plus fine. Limite inférieure graduelle et régulière.

Echant. : C = 15-20 cm

24 - 50 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 4/6), puis rouge (2,5 YR 4/6). Calcaire : amas friables calcaires nombreux, de petites dimensions (quelques mm), bien individualisés. Limono-argileux : les taux d'argile augmentent, puis rediminuent ; par grosses taches, c'est nettement plus argileux et rouge. Structure polyédro-cubique moyenne à facettes lissées ; éléments coprogènes peu nombreux ; bonne porosité fine. Limite inférieure graduelle et régulière.

Echant. : D = 24-28 cm

E = 32-37 cm

F = 41-46 cm

50 - 105 cm : Rouge (2,5 YR 5/6), puis brun-rouge (5 YR 5/4). Calcaire : diminution progressive du nombre des amas friables calcaires qui disparaissent vers 80 cm. Texture de moins en moins argileuse. La structure devient progressivement massive. La porosité fine reste importante. Vers 80-90 cm, c'est le matériau originel. Limite inférieure abrupte et régulière.

Echant. : G = 50-54 cm

H = 58-63 cm

I = 67-71 cm

J = 75-80 cm

K = 90-95 cm

Au dessous de 105 cm : Autre dépôt alluvionnaire, rouge-jaunâtre (5 YR 4,5/6), calcaire, limoneux, à structure massive.

Echant. : L = 105-115 cm

M = 120-125 cm

Profil n° 13-4-59-6

Résultats d'analyses

Ech	Prof. cm	T.F. %	Granulométrie %					Granul. terre décarb. %				
			A	L	STF	SF	SG	A	L	STF	SF	SG
A	0- 5	97.0	11.7	27.9	17.0	34.7	8.7	11.9	26.1	19.2	38.5	4.3
B	5- 10	92.8	20.3	28.3	18.2	25.4	7.8	24.3	24.8	16.6	30.9	3.4
C	15- 20	97.3	23.6	28.9	14.6	25.7	7.2	30.0	22.0	16.3	28.5	3.2
D	24- 28	99.3	32.4	33.9	10.2	18.4	5.1	36.3	24.4	15.7	20.9	2.7
E	32- 37	100	33.9	34.3	13.0	15.9	2.9	37.1	28.7	15.5	17.4	1.3
F	41- 46	100	36.9	33.1	14.8	13.0	2.3	43.0	27.4	15.2	13.6	0.8
G	50- 54	100	32.2	31.6	13.3	21.2	1.7	34.0	22.0	19.9	23.3	0.8
H	58- 63	100	30.2	30.2	16.1	21.2	2.3	31.3	25.6	20.0	22.0	1.1
I	67- 71	100	15.5	38.3	9.9	33.2	3.1					
J	75- 80	99.8	23.2	25.0	17.0	28.2	6.6	24.0	23.0	21.0	26.4	5.6
K	90- 95	99.9	22.9	20.7	17.9	34.7	3.8					
L	105-115	100	24.0	23.9	25.2	24.7	2.2					
M	120-125	100	24.5	24.0	22.8	26.8	1.9	28.7	13.0	25.8	31.1	1.4

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat. Org. o/oo	
		Eau	KCl		T	C
A	16.1	8.7	7.6	0.95	16.5	9.6
B	17.8	8.75	7.65	1.1	14.1	8.2
C	20.3	8.8	7.7	1.8	11.2	6.5
D	23.5	8.95	7.9	2.75	7.6	4.4
E	18.5	8.9	7.9	4.15	7.2	4.2
F	16.0	8.9	7.85	4.8		
G	13.0	8.85	7.9	5.15	5.3	3.1
H	14.6	8.85	8.0	5.2	4.0	2.3
I	15.1	8.75	7.85	4.35	2.6	1.5
J	17.0	8.8	7.9	4.7	2.0	1.1
K	18.3	8.75	7.85	4.6	1.7	1.0
L	16.6	8.85	7.8	5.5	1.8	1.1
M	18.8	8.75	7.75	5.25	1.5	0.9

E. Quaternaire moyen

Profil n° : 1-4-59-4

Classification : Sol isohumique, à complexe saturé, brun-rouge subtropical encroûté, sur colluvions du Quaternaire.

Aridisol : calciorthid mollic.

Localisation : Plaine du Zebra ; point S 160 (34°54' N, 2°47' W); altitude : 122 m.

Climat : Méditerranéen aride ; environ 270 mm.

Site : En tête d'un vallon assez large ; pente de 1,5% ; drainage moyen, érosion faible.

Utilisation : Céréales en sec, jachère, pâturage.

Description du sol

0 - 25 cm : Brun (5 à 7,5 YR 5/6). Calcaire. Limoneux. Structure lamellaire sur quelques mm (glacage de surface), puis polyédrique à nuci-forme, plus polyédrique en profondeur ; sous-structure grumeleuse assez nette ; éléments coprogènes. Limite inférieure graduelle et ondulée.

Echant. : A = 0- 5 cm

B = 12-17 cm

25 - 40 cm : Plus rouge (5 YR 5/6). Calcaire : amas friables calcaires assez nombreux. Limono-argileux. Structure polyédrique moyenne ; éléments coprogènes. Limite inférieure distincte et assez régulière.

Echant. : C = 28-33 cm

- 40 - 60 cm : Encroûtement calcaire massif, de couleur très claire. Structure à tendance massive ; sous-structure polyédrique ; éléments coprogènes. Limite inférieure diffuse.
Echant. : D = 42-48 cm
- Au-dessous de 60 cm : Rouge à rouge-jaunâtre. Calcaire : amas friables calcaires de moins en moins nombreux vers le bas. Limono-argileux. Structure polyédrique moyenne à fine, de mieux en mieux développée ; facettes lissées.
Echant. : E = 60-70 cm
F = 85-95 cm
G = 110-120 cm
H = 125-130 cm

Profil n° 1-4-59-4

Résultats d'analyses

Ech	Prof cm	T.F. %	Granulométrie %				
			A	L	STF	SF	SG
A	0 5	88.5	22.2	18.4	15.4	29.2	14.8
B	12- 17	95.1	27.4	25.3	12.1	22.6	12.7
C	28- 33	77.7	34.0	22.0	7.6	21.5	14.9
D	42- 48	98.7					
E	60- 70	96.1	36.0	24.0	12.7	19.9	7.4
F	85- 95	89.3	31.1	20.4	7.5	16.4	24.6
G	110-120	93.2	27.6	38.6	12.1	16.5	5.2
H	125-130	98.9	24.0	24.0	19.5	28.7	3.8

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat. Organ. o/oo	
		Eau	KCl		T	C
A	26.0	8.45	7.65	0.5	17.4	10.0
B	28.1	8.6	7.7	1.1	14.7	8.5
C	33.4	8.8	7.85	2.5	7.0	4.0
D	62.0	8.6	8.05	4.2	5.4	3.1
E	38.0	8.5	8.0	6.0	2.3	1.3
F	30.0	9.2	8.05	2.3	1.0	0.6
G	27.0	8.8	7.9	3.6		
H	25.0	8.7	7.9	3.7		

F. Quaternaire moyen ancien

Profil n° : 1-3-60-14

Classification : Sol isohumique, à complexe saturé, brun-rouge subtropical encroûté, sur colluvions du Quaternaire.
Aridisol : paleorthid mollic.

Localisation : Plaine du Zebra ; point T 97 (34°55' N, 2°43' W) ; altitude : 108 m.

Climat : Méditerranéen aride ; environ 280 mm.

Site : Rebord d'un glacis disséqué ; pente de 1,5% ; drainage bon ; érosion faible.

Utilisation : Céréales en sec, jachère, pâturage.

Surface : Caillouteuse : éléments de croûte calcaire.

Description du sol

0 - 32 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 5/6). Calcaire. Limoneux puis limono-argileux ; éléments de croûte calcaire, de plus en plus nombreux vers le bas. Structure lamellaire sur quelques mm (glaçage de surface) puis grumeleuse à muciforme, puis tendance polyédrique en profondeur ; assez grossière ; éléments coprogènes. Limite inférieure abrupte et irrégulière.

Echant. : A = 1-12 cm

B = 14-22 cm

C = 24-30 cm

- 32 - 49 cm : Encroûtement calcaire feuilleté = croûte.
Dur au sommet, de plus en plus tendre vers le bas. Encroûtement calcaire lamellaire (pellicule rubanée) en surface. Le feuillet supérieur est très brisé. Limite inférieure graduelle et ondulée.
Echant. : Da = 32-34 cm (pellicule rubanée)
 Db = 35-40 cm
 F = 43-49 cm
- 49 - 65 cm : Encroûtement calcaire finement granulaire.
Jaune-rougeâtre (7,5 YR 7/6). Limite inférieure diffuse.
Echant. : G = 49-56 cm
 H = 57-63 cm
- Au-dessous de 65 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 5/6). Calcaire : amas friables et granules calcaires de moins en moins nombreux vers le bas : à partir de 100 cm, ils deviennent peu nombreux. Limono-argileux ; graveleux. Lignes de cailloux à 110 et 145 cm. Structure polyédrique à facettes lissées, bien développée. Forte porosité fine.
Echant. : I = 65- 74 cm
 J = 82- 93 cm
 K = 96-106 cm
 L = 122-131 cm
 M = 155-163 cm

Profil n° 1-3-60-14

Résultats d'analyses

Ech	Prof cm	T.F. %	Granulométrie %					Gran. terre décarb. %				
			A	L	STF	SF	SG	A	L	STF	SF	SG
A	1- 12	92.2	13.2	25.5	20.3	24.1	16.9	17.7	18.3	21.6	23.4	19.0
B	14- 22	83.1	22.5	25.8	14.8	22.4	14.5	28.4	15.6	18.1	21.8	16.1
C	24- 30	67.0	28.0	21.2	11.5	19.7	19.6	37.7	14.9	8.4	19.6	19.4
Da	32- 34											
Db	35- 40											
F	43- 49											
G	49- 56	95.0										
H	57- 63	92.4										
I	65- 74	94.8	29.5	48.0	7.9	8.0	6.6	56.1	20.6	5.9	12.2	5.2
J	82- 93	96.0	31.4	40.9	10.5	10.2	7.0	51.4	15.8	6.9	15.3	10.6
K	96-106	91.7	29.5	42.9	11.3	10.2	6.1	44.5	20.6	9.6	16.6	8.7
L	122-131	90.0	28.9	37.2	14.0	12.5	7.4	40.0	20.5	14.4	13.9	11.2
M	155-163	84.3	28.9	23.7	17.9	14.0	15.5	37.6	21.6	13.0	13.0	14.8

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat. Org. o/oo		Min. Argil. %		
		Eau	KCl		T	C	I	CK	A
A	22.1	9.0	8.0	0.6	19.0	11.1	40	20	40
B	23.7	9.2	8.0	1.2	12.9	7.5	40	20	40
C	33.5	9.1	8.2	2.4	10.6	6.2	40	20	40
Da	81.8	9.2	8.9				40	20	40
Db	77.0	9.3	8.7	0.8			30	20	50
F	75.3	9.6	8.8	1.6			tr	tr	100
G	70.4	9.8	8.7	1.5			tr	tr	100
H	59.9	9.9	8.8	1.1			tr	tr	100
I	54.7	9.9	8.7	0.9			40	20	40
J	45.7	9.7	8.4	1.2			40	20	40
K	45.7	9.5	8.4	1.5			40	20	40
L	29.0	9.5	8.2	1.6			40	20	40
M	27.7	9.5	8.2	1.1			40	20	40

G. Villafranchien ancien

Profils n° : 16-4-59-1, 4-5-68-3, 19-3-63.

Classification : Sol isohumique, à complexe saturé, brun-rouge subtropical encroûté, sur colluvions du Quaternaire.

Aridisol : paleorthid mollic.

Localisation : Plaine du Zebra ; point 7 (34°53' N, 2°47' W)
altitude : 135 m.

Climat : Méditerranéen aride, environ 270 mm.

Site : Glacis ; pente de 1 % ; drainage bon ; érosion faible.

Utilisation : Céréales, jachère, pâturage.

Surface : Très caillouteuse: éléments de dalle calcaire compacte.

Description du sol

0 - 30 cm : Brun à brun-rouge. Calcaire. Limoneux ; très caillouteux (éléments de dalle et croûte calcaire). Structure nuciforme, devenant polyédrique en profondeur. Limite inférieure abrupte et ondulée.

Echant. : 16-4-59-1-A = 0-5 cm

B = 12-17 cm

C = 22-27 cm

30 - 45 cm : Encroûtement calcaire feuilleté = croûte blanche ; dureté faible ; très caillouteux (éléments de dalle calcaire compacte). Limite inférieure graduelle et ondulée.

Echant. : 16-4-59-1-D = 37-42 cm

- 45 - 55 cm : Encroûtement calcaire massif ; très caillouteux. Limite inférieure abrupte et irrégulière.
Echant. : 16-4-59-1-E = 47-52 cm
- 55 - 57 cm : Encroûtement calcaire lamellaire = pellicule rubanée. Limite inférieure et irrégulière.
Echant. : 4-5-68-3-Aa = 55-57 cm
- 57 - 70 cm : Encroûtement feuilleté et pétrifié = dalle calcaire compacte. Limite inférieure distincte et ondulée.
Echant. : 4-5-68-3-A1 = 60-70 cm
- 70 - 100 cm : Encroûtement calcaire feuilleté = croûte ; très dur au sommet, de plus en plus tendre vers le bas. Limite inférieure graduelle et ondulée.
Echant. : 4-5-68-3-Ab = 70-75 cm
 B = 75-85 cm
 C = 85-95 cm
- 100 - 155 cm : Encroûtement calcaire nodulaire. Limite inférieure diffuse.
Echant. : 4-5-68-3-D = 105-115 cm
 E = 120-135 cm
 F = 140-155 cm
- 155 - 350 cm : Rose-ocre. Très dur. Calcaire ; gros amas friables calcaires mal délimités. Limono-argileux. Niveaux caillouteux lenticulaires (cailloux roulés). Structure polyédrique.
Echant. : 4-5-68-3-G = 160-170 cm
 19-3-63-2 = 200 cm
- 350 - 750 cm : Rose-ocre. Très dur. Calcaire ; amas friables calcaires : ces amas sont nettement plus nombreux dans trois horizons formant des bandes horizontales (échantillons 3, 4,

6 et 7). Limono-argileux. Quelques niveaux caillouteux lenticulaires (cailloux roulés). Structure polyédrique.

Echant. : 19-3-63-3 = 400 cm

4 = 400 cm

6 = 500 cm

5 = 600 cm

7 = 700 cm

750 - 1000 cm : Niveau caillouteux (cailloux roulés).

Au-dessous de 1000 cm : Rose-ocre ; nombreuses petites taches noires. Dur. Calcaire ; amas friables calcaires peu nombreux au sommet ; amas friables, granules et nodules calcaires très nombreux à la base. Limono-argileux. Non caillouteux. Structure polyédrique.

Echant. : 19-3-63-8 = 1050 cm

9 = 1200 cm

Profils n° 16-4-59-1

4-5-68-3

19-3-63

Résultats d'analyses

Ech	Prof cm	T.F. %	Granulométrie %				
			A	L	STF	SF	SG
1-A	0- 5	72.6	13.6	34.6	16.9	23.7	11.2
B	12- 17	57.7	17.0	35.4	16.5	21.8	9.3
C	22- 27	75.7	24.8	28.3	18.2	20.9	7.8
D	37- 42						
E	47- 52						
3-Aa	55- 57						
Al	60- 70						
Ab	70- 75						
B	75- 85						
C	85- 95						
D	105-115						
E	120-135						
F	140-155	96.4	21.4	26.1	13.9	27.6	11.0
G	160-170	98.0	29.6	26.3	11.3	21.9	10.9
63-2	200	98.5	31.4	20.8	9.9	26.5	11.4
3	400	98.8	32.7	27.6	16.4	19.0	4.3
4	400	97.5	31.5	27.7	15.6	21.7	3.5
6	500	96.2	29.7	23.0	12.1	23.3	11.9
5	600	99.1	35.9	26.3	15.3	17.4	5.1
7	700	99.3	37.1	24.2	10.5	19.9	8.3
8	1050	99.4	40.2	31.1	11.8	13.5	3.4
9	1200	91.9	28.7	21.8	11.5	21.8	16.2

Profils n° 16-4-59-1
 4-5-68-3
 19-3-63

Résultats d'analyses (suite)

Ech	Cal- caire %	pH		Sels tot. E.A. o/oo	Mat. Org. o/oo		Min. Argil. %		
		Eau	KCl		T	C	I	CK	A
1-A	20.5	8.65	7.6	0.8	25.3	14.7	40	20	40
B	20.0	8.7	7.7	1.0	16.5	9.6	40	20	40
C	21.2	8.8	7.8	1.5	10.3	6.0			
D	68.0	8.7	8.1	2.5					
E	62.0	8.6	8.2	3.2					
3-Aa	77.5	9.2	8.4	0.6			40	20	40
Al	86.5			0.3			40	20	40
Ab	81.8	9.1	8.5	0.6			40	20	40
B	80.0	9.1	8.5	0.8			tr	tr	100
C	78.6	9.1	8.5	2.2			tr	tr	100
D	70.4	8.8	8.3	3.7			tr	tr	100
E	62.1	8.6	8.2	5.4			tr	tr	100
F	49.0	8.0	7.9	14.2			tr	10	90
G	43.4	8.0	7.8	14.2			10	10	80
63-2	26.9	8.05	7.4	72.5					
3	17.2	8.3	7.4	21.5			40	20	40
4	14.0	7.95	7.25	43.0					
6	32.2	7.95	7.3	62.5					
5	21.2	7.95	7.25	39.0			40	20	40
7	28.6	7.9	7.3	92.5			40	20	40
8	20.5	8.45	7.4	14.5					
9	36.0	8.5	7.55	14.5			40	20	40

Références bibliographiques

=====

- AUBERT.G. 1965 - "La classification pédologique utilisée en France". Pédologie, Gand, n° spécial 3 sur la classification des sols, pp. 25-56.
- BEAUDET.G. 1969 - "Le Plateau Central marocain et ses bordures. Etude géomorphologique". Inframar, Rabat, 480 p.
- CHOUBERT.G. 1957-1965 - "Essai de corrélation des formations continentales et marines du Pleistocène au Maroc". (Comm. 5° Cong. INQUA, Madrid-Barcelone, 1957). Notes Serv. Géol. Maroc, 185, 25, pp. 9-28.
- GIGOUT.M. 1960 - "Nouvelles recherches sur le Quaternaire marocain et comparaison avec l'Europe". Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, nouv. sér., 6, 158 p.
- HEUSCH.B. 1960 - "Irrigation de la Basse Moulouya, rive droite : étude agronomique du Périmètre des Triffa". SOGETIM - DMV.GR, multig., 215 p.
- HUBSCHMAN.J. 1967 - "Sols, pédogenèses et climats quaternaires dans la Plaine des Triffa"(Maroc)". E.N.S.A. Toulouse, multig., 152 p.
- JOLY.F. 1962 - "Etudes sur le relief du Sud-Est marocain". Trav. Inst. Scient. Cherif., sér. Géol. et Géogr. Phys., 10, 578 p.
- MAURER.G. 1968 - "Les montagnes du Rif central. Etude géomorphologique". Trav. Inst. Scient. Cherif., sér. Géol. et Géogr. phys., 14, 502 p.
- MILLOT.G., PAQUET.H., RUELLAN.A. 1969 - "Néoformation de l'attapulgitite dans les sols à carapaces calcaires de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)". C.R. Ac. Sci., Paris, 268, D, pp.2771-2774.

- PAQUET.H. 1969 - "Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées". Fac. Sci. Strasbourg, multig., 348 p.
- PUJOS.A. 1957 - "Terres rouges, noires et grises (problèmes de coloration et de datation des sols méditerranéens étudiés en Afrique du Nord)". Soc. Sci. Nat. et Phys. Maroc, Trav. Sect. Pédol., 12, pp. 69-85.
- RAYNAL.R. 1961 - "Plaines et piémonts du bassin de la Moulouya (Maroc Oriental); étude géomorphologique". Fac. Lettres Rabat, 573 p.
- RUELLAN.A. 1962 - "Utilisation de la géomorphologie pour l'étude pédologique au 1/20.000° de la plaine du Zebra (Basse Moulouya)". Rev. Géogr. Maroc, 1-2, pp.23-30.
- RUELLAN.A. 1967 - "Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc". Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 5, 4, pp.421-462.
- RUELLAN.A. 1967-1969 - "Quelques réflexions sur le rôle des sols dans l'interprétation des variations bioclimatiques du Pleistocène marocain". 6° Cong. Panaf. Préhist. et Et. Quat., Dakar; publié dans Rev. Géogr. Maroc, 15, pp. 129-140.
- RUELLAN.A. 1970 - "Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes : les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)". Fac. Sci. Strasbourg, multig., 482 p.
- U.S.D.A. 1967 - "Supplement to soil classification system (7th approximation)". Soil Survey Staff, Soil Conservation Service, multig., 207 p.