

Royaume du Maroc

-

Ministère de l'Agriculture
et de la Réforme Agraire

Direction de la Recherche Agronomique
Centre régional de MARRAKECH

-

République Française

-

Office de la Recherche
Scientifique et Technique
Outre-Mer

Mission Pédologique au Maroc

-

ETUDE PEDOLOGIQUE DE LA REGION
MARRAKECH OUEST - OUED TENSIFT

-

Prospection réalisée dans le cadre de la cartographie
pédologique régulière à 1/100.000

Documents présentés à 1/50.000

-

R. MOREAU

Chargé de recherche de l'O.R.S.T.O.M.

Royaume du Maroc

Ministère de l'Agriculture
et de la Réforme Agraire

Direction de la Recherche Agronomique
Centre Régional de Marrakech

République Française

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

Mission pédologique
au Maroc

ÉTUDE PÉDOLOGIQUE

DE LA RÉGION MARRAKECH OUEST – OUED TENSIFT

- *Prospection réalisée dans le cadre de la cartographie pédologique régulière à 1/100 000*
 - *Documents présentés à 1/50 000*
-

R. MOREAU

Chargé de recherches de l'ORSTOM

S O M M A I R E

Avant propos	P.	1
1ère partie LE MILIEU NATUREL	P.	3
Situation géographique	P.	5
Climat	P.	6
Géologie. Lithologie. Matériau originel..	P.	9
Géomorphologie. Nappe phréatique	P.	15
Végétation naturelle et cultures	P.	18
Action de l'homme	P.	20
2ème partie ETUDE DES SOLS		
La Classification des sols	P.	25
Méthodes d'analyses	P.	31
Unité 1	P.	34
Unité 2	P.	37
Unité 3	P.	42
Unité 4	P.	47
Unité 5	P.	53
Unité 6	P.	59
Unité 7	P.	64
Unité 8	P.	70
Unité 9	P.	75
Unité 10	P.	80
Unité 11	P.	86
Unité 12	P.	90
Unité 13	P.	95
Unité 14	P.	100
Unité 15	P.	107
Unité 16	P.	113
Unité 17	P.	117
Unité 18	P.	123
Unité 19	P.	127

Unité 20	P.	133
Unité 21	P.	139
Unité 22	P.	145
Unité 23	P.	148
Unité 24	P.	160
Unité 25	P.	168

CONCLUSION GENERALE	P.	180
---------------------------	----	-----

BIBLIOGRAPHIE	P.	182
---------------------	----	-----

ANNEXE Tableau des aptitudes à l'irrigation

A V A N T - P R O P O S

Ce document est l'aboutissement d'une étude partielle entreprise dans le cadre de la cartographie des sols au 1/100 000 du Haouz de MARRAKECH. Le programme convenu entre la Direction de la Recherche Agronomique à RABAT et l'ORSTOM devait permettre d'aboutir à l'inventaire et à la caractérisation des sols à l'échelle du 1/100 000 sur les régions correspondant à la feuille MARRAKECH-Ouest et à la demi-feuille OUKAIMEDEN-Nord des fonds topographiques IGN au 1/100 000.

Nous nous étions proposés dans un premier temps de réaliser la cartographie des sols sur les régions couvertes par les deux feuilles IGN au 1/50 000 : MARRAKECH-gueliz et SIDI ZOUINE, qui couvrent le Haouz occidental et correspondent à la moitié sud de la feuille au 1/100 000 MARRAKECH-Ouest. Avec la fin prématurée de nos travaux au Maroc, cet objectif n'a pas été atteint et la présente étude est limitée aux régions prospectées jusqu'en mars 1973.

Nous pensons qu'après l'abandon du programme initial l'essentiel est que les travaux effectués puissent être utilisés et éventuellement complétés avec le maximum de facilité. Ainsi cette étude est présentée sur le fond au 1/50 000, bien qu'elle ait été à l'origine conçue dans l'esprit d'une cartographie au 1/100 000 dans un cadre régional plus vaste. Ceci entraîne inévitablement un certain nombre d'imprécisions et de lacunes dont le lecteur voudra bien nous excuser. L'utilisation des couvertures aériennes au 1/50 000 et 1/20 000 nous a permis de pallier à de nombreuses insuffisances pour préciser les limites, surtout pour les unités situées au N. de l'oued Tensift et sur les zones encroûtées. En revanche, les photographies aériennes sont difficilement utilisables pour les unités qui correspondent aux épandages limoneux où les surfaces sont planes et régulières, sans contraste apparent d'une unité à l'autre.

Une petite zone située à l'intérieur de la région étudiée a déjà été cartographiée en 1960 par J. CONCARET : "ETUDE PEDOLOGIQUE D'UNE ZONE DU HAOUZ DE MARRAKECH (SOUEILAH MRABTINE)" au 1/50 000. Son intégration au cadre régional plus vaste qui fait l'objet de la présente étude, nous a conduit à quelques modifications par rapport à la cartographie établie par J. CONCARET ; celles-ci sont indiquées avec l'étude des unités concernées dans ce rapport.

Nous nous sommes refusés à associer la zone étudiée à un ensemble plus large regroupant les autres zones précédemment cartographiées au 1/50 000 :

- Etude des sols du périmètre de l'oued N'fis au 1/50 000 par J. CONCARET (1960).

- Etude pédologique au 1/50 000 de la région MARRAKECH Ouest-oued N'fis- SIDI ZOUINE par M.MISSET et R.MOREAU (1971).

Plusieurs raisons peuvent être invoquées, mais les plus importantes sont :

- la disparité qui existe entre les résultats analytiques d'une étude à l'autre pour des sols reconnus équivalents (calcaire, complexe absorbant) ;
- l'impossibilité, par manque de temps, de faire une reconnaissance sur le terrain étudié par J.CONCARET et que nous ne connaissons pas. Ce travail aurait été pourtant indispensable pour comparer d'après des critères semblables les sols qui y sont représentés et ceux des régions voisines.

Un tel travail n'aurait abouti qu'à l'établissement d'un document imprécis et souvent même erroné. Cependant, toujours avec le même souci de faciliter l'utilisation des données de terrain et d'analyse en notre possession, chaque fois qu'une unité de l'étude MARRAKECH ouest-oued N'fis-SIDI ZOUINE et une unité de ce rapport se correspondent, le numéro de la première est donné dans ce document. En outre, les critères de classification et le plan d'étude pour chaque unité sont identiques dans les deux rapports. Ainsi, l'utilisateur éventuel pourra avoir facilement une vue globale de la répartition et de l'extension des différentes catégories de sol dans la région.

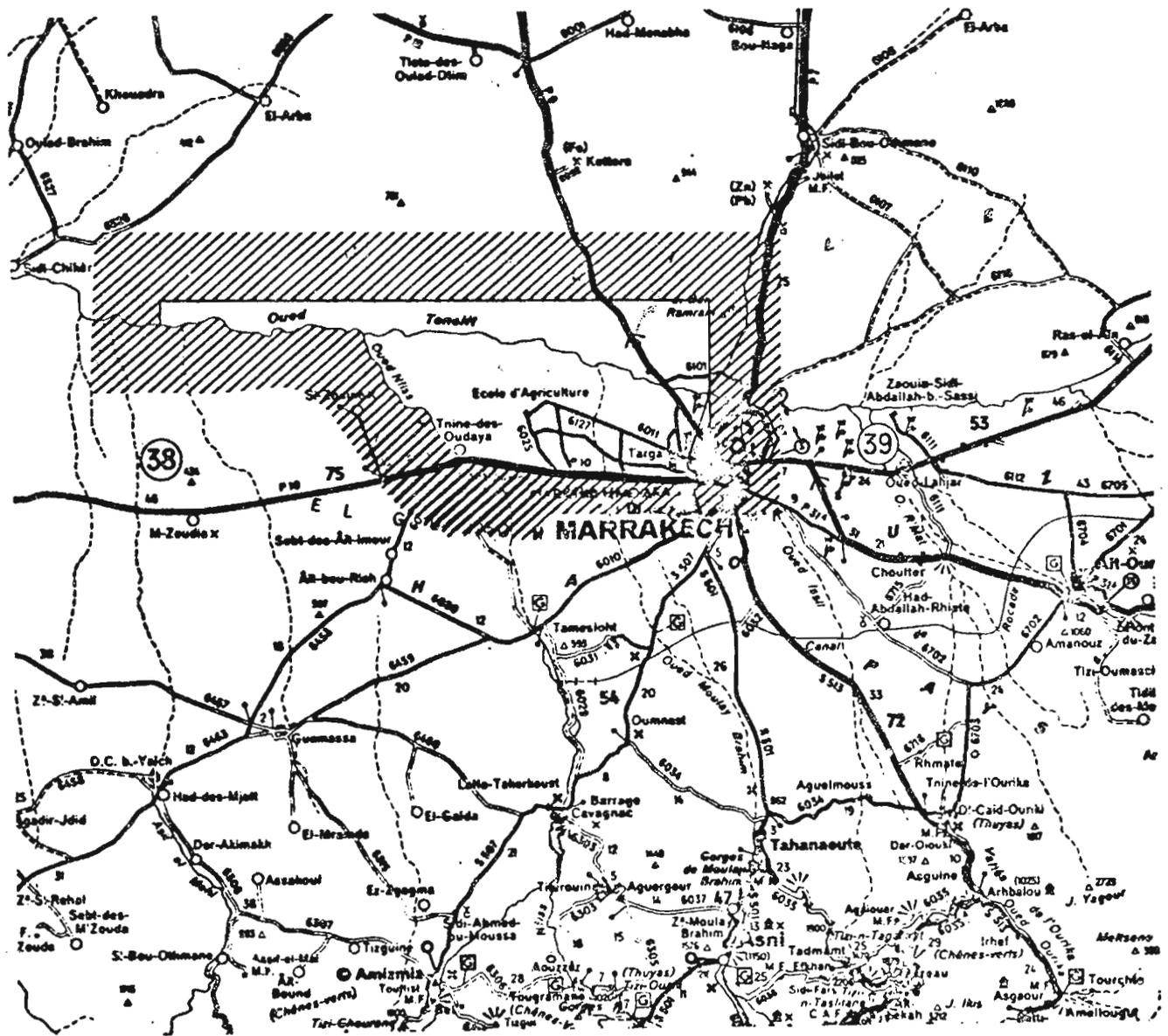
La région située au S. de l'oued Tensift fait l'objet d'études préliminaires en vue d'une mise en valeur par irrigation. Afin de faciliter la tâche des spécialistes, un tableau des catégories d'aptitude à l'irrigation des sols est joint en annexe de cette étude. Ce tableau a été établi à partir de la carte pédologique qui constitue le document fondamental, d'après les critères indiqués dans le "SCHEMA ANALYTIQUE POUR LE CLASSEMENT DES SOLS DU HAOUZ SELON LEUR APTITUDE A L'IRRIGATION d'après l'étude ONISSET (1963) et les études antérieures" établi à titre provisoire par P.BILLAUD (8.7.1970), selon les principes généraux du U.S. Bureau of reclamation.

244 profils observés sur tranchées pédologiques ont été décrits dans le cadre de cette étude ; sans compter les 30 profils situés en bordure de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA constituant la limite méridionale de la carte et qui ont été décrits au cours de l'étude MARRAKECH ouest-oued N'fis-SIDI ZOUINE. On peut aussi y joindre les 64 profils observés par J. CONCARET dans son étude de la zone SOUEILAH MRABTINE. Les profils constituent une maille assez régulière sur toutes les zones à épandages limoneux, mais leur densité est plus faible et très irrégulière sur les zones encroûtées et à affleurements rocheux, surtout au N. de l'oued Tensift où ils sont souvent groupés suivant des toposéquences.

En plus des profils, quelques 420 observations de terrain : puits, tranchées existantes, carrières, affleurements, sondages, ont été notées au cours des nombreux cheminements qui nous ont conduits sur toutes les zones de la surface cartographiée. Ces observations complètent utilement les profils décrits pour l'établissement de la carte pédologique.

PREMIERE PARTIE

LE MILIEU NATUREL



S I T U A T I O N G E O G R A P H I Q U E .

La région étudiée se situe au N.O. de MARRAKECH où elle couvre environ 400 km². Elle est séparée en deux zones par l'oued Tensift qui s'écoule d'E. en O.

- au N. de l'oued Tensift, une étroite bande limitée au N. par le parallèle 31°45' de latitude N. (limite N. des feuilles au 1/50 000 MARRAKECH Gueliz et SIDI ZOUINE), à l'O. par le méridien 8°30' de longitude O (limite occidentale de la feuille 1/50 000 SIDI ZOUINE) et à l'E. par le méridien 8° de longitude O (limite orientale de la feuille 1/50.000 MARRAKECH Gueliz).
- Au S. de l'oued Tensift, une zone plus étendue limitée au S. par la route MARRAKECH-ESSAOUIRA à 31°38' de latitude N., à l'O. par le cours de l'oued N'fis qui s'écoule vers le N.O. entre 8°15' et 8°21' de longitude O, et à l'E. par la même limite orientale de la feuille 1/50 000 MARRAKECH Guéliz qu'au N. de l'Oued : 8° de longitude O.

C L I M A T.

Nous ne donnerons ici que quelques caractéristiques du climat de la région étudiée. Pour davantage d'informations on pourra se reporter à l'étude de H. DELANNOY publiée dans le n° 20, 1971 de la revue de Géographie du Maroc sous le titre "Aspects du climat de MARRAKECH et de sa région".

La pluviométrie (fig. 1).

La pluviométrie moyenne est de 248 mm/an sur 50 années d'observation (1920-21 à 1969-70). Autour de ces valeurs la moitié des années a connu des précipitations comprises entre 200 et 300 mm ; 10 années dépassent 312 mm, mais 10 sont inférieures à 175 mm.

Les précipitations deviennent encore plus faibles vers l'O. et il ne tombe déjà plus que 190 mm de pluie en moyenne par an à OULED SIDI CHEIKH, à 15 km à l'O. de MARRAKECH. La différence s'accroît encore vers CHICHAOUA (175 mm/an) qui se situe à l'intérieur d'un secteur aride où la pluviométrie est inférieure à 200mm/an. Ce secteur s'étire d'O. en E. et remonte en se rétrécissant la vallée de l'oued Tensift jusqu'au N. de MARRAKECH. La région étudiée est en grande partie incluse dans cette zone recevant moins de 200 mm de pluie, à l'exception des environs de MARRAKECH.

Deux maxima apparaissent en novembre et en mars à MARRAKECH ; ils sont moins marqués à CHICHAOUA, surtout au printemps où la pluviométrie est nettement plus faible qu'à MARRAKECH : de mai à septembre s'installe une longue saison sèche où les précipitations sont nulles ou rares ; selon les années la durée de cette saison sèche peut s'accroître par manque de pluies au printemps ou en automne.

Les températures (fig. 1 et 2).

Les températures enregistrées sur les deux stations de MARRAKECH et de CHICHAOUA sont très voisines. La température moyenne mensuelle varie de 11°C en janvier à 28-29°C en juillet-août. La température moyenne annuelle est de 19,8°C ; mais les amplitudes sont importantes : l'amplitude moyenne annuelle est de 17,5°C à CHICHAOUA et de 15,6°C à MARRAKECH.

Le caractère continental plus accusé du secteur de CHICHAOUA correspond aussi à une baisse des températures minimales mensuelles de 1,5 à 2°C par rapport à celles de MARRAKECH ; la moyenne annuelle des minima est de 11,7°C à MARRAKECH et de 9,8°C à CHICHAOUA.

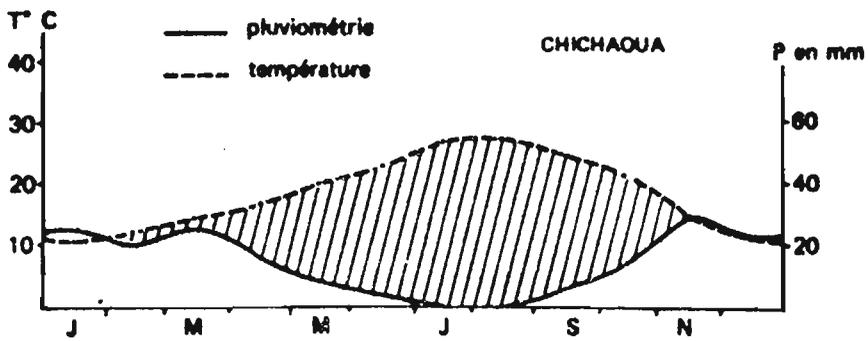
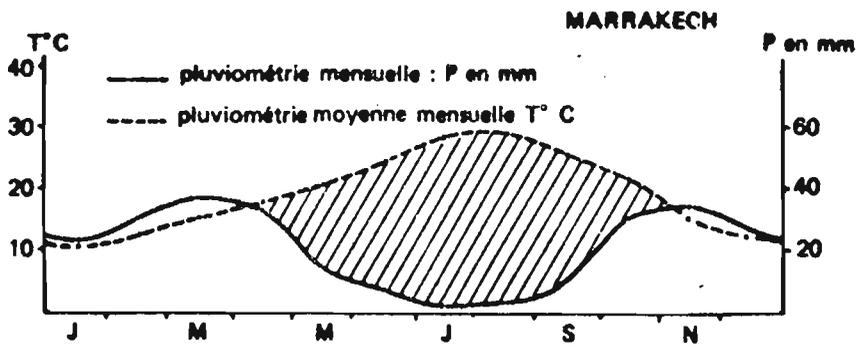


Fig. 1 - Diagrammes ombrothermiques

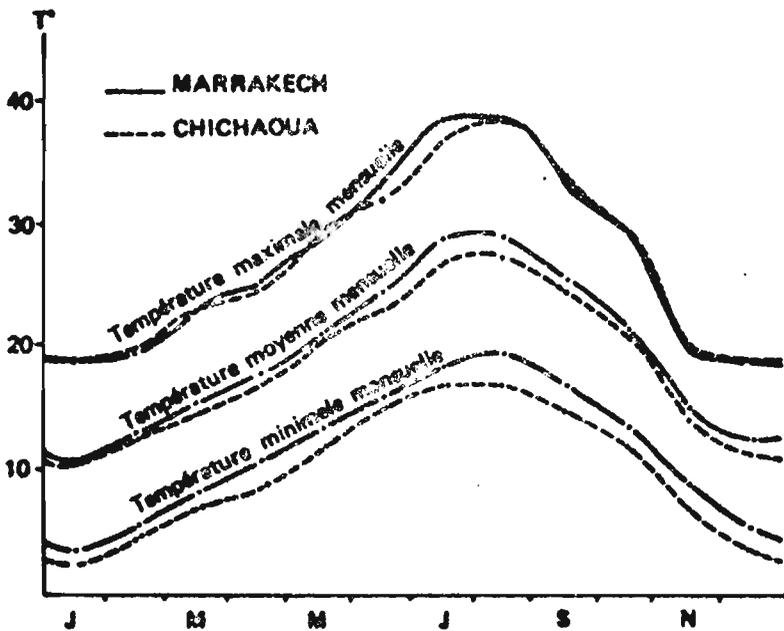


Fig. 2 - Températures mensuelles

L'humidité relative.

Elle est généralement faible pendant la plus grande partie de l'année (32 % en juillet) ; elle augmente en hiver (72 % en janvier). Elle tombe brutalement lorsque souffle le "Chergui" : vent chaud et sec d'origine saharienne.

L'évaporation.

L'évaporation moyenne annuelle (Piche) est de l'ordre de 2 300 mm à MARRAKECH. Elle est très importante en juillet-août : 326 et 311 mm, et les valeurs les plus faibles s'observent en décembre-janvier : 88,3 et 89,4 mm.

La nébulosité.

Calculée sur 15 ans (1956-1970), la moyenne de la fraction annuelle d'insolation est de 70 % (cette valeur est comparable à celle des bordures septentrionales et méridionale du Sahara). De 1958 à 1967, on ne compte annuellement à MARRAKECH que 44 jours d'ensoleillement nul dont 30 de novembre à février.

Les vents.

Ils sont faibles dans l'ensemble. Mais lorsqu'ils s'établissent ce sont souvent des coups de vents violents qui provoquent de nombreux tourbillons en soulevant les particules fines à la surface du sol ; celles-ci restent en suspension dans l'air et peuvent être déplacées sur de grandes distances.

Les vents chauds et secs d'origine continentale influence beaucoup le climat local, surtout l'été : ils soufflent en moyenne 39 jours par an à MARRAKECH.

Caractérisation du climat.

La faiblesse et la grande irrégularité des précipitations, ainsi que les contrastes thermiques hiver-été bien marqués, caractérisent un climat continental aride.

- Les diagrammes ombrothermiques de GAUSSEN et BAGNOLS (fig. 1), mettent en évidence une importante saison sèche d'avril à octobre; elle peut débuter dès février à CHICHAOUA.

L'importance de la surface hachurée correspond à l'intensité de la période sèche au cours de laquelle $P < T$; elle est particulièrement importante sur ces diagrammes. En dehors de la saison sèche, la courbe ombrique dépasse à peine la courbe thermique; ce qui indique une pluviométrie tout juste suffisante pour permettre une végétation temporaire active pendant cette période, et peut aussi expliquer la faible énergie de la pédogenèse dans cette région.

- Le quotient pluviothermique de EMBERGER est de 24,3 à MARRAKECH et de 17,0 à CHICHAOUA. Ces deux localités appartiennent à l'étage bioclimatique aride, mais MARRAKECH se situe dans le sous-étage à hiver tempéré et CHICHAOUA dans le sous-étage à hiver frais.

(1)

G E O L O G I E - L I T H O L O G I E - M A T E R I E L O R I G I N E L .

Les matériaux sur lesquels se développent les sols de la région étudiée peuvent être séparés en trois grands groupes d'après leur nature et leur origine.

- Roches primaires.
- Formations encroûtées.
- Dépôts alluviaux récents.

1 - LES ROCHES PRIMAIRES.

Elles constituent la quasi-totalité du substrat lithologique au N. de l'oued Tensift où elles ne sont recouvertes que par quelques petites surfaces encroûtées. Au S., elles n'apparaissent qu'en petits pointements qui se dégagent des surfaces voisines, ou mises à nues par l'érosion sur la berge du Tensift.

1-1. Les roches sédimentaires et métamorphiques.

Quatre étages sont représentés dans la zone étudiée (d'après la carte géologique au 1/500 000, 1955-1956, du Ministère de la production industrielle et des mines).

1-1 .1 Le Primaire indéterminé.

Ces roches d'âge indéterminé, peut-être antécambrien pour une part d'après E.ROCH, sont fréquemment riches en quartz : ce sont alors des schistes quartzeux, souvent en bancs grossiers gréseux ou quartzitiques ; ils sont associés à des schistes de types variés : schistes sériciteux, verdâtres et lardés de filons de quartz, ou schistes argileux, sombres ou jaunâtres.

Cet étage s'étend de la bordure E. de la carte jusqu'à la région du confluent avec l'oued N'fis. Les formations ont subi un métamorphisme surtout localisé à l'E. où elles sont traversées par de petits massifs de roches granitiques et de gabbros. De nombreuses prospections minières ont été entreprises dans cette région : plomb, fer.

1-1 .2 Le Cambrien.

La partie ouest de la carte est occupée par des schistes généralement finement lités, verts, rose-jaunâtres ou violacés, qui sont attribués à l'Acadien.

(1) une esquisse cartographique de la répartition des roches et dépôts superficiels est jointe en annexe au rapport.

1-1 .3 L'Ordovicien.

Localisés dans la région du confluent avec l'oued N'fis, ce sont des schistes gris ou verdâtres, souvent fins mais irrégulièrement lités, parfois quartzeux, avec des filons de quartz blanc laiteux.

1-1 .4 Le Dénovien.

Seulement représenté par les pitons du Djebel Gueliz au N.O. de MARRAKECH, il correspond à un calcaire dur noir marbré de blanc, avec des noyaux siliceux.

Plus que par leur âge géologique, ces roches se distinguent au point de vue de leur influence sur la morphogénèse et la pédogénèse par leur composition et leur structure qui conditionnent leur comportement vis-à-vis de l'érosion et de l'altération. Ainsi les collines au relief accentué correspondent à des roches en lits ou bancs grossiers généralement gréseux ou quartzitiques, calcaires mais massifs dans le cas du Djebel Gueliz. Les schistes finement lités au contraire ont été excavés et constituent des surfaces inférieures entre les collines dégagées par l'érosion.

1-2. Les roches éruptives.

Contemporaines, de l'orogénie hercynienne, les roches éruptives apparaissent au N.E. de la carte dans les formations primaires indéterminées indiquées au paragraphe I-I.I.

1-2 .1 Les roches granitiques.

La dénomination roches granitiques recouvre de grandes variations dans la composition, la texture et la structure de ces roches, dues à leur origine syntectonique.

- Variations de composition :

- Des granites vrais : à quartz, biotite et feldspaths (calco-alcalins).
- Des granodiorites : où la proportion de quartz est faible et irrégulière.
- Des granulites : essentiellement composées de quartz et de feldspaths en grains fins.
- Des filons de quartz blanc laiteux, parfois noir, d'épaisseur très variable mais pouvant atteindre plus d'un mètre dans certains cas. Ils constituent des lignes blanches exhaussées qui se suivent très bien sur les photographies aériennes. Rarement, le quartz apparaît aussi associé au granite en petits ensembles très hétérogènes où il prend une place prépondérante.
- Enfin, souvent associés au quartz on observe des filons de couleur marron sombre et d'aspect ruiforme en surface. La cassure fraîche révèle une teinte blanc-rosâtre, avec de grands cristaux à faces courbes ; il y a effervescence très faible à l'acide chlorhydrique à froid, plus forte à chaud ; le minéral pourrait être de la dolomite.

- Variations de texture et de structure :

La taille des grains constituant les granites est très variable suivant les sites : de l'ordre de 0,5 mm à 10-20 mm (avec phénocristaux de feldspath).

La structure de la roche change rapidement, parfois d'un mètre à l'autre : grenue ou orientée en lits fins, souvent très diaclasée.

1-2 .2 Les gabbros.

De couleur verdâtre sombre, ils n'apparaissent que sur de petites zones très localisées s'étirant dans la direction N.S. Les affleurements se correspondent bien de part et d'autre de l'oued Tensift.

La roche est dure, à grains moyens, avec une structure grenue.

Un réseau de diaclases plus ou moins lâche divise la roche. Il est très dense et serré surtout au voisinage des schistes et il possède la même orientation que ces derniers. Le passage entre les deux types de roches est net, parfois très brutal, ou bien progressif par imbrication alternée de l'une et de l'autre.

2 - LES FORMATIONS ENCROUTEES.

2-1. Les alluvions grossières encroûtées.

Elles bordent l'oued Tensift sur les deux rives mais plus irrégulièrement sur la rive droite, à l'O. du douar EL GUERN, et constituent deux terrasses qui s'élèvent progressivement jusqu'aux environs des 12 m et 25 m au-dessus de l'oued, à la limite O. de la carte.

Les alluvions sont essentiellement caillouteuses. Les galets sont de taille variable mais dépassent rarement 10-15 cm ; ils sont constitués de roches variées originaires de l'Atlas : grès, andésite, basalte, granite. Ils constituent des lits entrecroisés où les éléments sont de calibre différent, avec des lentilles sableuses en alternance. L'épaisseur de ces alluvions est variable, de l'ordre de 5-6 m, dépassant rarement 10 m.

L'encroûtement se présente sous forme de lits calcaires massifs bruns, d'épaisseur variable atteignant fréquemment quelques dizaines de cm. Ces lits très durs où l'on reconnaît les sables et galets soudés, sont ondulés et alternent avec des zones peu ou non imprégnées de calcaire et friables. L'induration du calcaire est particulièrement nette dans les lentilles sableuses alluviales qui présentent l'aspect d'un grès à ciment calcaire très dur, très homogène sur plus d'un mètre d'épaisseur parfois.

L'encroûtement souligne la différence texturale des dépôts alluviaux. Il semble essentiellement dû à la circulation d'une nappe, plus ou moins facile selon la catégorie des éléments fins accompagnant les galets d'un niveau à l'autre.

Ces alluvions encroûtées constituent un matériau hétérogène très différent d'un conglomérat où le calcaire imprègne et soude les éléments en une masse homogène.

2-2. Les carapaces calcaires.

Ce sont les croûtes et encroûtements qui apparaissent sur de grandes surfaces dans cette partie septentrionale du Haouz et sur la bordure méridionale des Djebilets. Ces formations sont attribuées au Tensiftien (quaternaire moyen), depuis que ce terme a été créé par G. CHOUBERT dans une note de 1956 (cité par G. BEAUDET).

L'encroûtement s'est généralement développé dans des matériaux d'épandages allochtones au S. de l'oued Tensift. Ces matériaux sont généralement fins, limoneux, avec parfois des zones relativement riches en petits galets. Au N. de l'oued, l'encroûtement affecte les glacis de raccordement des reliefs primaires à l'oued Tensift qui sont souvent constitués par des épandages généralement riches en cailloux schistaux grossiers ; mais il se développe aussi directement au contact de la roche : arène granitique ou schiste.

A. RUELLAN a utilisé le terme de "carapace calcaire" pour indiquer une accumulation calcaire groupant : dalle avec ou sans pellicule rubanée, croûte et encroûtements, sans préjuger de leur importance relative.

Le profil théorique de la carapace calcaire présente les caractères suivants sous un horizon meuble, peu épais et remanié :

- A la partie supérieure, une croûte calcaire blanchâtre et dure, irrégulièrement cavernueuse sur une épaisseur de 20-30 cm qui passe au sommet à une dalle massive brune pouvant atteindre 10 cm d'épaisseur et très dure. Une mince pellicule rubanée marque la limite supérieure.
- En dessous, un encroûtement granulo-nodulaire dont les éléments deviennent de plus en plus petits vers le bas ; l'induration aussi diminue. Il est relativement homogène dans les matériaux fins homogènes. Mais dans les matériaux grossiers, des indurations calcaires grossières (10 cm au plus), parfois des petites dalles massives, existent irrégulièrement. Cet encroûtement disparaît en profondeur vers 2 m dans les positions de bon drainage. Ailleurs, il peut se maintenir pendant plusieurs mètres mais sous forme d'amas friables ou d'accumulation calcaire farineuse généralisée à l'ensemble de la masse ; dans les matériaux grossiers, au voisinage de l'oued Tensift, il peut aussi passer à un encroûtement en lits massifs irréguliers qui indique probablement l'existence d'une nappe à ce niveau au moment de sa formation.

L'érosion et la culture ont fortement perturbé les surfaces encroûtées. La croûte calcaire est assez souvent inexistante. Elle est rarement maintenue en place mais le plus souvent disloquée, avec des fragments décalés qui se retrouvent fréquemment en grand nombre dans l'horizon superficiel de remaniement dont l'épaisseur est très variable mais jamais très importante : 10-40 cm.

3 - LES DÉPÔTS ALLUVIAUX RECENTS.

Ce sont des matériaux d'apport originaires de l'Atlas ou des Djebilet et mis en place par un écoulement divagant affluent vers l'oued Tensift.

Au S. de l'oued Tensift, ces nappes d'épandages recouvrent les croûtes calcaires irrégulièrement érodées ou des formations calcaires plus anciennes. Le matériau est à dominante limoneuse, mais souvent très caillouteux au voisinage et au N. de MARRAKECH, dans le prolongement de l'ancien cône d'épandage caillouteux de l'oued Reraya. Il est limoneux mais irrégulièrement plus argileux ou plus sableux ailleurs ; cependant, de petites lentilles gravelo-caillouteuses peuvent exister localement.

Au N. de l'oued Tensift, les nappes alluviales s'étalent dans les thalwegs peu encaissés. La présence d'éléments grossiers schisteux est fréquente, surtout en profondeur et au pied des collines schisteuses où ils constituent des petits cônes d'épandage. Les alluvions fines sont marquées par les caractéristiques des roches dont elles sont originaires : très limoneuses si elles proviennent des schistes fins, sableuses lorsqu'elles sont issues des zones granitiques.

Les basses terrasses de l'oued Tensift sont peu développées et elles sont attaquées par les divagations de l'oued. Les alluvions sont surtout limoneuses, parfois localement plus argileuses.

Bien que tous ces dépôts aient une origine alluviale, les processus de mise en place, leur situation et leur rôle actuel dans le paysage régional, permettent de les diviser en deux catégories :

- Les épandages en nappes sont des dépôts étalés, repris et remaniés sur de grandes surfaces par un écoulement diffus et divagant. Ils sont indiqués sous le vocable : épandage alluvial, suivi des caractéristiques texturales correspondantes pour désigner ces dépôts au niveau de la famille, par exemple : sol brun modal sur épandage alluvial limono-argileux peu calcaire.

- Les apports fluviatiles ont été déposés par un oued bien établi entre des berges stables. Ces dépôts constituent des terrasses superposées en bordure de l'oued Tensift, ou des recouvrements de débordement de l'oued Baja J'did. Ils sont qualifiés d'alluvions, avec les indications texturales correspondantes, lorsqu'ils constituent le matériau originel du sol.

x x x

Au N. de l'oued Tensift, les matériaux encroûtés ou les dépôts d'épandage reposent directement sur les roches primaires. Ces roches apparaissent à des profondeurs très variables, mais qui ne semblent guère dépasser 5-6 m.

Au S. de l'oued Tensift, le socle primaire affleure par endroit en petits pointements en bordure de l'oued. Ailleurs, les sondages effectués par les services de la Direction de l'Hydraulique à MARRAKECH l'ont atteint à des profondeurs variables qui augmentent vers le Sud : 7,5-23 m, au voisinage de l'oued, 70 m sur la route de la Targa à 7 km de MARRAKECH, 104 m au S.E. de SOUHLA à 2 km au N. de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA.

Dans cette région, au S. de l'oued, sous les limons de recouvrement encroûtés ou non, les forages traversent une succession de formations calcaires qui présentent alternativement un caractère conglomératique, lacustre ou marneux, avec des niveaux non encroûtés de galets ou de limons. Ces calcaires sont de couleur irrégulièrement rose et blanche, avec souvent de petites dendrites. A l'E. du douar EL GUERN, on observe des bancs lacustres très durs et fins totalement blancs. Ces calcaires ont été érodés et repris à la partie supérieure dans un encroûtement conglomératique ultérieur.

On admet généralement qu'au-dessus du socle schisteux se situent des calcaires marneux mio-pliocène, puis des encroûtements lacustres ou conglomératiques du Quaternaire ancien. En fait, les sondages font apparaître une grande irrégularité et de nombreux faciès d'encroûtement dans un matériau très hétérogène de caractère alluvial. Il n'est pas douteux que ces formations proviennent d'un remplissage progressif de la cuvette du Haouz par des matériaux venus de l'Atlas, mais il est très difficile de leur attribuer un âge déterminé dans l'état actuel de nos connaissances.

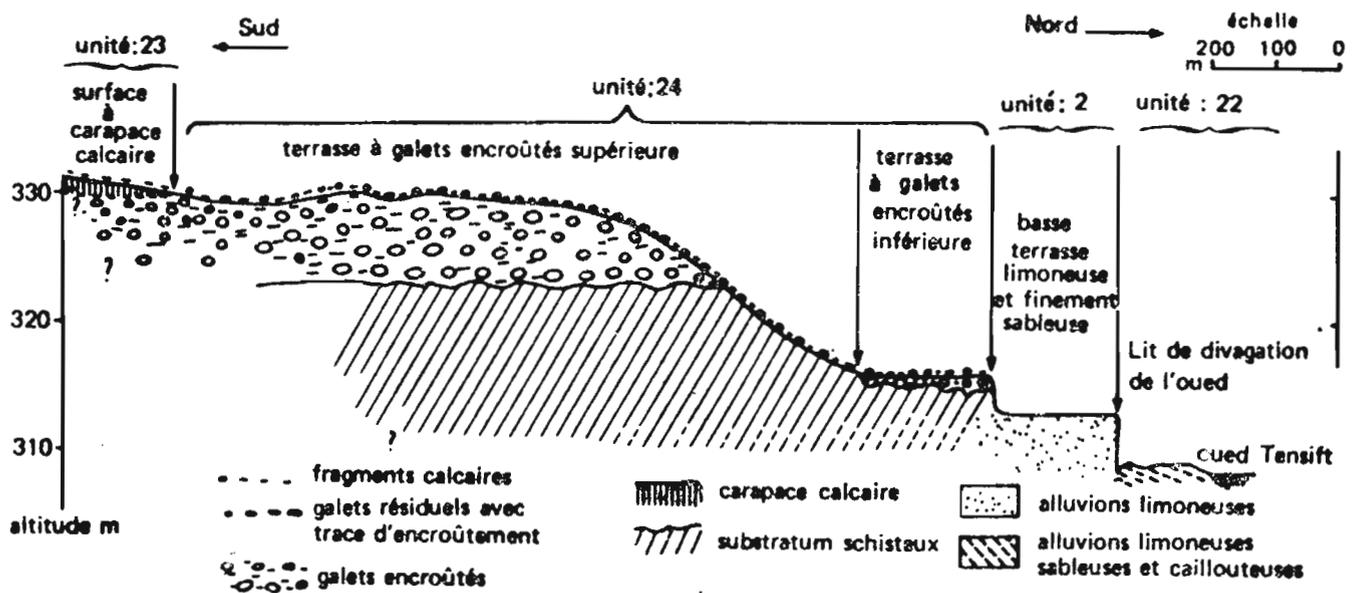


Fig. 3 - Coupe schématique des terrasses de l'oued Tensift au nord de la Zaouia Ech Cherradi

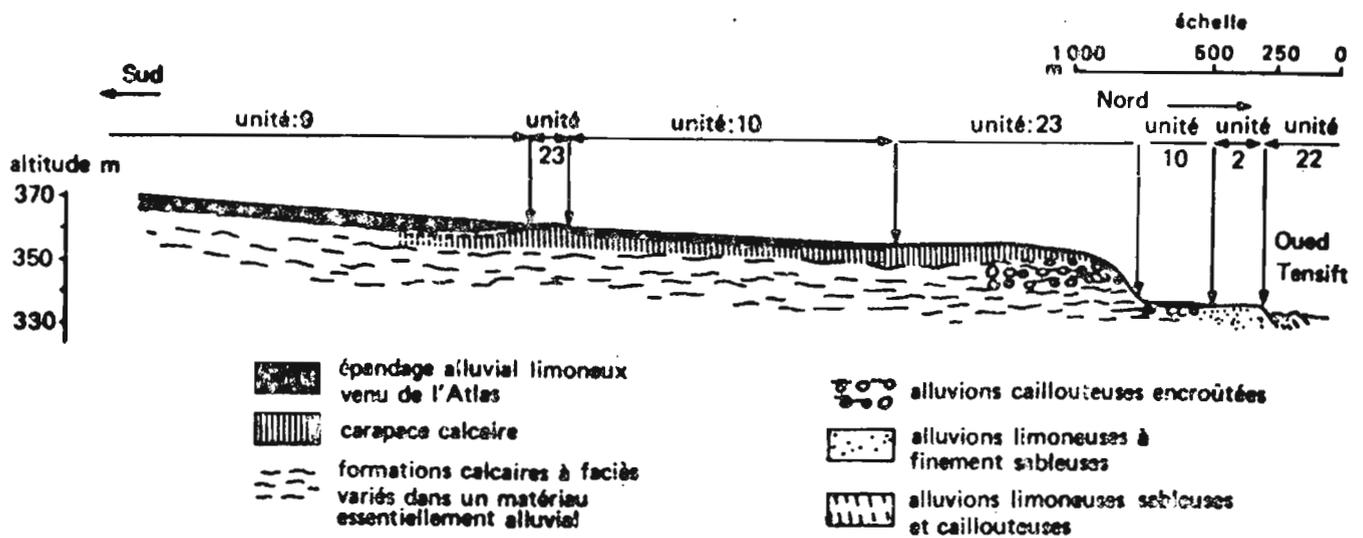


Fig. 4 - Coupe schématique dans la région des douars Cherif et Ourich au sud de l'oued Tensift

G E O M O R P H O L O G I E - N A P P E P H R E A T I Q U E .

La topographie s'organise autour de l'oued Tensift qui draine la région d' E. en O. Son cours est assez bien régularisé ; il passe de la côte 396 à l'E. de la carte, à la côte 296 à la limite O. La pente est de 2,1 ‰ à l'O. du confluent avec l'oued N'fis ; elle se relève légèrement vers l'E. à 2,5 ‰. L'oued est peu encaissé à l'E. : moins de 10 m, et seules sont visibles alors les basses terrasses limoneuses de 4-7 m ; mais il s'enfonce progressivement vers l'O. avec l'apparition de deux terrasses caillouteuses encroûtées dont l'altitude relative s'accroît jusqu'aux environs de 10-12 m pour la plus basse et de 25-27 m pour la terrasse supérieure qui est la plus importante (cf. fig. 3).

Au S. de l'oued Tensift, la planitude du paysage qui caractérise la plaine du Hāouz commence dès la berge de l'oued (cf. fig. 4). Elle n'est interrompue que par les pitons du djebel Gueliz qui dominent la ville de MARRAKECH de quelques 80 m. La pente reste inférieure à 1 ‰, le plus souvent de l'ordre de 0,5 ‰ ; elle s'oriente du S.S.E. au N.N.O. et s'abaisse de la côte 450 m à MARRAKECH à 320 m dans la région du confluent avec l'oued N'fis.

Au voisinage de l'oued N'fis qui est l'affluent le plus important de l'oued Tensift dans cette région, la pente s'oriente plus franchement vers l'O. mais l'influence de cet oued sur la topographie est très limitée.

A l'approche de l'oued Tensift, la surface est fréquemment entaillée par les incisions de petits oueds temporaires, dont beaucoup ne sont plus fonctionnels ; ils rejoignent le lit de l'oued Tensift et favorisent l'érosion ravinante. En outre, les zones encroûtées sont souvent légèrement exhaussées et donnent un aspect très faiblement ondulé à ces régions.

Au N. de l'oued Tensift, la topographie apparaît beaucoup plus accidentée, surtout à l'E., malgré la modestie des altitudes atteintes par les sommets des Djebilet dans cette région : 588 m au djebel Ramram. Les reliefs les plus vigoureux sont constitués par les roches les plus résistantes à l'érosion : schistes quartzeux ou quartzites, dont les sommets se détachent souvent en petites crêtes appalachiennes avec des pentes atteignant fréquemment 30 à 35 ‰.

Ces collines avancent parfois jusqu'au bord de l'oued Tensift mais elles en sont souvent séparées par une surface aplanie à pente faible diminuant vers l'aval jusqu'à moins de 1 ‰. Ces surfaces constituent des glacis de raccordement entre les reliefs et l'oued Tensift ; elles supportent généralement des remblaiements grossiers plus importants vers l'aval. Elles sont divisées en interfluves étroits par les nombreux thalwegs qui les in-

cisent de plus en plus profondément vers l'O. où le paysage prend un aspect vallonné.

L'influence de la topographie sur la morphogénèse et la pédogénèse est particulièrement nette au N. de l'oued Tensift où s'observent des différences caractéristiques en fonction de la situation topographique (cf. fig. 5 et 6).

Les surfaces supérieures : collines, amont de glacis, constituent des zones d'érosion et de départ des matériaux : affleurements nombreux, sols squelettiques. On y retrouve aussi des caractères résiduels de rubéfaction ; les plus nets s'observent sur les roches granitiques. Dans des conditions climatiques adéquates, la rubéfaction s'est trouvée favorisée par la situation de bon drainage et par les possibilités de lessivage, du calcium notamment.

Sur les surfaces inférieures : pied de collines, bas de glacis, se sont déposés les matériaux arrachés des surfaces supérieures : débris schisteux, sables des arènes. Le milieu confinant a favorisé l'accumulation des éléments dissous. Les encroûtements se sont développés sur ces surfaces. On les retrouve également au S. de l'oued Tensift en position topographique déprimée par rapport au piedmont atlasique.

Les encroûtements présentent aussi une différenciation longitudinale ; ils deviennent plus puissants et plus épais vers l'aval des glacis où des encroûtements de nappe se sont développés en profondeur.

Enfin, au voisinage de l'oued Tensift, la salure et l'alcalisation se développent, favorisées par la proximité de la nappe phréatique.

La nappe phréatique est assez bien connue au S. de l'oued Tensift grâce aux nombreux travaux effectués par le Service des Ressources en Eau de MARRAKECH. Le socle primaire constitue le plancher du réservoir aquifère et la nappe s'établit dans les formations plio-quaternaires susjacentes (voir la carte des profondeurs et des conductivités de la nappe ci-jointe).

La nappe du Haouz est essentiellement alimentée par le sous-écoulement des oueds atlasiques et par abouchement avec d'autres niveaux aquifères aux limites méridionales du Haouz. L'estimation de la proportion de l'eau d'irrigation et des oueds qui rejoint la nappe principale est la suivante :

- nulle quand la nappe se trouve à plus de 30 m de profondeur,
- 25 % quand la nappe se trouve à plus de 10 m de profondeur,
- 50 % quand la nappe se trouve à moins de 10 m de profondeur.

La nappe phréatique se trouve à une profondeur légèrement supérieure à 10 m au niveau de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA ; elle arrive à moins de 5 m en bordure de l'oued Tensift et de l'oued N'fis où elle constitue de nombreuses sources de résurgence. Outre le drainage par ces oueds, l'autre principale cause de prélèvement de la nappe sont les pompes nombreux dans la région. La nappe est d'ailleurs surexploitée dans la zone centrale où elle s'abaisse à plus de 20 m de profondeur.

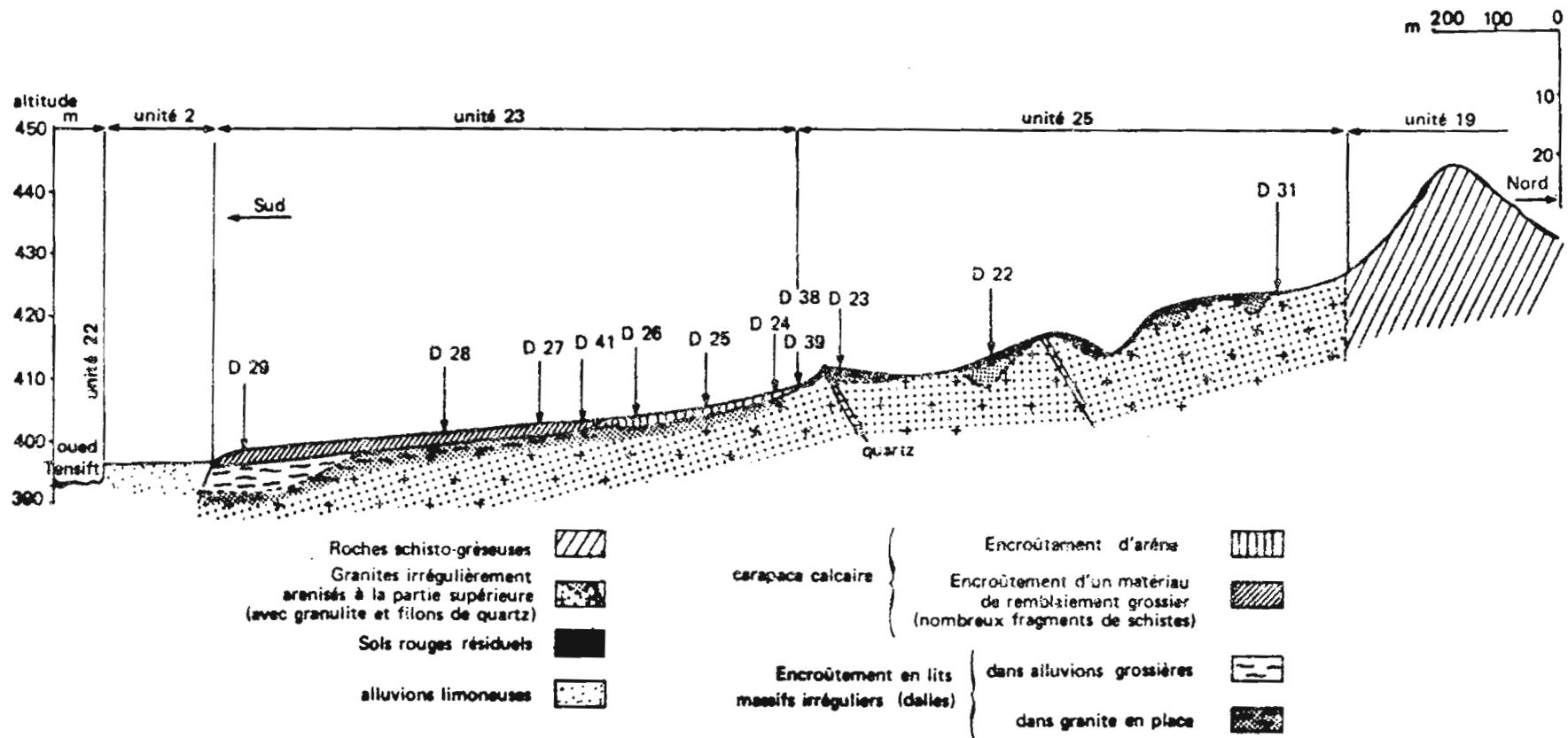


Fig. 5 - Toposéquence en région granitique sur un interfluve du glacier reliant les reliefs schisto-gréseux des Djebilet à l'oued Tensift, au nord de MARRAKECH.

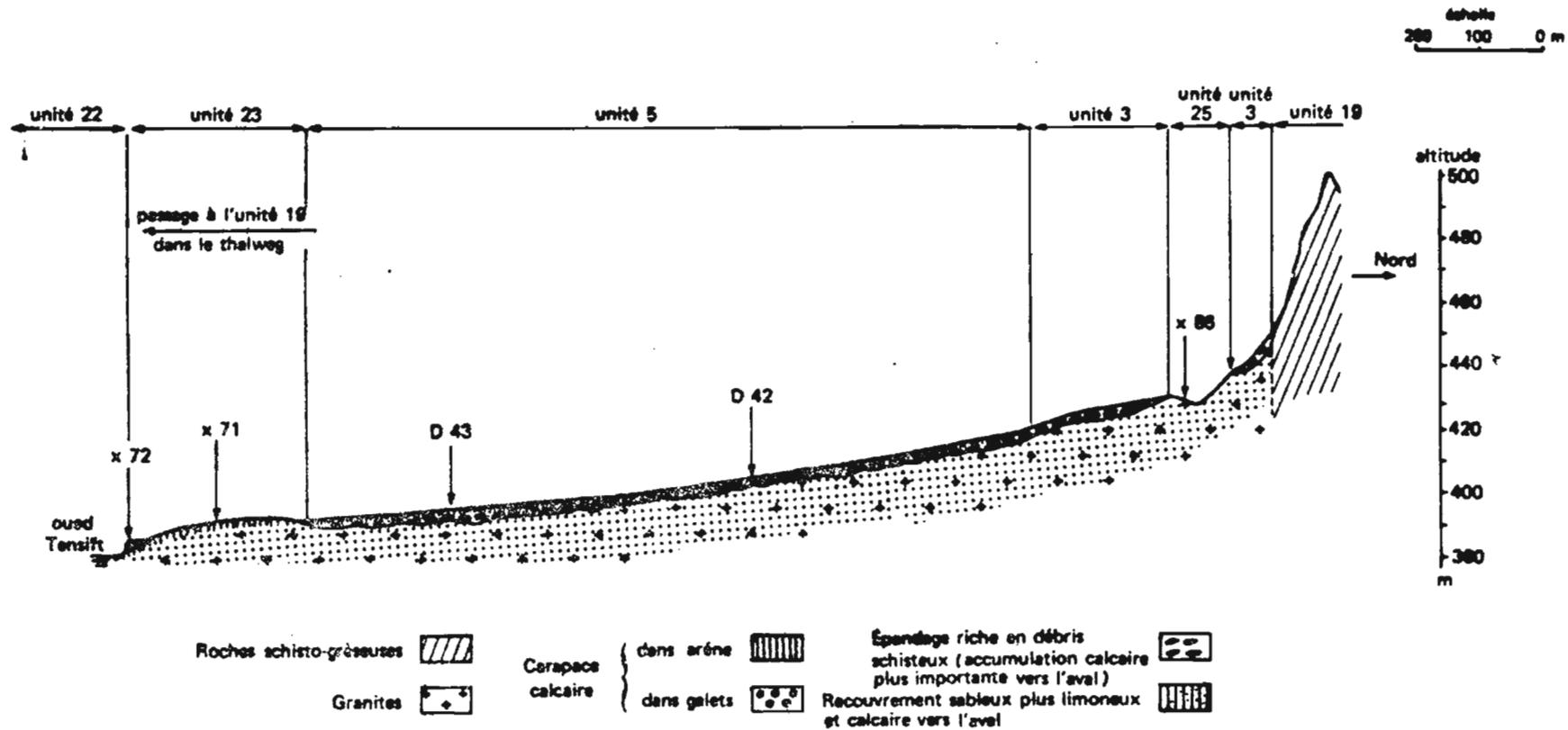
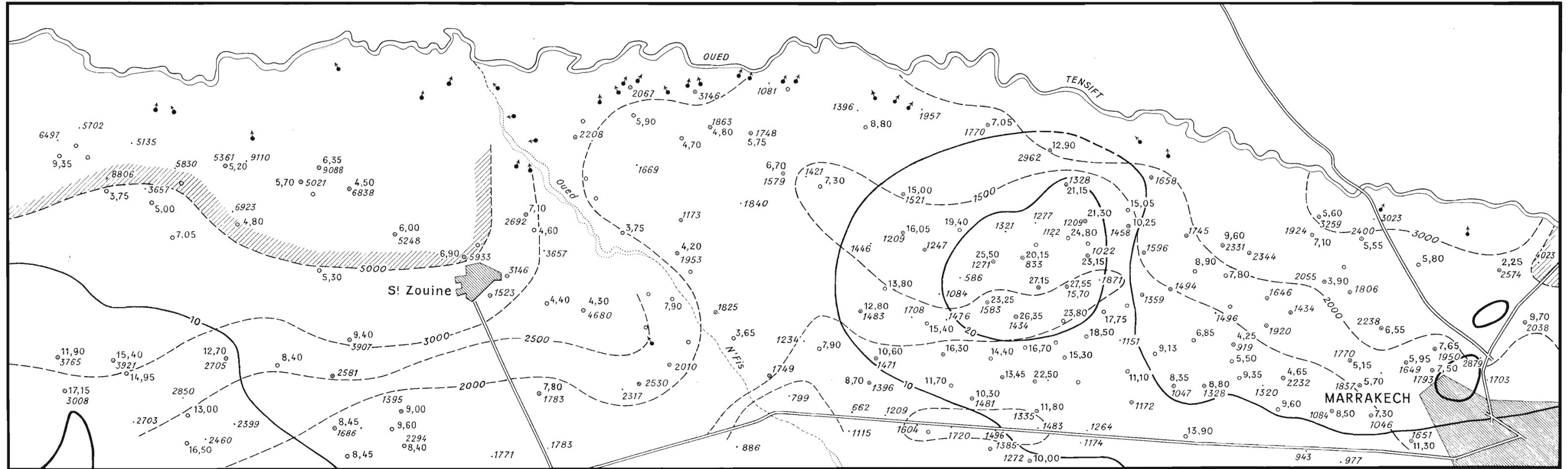


Fig. 8. Toposéquence en région granitique dans un thalweg du glacis reliant les reliefs schisto-gréseux des Djebilet à l'ousad Tensift, au nord de MARRAKECH.

PLAINE DU HAOUZ À 1/100000

CARTE DES PROFONDEURS ET DES CONDUCTIVITÉS DE LA NAPPE PHRÉATIQUE



- 3,25 Point de mesure et profondeur de l'eau en mètres
- ♣ Source
- 10- Courbe d'isoprofundeur de la nappe en mètres

Origine :
Documents D.R.E. Centre de Marrakech

- 1321 Point de mesure de la conductivité à 25° C. Micromhos
- ////// Zone salée plus de 4000 Micromhos
- (1000) Courbe d'isoconductivité égale à 1000 Micromhos soit 800 mg/l.

La conductivité électrique de la nappe est de l'ordre de 1 à 1,5 mmhos/cm au niveau de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA. Elle augmente vers le N. mais ce n'est qu'au voisinage de l'oued Tensift qu'elle dépasse 2 mmhos/cm, atteignant même 3-4 mmhos/cm au N. de MARRAKECH. La teneur en sel reste donc inférieure à 2 g/l sur la plus grande partie de cette région et l'eau est théoriquement utilisable pour l'irrigation ; il conviendrait cependant de tenir compte des mauvaises conditions de drainage dues à la texture des sols et à la présence de bancs calcaires possible en profondeur ; il existe d'ailleurs de nombreux points de salure dans les sols de cette zone. La teneur en sel augmente fortement vers l'aval où la nappe phréatique se situe à moins de 5 m et peut subir une évaporation intense ; elle favorise la formation des sols halomorphes à alcali qui caractérisent ces surfaces.

Nous n'indiquons pas d'autres données sur la qualité des eaux d'irrigation mais on trouvera au Service des Ressources en Eau à MARRAKECH toutes les indications actuellement disponibles concernant la nappe phréatique et l'irrigation dans la plaine du Haouz.

VEGETATION NATURELLE ET CULTURE.

Les jujubiers (Zizyphus lotus) sont les seuls témoins d'une végétation arbustive qui devait prédominer autrefois. Bien adaptés aux conditions rigoureuses du climat, ils résistent admirablement bien à l'exploitation intensive dont ils sont l'objet (chauffage, haies).

Ils constituent des touffes en rejets vigoureux qui sont un élément caractéristique du paysage dans cette région. La taille importante des souches enterrées qu'ils ont formées, témoignent de leur implantation très ancienne. Les autres espèces spontanées, essentiellement herbacées, constituent souvent des adventices pour les cultures. Beaucoup sont ubiquistes mais certaines sont bien adaptées à des conditions particulières.

La salure est un élément particulièrement sélectif vis-à-vis des plantes et favorise les espèces halophiles :

- Atriplex halimus sur les sols à salure modérée.
- Limonium ornatum sur les sols moyennement ou assez fortement salés, par plage aux endroits les plus humides.
- Sueda fruticosa et Frankenia corymbosa supportent des salures fortes qui s'accompagnent d'une certaine humidité (fréquents en bordure de séguias).
- Mesembryanthemum nodiflorum caractérise les zones fortement salées non hydromorphes cultivées ou non.
- Salicornia arabica est lié à la proximité de la nappe phréatique, sur des sols hydromorphes; elle est souvent associée à des joncs.
- Tamarix galica est limité aux sols d'alluvions salés du lit de divagation des oueds.

Certaines espèces sont nettement influencées par la nature texturale des sols.

- Peganum armala sur limons calcaires, sableux ou gravelleux, et encroûtements, même légèrement salés.
- Scolimus hispanicus abondant sur les sols limoneux, disparaît sur les sols limono-argileux et argileux où il est remplacé par Scolimus maculatus.

Dans les zones à irrigation permanente, Arundo donax (canne de Provence) constitue des haies denses; elle est abondamment utilisée dans la vannerie locale. On a aussi souvent recours à Acacia gommifera en plantation serrée pour clore les parcelles cultivées, surtout dans les zones plus

sèches (1).

Outre les cultures temporaires : surtout céréales en culture sèche et maraichage en zone irriguée, l'homme a installé des plantations qui prennent de plus en plus d'extension sur les sols profonds avec la progression des possibilités d'irrigation par moto-pompes. Les oliveraies sont sans doute les plus anciennes ; l'installation des agrumes est souvent contrariée par la salure et le calcaire ; par contre, les abricotiers sont installés un peu partout, même sur les surfaces encroûtées après écroûtage.

(1) La répartition des zones cultivées, irriguées ou non, est indiquée sur des cartes établies par l'Office de Haouz à MARRAKECH.

A C T I O N D E L ' H O M M E .

La mise en culture et la pratique de l'élevage ont largement contribué à la dégradation de la végétation naturelle.

La pression démographique entraîne une extension maximum des surfaces cultivées. Ces surfaces sont composées, pour une part importante, de sols à fertilité réduite, peu profonds (15-20 cm) et à forte piérosité. Le développement des céréales qui y sont ensemencées est très incertain et dépend de l'importance et de la répartition des pluies annuelles. Seuls les pentes trop abruptés, les affleurements et les croûtes compactes affleurantes ne sont pas cultivés.

L'activité humaine a laissé de nombreuses traces sur le terrain : anciens zones d'habitations nombreuses. Les plus récentes constituent encore des surfaces bosselées qui apparaissent généralement en taches sombres sur les photographies aériennes. On y trouve des débris de poterie et la salure s'y manifeste d'une façon préférentielle en favorisant le développement de Mesembryanthemum nodiflorum.

L'irrigation pratiquée depuis longtemps dans certaines régions modifie le régime hydrique des sols et nécessite de nombreux travaux d'aménagement : nivelage, séguias, rhattaras, qui modifient la topographie mais aussi, surtout dans le dernier cas, la nature des matériaux déposés en surface. Il n'est pas rare de rencontrer des cailloutis dont l'origine profonde est incontestable et qui proviennent du creusement des rhattaras. Selon leur origine, les eaux d'irrigation sont plus ou moins chargées en limon. Cet apport n'est sans doute pas négligeable compte tenu de l'ancienneté de l'irrigation à certains endroits, mais aucune étude précise ne permet d'en évaluer l'importance dans cette région.

L'irrigation a pu favoriser la salinisation et l'alcalisation par l'utilisation d'eaux de mauvaise qualité. Bien que nous n'ayons aucunes données précises sur l'existence effective de ce phénomène dans le passé, il peut être à l'origine de l'alcalisation et de la salure qui se manifestent sur certaines zones et qui s'expliquent mal d'après les seules conditions naturelles. On a pu observer le développement de la salure probablement due à l'irrigation sur des sols mal drainants, dans une zone récemment aménagée au S. de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA (cf. unité 18 du rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis-Sidi Zouine).

L'alcalisation des sols entraîne une dégradation de leur structure et ils deviennent très susceptibles à l'érosion. L'érosion en nappe est importante et les eaux de ruissellement se concentrent en petits ravinements qui confluent pour former des entailles de plus en plus profondes vers

l'oued Tensift. Elles sont particulièrement développées sur la rive gauche, dans les zones de limons. Dans une zone de ravinement (Chaaba) située dans la région de SOUHLA, J.CONCARET a estimé à plus de deux tonnes par hectare les pertes de terre consécutives à une pluviométrie de 46 mm du 18 janvier au 13 mars 1957, essentiellement sous forme d'argile et limon.

L'érosion éolienne joue aussi un rôle non négligeable mais difficile à évaluer. Les tourbillons puissants et fréquents dans cette région entraînent facilement ces particules fines, surtout sur les surfaces fraîchement travaillées et sans protection végétale ; ailleurs, l'existence d'une croûte superficielle doit limiter le phénomène.

Dans cette région très anciennement occupée, aux conditions climatiques sévères et où les travaux de terrassement nombreux se sont poursuivis pendant des siècles, l'action de l'homme constitue un facteur non négligeable dans la détermination des conditions du milieu. Cette action tend à devenir chaque jour plus importante en raison des moyens modernes de plus en plus puissants dont l'homme dispose : barrages, forages, multiplication des surfaces nivelées et irriguées.

DEUXIEME PARTIE

LES SOLS.

LA CLASSIFICATION DES SOLS.

La classification des sols adoptée dans cette étude est la classification française proposée par G.AUBERT et P.DUCHAUFOR en 1956 et remise à jour en 1965. Cette classification a été reprise dans les travaux de la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols en 1967.

La classification française des sols est une classification morphogénétique. Elle est fondée sur les conditions de formation mais elle s'exprime d'après les caractères intrinsèques du sol. Ces caractères doivent être, si possible, reconnaissables sur le terrain. Les processus d'évolution sont hiérarchisés et interviennent aux différents niveaux de la classification qui sont : classe, sous-classe, groupe, sous-groupe (faciès), famille, série, phase.

Dans cette étude, les sols sont cartographiés au niveau de la famille, avec, dans certains cas, des caractères de série.

Nous avons distingué les unités cartographiques suivantes :

Classe : SOLS PEU EVOLUES.

Sous-classe : d'origine non climatique.

Groupe : d'apport.

Sous-groupe : modaux.

1 Famille : sur alluvions finement sableuses recouvrant un épandage plus ancien, limono-argileux, faiblement calcaires.

Sous-groupe : faiblement à moyennement salés (à faciès isohumique).

2 Famille : sur alluvions limoneuses à finement sableuses, faiblement calcaires.

Classe : SOLS ISOHUMIQUES.

Sous-classe : à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses.

Groupe : sols châtaîns subtropicaux.

Sous-groupe : châtain-rouge.

3 Famille : sur épandage grossier à débris schisteux et matrice fine rouge, non calcaire.

Groupe : sols bruns subtropicaux.

Sous-groupe : modaux.

- 4 Famille : sur épandage alluvial complexe, limoneux à limono-sableux, limono-argileux en profondeur, faiblement calcaire.
- 5 Famille : sur épandage alluvial hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux ou sableux et galets, très faiblement ou non calcaire.
 - 5 a - à pierrosité faible ou très localisée ;
 - 5 b - à pierrosité importante et plus généralisée.
- 6 Famille : sur épandage alluvial hétérogène, limoneux, irrégulièrement plus argileux, sableux ou caillouteux, très faiblement ou non calcaire recouvrant une carapace calcaire.

Sous-groupe : irrégulièrement salés et alcalisés.

- 7 Famille : sur épandage alluvial limono-argileux, faiblement calcaire.
 - 7 a - peu ou non salés et alcalisés ;
 - 7 b - plus fréquemment salés et alcalisés .
- 8 Famille : sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire.
- 9 Famille : sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux, faiblement à moyennement calcaire, recouvrant un encroûtement granulo-nodulaire.

Groupe : siérozems.

Sous-groupe : modaux.

- 10 Famille : sur épandage alluvial sableux à sablo-limoneux, non ou très faiblement calcaire, recouvrant un épandage plus ancien, riche en débris schisteux.
- 11 Famille : sur épandage alluvial finement limoneux à limoneux, faiblement calcaire.
- 12 Famille : sur épandage alluvial, limoneux à limono-sableux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses) faiblement calcaire.
- 13 Famille : sur épandage alluvial limono-argileux, à texture plus grossière en profondeur, faiblement calcaire, à salure localisée.

Sous groupe : irrégulièrement salés et alcalisés.

- 14 Famille : sur épandage alluvial, limoneux à limono-argileux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire.
 - 14 a - peu ou non salés et alcalisés,
 - 14 b - plus fréquemment salés et alcalisés.

Classe : SOLS HALOMORPHES.

Sous-classes : à structure dégradée.

Groupe : sols à alcali non lessivés.

Sous-groupe : peu ou moyennement salés.

- 15 Famille : sur alluvions limono-argileuses à argileuses, faiblement calcaires.
- 16 Famille : sur épandage alluvial limono-argileux (à lentilles gravelo-caillouteuses), faiblement à moyennement calcaire.
- 17 Famille : sur épandage alluvial finement limoneux à limoneux, faiblement ou moyennement calcaire.
- 18 Famille : sur épandage alluvial sablo-limoneux à limono-sableux, faiblement calcaire.

ASSOCIATIONS.

- 19 Association : Sols minéraux bruts, non climatiques, d'érosion, lithosols, sur schistes ; sols peu évolués, non climatiques, d'érosion, régosoliques, sur matériau de remaniement schisteux (à caractères de rubéfaction résiduelle fréquents).
- 20 Association : Sols minéraux bruts, non climatiques, d'érosion, lithosols, sur schistes ; sols isohumiques, à complexe saturé, bruns subtropicaux, modaux (parfois salés), sur schistes altérés à remaniement superficiel.
- 21 Association : Sols minéraux bruts, non climatiques, d'érosion, lithosols ; sols peu évolués, non climatiques, d'érosion, régosoliques ; sols isohumiques, à complexe saturé, bruns subtropicaux modaux ; sur gabbros.
- 22 Association : Sols minéraux bruts, non climatiques, d'apport fluviale, sur alluvions sableuses et caillouteuses ; sols halomorphes à structure dégradée, à alcali non lessivés, très salés à nappe peu profonde, sur alluvions limono-sableuses.
- 23 Association : Sols peu évolués, non climatiques, d'érosion, régosoliques et lithosoliques sur croûte calcaire ; sols isohumiques à complexe saturé, bruns subtropicaux modaux, sur encroûtement calcaire granulo-nodulaire à remaniement superficiel.
- 24 Association : Sols peu évolués, non climatiques, d'érosion, régosoliques, sur alluvions grossières encroûtées ; sols isohumiques, à complexe saturé, bruns subtropicaux encroûtés, sur épandage alluvial gravelo-caillouteux, à galets et terre fine limono-sableuse à limono-argileuse, très faiblement à moyennement calcaire.
- 25 Association : Sols à sesquioxydes de fer, fersiallitiques (rouges méditerranéens), à réserve calcique, érodés-remaniés ;
sols peu

évolués, non climatiques, d'érosion, régosoliques ; sur arènes et roches granitiques.

Cette étude établit un inventaire assez complet des principaux types de sols dans la région étudiée. Mais la cartographie est souvent difficile à exécuter avec précision, surtout au S. de l'oued Tensift, sur les sols situés sur les matériaux d'épandage. L'hétérogénéité des matériaux d'origine alluviale, la présence irrégulière et l'intensité variable de la salure nécessitent une étude à grande échelle pour être appréhendées avec exactitude.

Beaucoup de sols sont mal caractérisés et leur place dans la classification n'est pas toujours facile à établir.

Les problèmes de classification diffèrent selon la nature et l'âge du matériau originel.

Dans les zones d'épandage alluvial meuble, relativement récents, surtout situées au S. de l'oued Tensift, les sols se développent souvent sur un matériau originel complexe constitué de plusieurs dépôts alluviaux superposés. Il peut avoir subi une pédogenèse d'intensité variable mais toujours assez faible. La texture du matériau originel constitue généralement le principal élément de différenciation des sols. Le caractère isohumique semble assez général mais il est fréquemment mal exprimé en raison de la pauvreté des sols en matière organique. Nous nous sommes efforcés de considérer chaque profil de sol étudié comme une seule entité définie par les caractères apparaissant sur l'ensemble du profil ; mais en raison de la faible différenciation, le choix est souvent difficile dans la série : sols peu évolués d'apport (faciès isohumiques) - sièrozems - sols bruns isohumiques (peu différenciés).

Sur les surfaces plus anciennes : relief rocheux, zones encroûtées, les sols, fortement marqués par l'érosion, intègrent à la fois des vestiges de pédogenèses anciennes plus actives : rubéfaction, encroûtements, et des marques de pédogenèses plus récentes d'intensité plus faible : steppisation. La caractérisation des sols est souvent difficile à accorder avec la classification française.

Les principaux critères de classification qui ont été reconnus dans les sols de la région étudiée sont les suivants :

- La nature texturale des matériaux. Elle prime sur tous les autres caractères de différenciation dans les sols sur matériaux d'apport, mais elle n'intervient qu'au niveau de la famille dans la classification, parfois de la série.
- La répartition de la matière organique. Elle intervient au niveau de la classe et permet de distinguer les sols isohumiques des sols peu évolués d'apport.

Les sols de la région étudiée sont généralement pauvres en matière organique. Les sols limoneux contiennent de l'ordre de 1 à 1,5 % de matière organique dans l'horizon superficiel. Les valeurs augmentent sensiblement (2 %) lorsque la texture s'enrichit en argile ; au contraire, elles sont généralement inférieures à 1 % dans les sols sableux. Pour des sols

comparables, la mise en culture entraîne normalement une légère augmentation du taux de matière organique.

Le profil organique en fonction de la profondeur marque toujours un décrochage net au-dessous de l'horizon de culture, mais les valeurs diminuent régulièrement ensuite ; par exemple :

1,5 %	à	0 - 15 cm
0,7 %	à	25 cm
0,5 %	à	35 cm
0,3 %	à	80 cm.

Cette pauvreté des sols en matière organique rend souvent difficile la mise en évidence du caractère isohumique. Ce caractère ne suffit pas pour distinguer les sols isohumiques : siërozems notamment, des sols peu évolués d'apport à faciès isohumique qui présentent aussi une pénétration de la matière organique en profondeur.

La différence entre les sols peu évolués d'apport à faciès isohumique et les siërozems n'apparaît pas toujours d'une façon évidente dans cette étude. Ces deux catégories appartiennent à deux classes distinctes de la classification mais correspondent à des sols faiblement marqués par la pédogenèse. L'évolution des siërozems est normalement plus accentuée, mais dans les sols de cette région les critères de classification sont généralement mal exprimés. Nous nous sommes efforcés de discerner les caractères indiquant une tendance du profil à s'organiser afin de distinguer les siërozems :

- structuration mieux marquée, surtout à la partie supérieure du profil ;
- redistribution du calcaire, même discrète (engainements), mais tendant à individualiser un ou plusieurs horizons, à condition que ce phénomène ne se manifeste pas à grande profondeur (action de la nappe, mauvais drainage) ;
- appauvrissement en argile de l'horizon superficiel

Mais ces caractères dépendent largement de l'âge et de la nature du matériau : texture, richesse en calcaire ; un dépôt essentiellement sableux constitue un matériau où le profil du sol se différencie plus difficilement. En outre, le jugement du pédologue peut être, dans une certaine mesure, influencé par la connaissance des autres sols de la région.

- La salure : elle intervient au niveau de la classe pour caractériser les sols halomorphes ou bien au niveau du sous-groupe ou de la série dans les sols isohumiques.
- La différenciation du gradient calcaire : elle intervient au niveau du groupe dans les sols isohumiques pour distinguer les sols châ-tains, les sols bruns et les siërozems. Beaucoup de matériaux originels de la région sont peu calcaires, ce qui atténue le profil calcaire susceptible de se différencier dans les sols. Dans cette étude, la distinction des trois groupes de sols précités s'établit comme suit :
- Siërozems : pas de gradient calcaire. Il apparaît localement dans certaines unités mais il est toujours très faible, de l'ordre de 1 %. La redistribution du calcaire sous forme d'engainements qui apparaissent dans certains profils ne correspond

pas à une accumulation.

- Sols bruns : Gradient calcaire généralisé, mais faible dans beaucoup de sols : 1-2 %. Accumulation de calcaire diffuse, avec quelques amas et granules, plus importante dans les sols encroûtés de l'unité 24.
 - Sols châtaîns : Gradient calcaire net mais faible, 1-2 % (sur matériau allochtone pauvre en calcaire). Absence totale de calcaire à la partie supérieure du profil. Accumulation sous forme de pseudomycélium, amas et dépôts irréguliers sous les cailloux.
- L'érosion : elle intéresse toutes les surfaces rocheuses et encroûtées. Elle intervient au niveau du groupe pour distinguer les sols d'érosion des sols d'apport, dans la classe des sols minéraux bruts et celle des sols peu évolués, d'origine non climatique.
 - La rubéfaction : elle résulte de l'individualisation des sesquioxydes de fer et caractérise la classe des sols à sesquioxydes. Elle intervient en outre au niveau du sous-groupe dans le groupe des sols châtaîns subtropicaux où elle correspond à un caractère hérité du matériau originel.

METHODES UTILISEES POUR LES ANALYSES
DES ECHANTILLONS.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de la D.M.V. à RABAT, d'après les méthodes suivantes :

Préparation des terres.

Séchage à l'air ; broyage ménagé à la main, en mortier ; tamisage à 2 mm ; mesure du % des éléments de taille supérieure à 2 mm après leur lavage à l'eau.

Granulométrie.

Dispersion par agitation mécanique en présence de pyrophosphate de sodium, sans décalcarisation. Destruction préalable de la matière organique (eau oxygénée). Mesure à la pipette de Robinson pour les trois fractions : <2,2 à 20, 20 à 50 microns. Tamisage pour les fractions 0,05 à 0,2 et 0,2 à 2 mm.

Calcaire total.

Calcimètre Bernard.

Calcaire actif.

Méthode Drouineau-Galet à l'oxalate d'ammonium.

pH.

Mesure sur la suspension dans l'eau 1/2,5. Electro-pH - mètre Metrohm.

Matière organique totale.

Méthode Walkley-Black : oxydation sulfochromique sans chauffage.
M.O. = C x 1,72 sur terre de 0,25 mm environ.

Azote total.

Attaque Kjeldahl, sur terre de 0,25 mm environ.

Salure globale par l'extrait aqueux 1/5.

Agitation mécanique ; mesure de la conductivité électrique de la suspension (Conductivimètre Radiometer).

Salure globale par l'extrait de pâte saturée.

Préparation de la pâte sur le modèle de "USDA Handbook n° 60". Teneur en eau de la pâte d'après le volume d'eau ajouté. Séparation de l'extrait par centrifugation (ou filtration pour les sols sableux). Mesure de la conductivité électrique de l'extrait.

Bilan ionique de l'extrait de pâte saturée.

CO₃ et CO₃H : volumétrie par l'acide sulfurique.

Cl : volumétrie par le nitrate d'argent (méthode de Mohr).

SO₄ : volumétrie après précipitation du sulfate de benzidine.

Ca et Mg : volumétrie par l'EDTA ; indicateurs : noir éliochrome et murexide.

Na et K : photométrie de flamme (photomètre Jouan).

Potassium assimilable.

Extraction du potassium échangeable et du potassium soluble ; acétate d'ammonium normal à pH = 7. 10 g/250 cc. Photométrie de flamme ou K₊ x 0,47.

Cations échangeables et capacité d'échange (T).

- a - Sols calcaires. Extraction de Na et K par l'acétate d'ammonium N à pH = 7 (percolation, 10 g/250cc). Extraction de Ca et Mg par l'acétate de sodium N, pH = 8,2 avec double extraction pour correction du calcaire dissous ; T d'après le sodium adsorbé, après lavage à l'éthanol 95° (méthode par centrifugation du "USDA Handbook n° 60" modifiée).
- b - Sols salés. Extraction comme précédemment. On retranche les cations dosés dans l'extrait de pâte saturée.
- c - Sols gypseux : Ca estimé par différence T - (K + Na + Mg).
- d - Dosages : K et Na par photométrie de flamme dans l'extrait à l'acétate d'ammonium. Ca et Mg par l'EDTA.

Phosphore assimilable.

Les difficultés d'interprétation des résultats qui apparaissent dans un grand nombre de profils analysés, ne permettent pas de retenir cette donnée analytique dans toutes les unités de sols pour lesquels nous ne possédons pas d'analyses antérieures à cette étude.

Humidité équivalente.

Centrifugation à 1000 g pendant 30 mn (centrifugeuse spéciale MSE).

Les couleurs sont indiquées par référence au "Munsell Soil Color Charts".

Les catégories texturales sont déterminées à partir des résultats granulométriques en utilisant le triangle isocèle américain de l'USDA.

U N I T E 1.

SOLS PEU EVOLUES, d'origine non climatique, D'APPORT, MODAUX, sur alluvions finement sableuses à limoneuses recouvrant un épandage plus ancien limono-argileux, faiblement calcaires.

I - GENERALITES.

Cette unité n'est que très faiblement représentée sur cette carte. Elle prolonge vers le N. l'unité 3 du rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis - SIDI ZOUINE. Elle correspond aux alluvions de débordement de l'oued Baja J'did. Celles-ci ne se prolongent guère au N. de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA. On les retrouve encore plus loin vers le N. mais elles n'occupent qu'une bande très étroite de chaque côté de l'oued et elles n'ont qu'une épaisseur limitée : 30 cm dans le profil E 35.

L'épaisseur des dépôts sableux diminue à mesure que l'on s'éloigne du thalweg et la transition avec les unités voisines est progressive ; elle peut être facilement suivie par sondage car le recouvrement sableux tranche nettement sur le matériau limono-argileux sous-jacent.

Les sols sont surtout cultivés en orge. Quelques plantations d'agrumes existent aussi. La présence de Cynodon dactylon est caractéristique de ces sols légers.

2 - LES SOLS.

Nous reprendrons dans cette étude une partie des indications données dans le rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis - SIDI ZOUINE : le profil A 41 peut être considéré comme représentatif de cette unité.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profil de référence A 41 (X : 8°7'5" ; X : 31°38'0").

A 41 : Plat. Jachère avec nombreux Cynodon dactylon ; piétiné par le passage des troupeaux.

0 à 55 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 5/3-6/3). Sableux, lits de sable plus grossier vers 35 et 50 cm. Structure monoparticulaire à cohésion faible. Porosité et activité biotique moyennes. Enracinement bon, particulièrement développé dans les zones de sable grossier. Réaction faible à l'acide. Limite assez régulière brutale.

55 à 105 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 5/3). Très légers engainements calcaires. Limono-argileux à argilo-limoneux. Bien structuré, polyédrique 1-5 cm ; tendance à une structure prismatique : 10 cm. Cohésion moyenne. Porosité et activité biotique bonnes mais irrégulières. Réaction plus forte à l'acide. Enracinement bon favorisé par l'activité biotique.

Les sols se caractérisent par la superposition brutale d'un matériau à tendance sableuse, sable fin et très fin, sur un matériau riche en argile et bien mieux structuré.

On n'observe pas d'autres formes de concentration de calcaire que les fins engainements clairs autour des pores, dans certains horizons moyens ou profonds.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total.

Les valeurs sont variables en surface où elles dépendent de la culture et des apports organiques : 0,5 à 2 % ; elles diminuent brutalement au-dessous. Elles augmentent dans le niveau argileux profond où elles peuvent être plus importantes qu'en surface dans les profils les moins humifères.

Les teneurs en azote total sont faibles, atteignant rarement 1‰. Le rapport C/N est bas : 10.

Calcaire.

Les valeurs dépendent du caractère textural. Elles sont de l'ordre de 5 % avec des extrêmes de 1,5 % dans le matériau sableux et de 7,5 % dans le matériau argileux profond.

Phosphore et potassium assimilables.

Les sols sont moyennement pourvus en ces éléments.

- P₂₀₅ assimilable : 0,20-0,30 ‰ ;
- K₂₀ assimilable : 0,25-0,30 ‰.

Complexe adsorbant (un profil analysé).

La capacité d'échange est faible : 3,5-6 mcq/100 g. Elle doit être plus importante, mais peu utile pour les plantes, dans le matériau argileux profond.

L'équilibre des bases échangeables est assez bien assuré, sauf dans quelques horizons où des excès en calcium ou en magnésium sont à craindre. Le sodium représente de 6 à 11 % du complexe sans indiquer de niveau préfé-

rentiel favorable à l'alcalisation.

Salure.

Il n'y a pas de salure, la conductivité électrique ne dépasse pas 1 mmhos/cm.

pH.

Les valeurs sont de l'ordre de 8,5 en surface ; elles augmentent légèrement en profondeur jusqu'à 8,6-8,7. Dans le matériau argileux profond, elles atteignent 8,9 ; cela pourrait indiquer une tendance à l'alcalisation à ce niveau.

Texture.

Elle se place dans les catégories : limono-sableuse, limoneuse, sablo-limoneuse ; avec une grande prédominance des sables fins et très fins. En profondeur, la texture est limono-argileuse et argilo-limoneuse.

Propriétés hydriques.

L'humidité équivalente est médiocre : 12-16 %.

La perméabilité (méthode Porchet) est beaucoup plus importante que dans les autres sols de la région : 18 cm/h ; elle est satisfaisante.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols, relativement jeunes, sont peu différenciés et faiblement humifères ; ils sont placés dans la classe des sols peu évolués.

Ils sont toujours profonds mais caractérisés par une discontinuité verticale de la texture. L'existence de lentilles caillouteuses n'est pas à exclure dans ces matériaux d'apport alluvial.

La pauvreté en matière organique et en azote, la faiblesse du complexe absorbant et le pH élevé en profondeur, constituent des caractères défavorables. Par contre, les valeurs obtenues pour le phosphore et le potassium assimilables, le calcaire, ainsi que la facilité de drainage sont satisfaisantes.

Les sols peuvent convenir pour un grand nombre de culture avec une fertilisation adaptée. Les graminées fourragères auraient un effet bénéfique sur la structure et le stock de matière organique ; les cultures maraichères, les agrumes peuvent aussi trouver sur ces sols assez légers des conditions favorables à des productions de bonne qualité.

U N I T E 2.

SOLS PEU EVOLUES, d'origine non climatique, D'APPORT, FAIBLEMENT A MOYENNEMENT SALES (à faciès isohumique), sur alluvions limoneuses à finement sableuses, faiblement calcaires.

1 - GENERALITES.

Cette unité correspond aux basses terrasses alluviales de l'oued Tensift et de l'oued N'fis. Elle apparaît à plusieurs endroits des deux côtés de l'oued Tensift ; une seule surface a été cartographiée sur la rive droite de l'oued N'fis.

Ces terrasses fluviatiles essentiellement limoneuses, se distinguent bien des anciennes surfaces encroûtées ou rocheuses qui les surplombent ; elles se raccordent plus progressivement aux épandages de matériaux fins récents venus de l'Atlas ou des Djebilets. Vers l'aval, elles se terminent brutalement par un escarpement au-dessus de la zone de divagation de l'oued. Elles sont souvent en contact direct avec le lit mineur divaguant et dont le travail de sape tend à réduire leur importance. L'altitude relative est de l'ordre de 4 à 6 m au-dessus du lit mineur.

Les surfaces sont planes et les sols sont généralement irrigués par des séguias de captation des eaux de l'oued ou par des résurgences de nappe qui sont très nombreuses surtout au N. de la région de SOUIHLA. Les cultures sont essentiellement maraichères et pratiquées d'une façon intensive par les habitants des douars riverains.

En bordure des haies et des séguias, des touffes d'Atriplex halimus et Sueda fruticosa indiquent une certaine tendance à la salure sur ces zones.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profil de référence D 7 (X : 8°5'48" ; Y : 31°43'18").

D 7 : Zone plane sur terrasse alluviale en bordure de l'oued Tensift.
Maraichage : aubergine avec nombreux Cynodon dactylon, Atriplex halimus et Sueda fructicosa en bordure de parcelle.

- 0 à 10 cm : Horizon de culture. Brun (7,5 YR 5/4). Limoneux. Motteux avec débris de fumier. Porosité bonne de type alvéolaire. Cohésion faible dans les zones humides, forte dans les zones sèches. Activité biotique bonne mais irrégulière. Enracinement assez bon mais évite les grosses mottes. Effervescence à l'acide. Limite de travail ondulée peu contrastée.
- 10 à 60 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 6/3-5/3). Humide. Limoneux un peu plus argileux. Structure apparaissant moyennement développée, polyédrique irrégulière : 1 à 3 cm ; à surstructure plus grossière à tendance prismatique (débris de charbon irrégulièrement répartis). Porosité bonne, mie de pain moyenne avec galeries nombreuses. Activité biotique bonne et bien répartie. Enracinement moyen et bien réparti de fines racines herbacées. Effervescence à l'acide. Limite régulière sur 5 cm.
- 60 à 95 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 5/4-6/4). Humide. Limoneux, plus sableux. Structure mal développée en éléments polyédriques de taille variable, à cohésion faible (sans doute tendance massive plus nette à sec). Porosité bonne mais variable, nombreuses galeries et petits pores. Activité biotique bonne. Enracinement encore bon et bien réparti. Effervescence plus faible à l'acide. Limite régulière sur 5 cm.
- 95 à 108 cm : Brun clair (7,5 YR 6/4). Humide. Limono-sableux, devenant plus sableux vers le bas. Structure mal développée à débits grossiers irréguliers, à cohésion très faible. Porosité tubulaire médiocre. Activité biotique irrégulière, concentrée dans quelques zones : galeries et turricules. Enracinement médiocre, mais encore bien représenté. Effervescence à l'acide. Limite régulière progressive.
- 108 à 210 cm : La couleur devient hétérogène par apparition de taches irrégulières jaunâtres qui peuvent constituer 40 à 50 %. Ces zones claires correspondent à des amas et granules faiblement indurés calcaires ; elles se développent généralement autour des galeries et des racines. Sableux, très humide, cohésion faible à tendance monoparticulaire. Porosité tubulaire médiocre. Activité biotique et racines encore appréciables. Effervescence à l'acide.

Variations autour du profil de référence.

La texture est très nettement dominée par la fraction limoneuse. Elle devient irrégulièrement plus sableuse, surtout en profondeur.

Les profils sont très peu différenciés. L'horizon de culture apparaît souvent plus sombre et semble plus riche en matière organique que dans les autres sols de la région.

En profondeur, l'humidité augmente d'une façon importante. La nappe phréatique peut exister à faible profondeur dans certains profils (à 110 cm dans C 84). On observe parfois des taches rouille de réoxydation ferreuse indiquant l'existence d'une hydromorphie temporaire (D 35).

Les amas et granules calcaires qui s'observent à grande profondeur comme dans le profil de référence sont également liés à la proximité de la nappe phréatique.

La présence de débris de charbon n'est pas rare dans les profils observés sur ces sols. Elle est sans doute à mettre en relation avec une occupation ancienne des sols où l'irrigation avec les eaux limoneuses de l'oued et les apports de débris ménagers ont pu grandement perturber les profils.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total.

La matière organique varie de 1,4 à 3 % en surface et diminue assez progressivement en profondeur. Les valeurs les plus élevées peuvent être déterminées par une fumure organique plus importante, mais elles correspondent aussi à la présence d'un taux d'argile assez élevé dans les profils analysés.

L'azote total suit les mêmes variations d'un profil à l'autre : de 0,95 à 1,98 ‰. Le rapport C/N est bas : inférieur à 10.

Calcaire.

Les sols ne sont que faiblement calcaires. Les valeurs restent inférieures à 5 % ; elles sont généralement de l'ordre de 3-4 %.

Les résultats varient sensiblement d'un horizon à l'autre sans ordre défini. Les valeurs mesurées dans les horizons de cultures sont cependant légèrement supérieures à celles observées au-dessous ; ceci peut être dû à l'irrigation par les eaux chargées de calcaire.

Potassium assimilable.

Deux profils analysés ne nous permettent guère de donner une appréciation d'ensemble.

Valeurs bonnes dans le profil D 7 (sur alluvions de l'oued Tensift) :

K₂O assimilable : 0,44 ‰.

Valeurs moyennes dans le profil C 84 (sur alluvions de l'oued N'fis) :

K2O assimilable : 0,16 %.

Complexe adsorbant.

Nous ne possédons que deux profils analysés.

La capacité d'échange est limitée et varie en fonction de la texture, notamment de la fraction argileuse : de 9 à 14 meq/100 g. La richesse en matière organique des horizons de surface peut augmenter ces valeurs ; au contraire, l'existence d'un horizon sableux abaisse considérablement la capacité d'échange.

L'équilibre des bases est assez bien assuré d'après les résultats que nous possédons. Le sodium échangeable n'est pas négligeable, mais il ne représente pas plus de 10 %. Il augmente sans doute avec la profondeur dans la plupart des profils.

Salure.

La salure est variable d'un profil à l'autre. La conductivité électrique varie de 3 à 9 mmhos/cm en surface ; elle diminue rapidement au-dessous de l'horizon de culture où elle ne dépasse guère 3-4 mmhos/cm.

Cette salure semble donc causée par des phénomènes de remontée à partir de la nappe et aussi, dans certains cas, par les apports d'eau d'irrigation. Une mesure du bilan ionique effectuée dans l'horizon de surface salé de D 7 indique une prédominance des chlorures et du sodium parmi les sels solubles.

pH.

Le pH augmente de la surface vers la profondeur. Les valeurs sont de l'ordre de 7,9-8,4 à la partie supérieure et de 8,9 à 9,2 vers le bas.

La salure importante au sommet des profils et l'alcalisation croissante vers le bas concordent bien avec ces résultats.

Texture.

La texture se place surtout dans les catégories : limoneuse et à limons fins ; parfois vers le bas : limono-sableuse ou sableuse.

3 - CONCLUSIONS.

Située sur les basses terrasses limoneuses, cette unité correspond à des sols peu différenciés et marqués par une salure faible à moyenne. La mise en culture et la pratique de l'irrigation atténuent le développement de la salure en éliminant les sels accumulés en surface. Un bon exemple est fourni par le profil C 84 décrit dans une parcelle cultivée, voisine d'une zone en jachère où les efflorescences salines recouvrent la surface du sol.

La mise en culture ancienne, l'origine alluviale et l'existence de conditions hydromorphes, favorisent la pénétration de la matière organique et son maintien en profondeur (enracinement profond, activité biotique).

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 2

N° profil : D 7

N° profil : C 84

(X: 8°5'48" ; Y: 31°43'18")

(X: 8°17'25" ; Y: 31°42'34")

N° échantillon	D 71	D 72	D 73	D 74	D 75	C 841	C 842	C 843	
Profondeur cm	0-10	20-35	75-90	105-130	200-210	0-10	15-35	60-90	
Refus 2 mm %	2.6	-	-	5.6	-	-	-	-	
Argile %	23.7	24.9	18.9	14.5	9.6	10.1	10.6	8.1	
Limon fin %	33.1	33.3	21.4	13.9	8.3	26.9	25.8	28.6	
Limon grossier %	19.3	19.7	18.3	12.7	8.4	28.8	29.8	40.5	
Sable fin %	12.2	13.4	19.3	22.5	26.2	32.0	33.9	18.7	
Sable grossier %	9.7	8.0	22.3	36.1	47.1	2.0	1.1	1.5	
Matière organique %	3.07	1.07	0.34			1.39	0.80	0.29	
Azote %	1.98	0.89	0.33			0.95	0.56	0.30	
C/N	8.9	7.0	6.1			8.5	8.4	5.7	
Calcaire total %	4.5	4.1	1.8	4.0	3.0	3.85	4.15	3.80	
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %		0.44				0.16	0.17	0.06	
Ca éch. mé/100 g		6.4				6.4	5.2	2.4	
Mg éch. "		4.8				2.8	2.4	1.6	
K éch. "		0.93				0.63	0.59	0.23	
Na éch. "		1.41				0.48	0.70	1.25	
S		13.54				10.31	8.89	5.48	
T		13.75				9.75	8.75	6.00	
pH eau 1/2,5	8.3	8.6	8.8	8.9	9.0	7.9	8.4	9.2	
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	8.03	3.47	3.33	3.03					
Sels (Ext. 1/5) % t.s.						1.08	1.21	1.05	
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm						0.34	0.38	0.33	
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre	75.00								
SO ₄ ⁻⁻ "	12.00								
CO ₃ ⁻⁻ "	-								
CO ₃ H ⁻ "	5.00								
Ca ⁺⁺ "	12.50								
Mg ⁺⁺ "	22.50								
K ⁺ "	1.50								
Na ⁺ "	53.50	23.50	78.50	56.50					
H ₂ O % dans pâte sat.	46.50	36.00	38.00	32.50					
Humidité équivalente %						20.5	18.9	18.0	

Les sols sont classés en sols peu évolués d'apport, faiblement salés (à faciès isohumiques), sur alluvions limoneuses. Ils sont placés dans la classe des sols peu évolués en raison de leur faible différenciation morphologique et de l'origine fluviatile du matériau. On pourrait aussi les rapprocher des sierozems sur matériau limoneux décrits dans la région ; ces derniers apparaissent cependant un peu mieux structurés.

Situés sur les basses terrasses alluviales, les sols de cette unité sont profonds, mais ils subissent l'influence de la nappe phréatique peu profonde. Selon le lieu, les remontées se produisent plus ou moins facilement, mais la tendance à l'accumulation des sels à la partie supérieure est générale. On ne peut guère espérer pouvoir modifier le niveau de la nappe au voisinage de l'oued.

La pratique de l'irrigation, avec un drainage satisfaisant sur ces sols entraîne les sels en profondeur où ils sont évacués avec la nappe circulante ; elle permet de maintenir la salure dans des limites tolérables pour des espèces peu sensibles à la salure.

Les sols sont de fertilité limitée, mais la situation topographique favorise l'irrigation. Les cultures maraichères, telles qu'elles sont traditionnellement pratiquées, sont bien indiquées sur ces sols et elles répondent, en outre, à une nécessité économique pour les douars de la région.

Cette unité est composée de surfaces restreintes isolées dont les contours peuvent être modifiés d'une année à l'autre par les divagations de l'oued. Elle joue un rôle considérable dans l'économie familiale des riverains, mais elle présente peu d'intérêt pour une mise en valeur générale du Haouz.

U N I T E 3.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, SOLS CHATAIN-ROUGE, sur épandage grossier à débris schisteux et matrice fine rouge, non calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité constitue de petites taches au N.E. de la carte.

Elle correspond à des épandages caillouteux qui s'étalent en avant des reliefs les plus accusés dont les sommets dépassent 500 m. Ils ont été mis en place par les petits oueds descendus des collines schisteuses.

Les matériaux caillouteux très riches en débris anguleux de schistes, avec une proportion de terre fine rouge variable, constituent des petits cônes de déjection qui s'étalent en éventails. Leur extension est assez limitée mais ils forment des glacis de raccordement entre les collines et les surfaces inférieures encroûtées. La pente, variable, peut atteindre 9-10 %.

Le remblaiement caillouteux est d'épaisseur irrégulière au-dessus des glacis d'ablation rocheux et on retrouve par place des affleurements schisteux ou des restes d'encroûtements érodés. Ces derniers sont les vestiges des anciens cônes d'épandage encroûtés, vraisemblablement contemporains des larges surfaces encroûtées qui s'étalent à l'aval. Ces zones ont donc connu une alternance de remblaiement, d'encroûtement et d'érosion, suivant les conditions climatiques de la région.

Les cônes caillouteux les plus récents sont eux-mêmes entaillés et remaniés par de petits thalwegs qui se sont fixés dans une position latérale en évitant le centre du cône. A l'O. du Djebel Ramram, les entailles sont particulièrement profondes, atteignant plus de 6 m.

A l'extrême E. de la carte, les deux petits oueds descendus du Djebel Ramram ont été plus puissants et ont entraîné les cailloux sur de plus grandes distances vers l'aval. On ne retrouve pas, ici, la forme d'un cône d'épandage, mais celle d'une nappe alluviale d'épandage dans un thalweg peu encaissé.

Les limites sont assez imprécises avec l'unité 10 qui prolonge cette unité dans les thalwegs où la terre fine devient prépondérante. Les li-

mites sont plus tranchées avec les encroûtements de l'unité 23 ; en fait, elles sont progressives par diminution d'épaisseur des recouvrements caillouteux vers l'aval.

A l'exception des zones d'affleurements de schiste, d'encroûtement ou de ravinements qui sont d'importance limitée, on observe, ailleurs, des cultures de céréales en sec, sans épierrage préalable.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profils de références :

Deux profils ont été choisis : C 95 (X : 8°4'16" ; Y : 31°44'47"),
D 34 (X : 8°0'6" ; Y : 31°43'24").

C 95 : Sur petit cône d'épandage caillouteux, milieu de pente atteignant 10 % vers le sommet. Pierrosité très importante constituée d'éléments schisteux, parfois de quartz pouvant atteindre 30 cm. Culture d'orge jeune.

0 à 18 cm : Horizon de culture. Brun vif (7,5 YR 5/6-6/6). Caillouteux, surtout en surface ; terre fine sablo-limoneuse. Irrégulièrement motteux, parfois polyédrique (0,5 cm) ou particulière à la partie supérieure travaillée. Cohésion faible. Porosité lacunaire bonne. Activité biotique bonne, surtout à la base. Enracinement bon et bien réparti. Pas d'effervescence à l'acide. Limite régulière sur 5 cm.

18 à 85 cm : Caillouteux en mélange plus compact avec terre fine argilo-sableuse rouge (2,5 YR 4/6). Les éléments schisteux représentent au moins 50 % de l'ensemble. Lorsqu'elle peut se développer, la structure est bonne, polyédrique (0,5 cm), parfois cubique ; mais les nombreux graviers l'empêchent de s'exprimer. Cohésion moyenne assez forte. Porosité lacunaire bonne. Activité biotique bonne dans les parties terreuses. Enracinement herbacé moyen, devenant faible à la base. Pas d'effervescence à l'acide. Limite régulière assez progressive.

85 à 120 cm : Semblable à l'horizon précédent mais avec pseudomycélium devenant plus dense vers le bas. Présence de petits amas calcaires sous les cailloux. La terre fine est moins argileuse et s'enrichit en sables et graviers. Effervescence légère à l'acide.

D 34 : Zone plane, sur nappe alluviale caillouteuse ; cailloux de schistes, parfois micaschistes, jusqu'à 15 cm, couvrant 50 % de la surface. Thalweg peu marqué, pente longitudinale de 2-3 % vers le S.E. Culture d'orge après épiaison, rares jujubiers.

0 à 17 cm : Horizon de culture. Brun (7,5 YR 6/4-5/4). Sablo-limoneux,

avec 30 à 40 % de graviers et cailloux schisteux. Motteux de taille variable : jusqu'à 10-15 cm, souvent polyédrique : 0,5-1 cm. Cohésion d'ensemble moyenne, assez forte des mottes. Porosité lacunaire fine, bonne. Enracinement médiocre, irrégulièrement réparti. Activité biotique bonne. Pas d'effervescence à l'acide. Limite régulière sur 3 cm.

17 à 60 cm : Rouge (2,5 YR 3/6-4/6). Argileux avec gravier et cailloux irrégulièrement répartis et peu nombreux dans l'ensemble. Structure bien développée prismatique 2-4 cm de large ; à sous-structure polyédrique de l'ordre de 1 cm, parfois plus fine en petits polyèdres anguleux : 0,4 cm avec petites faces brillantes. Cohésion d'ensemble moyenne, forte des éléments structuraux. Porosité assez médiocre. Activité biotique peu visible, sauf à quelques endroits. Enracinement médiocre, limité aux fissures. Effervescence à l'acide nulle ou parfois très faible. Limite légèrement ondulée contrastée.

60 à 155 ou 180 cm : Essentiellement gravelo-caillouteux : éléments de schiste quartzeux jusqu'à 10-15 cm ; avec terre rouge assez argileuse. Présence de fins amas calcaire ; à la partie supérieure ils apparaissent surtout sous les cailloux mais se généralisent à l'ensemble de l'horizon vers le bas, en formant des amas toujours plus importants sous les cailloux. La structure est bien développée lorsqu'elle peut s'exprimer : polyédrique 0,5 cm. L'ensemble cailloux et terre fine est un mélange serré à cohésion assez forte. Porosité lacunaire grossière bonne. Activité biotique peu visible. Enracinement pratiquement inexistant.

Au-dessous de 155 ou 180 cm : Schiste fin quartzeux gris foncé et légèrement friable par endroits. Pénétrations de terre rouge dans les diaclases favorisées par la faune : turricules, souvent accompagnées de calcaire. Quelques diaclases sont uniquement occupées par du calcaire homogène blanc.

Variations autour des profils de référence.

Ces sols se caractérisent par leur richesse en graviers et cailloux. Cependant, la proportion est variable d'un profil à l'autre et aussi suivant la profondeur dans un même profil. La terre fine est rouge et à dominante argileuse ; son importance varie à l'inverse de la pierrosité. Le profil D 95 est très caillouteux sur toute sa profondeur ; le profil D 34, au contraire, apparaît beaucoup moins chargé en cailloux, très argileux au-dessous de 60 cm.

Tous les profils sont dépourvus de calcaire jusqu'à 60-80 cm. A partir de cette profondeur, on observe des pseudomycelium ou des petits amas qui apparaissent d'abord sous les cailloux et se généralisent ensuite tout en restant de taille réduite.

La structure est souvent contrariée par la présence des graviers et cailloux, mais l'importance de l'argile favorise le développement : petits

polyèdres anguleux correspondant aux zones interstitielles entre les graviers ou prismes bien individualisés lorsque les éléments grossiers sont en proportion moindre.

Les profils ne se développent pas toujours sur une profondeur aussi importante. Ils peuvent être limités par la présence de schistes ou d'encroûtements calcaires. Dans le profil D 2, par exemple, un encroûtement granulo-nodulaire apparaît brutalement, avec une limite ondulée à 60 cm.

Les horizons de culture sont généralement appauvri en argile, avec un enrichissement relatif en éléments grossiers. En outre, la couleur y est toujours brune et se distingue nettement de la couleur rouge des horizons sous-jacents.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total.

Les valeurs sont faibles : 0,50 à 0,65 % de matière organique dans la terre fine en surface ; elles diminuent assez progressivement en profondeur : 0,30-0,35 % vers 40 cm.

Les quantités d'azote total sont également faibles : moins de 0,60 ‰.

Calcaire.

Pas de calcaire dans les horizons superficiels et moyens. Les valeurs restent faibles : souvent inférieures à 1 %, parfois jusqu'à 2 %, dans les horizons profonds à pseudomycéliums et petits amas. (Les proportions 12,5 % indiquées dans le profil D 2 correspondent à l'encroûtement ancien recouvert).

Potassium assimilable.

Les valeurs sont irrégulières..

K₂O assimilable : 0,40 à 0,60 % dans D 34, 0,15 à 0,22 % dans C 95.

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange varie en fonction de la texture de 7 à 23 még/100 g. Parmi les deux profils analysés, C 95 révèle une proportion importante de magnésium échangeable, elle est supérieure à celle du calcium. Dans le profil D 34, il n'y a pas de magnésium échangeable en surface, mais il existe en quantité suffisante au-dessous.

L'équilibre entre les bases apparaît donc variable et nécessiterait un plus grand nombre d'analyses pour être précisé.

Salure.

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols.

pH.

Le pH augmente avec la profondeur en fonction de la présence de calcaire : de 8,0 à 8,5 - 8,7.

Texture.

Elle est dominée par l'existence d'éléments grossiers : graviers et cailloux essentiellement schisteux, en proportion variable mais dépassant très souvent 50 %.

La terre fine est elle-même de composition variable, avec une fraction argileuse souvent importante (dépassant 30 %) sur le fond sableux.

3 - CONCLUSIONS.

Les matériaux grossiers et hétérogènes, sur lesquels se développent les sols, se sont mis en place par épandage après un transport très court qui n'a pas modifié la forme anguleuse des éléments. Il n'est pas exclu que le schiste sous-jacent ait contribué, dans une certaine mesure, à la formation du sol par reptation ou ruissellement.

Les éléments grossiers sont accompagnés de terre fine riche en argile provenant d'anciens sols rouges érodés situés sur les collines schisteuses. Les sols se sont développés en différenciant un profil calcaire net, avec absence de calcaire au moins jusqu'à 60 cm ; mais le profil calcaire est peu accentué en raison de la pauvreté du matériau en calcaire

Les quantités de matière organique étant très faibles, il est difficile d'apprécier sa répartition en profondeur. Il semble cependant que l'on puisse conclure à une répartition isohumique (celle-ci caractérise aussi la plupart des sols de la région).

Comme dans tous les sols riches en cailloux non ou peu altérés, la pédogenèse arrive difficilement à différencier les caractères d'évolution, ou bien ceux-ci n'ont qu'un développement limité. Les caractères d'évolution précédemment indiqués, de même que le développement d'une structure prismatique lorsqu'elle peut s'exprimer comme dans le profil D 34, nous conduisent à classer ces sols en sols isohumiques châtain-rouge sur matériau grossier à débris schisteux et terre fine rouge (un intergrade avec les sols fersiallitiques pourrait être envisagé).

L'héritage de la couleur rouge peut être difficilement mis en doute. On imagine mal comment la rubéfaction aurait pu se développer en place aussi profondément, en laissant subsister des éléments schisteux très anguleux non altérés.

La pierrosité excessive de ces sols limite beaucoup leur fertilité. Cette unité ne présente aucun intérêt pour une mise en valeur.

U N I T E 4.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SOLS BRUNS MODAUX, sur épandage alluvial complexe, limoneux à limono-sableux, limono-argileux en profondeur, faiblement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'apparaît qu'au S. de l'Oued Tensift et elle n'a qu'une extension limitée dans la région de SOUIHLA.

Elle a déjà été reconnue par J. CONCARET, dans son "Etude pédologique d'une zone du Haouz de MARRAKECH (Soueïlah MRABTINE)", au 1/50 000, sous la dénomination : sols bruns steppiques, sur limons récents (gris ou rouge remanié) sur ancien sol châtain érodé sur limon rouge.

La surface du sol est plane, la pente très faible vers le N.N.O. est peu appréciable. Les sols se développent sur un matériau hétérogène et des impuretés cartographiques peuvent exister dans cette unité. Elles correspondent à des variations texturales qui se manifestent souvent par une généralisation des textures grossières à l'ensemble du profil.

Les limites avec les unités voisines sont très imprécises en raison de l'irrégularité de l'épaisseur relative et de la composition des différentes nappes d'épandage qui se sont superposées. Les sols de cette unité existent vraisemblablement en dehors des zones indiquées sur la carte, notamment vers l'E. Le passage latéral d'un type de texture à l'autre est souvent brutal, surtout avec les lentilles sableuses ou gravelo-caillouteuses qui sont assez nombreuses dans cette région.

Les sols sont généralement cultivés : céréales en culture sèche, ou plantations irriguées : agrumes, abricotiers, plus rarement oliviers. Comme partout ailleurs dans le Haouz, des touffes de jujubier existent sur les zones de culture céréalière en sec ; elles ont été éliminées dans les plantations irriguées. Ces sols occupent une partie de la station de la Recherche Agronomique à SOUIHLA.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profil de référence E 43 (X : 8°11'26" ; Y : 31°40'21").

E 43 : Parcelle de la station de la Recherche Agronomique. Surface plane. Jachère travaillée ; mottes. Jeunes pieds de moutarde et de trèfle.

- 0 à 15 cm : Horizon de travail assez humide. Brun-rougeâtre un peu foncé (5 YR 4/4-3/4). Limono-sableux. Mottes assez fondues, grandes cavités, nombreux débris végétaux en cours de décomposition ; les mottes s'écrasent assez facilement en libérant des polyèdres anguleux (1 cm) et terre fine grumeleuse. Cohésion assez faible. Porosité bonne. Activité biotique bonne et bien répartie. Enracinement aisé des jeunes plantes. Effervescence à l'acide. Limite de travail brutale.
- 15 à 65 cm : Humide. Brun-rougeâtre (5 YR 4/4) ; plus foncé à la partie supérieure (transition) ; quelques petites taches claires diffuses, surtout autour des pores, devenant plus nettes vers le bas. Limoneux. Structure paraissant moyennement développée, polyédrique émoussée à tendance grumeleuse (0,1-3 cm) ; mais difficile à apprécier en raison de l'humidité. Cohésion faible. Porosité et activité biotique bonnes. Enracinement herbacé assez bon et bien réparti. Quelques traces de charbon. Effervescence à l'acide. Limite régulière très progressive.
- 65 à 80 cm : Sec. Brun clair (7,5 YR 6/4), engainements blanchâtres très fins autour des pores. Limoneux plus sableux. Massif à éclats irréguliers. Cohésion moyenne. Porosité tubulaire et activité biotique bonnes. Enracinement herbacé moyen, limité aux zones d'activité biotique. Effervescence à l'acide. Limite régulière assez brutale.
- 80 à 135 cm : Moyennement humide. Brun-rougeâtre foncé (2,5 YR 3/4) ; quelques taches plus claires ; on note aussi quelques fines taches noires. Limono-argileux à argilo-limoneux. Structure bien développée, polyédrique irrégulière (1-4 cm), en assemblage compact, faces de contact légèrement brillantes entre les polyèdres. Cohésion des éléments structuraux moyenne (sans doute forte à sec). Porosité et activité biotique assez bonnes. Enracinement faible, limité à quelques galeries. Effervescence faible à l'acide. Limite régulière progressive.
- 135 à 150 cm : Assez semblable à l'horizon précédent mais couleur plus hétérogène à amas calcaires et taches noires souvent légèrement indurées (tendance concrétions friables). Texture devenant moins argileuse vers le bas. Structure comparable

mais moins bien développée, à tendance massive vers le bas. Cohésion plus faible. Porosité et activité biotique assez bonnes. Enracinement très faible. Effervescence plus violente à l'acide.

Variations autour du profil de référence.

Les profils se caractérisent par la superposition brutale de deux types de matériau :

- à la partie supérieure : un matériau limoneux à limono-sableux ; plus ou moins riche en argile mais toujours plus pauvre à la base.

- à la partie inférieure : un matériau nettement plus rougeâtre et plus argileux ; riche en argile et limons fins ; la proportion d'argile diminue vers le bas.

L'épaisseur du matériau supérieur est variable : de 40 à 80 cm. Le passage avec le matériau inférieur est très brutal ; il est souvent marqué par un lit sableux parfois graveleux.

La structure est moyennement ou assez mal développée à la partie supérieure. Elle est toujours bien individualisée, polyédrique grossière en assemblage compact, en profondeur ; les racines ne pénètrent pratiquement pas dans ces horizons.

Dans les deux types de matériaux, des formes de concentration calcaire discrètes (engainements, amas, parfois granules), se manifestent avec plus de netteté vers la base. Dans le matériau profond, on observe en plus des taches ou des concrétions noires correspondant sans doute à des concentrations manganifères.

La macroporosité observée au cours de l'étude morphologique est largement dépendante de l'activité biotique dans ces sols. Elle ne permet pas de présumer de la valeur de la porosité totale qui constitue une caractéristique hydrodynamique des plus importantes vis-à-vis du comportement à l'irrigation du sol.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Deux profils : E 42 et E 43 ont été analysés dans une parcelle de la Station de la D.R.A. à SOUIHLA. Nous disposons, en outre, des résultats indiqués dans l'étude au 1/50 000 de CONCARET.

Matière organique et azote totale.

Les sols sont pauvres en matière organique : 1 % en surface dans les profils analysés, 1,2 % d'après l'étude de CONCARET. La diminution en profondeur est progressive. Un accroissement sensible dans le matériau profond permet de supposer l'existence d'un ancien sol, plus ou moins érodé, puis recouvert.

Les teneurs en azote sont également faibles : 0,65 % en surface.

Le rapport C/N est inférieur à 9,5 traduisant une décomposition avancée

de la matière organique. Il est irrégulier en profondeur mais augmente souvent dans le matériau profond. Notons qu'une grande partie des débris végétaux mal décomposés, observés dans les horizons de travail des profils E 42 et E 43, a dû être rejetée avec le refus à 2 mm.

Calcaire.

Les deux profils analysés ne sont que faiblement calcaires. Le profil calcaire marque très bien la différence entre les deux types de matériaux :

- matériau supérieur : léger gradient calcaire, de 2 à 3 % de calcaire total avec accumulation vers 50-70 cm ;

- matériau inférieur : gradient plus accusé, de 0,3-0,4 % vers 100 cm à 2-3 % vers 140 cm.

CONCARET a observé les mêmes variations de la proportion du calcaire en fonction de la profondeur, mais les valeurs qu'il indique sont plus élevées : de 5 à 7 % dans le matériau supérieur, de 4 à 8 % dans le matériau profond.

Phosphore et potassium assimilables.

P_2O_5 assimilable : de 0,39-0,43 ‰ en surface à 0,18-0,19 ‰ à la base du matériau superficiel ; augmentation brutale à la partie supérieure du matériau profond : 0,41 ‰, diminuant ensuite vers le bas : 0,23-0,26 ‰.

On observe des variations analogues en fonction de la profondeur pour le K_2O assimilable : de 0,27-0,33 ‰ à 0,09-0,14 ‰ à la partie supérieure et de 0,6-0,25 ‰ à 0,12-0,15 ‰ en profondeur.

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange varie de 7 à 10 méq/100 g dans le matériau supérieur ; elle est plus élevée en profondeur où elle atteint 16 méq/100 g.

La proportion de magnésium échangeable parmi les autres bases échangeables est variable mais elle est souvent très basse ; des risques de carence en cet élément sont à craindre.

Le sodium échangeable est relativement plus important dans le profil E 42 mais ne présente pas de danger au-dessus de 80 cm ; dans le matériau profond, le rapport Na/T atteint 17 %, indiquant une alcalisation profonde dans ce profil.

Dans son étude, CONCARET indique également une brusque augmentation de la capacité d'échange au niveau du matériau profond ou "limon rouge" et, moins généralement, une augmentation de la quantité de sodium du complexe.

On peut donc retenir une alcalisation irrégulière des horizons profonds dans ces sols.

Salure.

Il n'y a pas de salure dans les profils analysés, mais il est difficile d'affirmer qu'elle n'existe pas à l'état sporadique dans cette région,

surtout lorsque la texture fine se généralise à l'ensemble du profil.

pH.

Les valeurs les plus faibles s'observent dans l'horizon de surface : 8,3-8,4 ; elles augmentent vers le bas jusqu'à 8,7-8,8.

Le pH atteint 9 dans le matériau profond du profil E 42 et correspond bien à la proportion élevée de sodium échangeable indiquant une alcalisation à ce niveau.

Texture.

La texture est limoneuse à limono-sableuse dans le matériau supérieur, avec moins de 18 % d'argile ; cette proportion diminue à la base jusqu'à 8-12 %. Elle apparaît brutalement limono-argileuse dans le matériau profond où l'argile représente environ 30 %, avec autant de limon fin, puis redevient progressivement limoneuse à grande profondeur.

Caractéristiques hydriques.

L'humidité équivalente est de l'ordre de 15 % à la partie supérieure, s'abaissant jusqu'à 10 % lorsqu'un niveau plus sableux marque la limite inférieure. Dans le matériau profond, elle atteint 19 % et diminue ensuite progressivement vers le bas.

L'humidité au point de flétrissement varie dans le même sens : 4-5 % dans le matériau sableux (3 % à la base), 8 % en profondeur.

L'eau utilisable pour les plantes ne varie guère en fonction de la profondeur : 10-12 %.

3 - CONCLUSIONS.

Les données analytiques confirment parfaitement l'étude morphologique pour conclure à l'existence de deux types de matériaux distincts correspondant à la superposition de deux sols d'âge différent (matière organique, calcaire, formes assimilables du phosphore et du potassium).

La répartition isohumique de la matière organique du sol et l'existence d'un gradient de calcaire dans le matériau supérieur, sont les caractères d'un sol brun isohumique. Dans le matériau profond, la décarbonatation relative accentuée de la partie supérieure indiquerait une évolution pédogénétique plus poussée. Cependant, dans la classification, nous ne retiendrons que les caractères d'évolution du matériau supérieur dont l'épaisseur atteint fréquemment 60 à 80 cm : sols bruns isohumiques modaux sur matériau limoneux à limono-sableux, limono-argileux en profondeur.

L'alcalisation existant irrégulièrement en profondeur, n'est pas prise en considération pour la classification.

L'étude de l'évolution du profil hydrique, sous culture irriguée de coton à SOUHLA, en 1971, a permis de mettre en évidence le comportement à l'irrigation de ces sols à profil complexe. Un niveau d'engorgement vers 60-80 cm (au-dessus du matériau limono-argileux profond), a existé pratique-

ment en permanence pendant toute la durée des irrigations assurant un développement luxuriant des cotonniers dont la taille dépassait 2 m de hauteur. En outre, la croissance s'est poursuivie après l'arrêt des irrigations (22.9.1971), sans ouverture des capsules jusqu'à l'arrivée des pluies d'automne. La dernière récolte a été effectuée en décembre ; le rendement global sur trois récoltes a été bas : 8 à 15,5 Qq/ha.

La persistance de l'engorgement a donc eu des conséquences catastrophiques au point de vue économique pour la culture du coton (1). Il est dû à la faible perméabilité du matériau profond et à l'application d'une irrigation non rationnelle, en doses trop élevées. Pendant l'hiver 1971-1972, une étude du ressuyage après irrigation, sur sol dépourvu de végétation, a montré que l'engorgement persiste pendant plusieurs semaines au-dessus du matériau profond.

Les sols de cette unité sont hétérogènes mais cultivables, avec une fertilité moyenne satisfaisante pour la région. Cependant, leur comportement hydrique nécessite une attention particulière pour la conduite de l'irrigation. Il s'agit, en effet, d'éviter la formation d'un niveau d'engorgement dont les conséquences sont d'autant plus néfastes qu'il apparaît proche de la surface (1). Les doses d'irrigation doivent être judicieusement calculées de façon à fournir la quantité d'eau nécessaire pour saturer le sol à la capacité au champ avec le minimum d'excès. Des aménagements facilitant le drainage du sol sont souhaitables ainsi que le contrôle de la qualité de l'eau d'irrigation, de la salure et de l'alcalisation profonde.

(1) Pour d'autres cultures, l'existence d'une réserve en eau, en profondeur, aurait pu être favorable. Les inconvénients sont d'autant plus grands que le matériau limono-argileux est plus proche de la surface ; dans une plantation d'abricotiers où les arbres crèvent après un bon développement les premières années, ce matériau est à 40 cm. Les racines n'y pénètrent pas mais semblent mourrir au-dessus par asphyxie, peut-être due à une irrigation excessive.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 4

N° profil : E 43

N° profil :

(X: 8°11'26" ; Y: 31°40'21")

(X: ; Y:

N° échantillon	E 431	E 432	E 433	E 434	E 435	E 436			
Profondeur cm	0-10	25-35	50-60	67-77	100-115	135-145			
Refus 2 mm %	-	-	-	-	-	-			
Argile %	14.9	17.7	14.2	11.9	31.4	23.8			
Limon fin %	19.7	21.0	19.5	20.3	27.1	21.7			
Limon grossier %	13.4	15.9	23.5	26.1	9.9	25.0			
Sable fin %	26.5	27.6	33.3	36.0	19.3	25.8			
Sable grossier %	23.8	16.5	10.2	6.0	10.9	6.7			
Matière organique %	0.95	0.47	0.28	0.19	0.24	0.13			
Azote %	0.65	0.35	0.21	0.20	0.25	0.16			
C/N	8.5	7.9	7.9	6.1	5.6	8.1			
Calcaire total %	1.95	2.3	2.8	2.25	0.45	1.95			
Calcaire actif %									
K_2O assimilable %	0.43	0.26	0.08	0.17	0.41	0.26			
K_2O assimilable %	0.33	0.19	0.16	0.14	0.25	0.15			
Ca éch. mé/100 g	6.40	7.20	6.80	5.20	8.00	7.60			
Mg éch. "	1.20	0.40	0.00	0.40	1.20	1.60			
K éch. "	0.70	0.41	0.34	0.29	0.54	0.31			
Na éch. "	0.08	0.22	0.17	0.08	0.37	0.37			
S	8.38	8.23	7.31	5.97	10.11	9.88			
T	9.00	8.50	8.00	6.50	11.25	10.50			
pH eau 1/2,5	8.3	8.5	8.6	8.7	8.5	8.7			
C^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.32	0.38	0.51	0.32	0.41	0.57			
C^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.10	0.12	0.16	0.10	0.13	0.18			
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	14.8	15.2	15.3	15.0	19.3	16.8			

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 4

N° profil : E 42

N° profil :

(X: 8°11'26" ; Y: 31°40'21")

(X: ; Y:

N° échantillon	E 421	E 422	E 423	E 424	E 425	E 426	E 427		
Profondeur cm	0-10	17-27	35-50	65-75	75-82	97-111	130-140		
Refus 2 mm %	-	-	-	-	-	-	-		
Argile %	17.0	17.3	15.7	14.0	8.1	27.9	21.4		
Limon fin %	23.4	26.2	18.5	27.5	11.9	23.9	25.7		
Limon grossier %	10.2	12.9	15.7	21.1	19.0	19.8	26.2		
Sable fin %	28.2	27.6	32.3	27.9	51.0	22.6	21.2		
Sable grossier %	19.4	16.6	17.2	9.3	9.6	5.4	6.1		
Matière organique %	1.03	0.60	0.32	0.23	0.15	0.20	0.18		
Azote %	0.63	0.46	0.28	0.23	0.11	0.18	0.16		
C/N	9.5	7.6	6.4	5.7	8.2	6.7	6.9		
Calcaire total %	2.3	2.3	2.32	3.0	1.32	0.3	3.0		
Calcaire actif %									
N ₂ O ₅ assimilable %	0.39	0.32	0.26	0.19	0.28	0.41	0.23		
N ₂ O ₅ assimilable %	0.27	0.21	0.14	0.12	0.09	0.16	0.12		
Ca éch. mé/100 g	6.80	5.60	2.8	4.4	6.8	8.0	6.0		
Mg éch. "	0.40	2.80	3.6	3.2	0.4	5.2	2.0		
K éch. "	0.58	0.46	0.29	0.25	0.19	0.33	0.26		
Na éch. "	0.48	0.60	0.60	0.60	0.48	2.75	0.95		
S	8.26	9.46	7.29	8.45	7.87	16.28	9.28		
T	9.00	10.00	8.50	9.00	7.00	16.00	10.50		
pH eau 1/2,5	8.4	8.6	8.6	8.8	8.8	9.0	9.0		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.32	0.28	0.44	0.38	0.28	0.48	0.44		
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.10	0.09	0.14	0.12	0.09	0.15	0.14		
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	15.7	15.9	14.5	15.6	9.9	18.8	18.6		

U N I T E 5.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SOLS BRUNS MODAUX, sur épandage alluvial hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux ou sableux et galets, très faiblement ou non calcaire.

- 5 a : à pierrosité faible ou très localisée.
- 5 b : à pierrosité importante et plus généralisée.

1 - GENERALITES.

Cette unité existe au S. de l'oued Tensift ; elle se situe vers l'E. de la région cartographiée, au voisinage de la ville de MARRAKECH.

Prolongeant l'unité 7 du rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis-SIDI ZOULNE, elle constitue l'extrême avancée vers le N. d'une grande zone caillouteuse, à lits de galets et de sables, qui s'étend depuis TAHANAOUT vers MARRAKECH et serait un ancien cône caillouteux de l'oued Réraya.

Cette zone caillouteuse est relativement homogène sur la plus grande partie de son étendue. Mais, vers le N., en approchant de la route de MARRAKECH-ESSAOUIRA, elle devient plus hétérogène. Des surfaces étroites, non caillouteuses, alternent avec des nappes caillouteuses souvent légèrement exhaussées ; l'étendue et l'importance relative des unes et des autres sont très variables. Les zones caillouteuses s'étirent vers le N.N.O. et soulignent la direction des écoulements anciens ; elles sont constituées de galets bien arrondis d'origine atlasique : grès, granite, roches éruptives vertes et violacées dont la taille est assez réduite et ne dépasse guère 10-15 cm de diamètre. La pente générale ne dépasse pas 1 % en direction de l'oued Tensift.

Ces dépôts alluviaux se sont mis en place sur des encroûtements calcaires irrégulièrement érodés et qui s'observent à des profondeurs très variables, mais le plus souvent supérieures à 2 m. Cependant, par endroits, la croûte peut remonter à moins de 80 cm ; lorsqu'elles ont pu être reconnues, ces zones correspondent à l'unité 6, mais il est certain qu'il en existe d'autres en impurctés dans cette unité 5. Des petites surfaces de croûtes calcaires n'ont pas été recouvertes et appartiennent à l'unité 23.

Une partie des sols est consacrée à la culture de l'orge mais de grandes surfaces ont été plantées en agrumes, oliviers et abricotiers dans la région de la "Targa". Les zones caillouteuses ont été évitées autant que possible. Cependant, au N. de MARRAKECH, les gadoues et les égoûts de la ville permettent le maraichage sur des zones à forte pierrosité.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.Profil de référence.

Il n'existe pas de profil type pouvant caractériser l'ensemble de ces sols. Nous décrivons, à titre d'exemple, deux profils :

- C 41 : sur matériau à forte pierrosité (X : 8°2'1" ; Y : 31°40'54").
- C 22 : sur matériau fin (X : 8°4'10" ; Y : 31°39'29").

C 41 : Parcelle en jachère. Très caillouteux en surface ; avec des galets jusqu'à 15-20 cm de diamètre. Cynodon dactylon, Chenopodium alba.

0 à 20 cm : Brun-rougeâtre foncé (5 YR 3/5), humide. Limono-sableux avec nombreux graviers et cailloux de roches diverses : grès, granite, roches éruptives. Horizon de culture assez meuble : polyèdres et mottes arrondis avec terre fine en proportion importante. Cohésion faible des mottes très humides. Porosité et activité biotique bonnes. Enracinement bon et bien réparti des fines herbacées. Effervescence pratiquement nulle à l'acide. Limite régulière sur 2 cm.

20 à 40 cm : Brun-rougeâtre foncé (5 YR 3/4), humide, devenant progressivement plus rougeâtre vers le bas. Essentiellement graveleux et caillouteux avec galets d'origine variable, de toutes tailles jusqu'à 15-20 cm. Moins de 50 % de terre fine, limono-argilo-sableux, paraissant bien structurée en petits polyèdres (1 cm) entre les éléments grossiers. Porosité et activité biotique bonnes dans la terre fine. L'enracinement herbacé progresse bien entre les cailloux. Effervescence à l'acide faible. Limite régulière progressive.

40 à 75 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 4/6), humide. Proportion de graviers et cailloux nettement plus importante que dans l'horizon précédent. Terre fine sensiblement plus argileuse et paraissant bien structurée ; mais elle n'a qu'une importance très limitée dans cet horizon. Effervescence à l'acide faible.

C 22 : Zone non cultivée. Surface battue, à proximité d'une zone caillouteuse en surface. Adventices herbacées, avec des zones totalement dénudées.

0 à 15 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 5/3-6/3). Limoneux (quelques petits galets). Structure mal développée : mottes 5-10 cm. Cohésion assez forte (sec). Porosité médiocre ; mie de pain très fine. Activité biotique médiocre et irrégulière ; quelques zones à turricules nombreux. Enracinement herbacé, limité à la partie supérieure. Effervescence faible à l'acide. Limite régulière sur 3 cm.

- 15 à 35 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/3). Engainements calcaires nets autour des pores. Limono-argileux, avec un petit lit de graviers et petits galets. Structure assez bien développée, polyédrique irrégulière de 1-2 cm. Cohésion d'ensemble forte, moyenne des mottes. Porosité tubulaire médiocre. Activité biotique médiocre et irrégulière. Enracinement faible. Effervescence moyenne à l'acide. Limite régulière sur 5 cm.
- 35 à 90 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/3). Engainements calcaires nets, avec quelques amas légers (5 %). Limono-argileux, quelques graviers. Structure assez bien développée, polyédrique irrégulière : 1-3 cm. Cohésion moyenne. Porosité lacunaire moyenne. Activité biotique moyenne, bien répartie ; présence de turricules. Enracinement faible. Effervescence moyenne à l'acide. Limite inférieure soulignée par un lit de petits galets.
- 90 à 135 cm : Couleur d'ensemble rougeâtre (2,5 YR 4/4), mais hétérogène avec des taches plus ou moins claires calcaires et des zones plus brunes correspondant à des pénétrations de l'horizon supérieur grâce à l'activité biotique. Limono-argileux, plus argileux que les horizons précédents, avec de nombreux éléments calcaires irréguliers. A la partie supérieure, les éléments calcaires sont bien séparés par les zones d'activité biotique ; vers le bas, cette activité diminue et on passe à un encroûtement nodulaire qui peut être considéré comme étant en place et antérieur à la formation du sol situé au-dessus.

Variations autour des profils de référence.

L'hétérogénéité de la texture caractérise ces sols. Dans un certain nombre de profils, la texture est peu chargée en éléments grossiers et apparaît généralement limoneuse, plus ou moins riche en argile. La richesse en argile favorise le développement d'une structure polyédrique.

D'autres profils sont essentiellement caillouteux, mais présentent une hétérogénéité verticale plus ou moins marquée, avec des lits graveleux, caillouteux ou sableux en alternance.

Entre ces deux extrêmes, il existe un plus grand nombre de profils où apparaissent irrégulièrement des niveaux grossiers d'épaisseur variable. L'hétérogénéité verticale peut s'observer sur de très faibles distances d'un profil à l'autre, en raison de la grande irrégularité des nappes et lentilles caillouteuses ou sableuses.

En profondeur, certains profils sont limités par des croûtes ou encroûtements calcaires. La transition est plus ou moins nette selon l'importance des remaniements qui se sont produits à la partie supérieure des encroûtements.

Des formes de concentration calcaire s'observent fréquemment en fins engainements ou en revêtements filiformes autour des cailloux, parfois en amas et granules, en profondeur. Dans la plupart des profils, la décalca-

risation de l'horizon supérieur se manifeste par la réaction très faible ou nulle à l'acide ; celle-ci devient plus nette en profondeur.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total.

Les valeurs sont très variables en fonction de la texture. On note de 1 à 1,5 % de matière organique à 0-10 cm dans les cas les plus favorables. La diminution est plus ou moins progressive en profondeur, mais le caractère isohumique est bien marqué dans les profils les plus homogènes.

Les sols sont assez mal pourvus en azote total. Les valeurs sont très irrégulières et s'élèvent jusqu'à 1,5 %. Le rapport C/N est bas, inférieur à 10.

Calcaire.

Les sols ne sont que très faiblement calcaires. L'absence de calcaire presque totale en surface, avec des valeurs ne dépassant guère 0,6 % de calcaire total. Les valeurs augmentent progressivement vers la profondeur jusqu'à 2-3 %.

Potassium assimilable.

Les sols sont irrégulièrement pourvus en cet élément.

De l'ordre de 0,45 à 0,79 % de potassium assimilable, selon les profils analysés ; ces valeurs étant indiquées en fonction de la terre totale. (Les valeurs très élevées observées dans le profil D 41 peuvent être dues à des apports de gadoues).

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange est variable suivant la texture. Elle se situe le plus souvent entre 13 et 15 méq/100 g de terre fine. La saturation du complexe est pratiquement assurée dans tous les cas.

L'équilibre des bases échangeables est irrégulièrement assuré. La proportion de magnésium échangeable est variable, devenant souvent insuffisante par rapport au calcium. Le potassium échangeable est très faible dans certains profils.

Le sodium n'occupe qu'une faible proportion du complexe mais il augmente avec la profondeur et peut atteindre 10 %, peut-être davantage à certains endroits. Une tendance à l'alcalisation se manifesterait donc en profondeur dans certains profils de cette unité.

Salure.

Il n'y a normalement pas de salure dans cette unité. Elle se manifeste en profondeur dans le profil C 20 où la conductivité électrique atteint 6,7 mmhos/cm à 115 cm.

pH.

Les valeurs sont assez variables dans les profils analysés. Elles vont de 7,7 à 8,4 à la partie supérieure et tendent à augmenter en profondeur.

Texture.

La texture de la terre fine se place dans les catégories limoneuse, limono-argileuse, limono-sableuse. Elle est généralement plus riche en argile que dans les sols de l'unité 7 du rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis-SIDI ZOUINE.

Le taux d'argile atteint fréquemment 25 à 30 % ; il est généralement plus faible dans les horizons de surface. La fraction sableuse est toujours importante : 40 à 60 %.

Humidité équivalente.

Elle est médiocre et varie en fonction de la texture. Elle représente le plus souvent de 15 à 17 % de la terre fine.

3 - CONCLUSIONS.

Au point de vue morphologique, ces sols sont caractérisés par la grande hétérogénéité de la texture. Cette texture prédomine sur tous les autres caractères de différenciation.

Le caractère isohumique et l'existence d'un gradient calcaire, bien que faible en valeur absolue, traduisent cependant une évolution de ces sols qui sont classés en sols bruns modaux (1) sur matériau hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux ou sableux et galets.

L'existence de zones plus régulièrement caillouteuses ou, au contraire, ne présentant qu'une pierrosité très faible, avec des nappes caillouteuses de faible étendue, a été reconnue. Ces zones sont séparées pour constituer deux sous-unités :

(1) Les sols correspondants de l'unité 7 de l'étude MARRAKECH Ouest-oued N'fis-SIDI ZOUINE, ont été classés en sols bruns mal différenciés en raison de l'influence de la texture hétérogène, grossière, sur la faible différenciation des profils. Dans le cadre de la cartographie au 1/100 000, les sols sont considérés comme bruns modaux, afin de ne pas multiplier les sous-groupes.

Le profil C 88 qui a été observé dans une étroite zone déprimée correspondant à un ancien thalweg, possède des caractères hydromorphes. Il est moyennement calcaire et les valeurs diminuent de la surface vers la profondeur : de 10,4 à 4,2 %. Le taux de calcaire actif atteint 7,2 % en surface. L'hydromorphie, la proximité des surfaces encroûtées et l'apport de gadoues, peuvent expliquer ces résultats, ainsi que les teneurs assez élevées de la matière organique.

- 5 a : à pierrosité faible ou très localisée.
 5 b : à pierrosité importante et plus généralisée.

Cette distinction correspond à un tri grossier en fonction de la pierrosité. Mais les deux sous-unités ainsi déterminées ne constituent pas des surfaces homogènes. Elles comportent en effet les mêmes types de sols sur matériau hétérogène mais dans des proportions inverses. Il y a peu de profils sur matériau caillouteux dans la sous-unité 5 a ; au contraire, ils constituent la grande majorité dans la sous-unité 5 b.

Au point de vue agronomique, les perspectives dépendent beaucoup de l'importance de la pierrosité et on peut noter qu'il n'existe pas de facteurs limitants majeurs d'origine chimique.

Les zones à forte pierrosité (5 b) n'ont qu'une valeur agricole restreinte. Les spéculations à envisager sont essentiellement arboricoles avec des espèces rustiques : oliviers, figuiers, amandiers et éventuellement des agrumes tel que citronniers dans les zones où les cailloux sont les plus profonds.

Ailleurs (5 a), les conditions sont plus favorables et une gamme plus étendue de cultures peut être envisagée.

Cette unité qui se situe à proximité de MARRAKECH, est bien exploitée dans ses zones les plus favorables. Des plantations variées sont installées sur les sols les plus profonds et débordent parfois sur les zones pierreuses mais elles évitent, avec raison, les grandes nappes caillouteuses. Les reliefs légers que constituent ces nappes, ne sont guère favorables à une irrigation généralisée et le nivellement de ces surfaces n'est pas envisageable. Au contraire, l'épierrage peut être envisagé suivant l'importance et l'épaisseur des niveaux caillouteux.

Cette unité apparaît donc très hétérogène et seule une étude à très grande échelle permettrait d'avoir une connaissance plus précise des différentes catégories texturales et de leur répartition ; mais il semble bien difficile que des ensembles homogènes puissent jamais être dégagés, en raison de la nature complexe du matériau.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 5

N° profil : C 22

N° profil : C 41

(X: 8°2'11" ; Y: 31°40'54")

(X: 8°4'10" ; Y: 31°39'29")

N° échantillon	C 221	C 222	C 223	C 224		C 411	C 412	C 413
Profondeur cm	0-10	18-20	55-65	103-113		0-10	20-40	40-75
Refus 2 mm %		2.3		25.5		24.2	50.8	
Argile %	20.5	27.6	25.0	31.4		15.3	25.9	20.8
Limon fin %	22.1	20.0	26.0	11.2		10.7	6.1	6.2
Limon grossier %	10.9	10.5	8.1	8.4		9.9	7.4	5.9
Sable fin %	26.2	24.6	21.6	24.9		27.0	20.9	19.1
Sable grossier %	22.3	19.8	19.8	26.9		36.8	41.9	41.2
Matière organique %	1.37	0.46	0.20	0.10		1.73	0.63	0.44
Azote %.	1.02	0.32	0.21	0.14		1.75	0.51	0.49
C/N	7.8	8.4	5.7	4.3		5.8	7.3	5.3
Calcaire total %	0.6	1.3	2.0	1.2		0.17	0.25	0.55
Calcaire actif %								
K ₂ O assimilable %.	0.37	0.13	0.07	0.09		0.89	0.82	0.80
Ca éch. mé/100 g	8.8	7.2	7.2	4.4		9.2	7.6	7.2
Mg éch. "	3.2	6.0	4.0	6.4		1.6	4.0	3.6
K éch. "	0.80	0.39	0.23	0.30		1.08	1.95	1.82
Na éch. "	0.13	0.13	0.28	0.58		0.78	1.20	1.50
S	12.93	13.72	11.71	11.68		12.66	14.75	14.12
T	13.25	13.75	12.75	12.75		12.50	13.50	14.20
pH eau 1/2,5	8.4	8.7	9.0	7.7		7.7	6.65	8.3
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm								
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.25	0.22	0.25	0.38		0.54	0.32	0.54
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.08	0.07	0.03	0.12		0.17	0.10	0.17
Sels solubles (Ext. Sat.):								
Cl ⁻ mé/litre								
SO ₄ ⁻⁻⁻ "								
CO ₃ ⁻⁻⁻ "								
CO ₃ H ⁻ "								
Ca ⁺⁺ "								
Mg ⁺⁺ "								
K ⁺ "								
Na ⁺ "								
H ₂ O % dans pâte sat.								
Humidité équivalente %	17.5	15.7	16.1	17.1				

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 5

N° profil : C 20

N° profil :

(X: 8°3'28" ; Y: 31°39'52")

(X: ; Y:

N° échantillon	C 201	C 202	C 203	C 204	C 205	C 206			
Profondeur cm	0-15	35-45	59-69	87-97	110-120	140-150			
Refus 2 mm %	57.0	18.4	2.3	3.1	-	23.3			
Argile %	11.2	20.8	14.4	23.5	11.3	38.4			
Limon fin %	15.2	11.7	14.4	17.7	10.8	10.0			
Limon grossier %	16.0	13.4	16.4	8.3	14.4	8.0			
Sable fin %	38.0	37.4	42.2	32.9	50.3	26.5			
Sable grossier %	22.2	18.8	14.8	19.3	15.6	18.5			
Matière organique %	2.41	0.34	0.16	0.16	0.13				
Azote %	1.49	0.32	0.14	0.14	0.11				
C/N	9.4	5.9	6.7	6.7	7.3				
Calcaire total %	0.45	0.7	2.75	0.8	0.7	1.2			
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %									
Ca éch. mé/100 g	7.2	6.4	4.8						
Mg éch. "	4.8	4.0	3.2						
K éch. "	3.63	2.00	0.16						
Na éch. "	0.33	0.33	0.38						
S	15.96	12.73	8.54						
T	15.75	12.75	8.75						
pH eau 1/2,5	7.7	8.2	7.7	8.6	7.8	8.6			
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm					6.70	5.75			
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.96	0.73	0.92	0.51	1.40	1.85			
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.30	0.23	0.29	0.16	0.44	0.58			
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre					45.0	47.0			
SO ₄ ⁻⁻ "					20.0	14.0			
CO ₃ ⁻⁻ "					-	-			
CO ₃ H ⁻ "					4.0	4.0			
Ca ⁺⁺ "					22.5	10.0			
Mg ⁺⁺ "					32.5	25.0			
K ⁺ "					0.10	0.10			
Na ⁺ "					10.50	26.0			
H ₂ O % dans pâte sat.					30.0	37.0			
Humidité équivalente %	16.4	13.2	12.5	15.0	10.3	17.6			

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 5

N° profil : C 88

N° profil :

(X: 8°1'16" ; Y: 31°39'11")

(X: ; Y:

N° échantillon	C 881	C 882	C 883						
Profondeur cm	0-12	20-30	64-78						
Refus 2 mm %	20.8	5.5							
Argile %	8.4	12.7	15.3						
Limon fin %	25.7	13.2	10.6						
Limon grossier %	14.3	20.7	7.8						
Sable fin %	25.9	21.3	34.8						
Sable grossier %	23.5	29.9	29.4						
Matière organique %	2.87	1.47	0.27						
Azote %.	1.77	0.84	0.32						
C/N	9.4	10.2	5.0						
Calcaire total %	10.4	7.9	4.25						
Calcaire actif %	7.25								
K ₂ O assimilable %.	0.17	0.10	0.10						
Ca éch. mé/100 g	12.8	8.8	5.6						
Mg éch. "	2.4	0.8	0.8						
K éch. "	0.56	0.39	0.34						
Na éch. "	0.33	0.20	0.08						
S	16.9	10.19	6.82						
T	16.50	11.00	7.00						
pH eau 1/2,5	8.5	8.9	8.7						
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.54	0.41	0.41						
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.17	0.13	0.13						
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	20.5	18.0	13.3						

U N I T E 6.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SOLS BRUNS MODAUX, sur épandage alluvial hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux, sableux ou caillouteux, très faiblement ou non calcaire, recouvrant une carapace calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité existe au S. de l'oued Tensift où elle n'occupe qu'une superficie limitée dans la région de MARRAKECH. Elle constitue plusieurs taches dont la plus étendue se situe de part et d'autre de la route MARRAKECH-EL JEDIDA et se trouve entourée par l'unité 5.

Elle appartient à la même zone caillouteuse que l'unité 5 et correspond aux endroits où les croûtes calcaires faiblement érodées n'ont été recouvertes que par une faible épaisseur de matériau alluvial. Les surfaces appartenant à cette unité, qui sont indiquées sur la carte, ne sont pas limitatives et une étude plus détaillée en ferait sans doute apparaître un plus grand nombre qui existent en impuretés dans l'unité 5.

La surface est généralement plane ou faiblement ondulée mais fréquemment riche en cailloux parfois accompagnés d'éléments calcaires ; la pente est très faible et ne dépasse pas 1 %. Les cailloux sont des petits galets d'origine atlasique qui ont souvent été fragmentés. Les limites avec l'unité 5 sont très irrégulières et ne pourraient être précisées que par une étude très détaillée ; celles avec l'unité 23 sont progressives mais plus nettes.

Les sols n'ont pas été retenus pour l'installation de plantation et ils portent essentiellement des cultures extensives de céréales, avec des touffes isolées de jujubiers.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Cette unité rassemble des sols de transition entre l'unité 5 et l'unité 23. Il est pratiquement impossible de concevoir un profil type pour caractériser les sols. En fait, on trouve tous les intermédiaires entre les profils s'apparentant à ceux de l'unité 23 et ceux se rapprochant de l'unité 5. Nous donnons à titre d'exemple deux profils situés aux deux pôles de variations :

- C 42 : croûte calcaire à 20-35 cm (X : 8°2'27" ; Y : 31°40'16") ;
- C 44 : croûte calcaire à 75 cm (X : 8°3'26" ; Y : 31°41'35").

C 42 : Zone plane en jachère. Gravier et cailloux divers mais inférieurs à 10 cm, nombreux. Calendula arvensis, Sinapis arvensis ; quelques palmiers aux alentours.

0 à 10 cm : Brun-rougeâtre foncé (5 YR 3/4). Limono-sablo-argileux avec nombreux graviers et petits cailloux jusqu'à 5 cm de diamètre ; galets d'origine atlasique variés fréquemment brisés ; quelques éléments de croûte calcaire aussi. Très humide et peu cohérent ; structure difficile à apprécier : terre fine en petits agrégats fragiles et polyèdres jusqu'à 2-3 cm. Porosité et activité biotique médiocre. Enracinement bon mais assez irrégulier. Effervescence assez faible à l'acide. Limite régulière peu tranchée.

10 à 20 ou 35 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/4) avec fins engainements autour des pores. Limoneux assez argileux avec graviers et petits cailloux semblables aux précédents mais moins nombreux. Encore humide ; structure irrégulière avec petits agrégats et polyèdres jusqu'à 5 cm. Cohésion faible. Porosité et activité biotique moyennes. Enracinement moyen, bien réparti. Effervescence plus violente à l'acide. Limite très irrégulière et tranchée.

vers 20-35 cm : Croûte calcaire massive avec pellicule rubannée.

C 44 : Surface à faible pente vers le N. Culture de blé dur au stade de montaison, avec nombreuses adventices : Calendula arvensis, Sinapis arvensis.

0 à 15 cm : Brun-rouge foncé (5 YR 3/4, humide). Sablo-limoneux, avec graviers et petits cailloux. Structure motteuse, avec proportion de terre fine meuble importante. Cohésion faible. Porosité et activité biotique bonnes mais irrégulièrement réparties, favorisant l'enracinement. Effervescence nulle à l'acide. Limite régulière sur 2 cm.

15 à 35 cm : Rouge jaunâtre (5 YR 4/6 ; légèrement humide). Limono-sablo-argileux, avec graviers et quelques galets fragmentés formant surtout un lit à la base. Massif à cohésion moyenne. Porosité

assez bonne mais irrégulière. Activité biotique moyenne, bonne parfois. Enracinement moyen mais assez bien réparti. Effervescence nulle à l'acide. Limite ondulée sur 2-3 cm.

35 à 75 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/4, légèrement humide), avec engainements calcaires nets. Limono-argilo-sableux, quelques petits graviers. Massif à cohésion d'ensemble très forte, plus faible des éclats qui se subdivisent en polyèdres de 1 à 3 cm. Porosité et activité biotique moyennes à médiocres. Enracinement encore abondant de fines herbacées. Effervescence à l'acide.

à 75 cm : Croûte calcaire rubannée irrégulièrement fragmentée.

La profondeur du sol est donc très variable, ainsi que sa texture qui est irrégulièrement gravelo-caillouteuse comme dans les sols de l'unité 5.

L'encroûtement recouvert existe aussi sous différentes formes. La croûte compacte limite brutalement le sol en profondeur dans certains cas ; ailleurs, cette partie massive a été usée et l'encroûtement granulo-nodulaire plus friable, souvent remanié et mélangé au matériau de recouvrement, permet une pénétration encore aisée de l'activité biotique et des racines.

Comme dans les sols de l'unité 5, la réaction à l'acide met en évidence l'existence d'un gradient calcaire net, avec une décalcarisation assez forte en surface ; cependant, l'existence irrégulière de débris calcaires dès la surface atténue ce caractère. Le calcaire constitue fréquemment de petits engainements, ou des dépôts filiformes sous les cailloux, à la partie inférieure des profils.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Nous ne possédons qu'un seul profil analysé : C 44, pour cette unité. Les résultats indiqués n'ont donc pas une valeur représentative, d'autant plus que la texture est très variable. On peut cependant penser qu'il existe une certaine analogie entre les caractéristiques chimiques des sols des deux unités 5 et 6

Matière organique et azote total.

Moins de 1 % de matière organique avec une répartition isohumique. Les valeurs doivent être sensiblement meilleures dans les profils plus argileux.

L'azote est en très faible quantité : moins de 0,5 %, avec un rapport C/N très bas : 7-8.

Calcaire.

Les sols ne sont que très faiblement calcaires : 0,50-0,75 % à la partie supérieure, 1,25 % à la base, dans le matériau de recouvrement sur l'encroûtement.

Potassium assimilable.

Les valeurs sont assez satisfaisantes :

K20 assimilable : 0,60 ‰ à la partie supérieure ; 0,23 ‰ en profondeur.

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange est faible dans le profil C 44. Elle diminue en profondeur, malgré l'augmentation du taux d'argile : 8,25 méq/100 g à 0-10 cm, 9,25 méq/100 g à 15-25 cm, 7,00 méq/100 g à 45-60 cm. La saturation du complexe est totale.

L'équilibre entre les bases échangeables est assez bien assuré à la partie supérieure où l'on peut cependant relever une légère insuffisance en magnésium. En profondeur, la proportion de sodium échangeable devient excessive : 15,7 ‰ et traduit l'alcalisation qui se manifeste par la structure massive à cohésion forte observée dans le profil à ce niveau.

L'alcalisation se manifeste donc en profondeur dans certains profils, comme dans l'unité 5 ; mais elle ne doit pas constituer une caractéristique générale dans ces sols.

Salure.

Elle n'apparaît normalement pas dans ces sols mais il est possible qu'elle existe avec une faible intensité dans certains profils, notamment en profondeur, vers le N.

pH.

Les valeurs augmentent en profondeur, de 7,8 à 8,5.

Texture.

Comme pour les sols de l'unité 5, la texture est très variable ; elle se place dans les catégories : limoneuse, limono-sableuse ou limono-argileuse, avec une proportion variable de graviers et cailloux. La fraction sableuse est toujours importante : souvent de l'ordre de 60 ‰. L'horizon de surface est plus pauvre en argile.

Humidité équivalente.

Elle est faible dans le profil C 44 : 10,4 à 14 ‰.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols se caractérisent par leur caractère isohumique et par la présence d'un gradient calcaire. Ils sont classés en sols bruns modaux sur matériau hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux, sableux ou caillouteux recouvrant une carapace calcaire.

Selon l'importance de la profondeur utilisable et la charge en cailloux, les sols ont une valeur variable au point de vue agronomique. Cependant, dans l'ensemble, cette valeur doit être considérée comme faible à modérée. La pratique de l'irrigation est aussi difficilement envisageable dans certains cas, en raison de l'impossibilité de pratiquer le nivellement.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 6 .

N° profil : C 44

N° profil :

(X: 8°3'26" ; Y: 31°41'35")

(X: ; Y:

N° échantillon	C 441	C 442	C 443						
Profondeur cm	0-10	15-25	45-60						
Refus 2 mm %	14.3	11.4	5.3						
Argile %	10.4	19.9	24.1						
Limon fin %	5.6	5.3	5.6						
Limon grossier %	10.4	8.4	8.4						
Sable fin %	39.2	32.8	31.4						
Sable grossier %	36.1	36.0	31.3						
Matière organique %	0.61	0.32	0.22						
Azote %	0.47	0.28	0.16						
C/N	7.7	6.8	8.1						
Calcaire total %	0.75	0.50	1.25						
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %	0.59	0.61	0.23						
Ca éch. mē/100 g	4.8	5.6	4.0						
Mg éch. "	2.4	2.4	1.6						
K éch. "	1.13	1.13	0.56						
Na éch. "	0.33	0.53	1.10						
S	8.66	9.66	7.26						
T	8.25	9.25	7.00						
pH eau 1/2,5	7.8	7.6	8.5						
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.25	0.19	0.89						
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.08	0.06	0.28						
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl- mē/litre									
SO ₄ -- "									
CO ₃ -- "									
CO ₃ H- "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	10.4	11.1	14.0						

ment qui mettrait à nu les croûtes recouvertes. Outre les céréales, les cultures arboricoles rustiques : oliviers, figuiers, amandiers pourraient tirer parti de ces zones.

En résumé, cette unité n'est qu'une variante de l'unité 5 où la profondeur des sols irrégulièrement limitée par une croûte ou encroûtement calcaire, constitue un facteur limitant supplémentaire.

U N I T E 7.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SOLS BRUNS, irrégulièrement salés et alcalisés, sur épandage alluvial limono-argileux, faiblement calcaire.

7 a : peu ou non salés et alcalisés.

7 b : plus fréquemment salés et alcalisés.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'apparaît que dans la région centrale de la zone située au S. de l'oued Tensift où elle constitue plusieurs taches dispersées et d'étendue modérée.

Cette région correspond à la partie aval des épandages d'alluvions fines venues de l'Atlas. L'origine alluviale entraîne une grande hétérogénéité des matériaux ; cependant, cette unité apparaît relativement homogène si on la compare à certaines unités voisines, 14 et 12 notamment.

La surface s'abaisse progressivement vers le N.O. avec une pente régulière de l'ordre de 0,5-1 %. Dans certaines zones, les griffes d'érosion se multiplient puis s'organisent en petits ravinements pour rejoindre la vallée du Tensift.

La salure apparaît sporadiquement, surtout vers l'O. Elle se manifeste par la présence d'espèces halophiles : Mesembryanthemum nodiflorum le plus souvent, avec une couleur plus sombre et des foisonnements superficiels du sol à ces endroits.

Comme pour toutes les unités situées sur les alluvions d'épandages, les limites de l'unité 7 sont généralement imprécises. Une étude plus détaillée de la région permettrait vraisemblablement de faire apparaître de nouvelles taches de cette unité à l'intérieur des unités voisines ; la configuration des zones représentant cette unité 7 serait sans doute également fortement modifiée.

Les sols sont partout cultivés. Des plantations déjà anciennes d'agrumes et d'oliviers ont été installées dans cette région et reposent partiellement sur les sols de cette unité. Les plantations nouvelles : agrumes, abricotiers, oliviers se multiplient grâce à la mise en place de nombreux forages qui permettent l'irrigation permanente. Les surfaces restant en

sec sont dévolues à la culture traditionnelle des céréales ; de nombreuses touffes de jujubiers y subsistent ; elles ont été éliminées dans les plantations.

Ces sols ont été partiellement reconnus par J. CONCARET dans son étude au 1/50 000 où il les considère comme "sols bruns steppiques sur limon rouge provenant d'un ancien sol châtain érodé sur limon rouge".

2 -- LES SOLS.

2-1. Etude morphologique.

Profil de référence : C 54 (X : 8°12'47" ; Y : 31°40'45").

C 54 : Parcelle récemment labourée de la station de la Recherche Agronomique de SOUHLA. Surface plane et motteuse.

- 0 à 15 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 5/3). Limono-argileux à limoneux. Motteux de toutes tailles jusqu'à 20 cm, avec débris végétaux peu décomposés et mal enfouis. Cohésion d'ensemble faible, cohésion des mottes assez forte, sauf à la base plus humide. Porosité mie de pain très fine, moyenne dans les mottes. Activité biotique médiocre dans les mottes. Effervescence à l'acide. Limite de travail ondulée et nette après passage des disques.
- 15 à 50 cm : Brun-rougeâtre foncé (5 YR 3/4), humide. Limono-argileux (plus argileux que le précédent). Structure bien développée, polyédrique parfois cubique : 3 à 4 cm ; surstructure à tendance prismatique (jusqu'à 10 cm) par empilement des éléments dont les faces sont planes. Cohésion moyenne d'ensemble et des mottes humides. Porosité moyenne, réduite dans les éléments structuraux. Activité biotique moyenne mais plutôt irrégulière. Enracinement moyen, assez bien réparti des herbacées. Effervescence à l'acide. Limite régulière sur 2-3 cm.
- 50 à 67 cm : Horizon de transition à taches blanchâtres correspondant souvent à des éléments pelliculaires limoneux vraisemblablement d'origine alluviale. Structure moins bien développée que dans l'horizon précédent, en éléments plus grossiers : jusqu'à 5-8 cm ; mal développée vers le bas. Cohésion moyenne (encore assez humide). Porosité et activité biotique assez bonnes. Enracinement moyen, assez bien réparti, mais plus faible vers le bas. Effervescence à l'acide. Limite régulière, progressive sur 5 cm au moins.
- 67 à 125 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/3). Limono-argilo-sableux, avec quelques graviers. Massif, à cohésion assez forte (peu humide). Porosité lacunaire moyenne, irrégulière, due à l'activité

biotique assez bonne mais irrégulièrement répartie. Parfois, fins engainements calcaires très discrets. Enracinement médiocre mais encore satisfaisant à cette profondeur. Effervescence à l'acide.

à 125 cm : Croûte calcaire massive en place.

Variations autour du profil de référence.

Ces sols se caractérisent par une texture à dominante limono-argileuse. Les horizons de surface sont appauvris en argile par rapport aux horizons moyens. En profondeur, la texture devient souvent sensiblement plus grossière par enrichissement en sables, parfois en graviers. A certains endroits cette texture plus grossière peut exister sur l'ensemble du profil et correspond à des impuretés cartographiques.

Dans quelques profils, surtout au voisinage des croûtes calcaires de l'unité 23, la croûte calcaire en place ou des éléments granulo-nodulaire apparaissent à la base des profils. Dans toute cette région, au N. de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA, les alluvions d'épandage reposent sur des encroûtements calcaires irrégulièrement érodés. Ces encroûtements apparaissent rarement dans les profils à l'exclusion des unités 6 et 9 ; leur profondeur ne dépasse guère 3-4 m et ils ne doivent pas être ignorés lorsque l'on considère les conditions de drainage profond.

Malgré une plus grande richesse en argile que dans les autres sols de la région, la structure reste fragile en surface. Elle est bien marquée dans les horizons moyens, avec souvent une tendance à l'élargissement qui caractérise aussi les sols limono-argileux de l'unité 13. En profondeur, elle devient plutôt massive en présence d'une texture moins argileuse et où l'on note souvent un développement de l'alcalisation.

Les formes de concentration du calcaire ne se manifestent que très discrètement, en fins engainements ou en petits amas mal individualisés à la partie moyenne et parfois aussi profonde, des profils. L'effervescence à l'acide révèle fréquemment une richesse légèrement moins importante en surface dans les profils.

L'étude morphologique de ces sols fait apparaître une certaine analogie avec les sols de l'unité 13, surtout par les caractères de la texture et de la structure.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total.

Les valeurs sont moyennes pour des sols de la région.

La matière organique est de l'ordre de 1,5 % de 0 à 10 cm avec une diminution progressive en profondeur : 0,5-0,6 % vers 30 cm, 0,3-0,4 % vers 80 cm, traduisant un caractère isohumique dans ces sols.

L'azote total reste en faible proportion : généralement moins de 1 ‰. Le rapport C/N ne dépasse pas 10-11 en surface ; il est très inférieure en profondeur.

Calcaire.

Les sols sont faiblement calcaires, mais les résultats varient selon les analyses considérées.

Les deux profils analysés dans le cadre de cette étude indiquent des valeurs faibles : de l'ordre de 1-2 ‰ de calcaire total.

Les résultats indiqués dans l'étude de J.CONCARET sont plus élevés : 2,5 à 6,5 ‰ de calcaire total.

Cette divergence entre les résultats peut provenir de l'insuffisance du nombre d'analyses qui ne permet pas d'obtenir une valeur représentative ; elle peut être aussi due à des différences dans les conditions d'analyses pour chacun des deux laboratoires.

Toutes les analyses indiquent l'existence d'un gradient calcaire en fonction de la profondeur ; mais il est très irrégulièrement marqué. La différence entre les horizons les plus pauvres et les plus riches en calcaire est de l'ordre de 1-1,5 ‰ dans les analyses de cette étude ; elle est plus importante : 3,5 ‰ dans l'étude de J.CONCARET.

Potassium assimilable.

Les valeurs obtenues dans les deux profils analysés sont satisfaisantes au moins à la partie supérieure.

K 20 assimilable : 0,70 et 0,78 ‰ de 0 à 10 cm.

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange est de l'ordre de 11 à 15 nég/100 g ; elle s'abaisse généralement en profondeur avec le pourcentage d'argile et peut atteindre 7 nég/100 g.

L'équilibre des bases échangeables est souvent mal assuré, surtout en raison d'une fixation importante du magnésium dont la proportion peut être supérieure à celle du calcium échangeable.

La proportion de sodium échangeable est variable selon les zones considérées. Elle reste faible dans les profils de l'E. ; vers l'O., elle est plus élevée sur l'ensemble du profil : 6-8 ‰, avec des valeurs plus élevées en profondeur : 12-13 ‰. J.CONCARET indique des proportions de 12 à 16 ‰ de sodium échangeable dans la zone qu'il a étudiée.

On peut donc retenir que l'alcalisation est faible et incertaine à l'E. ; elle est irrégulière mais tend à se généraliser au moins en profondeur vers l'O.

Salure.

La salure apparaît irrégulièrement dans les profils. Elle ne se manifeste que modérément en profondeur à l'E. ; conductivité : 5-9 nmhos/cm. Elle tend à se généraliser à l'ensemble du profil vers l'O., mais elle reste

modérée en dehors des taches de salure bien marquées par la végétation halophile ; conductivité : 5-8 mmhos/cm sur l'ensemble du profil. Dans son étude, CONCARET indique qu'un mince horizon salé existe en surface de 1 à 2 cm, avec 40 ‰ de sels totaux. Au-dessous, la teneur en sel est faible mais devient plus importante vers 70 cm, avec en moyenne 7 ‰ de sels totaux dans l'extrait saturé.

Le bilan ionique révèle une prédominance des chlorures sur les sulfates parmi les anions solubles. Le sodium soluble représente environ 30 ‰ des cations solubles dans les deux profils analysés ; il se trouve en proportion comparable avec le calcium ; le magnésium apparaît en quantités plus irrégulières, souvent sensiblement inférieures, mais parfois supérieures à celles du calcium.

pH.

Le pH s'établit normalement entre 8,5 et 8,7. Mais l'existence de la salure, plus ou moins importante, détermine une diminution correspondante des valeurs qui peuvent descendre jusqu'à 7,6-7,2.

Texture.

La texture se place dans les catégories : limono-argileuse, à limons argileux fins ; avec environ 30 ‰ d'argile. Les horizons de surface ont subi un léger appauvrissement en argile par rapport aux horizons sous-jacents.

En profondeur, la texture tend à devenir limoneuse ou limono-sableuse.

Humidité équivalente.

Les valeurs sont de l'ordre de 19 à 24 ‰.

Elles diminuent en profondeur en fonction de la texture : 13-15 ‰.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols ont un caractère isohumique bien affirmé. Le gradient calcaire est souvent faiblement marqué, mais il se manifeste dans presque tous les profils. Ce caractère est un élément essentiel distinguant cette unité de l'unité 13. Les sols sont classés comme sols bruns, irrégulièrement salés alcalisés sur matériau limono-argileux.

La présence irrégulière de l'alcalisation et de la salure qui existent plus fréquemment dans certaines zones, nous conduit à distinguer deux sous-unités :

7 a : peu ou non salés et alcalisés.

7 b : plus fréquemment salés et alcalisés.

Cette distinction permet d'indiquer les zones les plus exposées à la salure, à l'échelle régionale ; elle peut donc être utile pour la mise en valeur régionale. Mais les limites qui sont indiquées dans cette étude n'ont qu'une valeur indicative ; une étude à plus grande échelle serait nécessaire pour les préciser.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 7

N° profil : C54

(X: 8°12'47" ; Y: 31°40'45")

N° profil : C15

(X: 8°8'52" ; Y: 31°40'32")

N° échantillon	C 541	C 542	C 543	C 544	C 151	C 152	C 153	C 154
Profondeur cm	0-15	25-40	50-60	75-90	0-10	20-40	65-85	115-125
Refus 2 mm %								16.0
Argile %	27.3	30.4	27.8	21.6	26.7	30.6	23.1	17.2
Limon fin %	41.8	34.3	32.4	13.2	28.2	27.8	22.1	13.4
Limon grossier %	13.0	7.6	18.4	10.9	14.2	12.2	17.0	12.1
Sable fin %	16.0	22.2	18.7	36.0	24.5	22.3	27.1	31.2
Sable grossier %	3.6	8.3	2.8	20.0	6.5	7.5	11.7	27.1
Matière organique %	1.42	0.56	0.43	0.37	1.39	0.51	0.25	0.13
Azote %	0.76	0.20	0.17	0.14	0.96	0.46	0.30	0.11
C/N	0.45	0.45	0.18	0.19	8.4	6.5	5.0	7.2
Calcaire total %	0.80	0.57	2.05	2.30	0.75	0.85	1.05	1.5
Calcaire actif %								
K ₂ O assimilable %	0.78	0.20	0.17	0.14	0.70	0.52	0.13	0.08
Ca éch. mé/100 g	6.8	9.2	7.6	1.7	3.6	7.6	4.0	1.3
Mg éch. "	4.1	3.0	4.8	4.5	5.2	4.4	4.5	5.2
K éch. "	2.00	0.49	0.43	0.34	1.20	0.94	0.33	0.19
Na éch. "	1.22	0.86	0.81	1.01	0.28	0.38	0.53	0.25
S	14.12	13.55	13.64	7.55	10.28	13.32	9.36	6.94
T	15.25	14.25	13.75	7.75	11.00	13.25	9.50	7.00
pH eau 1/2,5	7.6	7.2	8.0	8.1	8.5	8.7	8.4	8.3
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	8.69	5.50	7.00	8.54			5.02	9.25
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	3.36	2.27	2.68	1.98	0.44	0.54	1.63	2.59
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	1.05	0.71	0.84	0.62	0.14	0.17	0.51	0.81
Sels solubles (Ext. Sat.):								
Cl ⁻ mé/litre	60.00	45.00	50.00	65.00			30.0	87.5
SO ₄ ⁻⁻ "	20.00	24.00	20.00	40.00			22.0	28.0
CO ₃ ⁻⁻ "	-	-	-	-			-	-
CO ₃ H ⁻ "	4.00	2.00	4.00	4.00			4.0	4.0
Ca ⁺⁺ "	32.50	25.00	25.00	77.50			20.0	35.0
Mg ⁺⁺ "	22.50	12.50	25.00	25.00			17.5	50.0
K ⁺ "	0.67	0.20	0.10	0.25			0.15	0.30
Na ⁺ "	33.00	30.00	28.00	13.00			18.0	28.0
H ₂ O % dans pâte sat.	48.0	48.0	48.0	30.0			40.0	32.0
Humidité équivalente %	24.0	21.0	19.1	15.0	19.2	18.2	16.2	13.2

Leur richesse en argile procure à ces sols des caractères de fertilité chimique qui sont parmi les plus favorables reconnus dans la région. La structure est généralement bien marquée mais elle est grossière et apparaît très fragile surtout en surface. La perméabilité est très faible.

La salure et l'alcalisation constituent aussi des éléments défavorables, surtout dans la zone 7 b. Le plus souvent, ces phénomènes se manifestent avec une faible intensité, mais ils favorisent aussi le développement des mauvaises propriétés physiques.

Cette unité comporte des sols profonds et assez uniformes. La fertilité est acceptable et peut convenir pour un grand nombre de cultures : céréalières, fruitières, maraichères et aussi industrielles. Les graminées fourragères et les amendements humiques pourraient améliorer la stabilité de la structure et le stock de matière organique.

Sans posséder une texture franchement lourde, ces sols limono-argileux sont très peu perméables et le drainage ne doit pas être négligé, surtout dans cette région où la salure et l'alcalisation se manifestent irrégulièrement. L'irrigation, bien conduite, peut sans doute entraîner une diminution de ces phénomènes, comme cela a pu se produire dans les plantations anciennes.

Dans le cas d'une irrigation intensive à l'échelle régionale, une bonne connaissance des conditions de drainage et de l'évolution de la nappe sont nécessaires pour maîtriser à long terme les phénomènes de salure et d'alcalisation qui se manifestent dans cette région.

U N I T E 8.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SOLS BRUNS, irrégulièrement salés et alcalinisés, sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'existe qu'au S. de l'oued Tensift. Elle prolonge au N. de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA l'unité 6 : "Sols bruns mal différenciés sur matériau limoneux à limono-argileux", du rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis-SIDI ZOUINE, où n'apparaissent pas de caractères de salure. Dans cette région, la salure et l'alcalisation se développent irrégulièrement et tendent à se généraliser vers le N.

Cette unité se localise vers l'O. sur les matériaux d'épandage alluviaux comparables à ceux de l'unité 14. Mis en place sous l'effet d'un écoulement diffus, ces matériaux à dominante limoneuse sont souvent hétérogènes et présentent des lentilles sableuses, graveleuses ou caillouteuses. La nature des galets constituant les lentilles caillouteuses prouvent bien leur origine atlasique.

La surface du sol est plane et s'abaisse régulièrement vers le N.O. avec une pente inférieure à 1 %. Les limites de l'unité sont irrégulières et difficiles à préciser dans une étude à échelle moyenne.

Des plantations d'agrumes, abricotiers et oliviers existent vers le S. Vers le N., on rencontre essentiellement des cultures de céréales en sec ; la surface du sol y est généralement glacée et sensible à l'érosion. Actuellement, de nouvelles plantations s'installent autour des puits nouvellement creusés et équipés de moto-pompes. Les espèces implantées sont surtout l'abricotier et l'olivier, ainsi que les cultures maraichères ; mais les agrumes sont rares sans doute en raison de la salure et de l'alcalisation.

En surface, des nappes caillouteuses apparaissent localement, comme dans les unités 12 et 14 ; elles existent surtout vers le N.

Cette unité correspond aux "sols bruns steppiques sur limon gris profond et sur limon rouge remanié profond", reconnus par J.CONCARET. Ce dernier avait donc distingué deux unités que nous avons regroupées.

Dans le cadre plus vaste de cette étude, il nous apparaît très difficile de faire la distinction entre "limon gris et limon rouge remanié" compte tenu de l'hétérogénéité des matériaux à l'échelle régionale. D'ailleurs J. CONCARET étudie toujours ensemble les sols sur "limon gris" et sur "limon rouge remanié". Il considère que "limon gris" et "limon rouge remanié" auraient une origine commune, mais le "limon rouge remanié" serait plus hétérogène : mélange de "limon gris" et de "limon rouge" plus ancien arraché vers l'amont.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profil de référence : C 71 (X : 8°12'32" ; Y : 31°1'55").

C 71 : Parcelle de jeunes abricotiers. Surface plane. Sol récemment travaillé, meuble mais déjà battu en surface.

- 0 à 12 cm : Horizon de travail. Brun-rougeâtre (5 YR 5/3). Limoneux à limono-argileux. Meuble, avec éléments émoussés jusqu'à 5 cm et mottes plus grossières jusqu'à 15-20 cm. Cohésion d'ensemble faible ; moyenne à forte des mottes. Porosité variable, lacunaire et vacuolaire ; faible dans les grosses mottes. Activité biotique irrégulière ; faible à nulle dans les mottes. Enracinement nul ; débris d'herbe enfouis peu décomposés. Effervescence faible à moyenne à l'acide. Limite de travail irrégulièrement distincte.
- 12 à 45 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/4) ; avec engainements très discrets. Limoneux à limono-argileux. Structure assez bien développée, polyédrique irrégulière : 1 à 3 cm, parfois davantage. Cohésion assez forte. Porosité moyenne, essentiellement tubulaire. Activité biotique moyenne et bien répartie. Enracinement assez bon et bien réparti de fines herbacées. Vers le bas, un galet de roche éruptive revêtu de calcaire. Effervescence à l'acide moyenne. Limite régulière peu tranchée sur 5-10 cm.
- 45 à 90 cm : Brun-rougeâtre (5 YR 4/3) ; avec 10-15 % d'amas et granules calcaires formant des taches blanchâtres très irrégulières. Limono-argileux. Structure assez bien développée, polyédrique 1-2 cm, mais en assemblage compact ; cohésion très forte. Porosité tubulaire moyenne. Activité biotique assez bonne avec nombreux turricules. Enracinement moyen au sommet, mais diminue très rapidement vers le bas. Effervescence moyenne à l'acide.
- à 90 cm : Brutalement dalle calcaire irrégulièrement démantelée.

Variations autour du profil de référence.

La texture est à dominante limoneuse et limono-argileuse et les sols sont relativement homogènes dans l'ensemble, malgré la multiplicité des variations texturales dans les catégories limoneuses ; ces variations peuvent être très brutales, sporadiquement apparaissent des fractions plus grossières : graveleuses ou caillouteuses. Elles peuvent être mélangées à la masse limoneuse ou constituer des niveaux bien distincts qui représentent une proportion variable du profil. Cependant, à l'exception de quelques nappes caillouteuses très localisées, la texture reste fine à la partie supérieure des profils.

Le développement de la structure est variable en fonction de la texture. Généralement motteuse, avec une croûte de battance dans l'horizon de culture, elle apparaît assez bien développée, polyédrique irrégulière (1-5 cm) au-dessous, si la texture est assez argileuse, sinon elle est plutôt massive. En profondeur, la cohésion devient souvent forte, vraisemblablement sous l'effet de l'alcalisation.

Comme dans toute cette région comprise entre la route MARRAKECH-ESSAOUIRA et l'oued Tensift, les encroûtements calcaires, irrégulièrement érodés, existent en profondeur, sous les dépôts alluviaux récents. A l'exception des unités 6 et 9, ils se situent à des profondeurs trop importantes pour être visibles dans les profils. Toutefois, à proximité des zones à encroûtements et croûtes calcaires affleurants de l'unité 23, le recouvrement alluvial est moins épais et la croûte irrégulièrement érodée et démantelée apparaît à la base de certains profils.

Le calcaire se concentre souvent sous forme d'engainements autour des pores ; avec des amas et granules en profondeur, mais leur présence est très irrégulière, ils peuvent disparaître ou au contraire se multiplier vers le bas. La réaction à l'acide permet généralement de déceler un gradient calcaire en fonction de la profondeur.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Nous ne possédons pas d'analyses pour les profils décrits dans cette unité. Les indications données dans ce paragraphe sont tirées de l'étude au 1/50 000 de J. CONCARET "Etude pédologique d'une zone du Haouz de MARRAKECH (Soueïlah Mrabtine)".

Matière organique.

Répartition isohumique : 1,3 % vers 10 cm, 0,7 % vers 50 cm, 0,3 % vers 1 m.

Le rapport C/N est de 11 en surface et 8 vers 70 cm.

Calcaire.

Les valeurs sont de l'ordre de 4 % en surface et augmentent vers la profondeur avec un maximum de 6-8 % de calcaire total vers 80 cm.

Phosphore assimilable.

L'analyse effectuée selon la méthode TRUOG donne les résultats suivants :

0,26 ‰ dans les horizons supérieurs et diminution régulière jusqu'à 0,04 ‰ vers 1 m. Ces valeurs indiquent que les sols sont médiocrement pourvus en phosphore assimilable.

Complexe adsorbant.

La somme des bases échangeables (sans doute très voisine de la capacité d'échange) est de 9 à 10 méq/100 g en surface et de 6 à 7 méq/100 g en profondeur.

La proportion des bases échangeables est la suivante :

- Calcium : 50 à 60 %
- Magnésium : 25 à 30 %
- Potassium : 6 à 10 %
- Sodium : 6 à 8 %, sauf en surface où se manifeste un début d'alcalisation.

Salure.

Elle est généralement faible : en moyenne l'extrait saturé contient 3 ‰ des sels dont 1,5 ‰ de chlore vers 10 cm, 1,5 ‰ de sels dont 0,5 ‰ de chlore vers 1 m.

Cependant, elle peut être plus élevée localement, surtout vers le N. où nous avons mesuré des conductivités dépassant 12 mmhos/cm dans l'extrait saturé.

Texture.

Elle est variable et il est difficile de donner une appréciation globale, surtout dans le "limon rouge remanié". Mais on enregistre souvent une décroissance du taux d'argile vers le bas : en moyenne 32 % d'argile à 20 cm et 23 % à 90 cm dans le "limon gris".

3 - CONCLUSIONS.

Les sols de cette unité possèdent un caractère isohumique assez bien marqué avec un profil calcaire assez peu différencié. La salure se manifeste irrégulièrement mais avec plus d'intensité vers le N. ; l'alcalisation aussi tend à se généraliser à la partie supérieure des sols qui sont classés comme sols bruns irrégulièrement salés et alcalisés, sur épandage alluvial, limoneux à limono-argileux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses).

Ces sols sont généralement profonds. La fragilité de la structure nécessite une amélioration générale par apports organiques ; des cultures de graminées fourragères seraient également favorables. Selon les endroits, un dessalage et une décalcalisation préalables pourraient être nécessaires.

Mis à part ces problèmes de salure et alcalisation, ces sols possèdent une fertilité médiocre mais assez satisfaisante pour la région. Ils pourraient convenir pour un grand nombre de cultures : maraichères, industrielles et fruitières.

Une attention particulière doit être apportée aux problèmes de drainage et à l'évolution de la nappe en relation avec l'évolution de la salure et de l'alcalisation dans cette région.

Comme pour la plupart des autres unités sur matériau d'épandage fin, au S. de l'oued Tensift, une étude plus détaillée serait souhaitable avant une mise en valeur effective des sols. Elle devrait s'efforcer de distinguer des ensembles plus homogènes, surtout au point de vue texture, salure et alcalisation, et de préciser pour chacun d'eux les principaux facteurs limitants, ainsi que les aptitudes culturales et les possibilités d'amélioration.

U N I T E 9.

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous péroclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SOLS BRUNS, irrégulièrement salés, sur épannage alluvial limoneux à limono-argileux, faiblement à moyennement calcaire, recouvrant un encroûtement granulo-nodulaire.

I -- GENERALITES.

Cette unité est bien représentée au S. de l'oued Tensift, surtout vers l'O. ; elle constitue aussi quelques petites taches au N. de MARRAKECH. Une seule petite zone a été cartographiée au N. de l'oued, dans un étroit thalweg traversé par la route n° 9 vers EL JEDIDA.

Cette unité apparaît toujours au voisinage des surfaces encroûtées de l'unité 23. Elle correspond, en effet, à des zones encroûtées irrégulièrement érodées puis recouvertes par les épandages limoneux d'origine alluviale. Elle apparaît donc souvent sous forme de petits thalwegs creusés dans les surfaces encroûtées, où l'encroûtement granulo-nodulaire, plus ou moins remanié, est recouvert par un matériau limoneux d'épaisseur variable mais généralement limitée. A l'amont des zones encroûtées les encroûtements ont été plus largement ennoyés par les épandages limoneux venus du S. (cf. fig. 4) ; la surface se trouve en parfaite continuité avec les régions plus méridionales de la plaine du Houz et la pente générale ne dépasse pas 1 %. Vers l'aval, la progression des épandages s'est rapidement limitée aux thalwegs légèrement encaissés qui rejoignent la vallée de l'oued Tensift : niveau de base local.

En bordure de l'oued Tensift, de très petites surfaces correspondant à des éléments de terrasse alluviale creusée dans les encroûtements calcaires sont rattachées à cette unité.

Les limites avec les surfaces encroûtées de l'unité 23 sont nettes ; mais l'épaisseur du recouvrement limoneux diminue progressivement vers ces surfaces. Le passage latéral vers les unités 7-8-12-14 est souvent difficile à établir avec précisions ; le recouvrement devient plus épais : supérieur à un mètre ; mais le matériau granulo-nodulaire peut remonter localement à des profondeurs plus faibles. Les sols de l'unité sont généralement cultivés ; cultures de céréales en sec, plantations d'oliviers, d'abricotiers et maraichage, si l'irrigation est pratiquée. Mesembryanthemum nodiflorum existe très localement et témoigne de la présence de salure à ces endroits.

Ailleurs, les adventices sont celles qui apparaissent sur tous les sols profonds : Calendula algeriensis, Sinapis arvensis ; quelques touffes de jujubiers existent aussi.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profil de référence : C 81 (X : 8°17'32" ; Y : 31°42'22").

C 81 : Fond de thalweg légèrement déprimé, entre zones encroûtées. Champ de céréale après moisson ; culture irriguée, nombreuses adventices.

- 0 à 20 cm : Brun (5 YR 4/4). Limoneux à limono-argileux. Pellicule de battance sur 1 cm en surface ; motteux, à mottes irrégulières : jusqu'à 10-15 cm, à la partie supérieure ; plus fin, polyédrique : 4-5 cm vers le bas. Cohésion d'ensemble moyenne ; cohésion des mottes moyennes à l'état humide, forte à sec. Porosité et activité biotique réduites dans les mottes à la partie supérieure, assez bonne au-dessous, la porosité est nettement favorisée par l'activité biotique. Enracinement bien réparti vers le bas, mais fuyant les mottes à la partie supérieure. Effervescence violente à l'acide. Limite régulière, peu distincte sur 5 cm.
- 20 à 60 cm : Brun, plus rougeâtre (5 YR 5/6). Limoneux à limono-argileux ; plus argileux que précédemment ; quelques petits éléments calcaires : 3-4 cm ; plus nombreux vers le bas où ils constituent jusqu'à 10-15 % de la masse. Structure assez bien développée, polyédrique : 2-3 cm. Cohésion assez faible (humide). Porosité tubulaire et mie de pain fine, bonne. Activité biotique, assez bonne et bien répartie. Enracinement moyen, bien réparti des herbacées. Effervescence violente à l'acide. Limite tranchée, légèrement ondulée.
- 60 à 105 cm : Granulo-nodulaire au moins à 50 % ; avec terre fine brune, limono-argileuse et amas calcaires. Structure bien développée, polyédrique : 0,5 cm, de la terre fine entre les éléments calcaires. Cohésion d'ensemble assez faible, moyenne des éléments structuraux. Porosité et activité biotique bonnes dans les zones terreuses. Enracinement moyen, médiocre vers le bas. Effervescence violente à l'acide. Limite progressive.
- 105 à 130 cm : Les amas deviennent plus importants et tendent à occuper les interstices entre granules et nodules. Ils s'indurent par endroits mais dans l'ensemble, le matériau reste encore friable.

Variations autour du profil de référence.

Les profils se caractérisent par un matériau à texture fine, à dominante limoneuse, reposant à moyenne profondeur sur un encroûtement granulo-nodulaire. Cet encroûtement apparaît à une profondeur très variable, mais généralement située entre 40 et 80 cm.

Dans le rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis-Sidi ZOUINE, l'origine de ce matériau granulo-nodulaire avait été considérée comme essentiellement détritique, après démantèlement d'encroûtement. Après un grand nombre d'observations, nous pensons que dans la majorité des cas, l'encroûtement granulo-nodulaire est en place, après disparition de la croûte supérieure par érosion et démantèlement. Mais les produits du démantèlement apparaissent aussi dans de nombreux profils où ils forment un niveau de remaniement intermédiaire qui atténue la transition entre l'encroûtement granulo-nodulaire et le recouvrement limoneux ; des cailloux d'origine atlasique sont parfois mélangés aux éléments calcaires ou disposés dans le recouvrement limoneux.

Dans certains profils, on note une tendance à l'encroûtement massif en profondeur par soudure des éléments initiaux entre eux. En bordure du Tensift, les profils observés peuvent présenter des redistributions de calcaire imputables à l'hydromorphie ; exemple C 74 : petite dépression ouverte vers l'oued Tensift, entourée d'alluvions grossières encroûtées. Champ de céréale.

- 0 à 15 cm : Horizon de travail humifère. Brun (5 YR 5/3). Limoneux à limono-argileux, quelques petits galets. Motteux : 5-10 cm, souvent grumeleux : 0,2-1 cm. Cohésion d'ensemble assez faible ; moyenne à forte des mottes. Porosité et activité biotique très bonnes. Enracinement bon et bien réparti. Effervescence violente à l'acide. Limite légèrement ondulée.
- 15 à 45 cm : Brun, plus vif (5 YR 4/3) : quelques petits amas fins. Limono-argileux. Structure assez bien développée, polyédrique souvent à tendance cubique : 0,5-2 cm. Cohésion d'ensemble moyenne, forte des mottes. Porosité et activité biotique réduites. Enracinement médiocre. Limite régulière sur 5 cm.
- 45 à 80 cm : Brun (5 YR 5/3). Limono-argileux, quelques graviers et petits cailloux. Amas calcaires plus nombreux et plus importants : 5-10 %. Bien structuré, polyèdres anguleux : 0,2-2 cm ; à structure prismatique. Identique au précédent par ailleurs. Limite progressive par augmentation des amas calcaires.
- 80 - 140 cm : Couleur hétérogène, brune à taches claires. Limono-argileux avec galets par endroits. Amas et granules calcaires formant 50 %. Dans un coin du profil, à partir de 100 cm, accumulation calcaire pulvérulente blanche sur plusieurs dizaines de cm. Par ailleurs, présence de nodules associés à des taches filiformes rouilles. Vers le bas, rognons calcaire et galets encroûtés.

Au S., sur les parties de cette unité qui sont situées en avant des surfaces encroûtées (unité 23), la croûte n'a pas été totalement érodée et elle apparaît à moyenne profondeur sous le recouvrement limoneux.

Sauf exception (présence de croûte non démantelée), les profils peuvent être considérés comme profonds. La structure, à tendance motteuse dans l'horizon de culture, surtout s'il est irrigué, est irrégulière mais souvent assez nettement polyédrique (1-3 cm) au-dessous. En profondeur, les granules calcaires initient une bonne structure polyédrique anguleuse de la terre fine qui les sépare.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total.

Les valeurs sont de l'ordre de 1 à 1,5 % pour la matière organique. Elles peuvent s'élever jusqu'à 2 % dans les sols irrigués enherbés. Elles diminuent progressivement en profondeur, indiquant une répartition isohumique de la matière organique.

Les quantités d'azote total sont de l'ordre de 1 ‰ ; parfois meilleures dans les sols plus riches en matière organique. Le rapport C/N est bas : 8-9, indiquant une bonne décomposition de la matière organique.

Calcaire.

Les valeurs augmentent de la surface vers la profondeur, mais elles varient d'un profil à l'autre : 2 à 6 % à la partie supérieure ; elles sont nettement plus élevées dans le matériau granulo-nodulaire : généralement supérieures à 10 et jusqu'à 21 % de la terre fine.

Le calcaire actif varie de 6 à 12 % en profondeur ; il ne pose généralement pas de problèmes à la partie supérieure des sols.

Potassium assimilable.

Les valeurs sont élevées : 0,45 - 0,50 ‰ ; elles diminuent irrégulièrement en profondeur.

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange varie fréquemment entre 10 et 15 még/100 g à la partie supérieure des sols. Elle est plus faible en profondeur dans le niveau granulo-nodulaire : de l'ordre de 7 még/100 g de terre fine.

L'équilibre entre les bases échangeables est irrégulier. Le calcium peut être excessif ou parfois déficient suivant les profils. Le sodium échangeable occupe souvent de 6 à 8 % du complexe adsorbant ; ceci indique une tendance à l'alcalisation qui est effective à moyenne et grande profondeur dans certains profils (C 39 - C 74).

Salure.

Elle se manifeste irrégulièrement, surtout dans les horizons moyens, où la conductivité peut atteindre 6-8 mmhos/cm, parfois d'avantage, surtout vers le N. (Les profils analysés dans cette étude ne correspondent pas à des zones où la salure se manifeste le plus nettement).

FICHE ANALYTIQUE

Unité : g

N° profil : C 81

N° profil : C 55

(X: 8°17'32" ; Y: 31°42'22")

(X: 8°12'36" ; Y: 31°38'35")

N° échantillon	C 811	C 812	C 813	C 551	C 552	C 553	C 554		
Profondeur cm	0-15	25-40	80-90	0-10	15-27	70-80	115-130		
Refus 2 mm %	2.2	13.7	45.8			5.5	5.7		
Argile %	27.1	28.3	32.1	29.9	31.4	30.3	30.5		
Limon fin %	32.6	30.9	35.4	46.1	41.6	22.8	24.3		
Limon grossier %	18.5	15.7	10.0	11.3	10.8	11.1	11.8		
Sable fin %	18.1	16.5	12.7	9.6	12.2	21.4	21.7		
Sable grossier %	6.5	7.5	10.9	3.2	4.3	12.7	10.2		
Matière organique %	1.42	0.53	0.20	1.18	0.77	0.29			
Azote %	1.02	0.44	0.25	0.98	0.63	0.23			
C/N				7.0	7.1	7.4			
Calcaire total %	5.9	6.8	21.4	2.2	2.3	6.3	14.9		
Calcaire actif %			12.7				6.7		
K ₂ O assimilable %	0.52	0.20	0.18	0.45	0.42	0.26	0.38		
Ca éch. mé/100 g	6.8	5.6	5.6	7.2	7.2	0.8	1.6		
Mg éch. "	5.6	3.2	0.8	5.6	6.0	4.8	4.0		
K éch. "	1.09	0.79	0.65	0.90	0.85	0.62	0.72		
Na éch. "	0.58	0.63	0.65	1.05	1.00	0.48	0.48		
S	14.07	10.17	7.68	14.75	15.05	6.70	6.86		
T	15.00	10.50	7.75	15.25	15.25	7.00	7.00		
pH eau 1/2,5	8.5	8.6	8.6	8.5	8.5	8.7	8.8		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.48	2.78	0.41	0.60	0.60	0.44	0.41		
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.15	0.87	0.13	0.19	0.19	0.14	0.13		
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	24.7	24.5	23.0	24.4	24.7	19.3	19.5		

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 9

N° profil : C 74

N° profil : C 35

(X: 8°13'25" ; Y: 31°43'35")

(X: 8°07'11" ; Y: 31°42'10")

N° échantillon	C 741	C 742	C 743	C 744		C 351	C 352	C 353	
Profondeur cm	0-10	28-33	45-55	85-95		0-10	30-35		
Refus 2 mm %	2.2		2.0				1.4		
Argile %	34.4	40.2	37.1	32.2		17.6	27.7	croûte	
Limon fin %	36.7	33.7	30.0	32.5		17.9	16.5	à	
Limon grossier %	15.2	12.5	10.9	10.8		9.3	9.4	50 cm	
Sable fin %	9.9	9.9	13.8	13.4		31.4	22.5		
Sable grossier %	5.5	6.0	10.6	12.8		23.9	23.5		
Matière organique %	2.6	1.16	0.72			0.55	0.32		
Azote %	0.13	0.68	0.46			0.49	0.35		
C/N	9.1	10.0	9.1			6.5	5.4		
Calcaire total %	3.5	4.7	5.6	6.9					
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %									
Ca éch. mé/100 g		5.6	5.6	3.6					
Mg éch. "		9.2	5.6	5.6					
K éch. "		0.80	0.73	0.46					
Na éch. "		0.85	1.30	2.45					
S		16.45	13.33	12.11					
T		17.50	13.50	12.50					
pH eau 1/2,5	8.4	8.7	9.0	8.6		8.8	8.25		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm		0.74					6.30		
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.41	0.48	0.67	1.18		0.38	2.01		
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.13	0.15	0.21	0.37		0.12	0.63		
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre							60.0		
SO ₄ ⁻⁻ "							18.0		
CO ₃ ⁻⁻ "							-		
CO ₃ H ⁻ "							2.0		
Ca ⁺⁺ "							37.5		
Mg ⁺⁺ "							25.0		
K ⁺ "							0.1		
Na ⁺ "							18.0		
H ₂ O % dans pâte sat.							38.0		
Humidité équivalente %	24.6	23.0	22.4	23.0		14.7	16.2		

FICHE ANALYTIQUE

Unité : g

N° profil : C 39

N° profil : C 72

(X: 8°14" ; Y: 31°41'1")

(X: 8°13'24" ; Y: 31°41'1")

N° échantillon	C 391	C 392		C 721	C 722				
Profondeur cm	0-10	45-55		0-10	15-30				
Refus 2 mm %		12.8							
Argile %	25.4	23.5		18.4	28.33	croûte à 45 cm			
Limon fin %	23.8	12.0		40.8	32.2				
Limon grossier %	12.6	7.7		11.4	12.6				
Sable fin %	23.7	33.4		21.7	16.2				
Sable grossier %	14.8	26.1		9.9	9.4				
Matière organique %	2.08	0.32		1.08	0.70				
Azote %	1.45	0.32		0.80	0.47				
C/N	8.3	5.9		7.9	8.7				
Calcaire total %				1.65	3.2				
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %									
Ca éch. mé/100 g	9.6	6.4		9.20	12.00				
Mg éch. "	3.6	0.0		2.00	2.00				
K éch. "	1.10	0.75		0.88	0.70				
Na éch. "	0.85	1.05		0.85	1.00				
S	15.15	8.20		12.93	15.70				
T	16.75	8.25		13.00	15.50				
pH eau 1/2,5	8.0	8.4		7.9	8.7				
C ⁻ (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.44	0.44		0.28	0.32				
C ⁻ (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.14	0.14		0.09	0.10				
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	21.2	15.3		20.8	21.4				

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 9 :

N° profil : C 90

N° profil : D 15

(X: 8°1'10" ; Y: 31°41'29")

(X: 8°5'28" ; Y: 31°45'11")

N° échantillon	C 901	C 902	C 903			D 151	D 152	D 153
Profondeur cm	0-10	25-36	60-75			0-10	35	70
Refus 2 mm %			7.3			11.8	6.1	33.2
Argile %	20.1	25.6	31.9			13.1	17.1	19.9
Limon fin %	20.3	17.6	8.2			21.0	17.6	17.8
Limon grossier %	14.7	10.7	17.3			13.4	11.7	10.7
Sable fin %	16.7	24.5	21.0			20.1	18.4	17.6
Sable grossier %	28.0	19.6	19.6			30.9	33.9	32.0
Matière organique %	1.77	0.41	0.25			1.05	0.41	0.28
Azote %	1.07	0.30	0.18			0.82	0.39	
C/N	9.6	8.0	8.3			7.4	6.2	
Calcaire total %	6.15	10.00	17.20					
Calcaire actif %		8.50	11.75					
K ₂ O assimilable %	0.49	0.22	0.16					
Ca éch. mé/100 g	6.8	4.8	2.4					
Mg éch. "	0.4	0.8	2.4					
K éch. "	1.09	0.88	0.53					
Na éch. "	0.13	0.20	0.23					
S	8.42	5.96	5.56					
T	9.00	6.00	6.00					
pH eau 1/2,5	8.4	8.5	8.7			8.5	8.7	8.8
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm							0.36	
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.67	0.57	0.92					
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.21	0.18	0.29					
Sels solubles (Ext. Sat.):								
Cl- mé/litre								
SO ₄ -- "								
CO ₃ -- "								
CO ₃ H- "								
Ca ⁺⁺ "								
Mg ⁺⁺ "								
K ⁺ "								
Na ⁺ "								
H ₂ O % dans pâte sat.								
Humidité équivalente %	19.2	18.0	19.0					

pH.

Les valeurs sont de l'ordre de 8,4 - 8,5 en surface ; elles tendent à augmenter en profondeur : 8,7 - 8,8 parfois jusqu'à 9. Cependant, quelques profils possèdent un pH plus bas : 7,8 - 8,0 dans les horizons de surface faiblement calcaires.

Texture.

Elle se classe souvent dans les catégories limono-argileuse et à limons fins argileux. En surface, la proportion d'argile étant plus faible, elle apparaît fréquemment limono-sableuse ou à limons fins.

Le profil D 15, et la zone qu'il représente, se développe sur un matériau d'origine granitique ; il est plus sableux, avec dominance de sable *grossier*.

En profondeur, la proportion des granules et nodules est mal exprimée par la valeur du refus à 2 mm indiqué pour les profils analysés. Ces éléments occupent au moins 50 % de la masse ; la terre fine est surtout limono-argileuse.

Humidité équivalente.

Les valeurs sont de l'ordre de 20 à 24 %, avec des variations locales en fonction de la texture.

3 - CONCLUSIONS.

Les sols sont caractérisés par une répartition à tendance isohumique de la matière organique et par un profil calcaire bien différencié. Considérant que l'existence du matériau granulo-nodulaire est antérieure à la mise en place de la partie supérieure des sols actuels et qu'elle ne saurait être le résultat d'une pédogenèse ayant différencié les profils actuels, nous classons ces sols en bruns isohumiques modaux sur matériaux limoneux à limono-argileux, recouvrant un encroûtement granulo-nodulaire en profondeur.

L'existence d'une salure effective mais très irrégulière est indiquée au niveau du sous groupe. Une étude plus détaillée serait d'ailleurs nécessaire pour préciser cette salure ainsi que le développement de l'alcalisation.

Ces sols possèdent une profondeur utilisable convenable; l'écrouûtage peut être localement nécessaire pour une mise en valeur avec irrigation, surtout au S.O. Les facteurs limitants sont : la salure et l'alcalisation, généralement localisées, et le calcaire actif en profondeur. La structure est fragile en surface comme dans tous les sols limoneux.

Cette unité correspond à l'unité 8 du rapport MARRAKECH Ouest-Oued N'fis-Sidi ZOUINE ; elle en diffère surtout par des valeurs sensiblement moins élevées en calcaire qui pourraient s'expliquer par le fait que les analyses n'ont pas été effectuées par le même laboratoire. En outre, la salure se manifeste irrégulièrement dans cette unité 9.

U N I T E 10

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SIEROZEMS MODAUX sur épandage alluvial sableux à sablo-limoneux, non ou faiblement calcaire recouvrant un épandage plus ancien riche en débris schisteux.

1 - GENERALITES

Cette unité existe au N.E. de la carte et correspond aux thalwegs issus des régions granitiques. Ceux-ci rejoignent l'Oued Tensift soit en restant sur des zones granitiques (cf. fig. 6) ou bien en s'engageant sur les régions schisteuses à l'O. Mais les alluvions déposées sont toujours riches en sables, surtout grossiers, qui caractérisent les matériaux d'origine granitique.

Les thalwegs sont peu encaissés et divisent le glacis encroûté en interfluves souvent étroits et irréguliers qui s'étirent vers la vallée de l'Oued Tensift. Vers le S., au voisinage de cet oued, la salure se développe : ces zones appartiennent à l'unité 18.

Certains petits oueds encore travailleurs ont remanié les alluvions dans leur cours divagant. Celles-ci correspondent à des sols minéraux bruts ou peu évolués alluviaux. Etant donné leur extension limitée aux lits d'oueds temporaires, nous n'étudions pas ces sols en détail, mais le profil D 9 sera décrit comme exemple de sol peu évolué alluvial.

Les limites de l'unité sont nettes avec les unités 23, 19, 20 et 25 des interfluves encroûtés, des reliefs schisteux, et des zones granitiques. Elles sont plus imprécises avec l'unité 3 des cônes d'épandage. En effet, ces thalwegs constituent fréquemment le prolongement des cônes d'épandage à cailloux schisteux. D'ailleurs, les mêmes matériaux grossiers se retrouvent en profondeur sous les alluvions sableuses plus récentes des thalwegs. A proximité des épandages caillouteux, le remaniement des débris schisteux, irrégulièrement mélangés aux nappes d'alluvions fines établies dans les thalwegs, détermine un passage très irrégulier entre les deux unités.

Cependant, les limites sont surtout difficiles à préciser avec l'unité 18 en raison de l'apparition progressive de la salure vers l'aval.

Les sols sont cultivés en sec : essentiellement céréales. On peut noter que les jujubiers sont rares vers l'amont où les sols ne sont pas calcaires à la partie supérieure, ils deviennent nombreux et en larges touffes vers l'aval sur les sols calcaires dès la surface.

2 - LES SOLS

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 42 (X : 8°2'27" ; Y : 31°43'15")

D 42 : Large thalweg peu déprimé entre zones encroûtées, pente faible : **f - 2 %** vers le S. Cailloux anguleux de schistes et quartz assez nombreux en surface. Culture de blé dur au stade de maturité.

0 à 15 cm : Horizon de culture. Brun (7,5 YR 4/6 - 5/6). Sableux à sable grossier, avec graviers de quartz. Tassé et compact sur 2 ou 3 cm ; meuble au-dessous, particulaire ou grumeleux, à cohésion faible. Porosité mie de pain moyenne, assez bonne. Activité biotique peu visible. Enracinement bon des herbacées. Pas d'effervescence à l'acide. Limite légèrement ondulée, sur 2 - 3 cm.

15 à 50 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4 - 5/4). Sableux, avec argile, quelques graviers et petits cailloux de quartz ; sur les 10-15 cm inférieurs, nombreux graviers et cailloux de schiste (5-10cm) apparaissant remaniés de l'horizon inférieur. Structure mal développée, plutôt massive avec tendance polyédrique : 1-2 cm, parfois plus fine. Cohésion d'ensemble moyenne à forte, plus variable et faible des éléments. Porosité mie de pain moyenne, assez bonne. Activité biotique moyenne. Enracinement moyen, meilleur vers le bas où la cohésion est plus faible et la structure à tendance particulaire. Pas d'effervescence à l'acide. Limite contrastée sur 5 cm, ondulée.

50 à 130 cm : Riche en cailloux et graviers schisteux, quelques-uns de granite, ne dépassant guère 10-15 cm, exceptionnellement 20-30 cm ; ils constituent 50 à 60 % de la masse. Sable grossier et graviers de quartz, avec terre fine rouge (2,5 - 5 YR 5/6) fortement argileuse. Présence de petits dépôts calcaire ponctiformes, avec engainements nets par endroits, mieux apparents vers le bas surtout autour des cailloux. L'ensemble est compact et tassé ; mais dans les zones argileuses la structure est bien développée : polyédrique 1 cm, à sous-structure polyédrique fine. Cohésion d'ensemble très forte, plus faible des éléments. Activité biotique peu visible. Enracinement faible. Effervescence à l'acide par endroits. Limite progressive irrégulière peu distincte.

130 à 180 cm : Matériau semblable, mais avec accumulation calcaire plus importante en larges amas de plusieurs cm. Ces amas possèdent des noyaux indurés en granules et nodules. Ils semblent favorisés par la proximité des cailloux et se développent dans les zones de matériau fin. Il n'y a

pas de dépôts visibles dans les zones sableuses, sauf autour des cailloux, mais la masse fait légèrement effervescence. Limite irrégulière assez nette.

190 à 295 cm : Matériau irrégulièrement caillouteux, à lit parfois plus argileux. Dépôts calcaires sous les cailloux et graviers, quelques larges zones d'accumulation calcaire irrégulièrement indurées à la partie supérieure. Limite nette légèrement ondulée.

295 - 340 cm : Arène d'un granite à grain grossier : quartz jusqu'à 0,5 cm ; feldspaths friables et biotite mordorée. Les grains sont entourés d'un film rougeâtre (2,5 YR 6/6 - 5/2). Dépôts calcaires indurés : 5-10 cm d'épaisseur, dans les diaclases où ils soudent les grains constitutifs de la roche.

Variations autour du profil de référence.

Le profil décrit met en évidence la superposition brutale de deux types de matériaux :

- en profondeur, un matériau riche en éléments grossiers, surtout schisteux, avec terre fine rougeâtre et accumulation calcaire irrégulière. Ce matériau correspondrait à la prolongation des épandages caillouteux de l'unité 3.

- à la partie supérieure, un recouvrement sableux, surtout d'origine granitique. Fréquemment de fins engainements apparaissent à la base de ce recouvrement, notamment s'il repose sur un niveau riche en calcaire du matériau caillouteux profond.

Le profil de référence est un exemple de profil complet avec une différenciation du profil calcaire encore apparente dans le matériau grossier profond. Mais selon les cas ce matériau a été plus ou moins érodé, de telle sorte que les recouvrements sableux peuvent reposer directement sur des horizons profonds riches en calcaire, et parfois même à faible épaisseur au dessus de la roche en place.

Les sols de cette unité présentent une différenciation longitudinale en fonction de la pente qui se manifeste surtout par la texture et la richesse en calcaire :

- la texture devient plus fine vers l'aval. En profondeur, la proportion de cailloux diminue. En surface, les recouvrements sableux deviennent plus limoneux. Le contraste entre les deux matériaux apparaît moins net.

- la richesse en calcaire augmente aussi vers l'aval. Les accumulations calcaires deviennent de plus en plus importantes dans le matériau caillouteux profond. Dans le matériau de recouvrement, le calcaire d'abord absent, apparaît avec de plus en plus de netteté jusque dans l'horizon de surface.

Cette différenciation s'explique par la diminution du drainage et l'enrichissement par lessivage oblique vers l'aval. De plus, les surfaces encroûtées voisines ont sans doute aussi alimenté les thalwegs surtout vers l'aval. On peut noter que la couleur rougeâtre des matériaux s'atténue vers le bas de pente.

Les alluvions récentes d'apport ou de remaniement peuvent s'accumuler sur toute l'épaisseur d'un profil et présentent une faible évolution pédologique. Exemple : D 9. Plat, non cultivé, touffes de jujubiers.

0 à 80 cm : Très humide jusqu'à 30 cm. Brun pâle (10 YR 6/3 - 5/3) sur les 10 cm supérieurs, un peu plus foncé au-dessous (7,5 YR 7/4 - 6/4). Sableux, avec graviers et cailloux schisteux inférieurs à 10 cm, représentant environ 5 % de la masse et disposés en lits. Massif à cohésion très faible, particulière dans la zone bien humide. Pas d'effervescence à l'acide. Limite nette légèrement ondulée.

80 à 165 cm : Brun rougeâtre (7,5 - 5 YR 6/4 - 5/4). Sableux avec 10 % de graviers et cailloux. Pseudomycelium bien développé formant de fines arborescences autour des cailloux. Massif à cohésion faible.

Ce profil est donc constitué par la superposition de deux matériaux distincts. La présence de calcaire en profondeur ne peut pas être attribuée à la décarbonation de la partie supérieure. Le recouvrement au-dessus de 80 cm constitue le matériau original du sol peu évolué actuel.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Ces sols sont particulièrement pauvres en matière organique : moins de 1 % et le plus souvent de l'ordre de 0,40 %, avec une répartition isohumique parfois difficile à saisir en raison des faibles valeurs.

La pauvreté en azote total est très marquée : moins de 0,50 ‰ en surface.

Calcaire

Les profils analysés D 60, D 17, D 42, D 43 et D 3, D 4, D 5, D 6 se répartissent le long de deux thalwegs et permettent d'apprécier la différenciation longitudinale des teneurs en calcaire, surtout dans le recouvrement sableux superficiel.

Les valeurs sont toujours faibles à la partie supérieure : nulles vers l'amont, et ne dépassant guère 1 % vers l'aval.

Dans le matériau profond, elles sont plus variables en raison de l'irrégularité des accumulations, mais elles ne dépassent pas 10 % de calcaire total.

Potassium assimilable

Les quantités de potassium assimilable sont moyennes à médiocres : 0,20 à 0,30 %? Les résultats sont à rapprocher de ceux obtenus dans les sols rouges sur granite de l'unité 25.

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est variable d'un profil à l'autre, mais elle est le plus souvent de l'ordre de 8-10 meq/100 g. (Elle est beaucoup plus élevée dans le profil D 5 : 20-23 meq/100 g., bien que la texture soit comparable à celle des autres sols). Le complexe est toujours saturé.

Le calcium échangeable représente généralement plus de 80 % du complexe. La proportion de magnésium est très variable : très faible, parfois nulle, surtout dans le matériau sableux de recouvrement ; elle augmente, dans certains profils jusqu'à des valeurs égales ou supérieures à celles du calcium. Le potassium est en faible quantité ; moins de 0,5 meq/100 g. Il y a aussi très peu de sodium échangeable ; sauf en profondeur, vers 80 cm, dans certains profils (D 42 - C 4) où le rapport Na/T atteint 14-15 % indiquant une alcalisation.

Salure

Il n'y a généralement aucune manifestation de salure dans ces sols. Cependant les analyses font apparaître des conductivités dépassant 4 mmhos/cm en profondeur dans certains profils (D 43).

pH

Les valeurs sont très variables d'un profil à l'autre. Elles varient de 8 à 8,7, les plus élevées s'observant vers le bas. Mais elles s'élèvent fréquemment jusqu'à 9 et même 9,2-9,5 ; on peut souvent faire un rapprochement avec des quantités importantes de magnésium échangeable, égales ou supérieures à celles de calcium échangeable ; mais ceci ne constitue pas une règle absolue (75-110 cm du profil D 5). Dans quelques cas la proportion de sodium échangeable permet d'expliquer ces valeurs élevées (70-80 cm de C 4) ; mais parfois le pH n'augmente pas malgré un rapport $Na/T > 12$ (80-90 cm de D 42).

Texture

La texture du matériau supérieur est à dominante sableuse, surtout à sable grossier, avec des proportions variables, mais généralement inférieures à 20 %, d'argile. Les fractions limoneuses augmentent sensiblement vers l'aval.

En profondeur, la texture est dominée par les éléments grossiers, surtout schisteux mais leur proportion diminue lorsqu'on s'éloigne des reliefs et ils ne constituent souvent que des éléments secondaires dans les profils de l'aval. La terre fine se place essentiellement dans la catégorie limono-argilo-sableuse, parfois essentiellement argileuse, ou sableuse.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols peuvent être considérés comme polyphasés. Le matériau profond semble avoir subi une pédogénèse plus marquante que le recouvrement sableux supérieur. Ce matériau caillouteux profond mélangé à de la terre fine rouge peut être considéré comme contemporain des épandages caillouteux de l'unité 3 et il présente les mêmes caractères d'origine et d'évolution.

Les recouvrements sableux ont une épaisseur rarement inférieure à 40-50 cm, mais le matériau caillouteux profond doit être aussi pris

en considération. La distinction entre les deux types de matériau devient malaisée vers l'aval.

L'absence ou la très faible proportion de calcaire dans le matériau sableux est un caractère général de ces sols. Compte tenu de l'existence de l'isohumisme, ce caractère nous permet de proposer la classification suivante : Sierozems modaux sur épandage alluvial sableux à sablo-limoneux non ou faiblement calcaire, recouvrant un épandage plus ancien riche en débris schisteux.

Cette unité ne couvre qu'une surface limitée. Les sols sont cultivables mais de fertilité réduite : texture grossière, pauvreté en matière organique et azote total, mauvais équilibre des bases échangeables, valeurs élevées du pH dans certains cas. Notons toutefois l'absence des risques de salure comme un élément favorable.

U N I T E 11

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, SIEROZEMS MODAUX sur épandage alluvial finement limoneux à limoneux, faiblement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité se situe au N. de l'oued Tensift. Elle correspond aux thalwegs généralement orientés N.N.E-S.S.O des régions schisteuses. Les nappes alluviales sont de nature limoneuse et s'étalent largement entre les interfluves encroûtés ou à affleurements schisteux, surtout sur la moitié E. de la carte ; à l'O. les thalwegs sont plus encaissés et étroits.

La pente s'abaisse régulièrement vers l'oued Tensift, ne dépassant pas 1 %. La salure et l'alcalisation apparaissent vers l'aval et détermine les sols qui correspondent à l'unité 17.

Quelques oueds sont encore actifs et possèdent un lit peu marqué divagant. Les alluvions récentes, plutôt rémaniées que d'apport éloigné, correspondent à des sols minéraux bruts alluviaux. Elles sont essentiellement limoneuses à lits sableux, parfois caillouteuses. Elles peuvent être localement importantes, en raison de la divagation des oueds : oued Bouzemour par exemple ; ou bien, en raison de l'étroitesse des thalwegs situés à l'O. où elles représentent la plus grande partie des matériaux meubles entre les interfluves schisteux. Cependant, sur le plan régional, ces alluvions n'ont qu'une importance très limitée ; et par soucis de ne pas compliquer outre mesure la légende de la carte, nous ne les faisons pas figurer en association avec les siérozems dans le titre de cette unité.

Les limites avec les unités voisines correspondant aux interfluves schisteux ou encroûtés (unités 19, 20 et 23) sont nettes et assez bien tranchées. Par contre, les limites avec l'unité 17 des sols salés vers l'aval sont assez imprécises. La salure et l'alcalisation apparaissent irrégulièrement avec une intensité variable en se généralisant vers le S.

Les sols sont généralement cultivés en sec : céréales, ou par irrigation ponctuelle autour de puits, la nappe se situant généralement à

moins de 10 m. Les touffes de jujubiers nombreuses sur ces sols disparaissent vers l'aval au profit des atriplex qui se multiplient sur les zones salées. Ces deux espèces peuvent dans une certaine mesure indiquer la limite entre les unités 11 et 17. Elles sont associées dans les zones de transition ; mais l'une ou l'autre prend rapidement l'avantage, si l'on se dirige vers l'amont ou vers l'aval.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 70 (X : 8°10'5" ; Y : 31°44'55")

D 70 : Partie aval d'un thalweg à surface plane, pente de l'ordre de 1%. Nombreuses touffes de jujubiers, avec Peganum armala. Jachère à surface motteuse battue, mais émiéttée par le piétinement du bétail ; ancienne culture d'orge.

0 à 10 cm : Horizon de culture, brun jaunâtre clair (10 YR 6/4). Limoneux. Motteux de toutes tailles jusqu'à 20 cm, mais fréquemment en polyèdres émoussés de 0,1-0,2 à 3 cm, avec proportion de terre fine meuble importante. Cohésion d'ensemble et des mottes assez faible. Porosité lacunaire bonne dans la terre meuble, médiocre dans les mottes. Activité biotique peu visible. Enracinement de l'orge bon et bien réparti. Effervescence moyenne à l'acide. Limite nette légèrement ondulée.

10 à 40 cm : Brun pâle (10 YR 6/3) ; fin pseudomycélium par endroit. Bien limoneux. Structure mal développée à tendance polyédrique irrégulière : 2-5 cm. Cohésion d'ensemble et des éléments moyenne. Porosité tubulaire fine faible. Activité biotique médiocre, favorisée par de fines fissures. Effervescence moyenne à l'acide. Limite peu distincte sur 2-3 cm.

40 à 65 cm : Brun (10 YR 5/3). Bien limoneux, un peu plus argileux. Réseau de pseudomycélium ou fins engainements généralisés mais lâche. Structure mal développée, massive ou en éléments irréguliers : 3-5 cm. Cohésion assez forte. Porosité tubulaire faible. Activité biotique médiocre irrégulière. Enracinement faible. Effervescence moyenne à l'acide. Limite régulière peu distincte sur 5 cm.

65 à 130 cm : Brun (10 YR 5/3). Limoneux plus argileux, avec petits graviers de schistes. Réseau d'engainements plus net et plus dense. Structure massive se débitant en éléments irréguliers. Cohésion forte. Activité biotique médiocre. Enracinement très faible : quelques racines de jujubier pénètrent jusqu'à la base. Effervescence à l'acide plus violente.

Variations autour du profil de référence.

La texture est à dominante limoneuse, mais dans certains profils elle est plus riche en sables et graviers que dans le profil de référence.

Exemple : D 33 (X : 8°0'12" ; Y : 31°42'38"). Thalweg à pente faible ; agrumes irrigués.

0 à 30 cm : Sablo-limoneux avec graviers et quelques cailloux schistoux. Massif ou polyédrique émoussé (0,2-1cm). Cohésion faible.

30 à 60 cm : Limono-sableux, moins graveleux. Massif à cohésion faible.

60 à 70 cm : Lit gravele-sabloux, à éléments schistoux émoussés, dépôts calcaires en filaments blancs à la face inférieure des graviers.

70 à 115 cm : Limoneux, riche en sables très fins, quelques graviers. Quelques engainements calcaires discrets.

Les profils apparaissent peu évolués et le caractère textural constitue l'élément de différenciation principal.

Une redistribution de calcaire apparaît souvent dans les horizons moyens ou profonds sous forme de pseudonycélium et de fins engainements autour des pores. Elle ne semble pas correspondre à une accumulation du calcaire dans les horizons où elle se manifeste.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique

Les valeurs varient en fonction de la texture : de 0,6 % en surface du profil D 33 à 2,3 % en surface du profil D 64. On peut considérer que les résultats de D 70 (1,6 % en surface, 0,8 % vers 60 cm) sont plus représentatifs. La diminution en profondeur est progressive et l'isohumisme net.

Nous n'avons pas de résultats concernant l'azote total ; mais compte tenu des quantités de matière organique, les teneurs ne doivent guère dépasser 1 % en surface.

Calcaire

Ces sols ne sont que faiblement calcaires : de l'ordre de 1 % de calcaire total, sans gradient marqué.

Potassium assimilable

Les teneurs en potassium assimilable sont faibles : 0,10-0,20 %

Complexe adsorbant

Le manque de données permet difficilement de porter un jugement global. Cependant, le résultat dont nous disposons concorde avec ceux de l'unité 17. La capacité d'échange serait de l'ordre de 10-12 meq/100 g. avec des valeurs plus faibles dans les horizons plus sableux.

Salure

La salure peut se manifester en profondeur, notamment vers l'aval au voisinage de l'unité 17 ; ainsi la conductivité atteint 7,8 mmhos/cm à 100 cm dans le profil D 70.

pi^I

Les valeurs varient de 8,1 à 8,3. Elles peuvent augmenter jusqu'à 9 (D 33) et indiqueraient une alcalisation des niveaux correspondants.

Texture

Comme dans tous les matériaux d'origine alluviale, la texture peut varier brutalement dans le profil. Elle se place généralement dans les catégories limoneuse et à limon fin, plus rarement limono-sableuse ou sablo-limoneuse.

Des lits de graviers ou cailloux schisteux s'intercalent parfois entre les niveaux limoneux.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols sont peu marqués par la pédogénèse tant par leurs caractéristiques morphologiques qu'analytiques. La structure tend à s'organiser à la partie supérieure, mais elle reste mal développée.

Le calcaire peut se redistribuer sous forme de pseudomycélium ou d'engainements individualisant des horizons, mais sans gradient caractérisé.

La matière organique pénètre bien en profondeur et permet de placer ces sols dans la classe des sols isohumiques, comme siérozems modaux sur matériau finement limoneux à limoneux.

Lorsque la quantité de matière organique est faible, surtout dans le cas des sols à texture plus sableuse (profil D 33), on peut hésiter entre siérozen et sol peu évolué à faciès isohumique. Mais ce cas n'apparaît que localement et nous invoquons le même souci de simplicité qu'à propos des sols minéraux bruts alluviaux, pour considérer que cette unité est essentiellement représentée par des siérozems.

Mis à part les lits d'oueds actuels, les sols offrent un certain intérêt pour la culture. Leur fertilité est moyenne et irrégulière. Les caractéristiques physiques nécessitent des améliorations, surtout en culture irriguée, où la prise en masse de l'horizon superficiel est presque inévitable.

L'unité n'apparaît que sur des surfaces limitées, qui peuvent être irriguées ponctuellement à partir de puits. La profondeur de la nappe diminue vers l'aval où les dangers de salure s'accroissent. Moyennant un contrôle de la qualité de l'eau d'irrigation, la gamme des cultures possibles est très étendue. Compte tenu des conditions locales, où les sols voisins couvrant des surfaces beaucoup plus étendues ne sont pas cultivables, seules des petites unités peuvent être envisagées ; il est alors normal de donner priorité aux cultures maraîchères et fruitières d'intérêt familial.

U N I T E 12

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SIEROZEMIS MODAUX sur épandage alluvial limoneux à limono-sableux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'existe qu'au S. de l'oued Tensift. Elle prolonge vers le N., au-delà de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA, l'unité 16 du rapport MARRAKECH Ouest-oued N'fis-SIDI ZOUINE ; mais elle apparaît plus divisée que cette dernière, en taches moins étendues, et isolées entre les unités voisines.

La surface s'abaisse progressivement vers le N.N.O. dans la région de MARRAKECH, s'orientant plus nettement au N.O. vers l'oued N'fis. La pente est régulière et de l'ordre de 0,5 à 1 %.

On observe assez fréquemment des petites nappes graveleuses ou caillouteuses à la surface du sol. Le matériau limoneux mis en place sous l'effet d'épandages diffus est très hétérogène et présente souvent des lentilles caillouteuses, graveleuses ou sableuses. Ces éléments grossiers apparaissent à des profondeurs variables et soulignent l'hétérogénéité verticale et latérale du matériau. Par endroits, la texture présente un caractère nettement plus argilieux, associé à un meilleur développement de la structure ; mais ce caractère n'apparaît généralement que sur une épaisseur limitée à une profondeur variable dans le profil. S'il se manifeste à la partie supérieure, au moins jusqu'à 40-50 cm, le sol appartient à l'unité 14 ; cette dernière unité existe donc en impuretés dans l'unité 12 car la densité des observations est très insuffisante pour relever et représenter toutes les variations texturales du matériau originel.

De la même façon, les limites de l'unité avec les unités voisines, surtout avec l'unité 14, sont difficiles à préciser en raison de l'hétérogénéité du matériau.

Les sols sont fréquemment cultivés. Dans la région de la Targa, ils sont plantés en agrumes, oliviers et abricotiers avec irrigations. Ailleurs, les céréales en sec constituent la culture essentielle, avec comme partout dans le Haouz des touffes de jujubiers en rejets vigoureux.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : C 6 (X : 8°6'25" ; Y : 31°38'40")

C 6 : Surface plane ; pente très faible, inférieure à 1 % vers le N.O. ;
jachère enherbée : Calendula arvensis, Sinapis arvensis.

0 à 15 cm : Brun rougeâtre (5 YR 5/3). Limoneux. Massif ; par endroits lamellaire en surface. Cohésion moyenne. Porosité mie de pain, moyenne ; alvéolaire en surface. Activité biotique et enracinement médiocres et irrégulièrement répartis. Effervescence à l'acide. Limite irrégulière sur 5 cm.

15 à 100 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Limono-sablo-argileux, avec graviers et lentilles plus sableuses grisâtres. Petites taches diffuses claires, engainements très discrets. Massif, à éclats irréguliers mamelonnés. Porosité moyenne, lacunaire. Activité biotique moyenne assez bonne par endroits. Enracinement moyen, associé aux zones d'activité biotique. Effervescence à l'acide. Limite régulière sur 5 cm.

100 à 145 cm : Couleur un peu plus sombre (5 YR 4/3). Limono-sableux. Massif à cohésion faible. Porosité médiocre. Activité biotique irrégulière, assez bonne par endroits. Enracinement faible. Effervescence à l'acide plus faible.

Variations autour du profil de référence.

Différents niveaux texturaux apparaissent généralement dans les profils ; mais leur importance est très variable d'un profil à l'autre. Dans l'ensemble, les textures limono-sableuse et limoneuse dominent, au moins à la partie supérieure des profils. L'enrichissement en argile favorise le développement de la structure. Des lits grossiers : sableux ou graveleux, parfois caillouteux, existent irrégulièrement dans ces sols.

A l'exception des niveaux les plus argileux, la structure est toujours mal exprimée.

Les formes de concentration du calcaire sont discrètes ou inexistantes. On observe parfois en profondeur de fins engainements, ou quelques amas clairs, comme dans le profil de référence, mais rarement des formes bien individualisées indurées. Ces formes correspondent sans doute plus à des phénomènes de redistribution qu'à des phénomènes d'accumulation. L'effervescence sous l'effet de l'acide ne permet pas de mettre en évidence un gradient de calcaire net dans ces sols ; en outre, l'hétérogénéité verticale du matériau rend difficilement utilisable un tel test.

Les petites nappes graveleuses-caillouteuses visibles de la surface sont souvent légèrement exhaussées et orientées vers le N.O. Les profils y sont essentiellement graveleux-caillouteux ou sableux sur toute la

profondeur. Le matériel apparaît guère évolué, mais on observe assez souvent de fins dépôts de calcaires filiformes sous les cailloux à moyenne profondeur. Les plus importantes de ces zones caillouteuses sont indiquées par des surcharges sur la carte. Leur étendue peut être parfois légèrement surestimée, mais nous pensons qu'il est utile d'en indiquer le plus grand nombre afin de bien faire apparaître leur multiplicité dans cette région sur la carte.

Dans la région du profil C 68 les sols à alcali de l'unité 16 sont recouverts par des épandages limono-sableux souvent riches en petits galets. La surface est assez ondulée en raison de nombreux ravinements ; l'érosion favorise la concentration relative des petits cailloux au-dessus du sol :

C 68 (X : 8°9'45" ; Y : 31°43'16") : Surface légèrement ondulée s'abaissant vers le N. en direction de l'oued Tensift.

0 à 27 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Sablo-limoneux. Structure massive à cohésion assez faible. Limite régulière sur 5 cm.

27 à 65 cm : Gris rougeâtre (5 YR 5/2). Sablo-limoneux avec petits graviers. Massif à cohésion plus faible. Limite régulière sur 5 cm.

65 à 95 cm : Brun rougeâtre (5 YR 5/3). Limono-argileux avec granules et nodules calcaires (10-15 %) et petits engainements. Structure polyédrique bien développée : 0,5 à 1 cm ; à surstructure prismatique. Cohésion assez forte. Limite régulière très progressive.

95 à 145 cm : Brun rougeâtre (5 YR 5/4) avec quelques zones plus claires peu contrastées. Limono-argileux. Massif à cohésion forte.

Ce profil C 68 peut être comparé aux sols peu évolués de l'unité 1. Cependant, il nous semble plus riche en matière organique et nous pensons que l'analyse indiquerait un caractère isohumique bien développé. En profondeur l'alcalisation se manifeste par la dégradation de la structure.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les valeurs sont faibles dans ces sols à texture légère.

Le pourcentage de matière organique est bien inférieur à 1 % ; il est de l'ordre de 0,5-0,6 % en surface dans les profils analysés ; au-dessous, les valeurs sont très faibles et permettent difficilement d'apprécier le caractère isohumique des sols.

L'azote total reste inférieur à 0,5 %? Le rapport C/N est aussi très bas, de l'ordre de 7 à 8.

Calcaire

Les sols ne sont que faiblement calcaires. Le calcaire total ne dépasse pas 2 %. L'horizon de surface est fréquemment un peu plus pauvre en calcaire, mais il n'existe pas de gradient net en fonction de la profondeur.

Potassium assimilable

Les valeurs obtenues pour le potassium assimilable sont très différentes : 0,19 et 0,73 ‰ en surface ; elles sont faibles au-dessous : 0,06-0,15 ‰

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est très variable en fonction de la texture. Elle est fréquemment comprise entre 7,5 et 9,0 meq/100 g. ; mais elle peut s'abaisser jusqu'à 4-5 meq/100 g dans les niveaux sableux, ou augmenter jusqu'à 12-13 meq/100 g dans les horizons plus argileux. La saturation du complexe adsorbant est toujours totale.

L'équilibre des bases échangeables est irrégulièrement assuré, surtout en raison du pourcentage très variable du magnésium échangeable. Des carences en cet élément sont à craindre dans certains cas. Au contraire, en profondeur du profil C 33, le magnésium échangeable est en quantité égale au calcium échangeable ; on note aussi à ce niveau une fixation plus importante du sodium échangeable qui représente 7,4 % de la capacité d'échange. Cette fixation du sodium et du magnésium en proportion excessive sur le complexe adsorbant pourrait traduire une tendance à l'alcalisation en profondeur dans ce profil où le pH atteint 9,0.

Salure

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols. Elle peut cependant exister localement, car la proximité de la nappe phréatique favorise les phénomènes de salure dans cette région du Haouz. Il semble pourtant que la texture hétérogène, plus légère et souvent grossière de ces sols, soit moins favorable au développement de la salure que dans les sols des unités voisines.

pH

Le pH est de l'ordre de 7,5-8,0 en surface ; il augmente jusqu'à 8,5-8,8 au-dessous.

Texture

La texture est très variable en fonction de la profondeur ; elle se place fréquemment dans les catégories limoneuse et limono-sableuse plus rarement sableuse, à limons fins et à limons fins argileux.

En outre, certains niveaux sont essentiellement constitués d'éléments grossiers graveleux et caillouteux.

Humidité équivalente

Elle est faible : 13-14 %, mais très variable en fonction de la texture : de 4 à 22 %.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols ne présentent pas de caractères d'évolution avancée. La différenciation morphologique des profils est essentiellement sous la

dépendance de la texture hétérogène du matériau. Le calcaire n'a subi que des redistributions localisées et de faible importance ; sans apparition d'un profil d'accumulation.

Compte tenu de la pauvreté en matière organique, le caractère isohumique de ces sols est difficile à mettre en évidence. D'après les résultats obtenus pour les 3 profils analysés, on peut établir un ordre de grandeur des teneurs en matière organique en fonction de la profondeur : 0,5 % à 5 cm, 0,3 % à 30 cm, 0,2 % à 40 cm ; ces valeurs indiqueraient une tendance à l'isohumisme.

Les sols de cette unité s'intègrent à un contexte plus général de sols à texture plus fine, mieux pourvus en argile, où le caractère isohumique est mieux affirmé. Nous les plaçons dans la classe des sols isohumiques, où ils sont considérés comme sierozems modaux sur matériau limoneux à limono sableux, à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses.

Ces sols sont généralement profonds. Si les caractéristiques physiques et chimiques de fertilité sont peu favorables, il n'existe pas non plus de facteurs limitants majeurs, tel que salure et alcalisation, calcaire actif ou pH élevé, qui s'observent dans d'autres sols de la région.

Après amélioration de leur fertilité ces sols pourraient convenir à une gamme étendue de cultures, cependant leur hétérogénéité importante ne permettra guère d'obtenir des résultats réguliers sur toutes les surfaces, et un tri des zones les plus homogènes serait souhaitable pour une mise en valeur générale. Les plantes fourragères seraient indiquées pour l'amélioration de la structure et du stock de matière organique ; céréales, cultures industrielles et arboricoles peuvent être envisagées en tenant compte de l'hétérogénéité du terrain.

Les nappes gravelo-caillouteuses les plus importantes sont indiquées par des surcharges dans cette unité.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 12

N° profil : C 6

N° profil : C 36

(X: 8°6'25" ; Y: 31°38'40")

(X: 8°7'43" ; Y: 31°41'25")

N° échantillon	C 61	C 62	C 63			C 361	C 362		
Profondeur cm	0-10	35-55	110-130			0-10	40-50		
Refus 2 mm %									
Argile %	16.2	12.4	15.2			18.9	18.7		
Limon fin %	21.0	15.4	13.7			17.9	15.1		
Limon grossier %	17.9	18.7	14.9			10.3	12.9		
Sable fin %	31.7	38.9	47.0			32.3	36.2		
Sable grossier %	15.6	17.5	11.2			21.1	18.1		
Matière organique %	0.48	0.19	0.9			0.56	0.15		
Azote %.	0.42	0.14	0.09			0.49	0.80		
C/N	6.6	7.8	7.7			6.7	5.0		
Calcaire total %	1.85	2.0	0.95						
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %.	0.73	0.06	0.06						
Ca éch. mé/100 g	6.4	6.0	7.60			7.2	6.4		
Mg éch. "	0.4	0.4	0.80			1.2	1.6		
K éch. "	0.50	0.20	0.20			0.73	0.36		
Na éch. "	0.33	0.43	0.48			0.33	0.33		
S	7.63	7.03	9.08			9.46	9.50		
T	7.50	7.50	9.00			8.69	8.75		
pH eau 1/2,5	7.3	8.8	8.5			7.5	8.7		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.44	0.23	0.64						
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.14	0.08	0.20			0.22	0.22		
Sels solubles (Ext. Sat.):						0.07	0.07		
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	13.8	11.6	13.4			14.7	13.3		

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 12.

N° profil : C 33

N° profil :

(X: 8°6'17" ; Y: 31°41'18")

(X: ; Y:

N° échantillon	C 331	C 332	C 333	C 334	C 335	C 336			
Profondeur cm	0-10	25-35	50-65	80-100	110-125	140-150			
Refus 2 mm %			2.3						
Argile %	6.3	10.4	2.7	19.7	20.3	29.7			
Limon fin %	5.5	25.6	1.8	49.1	43.5	15.3			
Limon grossier %	12.5	18.8	5.2	18.2	8.4	6.3			
Sable fin %	56.1	36.5	57.4	12.5	25.1	30.00			
Sable grossier %	19.7	9.1	33.3	1.7	2.7	19.2			
Matière organique %	0.48	0.30	0.05						
Azote %.	0.35	0.19	0.07						
C/N	8.0	9.5	4.3						
Calcaire total %	0.6	1.65	1.25	1.95	1.65	0.55			
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %.	0.19	0.14	0.06	0.15					
Ca éch. mé/100 g		5.6	3.2	6.0					
Mg éch. "		2.0	1.2	6.0					
K éch. "		0.38	0.18	0.36					
Na éch. "		0.28	0.20	0.95					
S		8.26	4.78	13.31					
T		8.25	4.75	12.75					
pH eau 1/2,5	8.2	8.4	8.8	9.0	8.6	8.4			
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.22	0.22	0.32	0.60	0.80	0.89			
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.07	0.07	0.10	0.19	0.25	0.28			
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl- mé/litre									
SO ₄ -- "									
CO ₃ -- "									
CO ₃ H- "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	8.2	14.3	4.0	22.2	21.2	18.6			

U N I T E 13

SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, STEREOZEMIS MODAUX, sur épandage alluvial limono-argileux, à texture plus grossière en profondeur, faiblement calcaire, à salure localisée.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'a qu'une extension très limitée au N. de la route N° 10 vers ESSAOUIRA. Elle constitue deux taches en bordure de la zone cartographiée ; mais elle s'étend beaucoup plus largement vers le S. où elle correspond à l'unité 18 dans le rapport MARRAKECH ouest - oued N'fis - Sidi ZOUINE.

La pente est très faible, inférieure à 1 %. La surface du sol est généralement plane, la présence fréquente de petites fentes de dessiccation indique un matériau relativement riche en argile susceptible de gonflement ou de retrait.

Des manifestations de salure apparaissent localement ; elles favorisent le glaçage de la surface du sol. Les limites avec les unités voisines sont toujours progressives et imprécises en raison de l'origine alluviale du matériau. A l'intérieur de cette unité, la texture du matériau original est aussi susceptible de variations. Les sols sont partout cultivés : culture de céréales en sec, ou plantations d'abricotiers, d'agrumes et d'oliviers, avec irrigations.

Les zones à céréales sont parsemées de touffes de jujubiers. Scolinus maculatus est caractéristique des sols riches en argile mais il n'est pas partout présent ; vers le N. Mesembryanthemum nodiflorum indique la présence de salure.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : A 44 (X : 3°8'24" ; Y : 31°32'52")

A 44 : Zone plane, jachère dénudée :

0 à 15 cm : Ancien horizon de culture. Brun rougeâtre clair, limoneux avec argile ; rares petits cailloux. Croûte de battance en surface ; présence de quelques fragments pelliculaires grisâtres dans la masse (anciennes croûtes de battance brisées par le labour) ; structure mal développée, en mottes irrégulières. Cohésion moyenne. Porosité lacunaire bonne. Activité biotique assez bonne. Enracinement faible ; ancienne culture de céréale. Effervescence violente à l'acide. Limite peu contrastée sur 5-10 cm.

15 à 70 cm : Brun rougeâtre plus vif (5 - 2,5 YR 5/4). Limono-argileux à argilo-limoneux. Quelques petits engainements calcaires fins, assez discrets. Structure bien développée, polyèdres irréguliers de 1 à 2 cm ; surstructure à tendance prismatique : jusqu'à 5 cm. Cohésion d'ensemble moyenne assez faible ; plutôt forte des éléments. Porosité et activité biotique bonnes. Enracinement herbacé tapissant les faces de polyèdres. Effervescence violente à l'acide. Limite régulière et progressive.

70 à 130 cm : Couleur d'ensemble semblable, mais à tendance hétérogène à contraste faible. Matrice limoneuse un peu plus claire, avec zones d'activité biotique ou d'anciennes racines de couleur brun plus soutenu. Très fins engainements calcaires. Massif à cohésion moyenne. Porosité moyenne. L'activité biotique est bien apparente : nombreux turricules, mais peut-être ancienne. Enracinement très faible.

Variations autour du profil de référence.

Ce profil A 44 a été décrit au cours de l'étude de la région située au S. de la route d'ESSOUIRA. Nous le donnons en référence car il est un des deux seuls profils analysés à la limite de la carte. Il présente des caractères comparables à ceux qui ont été observés au N. de la route d'ESSAOUIRA.

Les sols se développent sur un matériau complexe : assez riche en argile et bien structuré à la partie supérieure, et plus limoneux ou sableux, massif, en profondeur.

Les horizons de culture sont généralement mal structurés et souvent appauvris en argile. Lorsque la texture reste assez argileuse ils sont massifs, avec des fentes de retrait qui initient de gros prismes. Si la texture est plus limoneuse, l'horizon superficiel est motteux, plus ou moins fondu, avec une croûte de battance en surface. Localement, la salure, probablement accompagnée d'alcalisation, favorise le glaçage de la surface.

Les horizons moyens (généralement de 20 à 50-70 cm) sont les plus argileux et toujours bien structurés. La structure est polyédrique moyenne à grossière (parfois à tendance cubique : 0,5-3 cm) avec une surstructure prismatique : 4-5 cm, parfois 10 cm. Dans les profils fortement argileux, la structure peut s'orienter en plaquettes en profondeur, manifestant une tendance verticale très nette (profil 72 par exemple).

En profondeur le développement de la structure diminue plus ou moins rapidement suivant l'évolution de la texture. Elle est massive dans les horizons limoneux plus ou moins sableux profonds.

Le calcaire n'apparaît que très discrètement dans les profils : très fins engainements dans les horizons moyens et profonds, parfois taches claires diffuses en profondeur, ces manifestations calcaires ne semblent pas correspondre à des niveaux d'accumulation calcaire ; elles sont plutôt liées à des phénomènes de redistribution. Aucun gradient calcaire n'apparaît dans ces sols par action de l'acide.

2-2. Caractéristiques analytiques

Ne disposant pas de nouveaux profils analysés pour cette étude, les caractéristiques analytiques sont déduites des résultats obtenus sur les mêmes sols au S. de la route d'ESSAOUIRA, et déjà rapportés dans l'étude MARRAKECH Ouest - oued N'fis - SIDI ZOUINE.

Matière organique et azote total

Les valeurs sont satisfaisantes pour des sols de la région. La matière organique est d'environ 1,3 à 2 % de 0 à 10 cm, 1 % vers 40 cm et 0,5 % vers 60 cm. La répartition est bien isohumique. Les teneurs en azote total varient de 0,8 à 1,1 ‰ en surface. Elles s'abaissent à 0,5-0,6 ‰ puis jusqu'à 0,2-0,3 ‰ en profondeur.

Calcaire

Le calcaire total est de l'ordre de 5 %. Les valeurs se dispersent davantage en profondeur : de 3 à 7 %. On ne constate généralement pas de gradient calcaire net ; mais un léger enrichissement en profondeur apparaît dans quelques profils.

Potassium assimilable

Les valeurs sont moyennes à médiocres : de 0,15 à 0,31 ‰ en surface, plus variable au-dessous : 0,11 à 0,30 ‰.

Complexe adsorbant

Nous n'avons pas d'analyses concernant ces sols ; ceci est une grave lacune en raison de leur importance agricole et des risques d'alcalisation. D'après les résultats obtenus dans des sols de texture semblable dans la région, la capacité d'échange peut être évaluée aux environs de 11 à 15 meq/100 g.

Salure

Elle n'apparaît que très localement. Elle semble se limiter à des valeurs moyennes : 5,3 mmhos/cm à 30-45 cm dans le profil A 44 ; mais le manque d'analyses ne nous permet pas d'en préciser l'importance exacte. D'ailleurs, comme dans toute cette région au N. de la route d'ESSAOUIRA, une étude à plus grande échelle serait nécessaire pour préciser, d'une part, l'étendue et la localisation exacte des zones salées, et d'autre part, l'intensité de la salure qui s'y manifeste.

pH

Les valeurs sont de l'ordre de 8,5 en surface ; elles augmentent jusqu'à 8,7-8,9 en profondeur. Quelques profils ont un pH élevé dès la surface : 8,8-9. Les valeurs baissent en présence de salure.

Ces résultats indiqueraient une tendance à l'alcalisation en profondeur, qui pourrait se généraliser à tout le profil dans certains cas.

Texture

Dans les horizons moyens et supérieurs, elle se place dans les catégories : à limons argileux fins, limono-argileuse, argilo-limoneuse, et parfois à limons fins argileux. Le taux d'argile est de l'ordre de 30 à 40 % dans les horizons moyens à structure polyédrique grossière, avec une proportion au-moins équivalente en limons fins.

En profondeur, la texture correspond aux catégories limono-argileuse, limoneuse et parfois à limons fins ; le pourcentage d'argile est toujours très inférieur à celui des horizons moyens.

Propriétés hydriques

L'humidité équivalente est moyenne à médiocre : 17 à 25 %. La perméabilité (PORCHET) est la plus faible enregistrée dans la région : 1 cm/h.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols sont caractérisés par une répartition isohumique de la matière organique, sans différenciation nette d'un profil calcaire. Ils sont classés en sierozems modaux.

La salure localisée qui se manifeste dans ces sols est indiquée en complément au niveau de la série.

La présence d'une texture fine confère à ces sols une fertilité chimique parmi les plus favorables reconnues dans la région. Mais cette texture est aussi à l'origine de la très faible perméabilité des sols. Une étude sur l'évolution du profil hydrique sous culture irriguée de coton à SOUHLA, en 1971, a mis en évidence la très faible perméabilité d'un niveau de texture semblable : de l'ordre de 30 % d'argile avec une proportion comparable de limon fin. Malgré une bonne structure polyédrique le sol n'a qu'une très faible capacité de ressuyage. Sans être typiquement "lourde" cette texture riche en argile et limon fin, confère au sol une capacité au champ très voisine de la capacité de rétention maximum pour l'eau.

N° profil : A 44

N° profil : 72

(X: 8°8'24" ; Y: 31°32'52")

(X: 8°9'58" ; Y: 31°37'57")

N° échantillon	A 441	A 442				721	722		
Profondeur cm	0-10	30-45				0-20	60-80		
Refus 2 mm %									
Argile %	22.5	36.5				29.0	44.5		
Limon fin %	41.0	42.5				42.5	32.0		
Limon grossier %	18.0	13.0				15.5	9.5		
Sable fin %	15.5	8.0				10.0	9.5		
Sable grossier %	3.0	1.0				2.5	4.5		
Matière organique %	1.27	1.23				1.6	0.7		
Azote %						0.10	0.03		
C/N						9.7	10.8		
Calcaire total %	6.5	6.3				5.9	3.4		
Calcaire actif %						4.1			
K ₂ O assimilable %									
Ca éch. mé/100 g									
Mg éch. "									
K éch. "									
Na éch. "									
S									
T									
pH eau 1/2,5	8.5	8.1				8.5	8.8		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	2.08	5.3							
Sels (Ext. 1/5) % t.s.									
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm									
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %						16.7			

Compte tenu de cette donnée nouvelle, qui confirme parfaitement le résultat des mesures de perméabilité au champ, ces sols devraient être placés dans la catégorie III (1) des aptitudes à l'irrigation. Ils avaient été placés dans la catégorie II dans l'étude MARRAKECH - Ouest - oued N'fis - SIDI ZOUINE.

Cette unité possède des sols profonds et relativement uniformes qui peuvent convenir pour un grand nombre de cultures traditionnelles et industrielles. Il faut tenir compte de la fragilité de la texture et éviter la submersion totale qui transforme l'horizon de culture à l'état boueux.

Dans tous les cas d'irrigation intensive, une attention particulière devra être apportée au drainage. La présence d'une texture plus grossière en profondeur constitue un élément positif mais insuffisant : une meilleure connaissance du sous-sol est aussi nécessaire. Le drainage doit faciliter l'évacuation des surplus d'irrigation et activer l'élimination des concentrations salines qui se manifestent localement. L'évolution de la salure doit aussi faire l'objet d'un contrôle suivi.

(1) Les catégories d'aptitudes à l'irrigation sont déterminées d'après le "SCHEMA ANALYTIQUE POUR LE CLASSEMENT DES SOLS DU HAOUZ SELON LEUR APTITUDE A L'IRRIGATION d'après l'étude O.N.I. - S.C.E.T. (1963) et les études antérieures", établi à titre provisoire par P. BILLAUX (8-7-1970) selon les principes généraux du U.S. Bureau of reclamation.

U N I T E 14

· SOLS ISOHUMIQUES à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses. SIEROZEMS, irrégulièrement salés et alcalisés, sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux, (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire.

14 a : peu ou non salés et alcalisés.

14 b : plus fréquemment salés et alcalisés.

1 - GENERALITES.

Ces sols occupent des surfaces importantes au S. de l'oued Tensift où ils constituent plusieurs taches d'inégale grandeur. Cette unité 14 prolonge vers le N. l'unité 17 du rapport MARRAKECH - Ouest - oued N'fis - SIDI ZOUINE où n'intervenaient pas de phénomènes de salure.

La surface s'abaisse régulièrement vers le N.N.O. dans la région de MARRAKECH, s'orientant plus nettement au N.O. vers l'oued N'fis ; la pente régulière est de l'ordre de 0,5-1 %. Des griffes d'érosion se concentrent dans certaines zones à la tête de petits ravinements qui s'organisent vers l'oued Tensift.

De nombreuses nappes graveleuses ou caillouteuses, légèrement exhaussées à la surface du sol, existent dans cette unité ; elles s'accompagnent souvent d'un matériau plus sableux. Les alluvions limoneuses déposées par des oueds irréguliers et divagants venus de l'Atlas constituent un matériau généralement fin mais hétérogène, fréquemment traversé par des lentilles sableuses, graveleuses ou caillouteuses. Ces niveaux grossiers soulignent l'hétérogénéité verticale et latérale du matériau. La texture est à dominante limoneuse plus ou moins argileuse ; mais elle devient souvent localement plus sableuse. Si ce dernier caractère tend à se généraliser dans le profil, les sols correspondent à l'unité 12. Cette hétérogénéité texturale détermine l'existence d'impuretés cartographiques, notamment de l'unité 12, dans cette unité 14.

De la même façon, les limites avec les unités voisines sont très imprécises et irrégulières. Elles sont plus nettes mais irrégulièrement progressives, au contact des surfaces encroûtées de l'unité 23.

Les sols sont largement cultivés. Une partie a été plantée en agrumes, surtout dans la région de la Targa ; ailleurs les cultures traditionnelles de céréales en sec prédominent **encore** ; mais de nombreuses plantations nouvelles : agrumes, oliviers, abricotiers, s'installent un peu partout. Les zones à céréales sont occupées par de nombreuses touffes de jujubiers qui ont été éliminées dans les plantations.

Localement des caractères de salure se manifestent et favorisent le développement de plantes halophiles, notamment : Mesembryanthemum nodiflorum. Ces caractères de salure sont plus fréquents vers l'E., mais partout ils deviennent plus nets vers le N., en direction de l'oued Tensift.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : C 70 (X : 8°9'5" ; Y : 31°41'17")

C 70 : Plantation d'oliviers, récemment travaillée. Sinapis arvensis, Calendula arvensis.

- 0 à 15 cm : Horizon de culture fraîchement travaillé. Brun rougeâtre (5 YR 5/3). Limoneux à limono-argileux. Motteux avec mottes bien individualisées de toutes tailles jusqu'à 10 cm ; grandes cavités, mais déjà battu en surface. Cohésion d'ensemble faible, assez forte des mottes. Porosité et activité biotique faibles à l'intérieur des mottes. Enracinement irrégulier, meilleur vers le bas. Effervescence à l'acide. Limite de travail nette ondulée.
- 15 à 40 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Limoneux à limono-argileux. Structure mal développée, polyédrique 3-5 cm, devenant massive vers le bas. Cohésion moyenne. Porosité et activité biotique moyennes et assez bien réparties. Enracinement moyen, bien réparti. Effervescence à l'acide (quelques engainements très fins et peu visibles). Limite régulière et progressive.
- 40 à 110 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/3) avec fins engainements blanchâtres. Limoneux à limono-argileux. Massif à cohésion forte. Porosité et activité biotique irrégulières médiocres dans l'ensemble, bonnes parfois. Enracinement limité aux zones d'activité biotique. Effervescence à l'acide. Limite régulière très progressive.
- 110 à 160 cm : Rouge jaunâtre (5 YR 4/6), avec engainements nets et quelques amas calcaires. Structure massive vers le haut, devenant polyédrique moyennement développée ensuite. Cohésion forte. Porosité et activité biotique

irrégulières, bonnes par endroits. Enracinement encore bien visible dans les zones travaillées par la faune. Effervescence à l'acide.

Variations autour du profil de référence.

Comme le profil de référence, beaucoup de profils apparaissent relativement homogènes dans ces sols. Pourtant il est difficile de proposer un profil type en raison des multiples variations de la texture.

La texture est à dominante limoneuse plus ou moins argileuse ; mais les fractions plus grossières : sableuses, graveleuses ou caillouteuses, apparaissent aussi par endroits soit d'une façon diffuse dans la masse limoneuse, ou bien en constituant des niveaux distincts avec des limites brutales, à moyenne ou grande profondeur. La présence des niveaux grossiers rapprochent ces sols de ceux de l'unité 12 et il est souvent difficile de trancher en faveur de l'une ou l'autre des unités. Cependant dans l'unité 14 la texture fine limoneuse reste prépondérante au moins jusqu'à 45-50 cm de profondeur ; en outre elle est généralement plus riche en argile et elle apparaît globalement plus homogène.

La structure est irrégulièrement développée en fonction de la texture. Elle est souvent motteuse, avec une croûte de battance dans l'horizon de culture. Au-dessous, elle apparaît moyennement développée, polyédrique 1-3 cm, dans les horizons limoneux à limono-argileux ; elle devient massive à cohésion forte dans certains profils sous l'effet de l'alcalisation. Elle est toujours mal développée à tendance massive dans les horizons pauvres en argile, limoneux ou sableux.

Le calcaire se manifeste irrégulièrement selon les profils, le plus généralement sous forme d'engainements discrets à moyenne profondeur, de taches claires diffuses et peu contrastées en profondeur ; enfin plus rarement, en constituant des granules profonds.

Les formes d'accumulation calcaire les plus nettes, granules notamment, existent surtout dans un ensemble de profils reposant sur des débris de démantèlement de croûte calcaire, souvent même sur la croûte en place irrégulièrement érodée. La croûte où les éléments calcaires anciens apparaissent brutalement vers 100-150 cm dans les profils C 19 - C 23 - C 24 - C 61 - C 62 - C 85 - C 7.

La réaction à l'acide ne permet pas de distinguer un gradient calcaire dans ces sols.

Les nappes gravelo-caillouteuses légèrement exhaussées en surface qui s'étirent vers le N.O. correspondent à des zones où les dépôts grossiers apparaissent sur toute la hauteur des profils. Ce sont des bancs de petits galets et de sables, parfois limoneux, qui s'entrecroisent. Le matériau n'est guère évolué, mais on observe assez souvent de fins dépôts calcaires filiformes sous les cailloux ; la partie supérieure apparaît parfois remaniée.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les valeurs sont assez satisfaisantes pour des sols de la région.

La matière organique est de l'ordre de 1,2 à 1,8 %, avec des extrêmes de 0,95 à 2,20 %, de 0 à 10 cm. Au-dessous, le pourcentage diminue régulièrement : 0,70-0,80 % vers 20 cm, 0,40-0,60 % vers 40 cm, 0,20 % vers 60 cm.

L'azote total représente de 1,0 à 1,5 % dans la plupart des profils ; cependant, les valeurs peuvent s'abaisser jusqu'à 0,8-0,5 % dans quelques profils mal pourvus en matière organique. Le rapport C/N est toujours inférieur à 10, traduisant une décomposition avancée de la matière organique.

Calcaire

Les sols sont faiblement calcaires dans l'ensemble, avec des valeurs en calcaire total inférieures à 5 %. Les valeurs les plus élevées s'observent dans le profil C 62 où elles atteignent 7 %.

Il n'apparaît pas de gradient calcaire net dans la plupart des profils. Cependant, les valeurs sont fréquemment légèrement plus élevées en profondeur, notamment dans les profils reposant sur croûte ou débris de croûte ; mais la différence avec les horizons supérieurs reste généralement inférieure à 1 % de calcaire total.

Les valeurs les plus élevées s'observent à grande profondeur, au moins 80-100 cm, et correspondraient mieux à des enrichissements profonds (mauvais drainage, proximité de croûtes ou débris calcaires libérant du calcaire) qu'à une accumulation à partir des horizons supérieurs sous l'effet de la pédogénèse.

Potassium assimilable

Les valeurs obtenues sont assez élevées dans les horizons supérieurs de la plupart des analyses : 0,42-0,68 %.

Complexe adsorbant

La capacité d'échange varie en fonction de la richesse en argile de la texture : de 7 à 14 meq/100 g.

L'équilibre des bases échangeables est irrégulièrement assuré en raison des valeurs très variables de magnésium échangeable d'un niveau à l'autre, même dans un même profil. Cet élément peut être très faiblement fixé sur le complexe : moins de 1 meq/100 g, ou bien dans des proportions comparables ou supérieures au calcium échangeable. La proportion de sodium échangeable augmente vers la profondeur jusqu'à 9,5 % dans quelques profils analysés, traduisant ainsi une tendance à l'alcalisation vers la profondeur.

Salure

Outre les manifestations de salure sporadiques favorisant les espèces halophiles, la salure apparaît irrégulièrement dans quelques profils décrits en zone apparemment non salée, où la conductivité atteint ou dépasse 8 mmhos/cm.

pH

Le pH est de 8,2 à 8,5 en surface ; il augmente jusqu'à 8,5-8,6 en profondeur. La présence de salure à un niveau quelconque entraîne une diminution du pH à des valeurs plus faibles : 7,5-7,8.

Texture

La texture se place le plus souvent dans les catégories: limoneuse , limono-argileuse , à limons fins ou limono-sableuses, avec des niveaux plus franchement sableux ou gravelo-caillouteux irrégulièrement répartis en profondeur.

Les nappes gravelo-caillouteuses sont essentiellement constituées de matériaux grossiers supérieurs à 2 mm.

Humidité équivalente

L'humidité équivalente est très irrégulière et varie de 13 à 22 % en fonction de la texture.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols ne sont que faiblement différenciés. Le caractère isohumique est assez bien développé. Le calcaire ne constitue pas de profil bien marqué. Lorsqu'il existe ce profil n'est que très faiblement différencié et l'enrichissement profond semble plutôt dû aux conditions de drainage profond, auxquelles s'ajoutent les effets des irrigations ; l'enrichissement s'observe vers 80-100 cm et souvent même à des profondeurs plus importantes à proximité d'une croûte ou d'éléments calcaires résiduels enfouis.

Une partie des surfaces occupées par ces sols a été cartographiée par J. CONCARET dans son étude au 1/50.000 où 4 unités ont été distinguées :

- Sierozems sur limon gris profond.
- Sierozems sur limon rouge remanié profond.
- Sols bruns jeunes sur limon gris profond.
- Sols bruns jeunes sur limon rouge remanié profond.

Dans cette étude, où nous disposons d'un nombre d'observations plus restreints, nous ne faisons pas la différence entre le "limon gris" et "limon rouge remanié". D'ailleurs J. CONCARET regroupe aussi les sols correspondants dans une étude commune. Il écrit à leur sujet :

"il s'agit vraisemblablement d'une même formation, mais pendant la phase de transport, du limon rouge (plus ancien) arraché à l'amont est venu se mêler dans certaines zones au limon récent, a été remanié et s'est déposé avec lui créant ce dépôt complexe qu'est le limon rouge remanié". Le "limon rouge remanié" serait donc plus hétérogène que le "limon gris" mais les deux contiennent des "lentilles de cailloux roulés."

Dans cette étude, le matériau est uniquement défini par sa nature texturale, sans aucune considération sur les processus de mise en place. Les deux familles "sur limon gris" et "sur limon rouge remanié" correspondent donc pour nous au matériau limoneux à limono-argileux, à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses.

Les sols bruns jeunes reconnus par J. CONCARET correspondent aux profils à très faible gradient calcaire qui ont été précédemment évoqués. Dans le contexte plus large de cette étude il est très difficile de faire une distinction géographique entre les profils sans gradient calcaire et ceux avec gradient faible. Ces profils étant par ailleurs très comparables nous les considérons tous comme des sierozems. Cela répond au souci de ne pas compliquer outre mesure la classification des sols en faisant intervenir un groupe sols bruns jeunes. Par ailleurs, la tendance actuelle de la classification française des sols est de tolérer un certain entraînement du calcaire pour les sierozems. (1)

Ces sols sont donc classés en sierozems irrégulièrement salés et alcalisés, sur matériau limoneux à limono-argileux, à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses. L'existence de petites zones salées (elles correspondent aux sols de l'unité 16) qui tendent à se multiplier ou à se généraliser dans certaines régions, nous a conduit à distinguer deux sous-unités :

- 14 a : peu ou non salés et alcalisés.
- 14 b : plus fréquemment salés et alcalisés.

Les limites qui séparent ces deux sous-unités sont très imprécises dans cette étude, mais une telle distinction permet d'avoir une appréciation du développement de la salure à l'échelle régionale, et elle peut être utile pour la mise en valeur.

Les zones peu ou non salées correspondent assez bien aux régions de plantations souvent anciennes, et on peut se demander si l'irrigation n'est pas à l'origine de la diminution de la salure.

(1) La classification des sols diffusée en 1967 par la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols, fait disparaître le groupe des sols bruns qu'elle assimile pour une part aux sierozems et pour l'autre part aux sols marrons.

Les nappes gravelo-caillouteuses épaisses et visibles en surface sont indiquées par des surcharges. Leur étendue peut être parfois surestimée, mais nous avons voulu en indiquer le plus grand nombre afin d'illustrer leur multiplicité dans cette unité, sur la carte. Ces nappes sont plus nombreuses vers le N. ; elles sont plus rares et moins étendues au S., dans l'unité 17 du rapport MARRAKECH - Ouest - oued N'fis - SIDI - ZOUINE.

Ces sols sont généralement profonds. L'hétérogénéité parfois brutale de la texture constitue un élément défavorable ; mais elle intervient rarement à la partie supérieure des profils. La fertilité est liée à la teneur en argile qui conditionne aussi la richesse en matière organique ; elle est moyenne à faible.

Comme dans la plupart des sols de la région, on observe une grande fragilité de la structure surtout en surface. La salure et l'alcalisation qui se développent localement constituent les principaux facteurs défavorables pour la culture.

Ces sols peuvent convenir à un grand nombre de cultures : céréales, maraîchage, cultures industrielles, arboriculture. Les cultures de graminées fourragères seraient bénéfiques pour l'amélioration de la texture superficielle. Une attention particulière devra être apportée au drainage, surtout dans la zone 14 b où il serait souhaitable de diminuer ou de limiter la salure lorsqu'elle existe. Comme dans toute cette région au N. de la route MARRAKECH-ESSAOUIRA l'évolution de la salure devra être surveillée en relation avec l'évolution de la nappe phréatique.

Certaines zones, notamment celles où existent des lentilles caillouteuses nombreuses, sont à considérer comme peu favorables à la mise en valeur.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 14

N° profil : C 70

N° profil : C 4

(X: 8°9'5" ; Y: 31°41'17")

(X: 8°5'14" ; Y: 31°38'33")

N° échantillon	C 701	C 702	C 703	C 41	C 42	C 43	C 44		
Profondeur cm	0-10	30-40	70-80	0-10	14-23	57-71	100-113		
Refus 2 mm %				52.0		1.5	11.8		
Argile %	26.5	20.8	24.5	14.7	15.7	20.7	20.0		
Limon fin %	24.2	20.6	20.2	16.2	11.9	14.7	13.4		
Limon grossier %	10.4	11.7	10.9	7.1	9.6	10.6	9.4		
Sable fin %	30.4	35.4	32.4	39.0	37.8	33.0	33.8		
Sable grossier %	9.7	10.5	11.9	21.8	25.8	23.0	25.6		
Matière organique %	0.96	0.43	0.36	2.21	0.80	0.12	0.07		
Azote %.	0.53	0.35	0.26	1.54	0.61	0.12	0.09		
C/N	10.6	7.1	8.1	8.4	7.7	5.8	4.4		
Calcaire total %	0.6	0.6	0.9	2.2	2.0	2.7	3.9		
Calcaire actif %							granules		
K ₂ O assimilable %.	0.52	0.14	0.14	0.68	0.43	0.52	0.49		
Ca éch. mé/100 g	8.0	2.0	6.3	6.1	4.4	2.0	2.4		
Mg éch. "	0.8	6.4	1.9	0.6	4.0	3.6	3.6		
K éch. "	1.10	0.49	0.50	1.19	0.89	1.06	1.00		
Na éch. "	0.33	0.73	0.39	0.08	0.13	0.28	0.20		
S	10.23	9.62	9.10	8.00	9.42	0.94	7.20		
T	10.75	9.25	9.50	8.75	9.25	7.25	7.00		
pH eau 1/2,5	8.3	8.2	7.8	7.5	8.25	8.75	8.75		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm			19.23	8.33					
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.57	0.89	4.76	2.24	0.32	0.35	0.35		
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.18	0.28	1.46	0.70	0.10	0.11	0.11		
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre			175.0						
SO ₄ ⁻⁻ "			20.0						
CO ₃ ⁻⁻ "			-						
CO ₃ H ⁻ "			4.0						
Ca ⁺⁺ "			102.5						
Mg ⁺⁺ "			0.5						
K ⁺ "			0.1						
Na ⁺ "			75.0						
H ₂ O % dans pâte sat.			30.0						
Humidité équivalente %	17.7	15.4	15.6	15.8	13.3	14.4	15.0		

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 14

N° profil : C 9

N° profil :

(X: 8°8'4" ; Y: 31°39'20")

(X: ; Y:

N° échantillon	C 91	C 92	C 93	C 94	C 95	C 96			
Profondeur cm	0-10	15-25	35-50	65-72	95-105	124-133			
Refus 2 mm %									
Argile %	18.0	19.0	30.3	10.1	5.5	26.7			
Limon fin %	17.7	21.0	28.6	12.3	10.3	24.4			
Limon grossier %	9.6	9.4	10.7	22.4	29.4	17.8			
Sable fin %	40.8	37.7	22.7	43.5	54.3	28.1			
Sable grossier %	13.7	13.1	9.8	11.9	1.3	3.9			
Matière organique %	1.20	0.73	0.34	0.22	0.15	0.12			
Azote %	0.82	0.54	0.32	0.21	0.11	0.09			
C/N	8.5	7.9	6.2	6.1	7.2	7.7			
Calcaire total %	0.85	1.2	0.85	1.2	1.0	0.75			
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %	0.54	0.22	0.16	0.06	0.05	0.09			
Ca éch. mé/100 g	3.2	4.0	8.0	3.2					
Mg éch. "	5.6	8.8	5.2	4.0					
K éch. "	1.00	0.71	0.49	0.16					
Na éch. "	0.20	0.20	0.23	0.13					
S	10.00	13.71	13.92	7.49					
T	10.25	12.75	13.75	7.50					
pH eau 1/2,5	8.2	8.3	7.4	7.5	8.4	8.0			
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.48	0.44	0.51	0.28	0.48	0.44			
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.15	0.14	0.16	0.09	0.15	0.14			
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl- mé/litre									
SO ₄ -- "									
CO ₃ -- "									
CO ₃ H- "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	15.7	16.2	19.4	11.4	9.7	19.2			

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 14.

N° profil : C 62

(X: 8°15'39" ; Y: 31°39'25")

N° profil : C 78

(X: 8°16'46" ; Y: 31°40'13")

N° échantillon	C 621	C 622	C 623	C 624		C 781	C 782	C 783	
Profondeur cm	0-10	35-80	80-95	125-135		0-10	15-35	70-80	
Refus 2 mm %	-	-	-	5.5					
Argile %	25.3	29.9	22.8	27.8		15.3	23.2	28.0	
Limon fin %	28.9	33.7	34.0	23.8		37.2	37.5	40.2	
Limon grossier %	24.2	17.9	19.6	17.3		20.4	16.1	8.0	
Sable fin %	16.4	16.5	18.7	23.6		25.3	20.4	20.5	
Sable grossier %	2.8	2.4	3.2	6.0		3.3	1.6	1.5	
Matière organique %	1.85	0.58	0.40			1.80	0.79	0.58	
Azote %	1.23	0.56	0.28			1.19	0.67	0.47	
C/N	8.8	6.1	8.2						
Calcaire total %	7.02	6.85	6.90	6.92		3.37	3.35	4.25	
Calcaire actif %				(granules et gr. calcaires)					
K ₂ O assimilable %	0.42	0.35	0.26	0.49					
Ca éch. mé/100 g	11.2	7.6	5.6	4.0		6.4	6.4	6.8	
Mg éch. "	0.4	4.0	1.2	3.2		4.4	6.0	4.4	
K éch. "	0.84	0.83	0.69	1.05		0.58	0.46	0.56	
Na éch. "	0.68	0.85	0.75	0.90		0.43	0.43	0.48	
S	13.12	13.28	8.24	9.15		11.75	13.29	12.24	
T	14.00	13.50	8.75	9.25		11.81	14.00	13.00	
pH eau 1/2,5	8.5	8.7	8.7	8.8		8.4	8.4	8.6	
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.38	0.35	0.35	0.41		0.44	0.41	0.48	
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.12	0.11	0.11	0.13		0.14	0.13	0.15	
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	23.2	22.5	19.3	18.8		22.1	22.3	24.2	

N° profil : C 89

N° profil :

(X: 8°0'41" ; Y: 31°41'2")

(X: ; Y:

N° échantillon	C 891	C 892	C 893					
Profondeur cm	0-15	20-32	47-66					
Refus 2 mm %	8.5	1.8	4.8					
Argile %	19.1	25.3	22.1					
Limon fin %	11.9	9.4	8.0					
Limon grossier %	24.7	16.1	9.0					
Sable fin %	24.8	22.8	32.1					
Sable grossier %	19.1	24.1	28.0					
Matière organique %	1.39	0.60	0.25					
Azote %	0.84	0.56	0.26					
C/N	9.6	6.3	5.8					
Calcaire total %	2.45	2.50	1.85					
Calcaire actif %								
K ₂ O assimilable %								
Ca éch. mé/100 g	6.4	5.2	4.0					
Mg éch. "	0.8	2.0	4.0					
K éch. "	0.81	0.79	0.56					
Na éch. "	0.75	0.70	0.68					
S	8.76	8.69	9.24					
T	9.00	8.75	9.25					
pH eau 1/2,5	8.2	8.7	8.9					
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm								
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.48	0.35	0.38					
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.15	0.11	0.12					
Sels solubles (Ext. Sat.):								
Cl- mé/litre								
SO ₄ -- "								
CO ₃ -- "								
CO ₃ H- "								
Ca ⁺⁺ "								
Mg ⁺⁺ "								
K ⁺ "								
Na ⁺ "								
H ₂ O % dans pâte sat.								
Humidité équivalente %	17.2	17.0	16.2					

U N I T E 15

SOLS HALOMORPHES, à structure dégradée, SOLS A ALCALI, non lessivés, peu ou moyennement salés, sur alluvions limono-argileuses à argileuses, faiblement calcaires.

1 - GENERALITES.

Cette unité constitue trois taches de superficie limitée sur la rive gauche de l'oued Tensift.

La surface est généralement plane et semble correspondre à une ancienne terrasse de l'oued où le matériau d'épandage limoneux venu du S. aurait été repris et enrichi en argile par l'oued.

Les limites de l'unité sont nettes lorsqu'elles sont marquées par un escarpement qui la sépare des terrasses supérieures. Mais la séparation n'est pas toujours aussi nette ; au N. de MARRAKECH elle correspond plutôt à l'alignement des épandages caillouteux qui se situent en bordure de l'unité 14 b.

Les caractères de salure apparaissent fréquemment, marqués par la présence d'espèces halophiles : Atriplex halimus, Limonium ornatum, Frankenia corymbosa, Sueda fruticosa, Mesembryanthemum nodiflorum. Scolimus maculatus, indique la présence d'un taux d'argile important dans les sols.

Les sols sont généralement cultivés en céréales, en cultures maraîchères ou fourragères. L'irrigation est développée en raison de la situation topographique favorable. Des palmiers dattiers existent aussi, plus nombreux par endroits.

Une importante surface a été excavée dans cette unité au N. de MARRAKECH. La terre argileuse recueillie est utilisée pour la briquetterie.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques.

Profil de référence : C 91 (X : 8°0'57" ; Y : 31°41'36")

C 91 : Culture d'orge très irrégulière. Motteux, battu en surface, quelques touffes de Sueda fructicosa, nombreux Scolinus maculatus.

- 0 à 20 cm : Brun rougeâtre (5 YR 6/3-5/3). Limono-argileux. Motteux en éléments irréguliers de toutes tailles : 3-5 à 30-40 cm, avec des zones en polyèdres plus fins : 1 cm ; bien individualisés par un réseau de fissures dense. Cohésion forte des nottes. Porosité mie de pain fine, faible. Activité biotique bonne. Enracinement irrégulier, limité aux zones de fissures. Effervescence violente à l'acide. Limite régulière sur 5 cm.
- 20 à 70 cm : Brun clair (7,5 YR 6/4) à taches plus claires (jaune rouillâtre) correspondant à des petites zones pelliculaires feuilletées horizontales, et de plus en plus nombreuses vers le bas. Argileux. Prismes grossiers : 5-15 cm de large, initiés par des fentes de retrait verticales qui peuvent atteindre 0,5 cm de large. On note aussi une tendance à une sous-structure plus fine initiée par un réseau de fissures fines : éléments à tendance prismatique et cubique empilés dans les prismes primaires ; mais cette sous-structure ne s'exprime que partiellement et les éléments ne se dégagent pas totalement. Cohésion très forte, caractéristique des sols à alcali. Porosité faible. Activité biotique et enracinement réduits. La moitié inférieure de l'horizon est humide. Efflorescences salines par endroits sur les parois. Effervescence violente à l'acide. Limite ondulée brutale.
- 70 à 140 cm : Brun (5 YR 5/4-6/4), avec amas calcaires irrégulièrement indurés (5-10 %) sur les 30 cm supérieurs. Limoneux plus sableux en profondeur. L'humidité augmente avec la profondeur. Massif à cohésion moyenne à faible. Porosité tubulaire médiocre. Activité biotique mauvaise. Effervescence violente à l'acide. Nombreuses efflorescences salines sur les parois.

Variations autour du profil de référence.

La texture est riche en argile, mais elle devient plus grossière vers le bas où des niveaux de galets existent parfois.

La structure est particulièrement dégradée dans le profil de référence

elle est mieux conservée dans le profil C 46 :

- 0 - 15 cm : Horizon de culture. Limoneux. Motteux.
- 15 - 35 cm : Limoneux à limono-argileux. Polyédrique mal développé, jusqu'à 10 cm de large.
- 35 à 87 cm : Argilo-limoneux. Polyédrique à tendance cubique bien développée : 1-2 cm : à surstructure prismatique jusqu'à 5 cm.
- 87 à 140 cm : Limono-sableux. Massif.

Assez mal développée dans l'horizon 15-35 cm, la structure est très bien développée de 35 à 87 cm ; nous verrons que la proportion relative des bases échangeables contenues dans ces deux horizons est différente.

Le calcaire n'apparaît que discrètement dans ces sols, et uniquement en profondeur sous forme d'amas, parfois de nodules. Mais dans le profil C 46 il n'y a pas d'effervescence en profondeur au-dessous de 90 cm.

La nappe phréatique se situe toujours à faible profondeur et favorise les phénomènes de salure et alcalisation. Dans certains cas très localisés, elle envahit même l'ensemble du profil pendant une partie de l'année ; les sols sont éliminés, mais les caractères d'hydromorphie se manifestent dans le profil : exemple C 40.

C 40 : Bordure de plaine alluviale, bien enherbé avec palmiers. A proximité séguia bordée de *Sueda fructicosa*. (Ce profil a été décrit à la fin de l'été ; il n'avait pas pu l'être au printemps, en raison du niveau élevé de la nappe phréatique à cette époque).

- 0 à 23 cm : Encore frais. Brun rougeâtre (5 YR 5/3). Limoneux à limono-argileux. Structure polyédrique irrégulière : 5-10 cm, à soustructure polyédrique 0,3-1 cm. Cohésion d'ensemble moyenne, forte des éléments. Aspect spongieux ; porosité et activité biotique bonnes, sauf dans les mottes. Enracinement abondant du chiendent. Limite régulière sur 1-2 cm.
- 23 à 55 cm : Horizon humide de couleur hétérogène, fond brun à taches rouille, blanchâtres, parfois grises : Pseudogley ; les taches claires correspondent à des petites zones lamellaires horizontales. Structure prismatique : 5-10 cm ; à soustructure polyédrique à cubique : 1-3 cm. Cohésion d'ensemble assez faible, plus forte des éléments structuraux. Porosité et activité biotique médiocres. Enracinement limité aux zones de fissures. Limite régulière brutale.
- 55 à 100 cm : Brun rougeâtre clair (5 YR 6/3-7/3). Limoneux. Structure assez mal développée polyédrique irrégulière 1 à 5 cm. Très humide. Sur les 15 cm supérieurs éléments très

irréguliers jusqu'à 5 cm, indurés, de même couleur que la terre : il s'agit de poupées calcaires facilement cassables entre les doigts. Porosité tubulaire bonne. Activité biotique médiocre indiquée par des zones de terre plus sombres. Enracinement réduit.

à 100 cm Très boueux au contact de la nappe phréatique.

Ce profil C 40 correspond à un sol hydromorphe peu humifère à redistribution de calcaire.

2-2. Caractéristiques analytiques.

Matière organique et azote total

Les valeurs sont relativement élevées pour des sols de la région.

La matière organique représente de 2 à 3 %, parfois davantage en surface, avec une bonne pénétration en profondeur.

Les teneurs en azote total dépassent nettement 1 ‰ en surface, ce qui est rare dans cette région (1,4-2,3 ‰).

Calcaire

Les sols sont faiblement calcaires, et les valeurs varient d'un profil à l'autre. Elles ne dépassent guère 5 % ; sauf en profondeur dans des horizons d'accumulation liés à l'action de la nappe, comme dans le profil C 40 : 9,3 % à 60-70 cm, et 10,4 %, dont 8,5 % de calcaire actif, à 85-100 cm.

Potassium assimilable

Les sols **semblent** assez bien pourvus dans leurs horizons supérieurs : 0,57-0,68 ‰

Pour le profil hydromorphe C 40, les valeurs sont beaucoup plus faibles : 0,22 ‰

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est assez élevée pour des sols de la région : 12-18 meq/100 g. Elle devient plus faible en profondeur lorsque la texture est plus grossière. (Notons la faible valeur obtenue pour l'échantillon 47-63 cm de C 46 : 7,7 meq/100 g, malgré 38,5 % d'argile).

Le sodium constitue une part importante parmi les bases échangeables. Il représente environ de 20 à 30 % du complexe ; les valeurs les plus faibles s'observent à la partie supérieure. L'alcalisation est forte.

Le magnésium échangeable est très irrégulièrement représenté. Parfois en quantité négligeable : 0,7 meq/100 g à 47-63 cm de C 46, il constitue souvent des proportions élevées du complexe : jusqu'à près de 50 % dans C 91.

Comme pour les sols de l'unité 16 on remarque que la dégradation de la structure dans les horizons alcalisés correspond à une forte fixation de magnésium sur le complexe adsorbant dans ces horizons.

Le profil hydromorphe C 40 possède peu de sodium échangeable, mais le magnésium fixé est plus important que le calcium.

Salure

La salure est variable, la conductivité électrique augmente avec la profondeur de 2,9 à 7,7 mmhos/cm, dans le profil C 46. Au contraire, elle diminue avec la profondeur de 10,1 à 3,1 mmhos/cm dans le profil C 91, malgré de nombreuses efflorescences salines observées en profondeur dans ce profil.

Le profil hydromorphe C 40 n'est que très faiblement salé : (2-3 mmhos/cm), ceci étant dû au lessivage des sols par la nappe circulante, ce qui évite aussi l'accumulation du sodium sur le complexe adsorbant.

Le bilan ionique exécuté dans les horizons profonds du profil C 46, indique une nette prédominance des chlorures et du sodium parmi les sels solubles.

pH

Le pH est de l'ordre de 8,5 et augmente en profondeur jusqu'à 9,1. Mais les valeurs diminuent jusqu'à 8,2 en présence de salure et le sens de variation en fonction de la profondeur peut se trouver inversé.

Texture

La texture se place dans les catégories à limons fins argileux, argilo-limonoux, argileux ; à limons fins et limono-sableux en profondeur.

Les horizons de culture sont généralement appauvris en argile ; mais il ne s'agit pas d'un lessivage sous l'effet de l'alcalisation.

Humidité équivalente

Elle est de l'ordre de 20 % et correspond bien à la texture riche en argile. Elle diminue en profondeur dans les horizons plus grossiers.

3 - CONCLUSIONS.

Ces sols se caractérisent par l'importance du sodium échangeable et par celle du magnésium fixé sur le complexe adsorbant entraînant une dégradation importante de la structure. La salure est irrégulière mais elle existe à peu près partout. Les sols sont classés en sols halomorphes à alcali non lessivés, moyennement ou peu salés, sur alluvions limono-argileuses à argileuses.

L'alcalisation et la salure constituent des éléments négatifs pour la mise en valeur. La texture lourde est également très défavorable pour

l'irrigation et les travaux nécessaires pour l'amélioration des sols : désalcalisation et dessalage.

Une amélioration des sols devra être précédée par une étude du drainage et de l'évolution de la nappe phréatique. Mais la proximité de la nappe au voisinage de l'oued Tensift et la texture défavorable pour le drainage ne permettent guère d'envisager une transformation radicale de ces sols.

Compte tenu de la situation topographique de cette unité, les cultures actuellement pratiquées : maraîchage, céréales, comme toutes les cultures résistantes au sel, à la mauvaise structure du sol et la remontée de la nappe, constituent le meilleur moyen de tirer parti de ces sols avec le minimum d'aménagement.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 15

N° profil : C 91

N° profil : C 46

(X: 8°0'57" ; Y: 31°41'36")

(X: 8°4'32" ; Y: 31°42'3"

N° échantillon	C 911	C 912	C 913		C 461	C 462	C 463	C 464
Profondeur cm	0-10	40-50	90-100		0-10	16-30	47-63	95-105
Refus 2 mm %	10.2	0.0	0.0					
Argile %	24.0	57.2	20.3		19.9	25.5	38.5	16.2
Limon fin %	31.1	32.7	40.3		27.8	31.6	38.2	16.9
Limon grossier %	24.6	6.4	23.1		17.6	17.1	12.3	13.9
Sable fin %	8.4	1.3	12.7		22.9	19.6	10.4	31.1
Sable grossier %	1.3	0.6	3.2		13.4	8.0	3.2	19.7
Matière organique %	3.62	0.95	0.52		2.04	0.92	0.41	
Azote %	2.28	0.91	0.39		1.37	0.58	0.32	
C/N	9.2	6.1	7.7		8.7	9.3	7.5	
Calcaire total %	3.7	3.9	6.2		1.25	1.25	2.05	0
Calcaire actif %								
K ₂ O assimilable %	0.57	0.17	0.40		0.68	0.38	0.32	0.16
Ca éch. mé/100 g	9.5	4.8	1.6		5.6	5.6	4.4	
Mg éch. "	5.6	7.2	4.8		3.6	3.2	0.7	
K éch. "	1.21	0.36	0.85		1.21	0.83	0.65	
Na éch. "	1.07	3.35	1.70		1.90	2.40	2.22	
S	17.4	15.7	9.0		12.31	12.03	7.97	
T	18.0	16.2	9.5		12.00	12.50	7.75	
pH eau 1/2,5	8.2	9.1	8.9		8.4	8.6	8.4	8.2
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	10.1	2.25	3.1		2.89	3.74	4.76	7.75
Sels (Ext. 1/5) % t.s.								
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm								
Sels solubles (Ext. Sat.):								
Cl ⁻ mé/litre	70.0						42.5	60.0
SO ₄ ⁻⁻⁻ "	24.0						16.0	18.0
CO ₃ ⁻⁻⁻ "	-						-	-
CO ₃ H ⁻ "	8.0						4.0	3.0
Ca ⁺⁺ "	37.5						7.5	25.0
Mg ⁺⁺ "	30.0						25.0	15.0
K ⁺ "	3.75						0.15	0.10
Na ⁺ "	44.0	22.0	27.0		10.5	13.0	32.0	40.0
H ₂ O % dans pâte sat.	44.0	64.0	40.0				54.0	31.0
Humidité équivalente %					20.0	19.0	21.7	13.2

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 15

N° profil : C 40
 (X: 8°1'23" ; Y: 31°41'36")

N° profil :
 (X: ; Y:

N° échantillon	C 401	C 402	C 403	C 404					
Profondeur cm	0-10	30-43	60-70	85-100					
Refus 2 mm %	8.2		5.8						
Argile %	26.5	57.6	14.8	23.4					
Limon fin %	28.4	33.0	61.3	48.8					
Limon grossier %	14.9	3.6	11.6	14.3					
Sable fin %	17.8	2.0	3.6	8.7					
Sable grossier %	11.8	0.8	8.9	3.9					
Matière organique %	2.95	1.17	0.56	0.58					
Azote %	2.05	0.99	0.49	0.46					
C/N									
Calcaire total %	5.2	4.6	9.3	10.4					
Calcaire actif %				8.5					
K ₂ O assimilable %	0.22	0.20	0.19	0.20					
Ca éch. mé/100 g	5.6	8.0	6.8	6.8					
Mg éch. "	8.0	8.4	7.6	6.8					
K éch. "	0.88	0.84	0.76	0.79					
Na éch. "	0.58	0.58	0.13	0.08					
S	15.6	17.82	15.28	14.47					
T	15.50	17.75	16.00	15.25					
pH eau 1/2,5	8.5	8.8	8.8	8.7					
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.86	1.21	1.05	1.18					
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.27	0.38	0.33	0.37					
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %	26.6	38.9	30.7	33.2					

U N I T E 16

SOLS HALOMORPHES à structure dégradée, SOLS A ALCALI, non lessivés, peu ou moyennement salés, sur épandage alluvial limono-argileux (à lentilles gravelo-caillouteuses), faiblement à moyennement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'a qu'une étendue limitée en bordure de la rive gauche de l'oued Tensift. Elle constitue deux taches d'inégale importance au N.O. de MARRAKECH.

Elle correspond à l'étroite bordure de la plaine du Haouz où la pente générale s'accroît irrégulièrement, mais d'une façon sensible jusqu'à 3-4 ‰, pour se raccorder aux basses terrasses alluviales de l'oued Tensift.

Ces zones sont souvent bosselées et ravinées, avec des épandages de cailloux et graviers épars. La concentration en surface de ces éléments grossiers est favorisée par l'érosion qui est très active sur ces sols. Par endroits, affleurent des encroûtements calcaires irrégulièrement érodés.

Les limites de cette unité sont imprécises avec l'unité 14 dont elle se différencie par une alcalisation plus généralisée mais où la salure se manifeste encore avec une intensité variable selon les lieux.

Les sols sont cultivés en céréales, mais certaines zones sont impropres à la culture en raison de la salure trop importante où même l'orge ne résiste pas. Les espèces halophiles se rencontrent fréquemment sur ces sols, Mésembryanthemum nodiflorum surtout.

2 - LES SOLS

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : C 64 (X : 8°7'48" ; Y : 31°42'44")

C 64 : Replat à pente faible vers le N. : 1 ‰. Culture d'orge très irrégulière ; mauvaise végétation à l'endroit où le profil a été décrit.

- 0 à 10 cm : Horizon de culture. Brun rougeâtre (5 YR 4/3). Limoneux à limono-argileux, avec des graviers et petits galets d'origine atlasique. Structure en mottes de toutes tailles : 0,5 à 10 cm, avec zones lacunaires. Cohésion d'ensemble assez faible, moyenne des mottes. Porosité vacuolaire bonne. Activité biotique assez bonne et bien répartie. Enracinement médiocre (peu de végétation). Effervescence violente à l'acide. Limite de travail ondulée nette.
- 10 à 40 cm : Rouge jaunâtre (5 YR 4/6), avec fins engainements calcaires, et par endroits petites efflorescences salines. Limono-argileux avec quelques petits graviers. Structure bien développée, polyédrique 1-2 cm, à sous-structure plus fine. Cohésion moyenne assez faible d'ensemble, moyenne des mottes. Porosité et activité biotique bonnes et bien réparties. Enracinement moyen et bien réparti. Réaction violente à l'acide. Limite régulière sur 3 cm.
- 40 à 140 cm : Brun rougeâtre foncé (5 YR 3/4). Efflorescences salines nombreuses sur les parois du profil ; amas et granules calcaires représentant environ 10 %. Limono-argileux avec quelques graviers ; un lit de galets à la base. Structure massive sauf sur les 10 cm supérieurs qui constituent une zone de transition avec l'horizon supérieur. Cohésion très forte (alcalisation). Porosité et activité biotique médiocres. Effervescence violente à l'acide.

Variations autour du profil de référence.

La texture est généralement limono-argileuse, mais elle apparaît irrégulièrement plus limoneuse, argileuse ou sableuse. Des lentilles et des lits gravilleux ou caillouteux ne sont pas rares dans les profils.

Sur les 30-40 cm supérieurs, la structure apparaît généralement bien divisée en petits polyèdres. Au-dessous, la structure est toujours fortement dégradée sauf à la partie supérieure. La cohésion très forte est bien caractéristique des sols à alcali.

Des concentrations de calcaire en amas et granules existent en profondeur. Lorsqu'ils sont assez nombreux ces éléments favorisent le développement d'une structure polyédrique. Les granules, parfois des nodules, sont généralement peu indurés et semblent bien correspondre à des phénomènes actifs dans les sols actuels. Dans le profil C 86, les granules deviennent moins nombreux et plus friables au-dessous de 100 cm.

La salure et l'alcalisation se manifestent par des efflorescences salines et par la cohésion très forte des horizons massifs ; mais elles ne sont pas évidentes dans tous les profils.

L'humidité qui existe en profondeur dans beaucoup de profils, indique la proximité de la nappe phréatique dans cette région de raccordement de pente. Les remontées capillaires qui sont plus ou moins facilitées par le matériau hétérogène sont à l'origine des phénomènes de salure et d'alcalisation, ainsi que des accumulations calcaires, qui se développent dans les sols.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les sols sont très pauvres en matière organique : 0,50-0,60 % en surface ; avec des valeurs très faibles en profondeur.

Les teneurs en azote total sont très faibles : 0,44-0,54 % Le rapport C/N est bas : moins de 8.

L'érosion particulièrement active sur ces sols peut expliquer la pauvreté excessive de ces sols en matière organique.

Calcaire

Ces sols sont faiblement à moyennement calcaires. Les valeurs sont assez variables d'un profil à l'autre. Elles sont généralement faibles et restent inférieures à 5 % à la partie supérieure. Elles ont tendance à augmenter en profondeur jusqu'à 8 %, et peut-être davantage, de calcaire total.

Potassium assimilable

Il existe en faible quantité dans les deux profils analysés : 0,17-0,23 %

Complexe adsorbant

La capacité d'échange varie en fonction de la texture. Elle est de l'ordre de 14-16 meq/100 g à la partie supérieure et elle tend à diminuer en profondeur : 8,5-12,5 meq/100 g.

Le complexe adsorbant est dominé par la proportion excessive de sodium échangeable qui est de l'ordre à 20 % à la partie supérieure, et tend à augmenter vers le bas jusqu'à 30-40 %.

L'alcalisation est donc importante sur toute la hauteur du profil.

L'existence de la salure, absente ou faible dans certains profils, permet mal d'expliquer le développement de la structure à la partie supérieure de ces profils.

Dans les deux profils à alcali analysés, les horizons massifs à cohésion très forte caractéristique des sols à alcali, correspondent aux horizons où le magnésium échangeable est en forte proportion : 24 et 36 % de la capacité d'échange ; ailleurs il n'excède pas 15 %. Le magnésium semble donc jouer un rôle très important dans le phénomène de dégradation de la structure de ces sols. Malheureusement, le nombre de profils analysés dans cette étude est bien trop insuffisant pour préciser ce rôle.

Salure

La salure se manifeste très irrégulièrement selon les profils, et elle n'est que très localement fortement élevée.

Elle est nulle en surface, mais augmente rapidement jusqu'à 15,8 mmhos/cm à 20 cm, puis 47,7 mmhos/cm à 70 cm, dans le profil C 54.

Elle est faible : 3,5 mmhos/cm en surface, puis diminue en profondeur 1,1 mmhos/cm à 55 cm, dans le profil C 86.

pH

Le pH est élevé : 8,5 en surface. Il s'élève jusqu'à 9,1 dans les horizons non salés ; mais la présence de sel limite les valeurs à 8,0-8,1 ailleurs.

Texture

Elle se place surtout dans la catégorie limono-argileuse, et souvent limono-argilo-sableuse ou limoneuse, vers le bas.

La fraction grossière n'est qu'exceptionnellement importante.

Humidité équivalente

Elle est de l'ordre de 17 %, mais les valeurs peuvent varier dans de larges mesures en fonction de la texture.

3 - CONCLUSIONS

Ces sols se caractérisent par l'importance du sodium fixé sur le complexe adsorbant et par la dégradation de la structure sur la plus grande partie des profils. La salure est très irrégulière, généralement faible ou moyenne. Les sols sont classés en sols halomorphes à alcali non lessivés peu ou moyennement salés sur épandage alluvial limono-argileux à lentilles gravelo-caillouteuses.

Cette unité n'a qu'un intérêt limité pour la mise en valeur en raison des aménagements nécessaires : désalcalisation, dessalage. Mais avant tout une connaissance précise du niveau de la nappe est nécessaire. Le contrôle de la nappe peut s'avérer très délicat dans cette zone bordant l'oued Tensift.

Le nivellage et la lutte anti-érosive sont nécessaires et imposent aussi des travaux importants. En dehors des cultures traditionnelles tolérantes au sel : comme l'orge, cette unité paraît bien indiquée pour le reboisement (l'eucalyptus conviendrait sans doute). Cependant, la pression démographique est importante dans cette région et les terrains de parcours pour les troupeaux sont également recherchés.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 16

N° profil : C 86

N° profil : C 64

(X: 8°3'52" ; Y: 31°41'43")

(X: 8°7'48" ; Y: 31°42'44")

N° échantillon	C 861	C 862	C 863	C 864	C 865	C 641	C 642	C 643	C 644
Profondeur cm	0-15	15-30	48-68	83-100	115-130	0-10	17-25	37-40	65-75
Refus 2 mm %	0.4		9.1	6.7	11.8	7.1			5.4
Argile %	30.1	34.4	19.3	23.9	23.2	29.4	30.01	35.1	31.5
Limon fin %	24.9	24.3	12.2	22.6	14.2	18.4	23.1	15.4	17.6
Limon grossier %	10.6	8.8	10.9	8.4	14.1	10.5	9.1	11.1	6.8
Sable fin %	26.8	20.8	35.8	17.6	26.9	25.7	24.4	22.6	27.4
Sable grossier %	7.5	12.0	22.6	24.8	22.4	14.6	14.2	15.3	15.1
Matière organique %	0.53	0.36	0.19	0.14	0.06	0.58		0.27	0.12
Azote %	0.54	0.37	0.16	0.14	0.9	0.44		0.26	0.09
C/N	5.7	5.7	6.8	5.7	5.6	7.7		6.2	7.8
Calcaire total %	1.8	2.0	3.3	8.3	5.5	4.3		4.9	5.4
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %	0.17	0.17	0.11	0.09	0.09	0.23		0.18	0.15
Ca éch. mg/100 g	7.6	9.20	4.8	4.4		6.8		8.16	6.0
Mg éch. "	4.0	2.40	3.0	0.5		3.2		1.36	3.0
K éch. "	0.61	0.51	0.35	0.34		0.75		0.59	0.50
Na éch. "	3.39	3.04	2.00	3.33		2.90		3.32	3.55
S	15.60	15.18	7.95	10.87		13.65		13.43	13.05
T	16.25	15.75	8.50	8.5		14.00		13.50	12.50
pH eau 1/2,5	8.5	8.5	9.0	9.1	9.1	8.50	8.0	8.1	8.0
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	3.47	2.33	1.14	1.41	1.31	0.36	15.87	15.00	47.76
Sels (Ext. 1/5) % t.s.									
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm									
Sels solubles (Ext. Sat.)									
Cl ⁻ mg/litre							130.0	125.0	415.0
SO ₄ ⁻⁻ "							38.0	56.0	54.0
CO ₃ ⁻⁻ "							-	-	-
CO ₃ H ⁻ "							4.0	4.0	4.0
Ca ⁺⁺ "							72.5	45.0	100.0
Mg ⁺⁺ "							42.5	35.0	95.0
K ⁺ "							0.2	0.15	0.15
Na ⁺ "							58.5	102.0	280.0
H ₂ O % dans pâte sat.								41.0	40.0
Humidité équivalente %	17.7	8.1	13.4	17.3	17.4	16.4		17.2	...

U N I T E 17

SOLS MALOMORPHES à structure dégradée, à ALCALI, non lessivés, peu ou moyennement salés, sur épandage alluvial finement limoneux à limoneux, faiblement ou moyennement calcaire.

1 - GENERALITES

Cette unité prolonge l'unité 11 vers l'aval des thalwegs en régions schisteuses au N. de l'oued Tensift ; elle se situe donc à proximité de l'oued dans les zones où la proximité de la nappe phréatique favorise la salure et l'alcalisation.

Les sols se développent sur les alluvions limoneuses des thalwegs. Surtout à l'E., ces alluvions s'étalent aussi en avant des interfluves encroûtés le long de l'oued Tensift dont elles constituent une terrasse.

Les petits oueds actifs remanient leurs alluvions, mais ils apparaissent moins divagants que vers l'amont, et ont plutôt tendances à s'encaisser pour rejoindre le niveau de base locale constitué par l'oued Tensift. Ils déterminent souvent de petits ravins étroits à proximité de cet oued.

Les limites avec les unités des interfluves schisteux ou encroûtés sont nettes. Elles sont plus imprécises avec l'unité 11 située vers l'amont, en raison de l'apparition irrégulière et progressive de la salure.

La salure constitue le caractère général dominant de cette unité. Elle se manifeste surtout par la présence d'une végétation halophile parmi laquelle Atriplex halimus est le mieux représenté, surtout dans les zones de transition avec l'unité 11. On note par ailleurs Mesembryanthemum nodiflorum et Sueda fruticosa par plages, surtout vers l'aval. Avec les Atriplex, Peganum arnala est fréquent ; les jujubiers sont plus rares.

Les sols sont localement cultivés, la proximité de la nappe, qui se situe rarement au-dessous de 5 m, permet facilement l'irrigation à partir de puits individuels : cultures maraîchères. L'orge est aussi cultivée en culture sèche. De grandes zones sont laissées en terrains de parcours, notamment lorsque les terrasses alluviales de l'oued Tensift ou d'autres sols non salés, sont suffisants pour les besoins agricoles des populations.

2 - LES SOLS

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 65 (X : 8°7'48" ; Y : 31°43'50")

D 65 : Zone plane, bas de thalweg élargi à proximité de l'oued Tensift. Jachère après culture d'orge, croûte de battance craquelée. Peu de végétation. Peganum armala, Mesembryanthemum nodiflorum

- 0 à 15 cm : Horizon de culture. Brun clair (10 YR 6/3-5/3). Très limoneux. Grandes prismes jusqu'à 20-30 cm, avec zones mottées (1-5 cm) et alvéolaires, initiés par de fines fentes verticales, et parfois horizontales à la base de l'horizon ; souvent lamellaire en surface. Cohésion d'ensemble moyenne, assez forte des mottes. Porosité mie de pain moyenne, souvent lacunaire, moyenne à médiocre. Activité biotique assez bonne. Enracinement très faible (orge) surtout limité aux zones de fissures. Effervescence faible à l'acide. Limite régulière peu tranchée.
- 15 à 60 cm : Brun (10 YR 5/3). Limoneux. Structure massive avec quelques fines fentes verticales continuant celles de l'horizon précédent. Cohésion assez forte (encore humide). Porosité tubulaire fine plutôt mauvaise. Enracinement réduit, meilleur à la partie supérieure. Effervescence faible à l'acide. Limite peu tranchée progressive, mais apparition brutale de pseudomycélium.
- 60 à 105 cm : Brun (10 YR 5/3-6/3). Pseudomycélium blanc très localisé, souvent ponctuel, avec quelques rares engainements calcaires. Horizon assez humide avec très fines efflorescences salines se déposant sur les parois du trou. Structure massive à débit à tendance prismatique. Cohésion assez faible en raison de l'humidité. Porosité tubulaire médiocre. Activité biotique (paraissant ancienne) moyenne, favorise la porosité. Effervescence moyenne à l'acide. Limite régulière peu contrastée sur 2-3 cm.
- 105 à 160 cm : Brun (10 YR 5/3). Efflorescences salines fines plus nombreuses. Limoneux plus argileux. Structure mal développée à tendance prismatique : 2-4 cm ; à sous-structure polyédrique ou cubique. Cohésion moyenne. Porosité tubulaire et mie de pain, moyenne. Activité biotique irrégulière moyenne : turricules paraissant anciens. Enracinement pratiquement nul, sauf dans quelques fissures verticales. Effervescence moyenne à l'acide.

Variations autour du profil de référence.

L'épaisseur des alluvions limoneuses fines est irrégulière, notamment à proximité des interfluvés et vers l'aval. Quelques profils sont riches en éléments grossiers souvent calcaires, d'autres sont limités en profondeur par les schistes (quelques effleurements localisés peuvent exister en impuretés dans l'unité 17). Deux exemples sont proposés :

- Profil D 74 (X : 8°12'46" ; Y : 31°44'38") : riche en éléments grossiers, surtout calcaires. Large thalweg à pente faible ; non cultivé, avec atriplex nombreux, quelques jujubiers, lichens en larges plaques sur la surface du sol battue.

- 0 à 10 cm : Brun (7,5 YR 5/4). Limoneux, légèrement graveloux : graviers calcaires. Structure lamellaire compacte en surface, polyédrique 1 à 2 cm ensuite. Limite régulière peu tranchée.
- 10 à 45 cm : Brun (7,5 YR 5/4). Gravelo-limoneux avec argile ; 50 % de graviers avec cailloux jusqu'à 10 cm : fragments calcaires ou de schistes ou quartzites enrobés de calcaire. Entre les graviers, polyèdres de 0,3 à 1 cm. Limite assez régulière peu tranchée.
- 45 à 80 cm : Brun clair (7,5 YR 5/6). Identique, mais apparition progressive d'amas calcaires souvent indurés en granules, occupant jusqu'à 30-40 % de la masse vers le bas. Cet horizon est humide (description du profil le 3.7.1972). Limite ondulée et progressive.
- 80 à 190 cm : Brun clair, semblable mais moins riche en graviers et cailloux. Sauf à la base où l'on trouve de nombreux cailloux de schistes gréseux jusqu'à 15 cm de diamètre avec un léger dépôt de recouvrement calcaire. Assez humide. Accumulation calcaire en larges masses : 4-5 cm, souvent anastomosées, devenant plus importantes vers le bas : jusqu'à 50 % de la masse ; généralement indurées avec de nombreuses craquelures libérant des granules. Limite nette ondulée.
- Au dessous 190 cm : Schiste fin gris verdâtre clair, altéré, imprégné de calcaire blanchâtre à nuance gris-bleuté de caractère tuffeux.

Ce profil est riche en éléments grossiers surtout calcaires remaniés au moins à la partie supérieure avec un encroûtement irrégulier en profondeur.

- Profil D 73 (X : 8°11'44" ; Y : 31°44'55") : limité en profondeur par les schistes. Large thalweg à pente faible (1-2 %). Non cultivé, avec jujubiers, atriplex et Peganum armala, lichens par plaques.

- 0 à 13 cm : Brun jaunâtre (10 YR 6/4). Limoneux avec petits graviers par endroits. Plus graveleux avec pellicules de ruissellement tassées en plaquettes sur les 2 cm supérieurs ; au-dessous structure prismatique : 5-10 cm. Fin pseudomycelium par endroits. Limite légèrement ondulée peu distincte.
- 13 à 40 cm : Brun (10 YR 5/3). Limoneux plus argileux avec réseau de pseudomycelium et fins engainements très net. Quelques graviers schistoux, parfois fragments calcaires. Polyédrique bien développé : 0,2-1 cm. Limite ondulée nette.
- A partir de 40 cm : Schiste ardoisier à schistosité subverticale ; la terre fine s'insère dans les diaclases au détriment des dépôts calcaires antérieurs. L'activité biotique favorise les pénétrations de terre fine.
- Ce profil est donc d'épaisseur limitée, sur un schiste impregné de calcaire. Le sol lui-même est riche en calcaire qui se redistribue sur forme de pseudomycelium.

Les profils sont peu différenciés et sont essentiellement caractérisés par la texture, au point de vue morphologique. Cependant, le calcaire apparaît souvent sous forme de pseudomycelium même dans les sols faiblement calcaires.

Lorsqu'elle est alimentée par la nappe au niveau du profil, la salure se manifeste par de fines efflorescences sur les parois.

A l'exception des profils riches en calcaire, la structure est massive ou prismatique large, traduisant l'existence d'une alcalisation accentuée.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total.

Les quantités de matière organique sont de l'ordre de 1,0 à 1,5 % en surface et diminuent assez progressivement en profondeur. Elles sont comparables à celles des autres sols limoneux de la région.

L'azote total ne dépasse guère 1 % en surface. Le rapport C/N est bas traduisant une bonne décomposition de la matière organique.

Calcaire.

La plupart des profils sont pauvres en calcaire : de l'ordre de 1 % de calcaire total.

Les profils D 74 et D 73 ont plus de 10 % de calcaire total avec une augmentation en profondeur. Le calcaire actif varie de 5 à 10 %.

Potassium assimilable

Seul le profil D 65 a été analysé mais les résultats concordent avec ceux des sols de l'unité 11 situés sur des matériaux comparables vers l'amont, pour indiquer une pauvreté en potassium assimilable : 0,20-0,10 ‰.

Complexe adsorbant.

La capacité d'échange est de l'ordre de 10-12 meq/100 g avec des extrêmes jusqu'à 8 ou 15 meq/100 g en fonction de la texture et de la présence de matière organique.

La plupart des sols sont alcalisés. Le rapport Na/T est supérieur à 12 ; la richesse en calcaire peut cependant freiner la fixation du sodium sur le complexe adsorbant dans certains profils.

Salure.

Elle est très variable d'un profil à l'autre. Dans l'ensemble elle apparaît modérée souvent même avec une conductivité électrique inférieure à 8 mmhos/cm. Cependant elle peut localement atteindre des valeurs très élevées : 25-35 mmhos/cm dans le profil D 74.

Le bilan ionique fait apparaître une nette prédominance des chlorures et du sodium parmi les sels dissous ; ceci correspond bien avec l'alcalisation des sols.

pH.

Les valeurs sont généralement élevées : 8,7-9,4 dans les horizons non salés ; elles s'abaissent en fonction de la salure jusqu'à 8. Elles traduisent aussi l'état d'alcalisation des sols.

Texture

La texture se place essentiellement dans les catégories finement limoneuse et limoneuse, avec des teneurs en argile de l'ordre de 10-13 % parfois 20 %.

Quelques profils sont riches en éléments grossiers calcaires ou schisteux ; mais la terre fine est toujours à dominante limoneuse, comme tous les matériaux issus de schistes.

3 - CONCLUSIONS.

Cette unité présente des variations locales. La texture, avec la salure et l'alcalisation peuvent varier d'un profil à l'autre. Une étude à plus grande échelle conduirait sans doute à une subdivision de l'unité.

La présence de végétation halophile caractérise l'ensemble de l'unité. La salure d'intensité variable existe à peu près partout. L'alcalisation est généralisée à la plupart des sols où elle se manifeste par une mauvaise structure. Les sols sont classés en sols halomorphes à alcali non lessivés peu ou moyennement salés, sur matériau finement limoneux à limoneux

Le profil D 73 représente une zone de transition avec l'unité 11 où les jujubiers et atriplex nombreux sont en association. Il n'est ni salé ni alcalisé d'après les résultats analytiques ; cependant nous le maintenons dans cette unité car il n'y a pas de discontinuité visible avec les zones salées voisines, et un plus grand nombre de profils analysés dans cette région serait nécessaire pour préciser une limite.

En raison de l'alcalisation et de la salure, l'unité ne présente qu'un intérêt limité pour la culture. Les surfaces les moins salées peuvent être consacrées aux cultures familiales traditionnelles, surtout maraîchage.

Une mise en valeur générale de ces régions nécessiterait un contrôle préalable de la nappe suivi de travaux de dessalage et désalcalisation.

U N I T E 18

SOLS HALOMORPHES, à structure dégradée, sols à ALCALI non lessivés, peu ou moyennement salés, sur épandage alluvial sablo-limoneux à limono-sableux, faiblement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité n'a qu'une faible extension et se localise à proximité de l'oued Tensift au N.E. de la carte.

Elle correspond à l'aval des petits thalwegs nourris par les zones granitiques (unité 10). La proximité de la nappe favorise le développement de la salure et l'alcalisation. Cette unité correspond à l'unité 17 par rapport aux thalwegs limoneux des régions schisteuses.

La salure se manifeste, d'une façon progressive et irrégulière de l'amont vers l'aval. Dans l'ensemble elle n'est pas très élevée sauf localement. Les limites avec l'unité 10 sont très imprécises. Elles sont beaucoup plus nettes avec les interfluves encroûtés (unité 23). La végétation est souvent halophile : Atriplex halimus, Sueda fructicosa, sur les zones humides, Mesembryanthemum nodiflorum très localisé et plus fréquent vers l'oued, mais elle n'est pas exclusive, on trouve aussi : Asparagus Stipularis, Scolinus hispanicus et des jujubiers ; ces dernières espèces n'apparaissent pas en association avec les espèces halophiles, elles occupent surtout les surfaces peu ou non salées vers l'amont.

Les sols sont irrégulièrement cultivés. Leur situation topographique permet une mise en irrigation facile. Des parcelles irriguées ont été installées à l'E. ; la pratique de l'irrigation a pu entraîner une diminution de la salure à la partie supérieure du sol ; la nappe phréatique se situe vers 3 m de profondeur et il doit s'agir d'une nappe circulante ; le drainage du sol se trouve facilité par la texture riche en sable grossier parfois même en graviers.

2 - LES SOLS.

2-1. Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 44 (X : 8°2'32" ; Y : 31°42'21")

D 44 : Aval de thalweg à 200 m de l'oued Tensift, pente faible : 2-3 % vers l'oued. Jachère à surface battue. Atriplex halimus et Sueda fructicosa en bordure des haies, Mesembryanthemum nodiflorum par plages localisées, Asparagus stipularis, jujubiers, quelques palmiers.

- 0 à 15-20 cm : Horizon de culture. Brun (7,5 YR 5/4-6/4). Limono-sableux, à sable grossier quartzeux ; parfois graviers ou petits cailloux de schiste ou débris calcaires. Structure motteuse, jusqu'à 10 cm. Cohésion d'ensemble moyenne, forte des mottes. Porosité mie de pain fine, assez bonne, sauf au centre des grosses mottes compactes. Activité biotique assez bonne, mais irrégulière. Enracinement herbacé irrégulier, évitant les zones compactes. Effervescence violente à l'acide. Limite distincte sur 5 cm, ondulée.
- 15-20 à 90 cm : Brun rougeâtre (5 YR 5/4-4/4), avec très fins engainements calcaires blanchâtres, peu visibles. Limono-sablo-argileux ; à sable grossier quartzeux avec quelques grains de feldspath ; graviers et petits cailloux de schiste ou calcaire, surtout sur les 10 cm inférieurs mais existant aussi dispersés dans la masse. Structure massive, à éclats irréguliers initiés par de fines fissures tortueuses formant des mailles de l'ordre de 10 cm. Cohésion très forte. Porosité mie de pain moyenne, bonne. Activité biotique très bonne. Enracinement moyen décroissant vers le bas. Effervescence violente à l'acide. Limite nette sur 4-5 cm, légèrement ondulée.
- 90 à 220 cm : Aspect hétérogène : nombreux petits éléments calcaires clairs (40-50 %), contrastant sur la teinte brune (5 YR 5/6) de la terre fine, plus rougeâtre (5 YR 4/6) au-dessous de 160 cm. Ces graviers et petits cailloux (\leq 5 cm) calcaires sont apparemment d'origine allochtone, mais il est difficile d'en juger dans certains cas. En outre, présence de graviers de quartz et de petits débris schisteux, généralement en lits peu épais, ne représentant pas plus de 10 % de l'ensemble. Accumulation de calcaire secondaire sous forme d'amas farineux irrégulièrement indurés, très localisés dans la masse, ou constituant des ensembles de quelques cm, parfois à orientation verticale et grossièrement cylindrique (5-10 cm de long, sur 2-3 cm d'épaisseur). Sur les 15 cm supérieurs on trouve uniquement des granules,

sans amas farineux. Structure polyédrique bien développée : 0,5-2cm, avec libération des éléments calcaires d'une part, et de la terre brune d'autre part. Cohésion d'ensemble assez forte. Porosité mie de pain moyenne, bonne dans les zones terreuses. Activité biotique bonne. Limite assez régulière sur 5-10 cm.

220 à 330 cm : Matériau sablo-graveleux, à sable grossier et graviers de quartz et de schiste. Très humide. Zones de concentration calcaire diffuses soudant les sables et graviers d'une façon plus ou moins cohérente, mais sans couleur distinctive du reste de la masse. En piochant on trouve des éléments en rognons puis en petites dalles horizontales ondulées de 5 à 10 cm d'épaisseur devenant plus importantes vers le bas où elles résistent bien au piochon. Vers 330 cm il s'agit d'une véritable dalle compacte, au contact de la nappe phréatique.

Variations autour du profil de référence.

Ces sols se caractérisent par une texture riche en sables grossiers. Des niveaux graveleux surtout d'origine calcaire existent souvent en profondeur ; ils proviennent vraisemblablement des surfaces encroûtées voisines. On trouve par ailleurs des graviers ou petits cailloux schisteux.

La structure est très mauvaise dans les horizons supérieurs avec une cohésion forte. En profondeur, la présence de graviers calcaires favorise une structure polyédrique. Le calcaire n'apparaît que sous forme d'engainements localisés dans les horizons moyens. En profondeur, des dépôts secondaires en amas farineux ou en revêtement irrégulièrement indurés, rendent difficile la distinction entre éléments calcaires allochtones et autochtones.

2-2. Caractéristiques analytiques

Matière organique

Les sols sont généralement pauvres en matière organique : moins de 0,9 % en surface. Le profil D 37 est plus riche : 1,8 % à 0,10 cm, en raison de la mise en culture irriguée : luzerne, et aussi de la texture sensiblement plus argileuse. Mais la diminution est rapide vers la profondeur : 0,36 % à 35 cm.

Calcaire

Les sols sont faiblement calcaires à la partie supérieure : 1 à 3 % de calcaire total. Les valeurs sont plus fortes et variables en profondeur dans les niveaux contenant des éléments calcaires : plus de 5 % (16,3 % dans le profil D 44, dont 8,2 % de calcaire actif à 120-145 cm).

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est variable suivant la texture mais elle reste assez faible : 8-10 meq/100 g dans le profil D 44 (Notons une valeur plus élevée : 14,7 meq/100 g à 250 cm, malgré une extrême pauvreté en argile et limon).

L'alcalisation est importante dans les horizons moyens et superficiels : Na/T atteint 26 % dans le profil D 44, au-dessus de 90 cm.

Salure

Elle est irrégulière mais jamais très forte. Des valeurs faibles sont enregistrées à la partie supérieure, parfois inférieures à 2 mmhos/cm. Elles augmentent vers la profondeur en indiquant une salure moyenne : 10-14 mmhos/cm. Le bilan ionique fait apparaître la prédominance des chlorures et du sodium parmi les ions en solution.

pH

Le pH est assez élevé : 8,6-8,9. Ces valeurs ne sont pas toujours en rapport avec l'alcalisation indiquée par les analyses du complexe adsorbant.

Texture

La texture souvent riche en sable grossier se place généralement dans les catégories sablo-limoneux à limono-sableux, parfois localement plus argileux. En profondeur les éléments grossiers, essentiellement graviers calcaires, représentent souvent de 20 à 30 % de la terre totale.

3 - CONCLUSIONS

Ces sols présentent une mauvaise structure liée à une alcalisation qui semble assez générale.

La salure est plus irrégulière. Elle est assez modérée dans l'ensemble. Une étude à plus grande échelle serait nécessaire pour préciser l'importance et les limites de variation. Les sols sont classés en sols halomorphes à alcali, moyennement ou peu salés sur matériau sablo-limoneux à limono-sableux. Ces phénomènes de salure et d'alcalisation sont les conséquences de la proximité de la nappe phréatique. Ils se manifestent avec plus d'intensité vers l'aval, à proximité de l'oued Tensift.

Cette unité est d'extension limitée et elle n'a pas une grande importance dans le cadre d'une mise en valeur régionale. Les sols sont profonds, mais des précautions de contrôle de la nappe sont à prendre pour limiter l'alcalisation et la salure ; la texture riche en sable grossier facilite le drainage superficiel du sol.

Les cultures à envisager peuvent être variées à l'exception des espèces très sensibles à la salure ; les cultures maraîchères sont les plus indiquées, au moins tant que l'on ne possède pas une bonne connaissance du comportement de la nappe. Cependant, la proximité de l'oued Tensift rend inévitable la présence de la nappe phréatique à faible profondeur.

U N I T E 19

Association : SOLS MINÉRAUX BRUTS non climatiques, d'érosion, LITHOSOLS, sur schistes ; SOLS PEU ÉVOLUÉS non climatiques, d'érosion, REGOSOLIQUES, sur matériau de remaniement schisteux (à caractères de rubéfaction résiduelle fréquents).

1 - GÉNÉRALITÉS.

Cette unité est bien représentée au N. de l'oued Tensift où elle occupe une grande partie de la carte. Au S., elle n'apparaît que par petites taches à proximité de l'oued.

Elle correspond aux zones d'affleurement des roches primaires schisto-gréseuses dont le relief contraste avec la plaine monotone du Haouz. Cette bordure méridionale des Djebiletts offre cependant deux aspects distincts :

Des petites collines souvent isolées se dressant brutalement au-dessus des surfaces voisines ; elles sont surtout localisées à l'E. de la carte. Différents types de schistes peuvent apparaître, parfois même des grani- ges, mais les schistes quartzeux dominent très largement. La proportion de ces schistes et l'épaisseur des feuillets et des lits déterminent l'allure et la vigueur du relief :

- les collines à crêtes vives, apparaissant découpées en dents de scie lorsqu'on les observe de loin, avec des pentes fortes : jusqu'à 35-40 %, s'organisent autour des schistes quartzeux grossiers qui affleurent au sommet en bancs gréseux épais et constituent parfois un escarpement.

- les collines à formes plus molles, relativement moins élevées, à pente plus faible, sont souvent constituées par des roches analogues mais plus finement divisées par des réseaux denses de diaclases qui favorisent l'érosion.

Des surfaces d'affleurement plus basses : le plus souvent séparées de l'oued Tensift par des zones encroûtées. L'ensemble peut être considéré comme un glacis d'érosion, irrégulièrement ramblayé vers l'aval, constituant une surface intermédiaire entre les reliefs précédents et la vallée de l'oued Tensift.

Ces surfaces se situent surtout à l'O. de la carte où elles sont entaillées par de nombreux petits thalwegs encaissés qui rejoignent l'oued Tensift ; ils ne sont plus fonctionnels pour la plupart. L'ensemble du paysage présente un aspect assez vallonné, avec des interfluves étroits s'étirant suivant une direction N.S.

Les sols se caractérisent par l'action prédominante de l'érosion. Ils constituent le plus fréquemment des complexes où l'on retrouve des sols minéraux bruts sur les affleurements, et des sols peu évolués sur les remaniements grossiers à débris schisteux et souvent avec terre fine rubéfiée résiduelle (anciens sols rouges méditerranéens érodés).

Les limites de l'unité sont assez bien tranchées avec les unités voisines ; sauf avec l'unité 20, qui se distingue par des affleurements rasants sans caractères de rubéfaction résiduelle importants et une proportion notable de sols plus profonds développés sur altérations schisteuses.

Cette unité correspond essentiellement à des zones de paturages. Cependant lorsque la profondeur du sol et la topographie le permettent des cultures de céréales (orge) en sec sont couramment pratiquées.

2 - LES SOLS.

2-1. Les sols minéraux bruts

Ce sont les affleurements rocheux dénudés mais souvent fragmentés en surface.

Les schistes finement délités n'apparaissent qu'en affleurements rasants. Des fragments schisteux anguleux couvrent irrégulièrement la surface. On ne remarque généralement pas de calcaire en surface, mais en profondeur la plupart des diaclases contiennent des dépôts calcaires. Parfois, ceux-ci constituent des poches d'imprégnation nodulaires et farineuses dans les zones à schistosité très fine et plus facilement altérables.

Les schistes plus grossiers en bancs gréseux, ou les calcaires du djebel Guéliz, constituent fréquemment des escarpements rocheux complètement dénudés. Les coupes des carrières indiquent encore des dépôts calcaires dans les diaclases, jusqu'à plusieurs mètres de profondeur.

Ces sols sont classés en lithosols, car même dans le cas des schistes finement délités, les feuilletts sont très serrés les uns contre les autres et ne permettent normalement pas la pénétration de racines ni de terre fine par l'intermédiaire de la faune. Il existe cependant tous les intermédiaires passant aux sols peu évolués, la roche en place a pu subir des modifications plus ou moins profondes qui se manifestent par la présence de terre fine et de racines herbacées dans les diaclases : on pourrait alors envisager des régosols.

Ces sols n'ont aucune valeur agricole.

2-2. Les sols peu évolués

2-2 .1 Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 56 (X : 8°3'37" ; Y : 31°42'40")

D 56 : Pente 13 %, à mi-hauteur d'une colline au relief peu accentué. Nombreux débris schisteux (2-5 cm) couvrant 80-90 % de la surface. Affoulement de schiste par place. Peu de végétation : petites graminées, Carlina racemosa, quelques jujubiers.

- 0 à 16 cm : Gravier et cailloux de schistes quartzeux (1-5cm) constituant de 50 à 60 % de la masse. Terre fine limono-sableuse, brun-rougeâtre (5 YR 4/4). Structure lamellaire en surface sur 1 cm ; polyédrique : 0,5-1 cm, bien développée au-dessous. Porosité lacunaire moyenne, bonne sauf **aux endroits tassés**. Activité biotique bonne et bien répartie. Enracinement médiocre : peu de végétation. Quelques débris de nodules calcaires ; effervescence à l'acide : nulle ou faible. Limite légèrement ondulée assez nette.
- 16 à 20 ou 40 cm : Horizon d'épaisseur très irrégulière, presque inexistant d'un côté du profil. Moins caillouteux que le précédent. Terre fine un peu plus argileuse et rougeâtre (5-2,5 YR 4/6). Surtout caractérisé par un réseau de pseudomycélium très dense, quelques éléments calcaires détritiques. Structure polyédrique bien développée : 1 cm, associée à des grumeaux de 1-2 mm. Porosité lacunaire moyenne, bonne. Activité biotique bonne. Enracinement irrégulier. Effervescence violente à l'acide. Limite ondulée assez nette.
- 20 ou 40 à 100 cm : Schiste en place. De grandes zones sont constituées par le schiste non altéré assez grossier. Ailleurs, le schiste plus finement délité est pris dans un encroûtement calcaire irrégulièrement induit, mélangé à de la terre fine semblable à celle de l'horizon supérieur, et bien travaillée par la faune. Les granules calcaires présentent fréquemment des inclusions rouges en dépôts sur le calcaire dans les pores.

Variations autour du profil de référence.

Les profils se caractérisent par un matériau de recouvrement grossier, riche en fragments schisteux, plus ou moins épais reposant irrégulièrement sur la roche en place. Celle-ci apparaît souvent imprégnée de calcaire, et certaines zones, parmi les plus finement délitées, semblent même digérées par les accumulations calcaires qui constituent de grandes

poches de plusieurs dizaines de centimètres de large.

La présence de pseudomycélium en fins engainements à la base du matériau caillouteux doit être soulignée comme un caractère à peu près constant dans ces sols.

La couleur rougeâtre de la terre fine n'est pas partout aussi accentuée, notamment sur les pentes des reliefs accusés, où l'érosion plus vive a mieux évacué le matériau rubéfié résiduel et remanié la roche plus saine (D 32). Vers l'E., le caractère rubéfié est assez généralisé, sans doute parce que le relief est moindre, mais aussi en raison de la plus grande possibilité d'altération des schistes finement délités. De plus, dans certains cas, une couleur rougeâtre à tendance lie de vin caractérise les schistes en place (profil E 5).

2-2 .2 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Le plus souvent la quantité de matière organique contenue dans la terre fine est comparable à celle des autres sols de la région (sauf dans le profil E 5). Toutefois, la proportion devient faible lorsqu'on l'exprime par rapport à la terre totale : de l'ordre de 0,5 % de 0-10 cm et 0,4 % vers 25 cm. Les résultats obtenus dans le profil D 30 (semblable au profil de référence : roche en place au-dessous de 35 cm, avec accumulation calcaire granulo-nodulaire impregnant une grande partie des schistes fins) indiquent que la matière organique pénètre bien en profondeur avec la terre fine associée aux zones de concentration calcaire.

Les teneurs en azote total sont faibles et suivent la même évolution que celle de la matière organique.

Le rapport C/N est bas : 8-10, indiquant une décomposition avancée de la matière organique.

Calcaire

Le pourcentage de calcaire contenu dans la terre fine est très faible ou nul : 0-0,5 % ; mais il augmente jusqu'à 5-6 % à la base du matériau caillouteux, dans l'horizon à pseudomycélium dense, contenant parfois des éléments calcaires détritiques.

En profondeur, dans les poches calcaires du schiste, les valeurs sont beaucoup plus importantes : 16,7 % dans le profil D 30, dont 8,5 % de calcaire actif.

Potassium assimilable

Les résultats obtenus pour le profil D 32 indiquent une pauvreté en K₂O assimilable : 0,23-0,11 %

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est réduite ; elle augmente en profondeur avec le taux d'argile : 11 et 18 meq/100 g de terre fine, respectivement vers 5 et 30 cm dans le profil D 32 ; ces valeurs doivent être diminuées de moitié si on les exprime par rapport à la terre totale.

Les résultats du même profil D 32 indiquent une nette prédominance du calcium sur toutes les bases échangeables ; bien que les échantillons analysés ne contiennent pas de calcaire.

Salure

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols.

pH

Les valeurs sont de l'ordre de 8 dans les horizons non calcaires et de 8,5 en présence de calcaire : mais elles varient d'un profil à l'autre (malgré une très faible quantité de calcaire : 0,4 %, l'horizon de surface de D 56 a un pH de 8,6).

Texture

Elle est toujours grossière, avec au moins 40 à 50 % de cailloux ou graviers, constitués de débris schisteux.

La terre fine est limono-sableuse, légèrement plus argileuse à la base sans dépasser 20 % d'argile.

2-2 .3 Conclusions

Ces sols se développent sur un matériau toujours caillouteux d'épaisseur limitée mais variable, de l'ordre de 30-40 cm. Ce matériau repose sur des schistes en place érodés, parfois irrégulièrement fragmentés ou altérés avec des zones d'accumulation calcaire.

Malgré la faible épaisseur du matériau de recouvrement, un gradient calcaire est différencié à peu près dans tous les profils. Il se manifeste par des pseudomycéliums très nets à la base du matériau, au contact de la roche en place. Nous pensons que ce calcaire correspondrait à une redistribution favorisée par les racines herbacées (surtout graminéennes) à partir du calcaire contenu dans les schistes en place.

Par ailleurs, la matière organique tend à pénétrer en profondeur avec la terre fine, notamment dans les poches calcaires.

Ces deux derniers caractères : profil calcaire différenciés et isohumisme, rapprochent donc ces sols des sols bruns isohumiques ; surtout si l'on considère des profils où le matériau caillouteux superficiel repose sur des schistes fins avec des grandes poches d'accumulation calcaires favorisant la pénétration de la terre fine en profondeur, comme dans les sols bruns de l'unité 20. Mais ces zones calcaires ne sont que très sporadiques et d'importance limitée.

Compte tenu de la profondeur généralement faible et du passage irrégulier mais net avec la roche en place, qui reste le plus souvent bien consolidée, nous classons ces sols en sols peu évolués d'érosion régosoliques, sur matériau de remaniements schisteux à caractères de rubéfaction résiduelle fréquents.

Un intergrade brun isohumique permettrait de compléter cette classification. Il indiquerait la tendance à l'isohumisme peut-être plus active au cours de pédogénèses antérieures), mais contrariée par l'action prédominante de l'érosion.

Sur des replats ou dans les fonds de thalweg, le matériau grossier à terre rouge a pu s'accumuler sur des épaisseurs plus importantes. Les sols s'apparentent à ceux de l'unité 3.

Au point de vue agronomique, ces sols n'ont pratiquement aucune valeur. La faible profondeur et la pierrosité importante en limitent la fertilité.

3 - CONCLUSIONS.

Cette unité regroupe des sols d'érosion, d'épaisseur nulle ou limitée, qui s'assemblent en complexes.

Malgré une action prépondérante, l'érosion n'a pas réussi à complètement éliminer des caractères de rubéfaction anciens, ni à contrarier la différenciation de "micro-profils" calcaires avec une tendance à l'isohumisme.

Ces observations indiquent bien que ces surfaces ont connu des types de pédogénèse différents au cours de leur histoire.

La topographie mouvementée et la nature des sols ne permettent pas d'envisager une mise en valeur de cette unité.

U N I T E 20

Association : SOLS MINÉRAUX BRUTS non climatiques, d'érosion, LITHOSOLS sur schistes ; SOLS ISOHUMIQUES, à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, BRUNS MODAUX (parfois salés) sur schistes altérés à remaniement superficiel.

1 - GENERALITES,

Cette unité apparaît essentiellement au N. de l'oued Tensift sur des zones d'affleurements schisteux. Quelques petites taches existent sur la rive gauche de l'oued Tensift : ce sont des affleurements rasants dégagés de l'encroûtement par l'érosion.

Les surfaces sont plus basses que celles de l'unité 19 et correspondent à des schistes fins, fréquemment altérés, et fortement imprégnés de calcaire. D'ailleurs quelques petites zones d'encroûtements calcaires subsistent par endroits et on peut penser qu'elles ont eu une extension beaucoup plus grande avant d'être érodées.

La topographie est mollement ondulée, avec des affleurements de schistes sains qui constituent des zones souvent légèrement surélevées. Dans les zones déprimées, au contraire, les schistes apparaissent généralement altérés et fragiles avec un recouvrement d'épaisseur variable mais limité.

Au point de vue pédologique, nous distinguons des sols minéraux bruts d'érosion sur les zones d'affleurements, et des sols bruns modaux, parfois salés, ailleurs. Cette unité se distingue donc aussi de l'unité 20 par l'absence quasi générale de traces de rubéfaction et par la présence de calcaire en quantité beaucoup plus importante.

La limite avec les encroûtements voisins : unité 23, est parfois peu précise ; nous avons vu que ceux-ci existent en impuretés de cette unité. Vers l'O. le passage à l'unité 19 est progressif ; il se fait par un accroissement des zones d'affleurements, les encroûtements résiduels blanchâtres disparaissent, et la teinte rougeâtre des matériaux se développe sur l'unité 19.

Les sols sur schiste altéré sont généralement cultivés. On y pratique essentiellement des cultures de céréales en secs. Dans quelques cas d'irrigation ponctuelle on trouve surtout des fèves et de la menthe, associées à quelques arbres : oliviers, abricotiers.

2 - LES SOLS.

2-1. Les sols minéraux bruts

Ils correspondent aux zones d'affleurement de schistes fins de types argileux, ardoisier, ou chloriteux ; ces derniers étant traversés par de nombreux filons quartzeux.

Le fin délitage favorise la fragmentation en surface qui se manifeste souvent par un fin recouvrement de débris schisteux anguleux.

Des imprégnations calcaires fines apparaissent parfois dans les plans de diaclases. La roche schisteuse est généralement assez saine mais présente parfois des caractères d'altération qui la rendent friable.

Ces sols sont considérés comme lithosols. Malgré un feuilletage très fin, leur compacité est importante sauf dans les cas où la roche déjà altérée est pénétrée par des veines terreuses associés à des granules calcaires.

2-2. Les sols bruns2-2 .1 Caractéristiques morphologiques

Nous donnons deux profils : D 14 et D 66 à titre d'exemple ; le profil D 66 est salé.

Profil D 14 (X : 8°5'31" ; Y : 31°44'41")

Zone plane avec une pente de l'ordre de 2 %, déprimée entre des affleurements schisteux à l'E., et une butte témoin encroûtée flanquée de schistes à l'O.. Culture d'orge au stade de tallage.

0 à 15 - 20 cm : Horizon de travail humide. Brun clair (10 YR 6/4-7/4 à sec). Limoneux avec des graviers dispersés constituant environ 20 % de la masse (schistes et quartz). Meuble, à terre fine et grumeaux assez fragiles ; quelques petites mottes plus cohérentes et tassées. Activité biotique difficile à apprécier. Enracinement bon et bien réparti de l'orge. Effervescence violente à l'acide. Limite nette légèrement ondulée.

15 - 20 à 30 cm: Brun clair (10 YR 6/4-7/4 à sec). Limoneux, plus argileux que le précédent, avec fragments de schiste altéré assez nombreux (30-40 %). Humidité moyenne. Structure assez bien développée, polyédrique émoussée : 1 cm. Cohésion faible. Porosité lacunaire moyenne, bonne. Enracinement bon de fines herbacées qui apparaissent revêtues d'un fin voile de calcaire blanc. Pseudomycélium très fin irrégulièrement réparti et peu dense. Effervescence violente à l'acide. Limite nette très ondulée.

30 - 100 cm : Schiste ardoisier en place ; altéré, de couleur gris verdâtre clair ; à toucher assez doux. Dépôt calcaire blanchâtre friable imprégnant toutes les diaclases. A la partie supérieure, pénétration régulière de terre fine, parfois jusqu'à 50 cm, qui favorise l'enracinement. L'ensemble est très friable, mais vers 60 cm la roche devient plus résistante.

Profil D 66 (X : 8°8'3" ; Y : 31°44'10")

Pente de l'ordre de 3 % orientée vers l'oued Tensift et terminant un long interfluve encroûté, graviers et cailloux de quartz assez nombreux en surface, végétation lâche d'asparagus, jujubiers, atriplex ; par endroits, Mesembryanthemum nodiflorum.

- 0 à 20 cm : Horizon de travail. Brun clair (7,5 YR 6/4). Bien limoneux avec des graviers de quartz anguleux formant un lit intermittent ondulé à la base. Mottes de toutes tailles bien individualisées ; par endroits structure à tendance prismatique : 5-10 cm. Cohésion d'ensemble faible, plutôt forte des mottes. Porosité lacunaire moyenne. Activité biotique moyenne, avec turricules visibles. Enracinement bien réparti mais médiocre, surtout atriplex. Effervescence violente à l'acide. Limite nette, ondulée, soulignée par le lit de graviers de quartz.
- 20 à 55 cm : Horizon intermédiaire. Terre fine brune (7,5 YR 5/4), limoneuse plus argileuse que précédemment ; mélangée à des petits éléments schisteux en place, jaune-verdâtre clair, qui deviennent progressivement plus nombreux vers le bas. La schistosité est subverticale et les éléments schisteux sont de l'ordre du cm. Terre fine très fortement travaillée par l'activité biotique qui favorise la pénétration en profondeur ; polyèdres irréguliers bien développés de 0,3 à 1 cm ; porosité lacunaire bonne ; cohésion moyenne. Enracinement médiocre. Fins engainements, amas friables surtout vers le bas entre les feuilletts schisteux ; effervescence violente à l'acide. Limite très progressive par diminution des pénétrations de terre brune en profondeur.
- 55 à 135 cm : Schiste fin, jaune-verdâtre clair ; les feuilletts les plus épais ne dépassant guère 1 cm ; zones rougeâtres ou parfois dendrite sur les faces. Assez fragile, toucher talqueux et gras. Les pénétrations de terre brune favorisées par l'activité biotique sont encore présentes mais peu nombreuses vers le bas ; elles permettent la progression de quelques racines en profondeur. Présence de granules ; effervescence violente à l'acide dans ces zones terrcuses. La cohésion d'ensemble est faible. Humidité encore importante, sans doute due à la proximité de la nappe qui favorise la salure de cette zone et l'altération de la roche.

Au point de vue morphologique ces sols se caractérisent donc par :

La superposition d'un recouvrement limoneux assez riche en fragments schisteux sur une roche schisteuse altérée.

La présence de calcaire dans tout le profil et dans la roche en place profonde. L'horizon de travail correspond à un appauvrissement en calcaire et aussi en argile.

Dans le schiste en place l'approfondissement du sol semble dépendre de l'activité biotique qui favorise la pénétration de terre fine en profondeur ; l'action de la faune est facilitée par la fragilité de la roche altérée et sans doute aussi par l'existence de dépôts calcaires entre les feuillettes. La transition entre le matériau de recouvrement et le schiste apparaît plus ou moins progressive suivant l'importance des pénétrations terreuses. Cependant, elle peut toujours être repérée avec précision par l'apparition des éléments schisteux en place.

La salure se manifeste dans certaines zones par la présence d'une végétation halophile. Mais il semble bien qu'elle ne touche qu'une faible proportion de ces sols.

2-2 .2 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les valeurs sont faibles mais comparables à celles des autres sols de la région ; elles sont assez différentes dans les deux profils analysés (on peut d'ailleurs douter de la valeur indiquée pour l'horizon superficiel de D 14). La matière organique serait de l'ordre de 1 à 1,5 % en surface, avec une pénétration en profondeur assez nette.

Les teneurs en azote total ne dépassent guère 1 ‰ en surface et s'abaissent jusqu'à 0,5 ‰ à 35 cm (on notera la valeur assez élevée : 0,63 ‰ par rapport à la matière organique : 0,22 %, à 85-100 cm dans le profil D 66).

Le rapport C/N est bas, inférieur à 10.

Calcaire

Comme dans la plupart des sols sur matériau de recouvrement un profil calcaire apparaît, mais sans décalcarification totale de l'horizon de surface. Les valeurs sont variables d'un profil à l'autre : de l'ordre de 5 % en surface, elles montent jusqu'à 15-25 % dès 30 cm de profondeur.

Le calcaire actif atteint 8 à 13 % et peut être dangereux pour certaines cultures.

Potassium assimilable

Seul le profil D 66 a été analysé. Les valeurs sont moyennes : 0,34 ‰ en surface.

Complexe adsorbant

On note une grande différence de la capacité d'échange entre les profils D 14 et D 66. Celle-ci ne s'explique pas par une différence texturale.

Dans le profil D 14, la capacité d'échange est à 22-23 meq/100 g de terre fine avec une proportion excessive de magnésium échangeable qui peut atteindre près de 50 % des bases totales échangeables (ces valeurs semblent excessives compte tenu de la texture).

Dans le profil D 66, la somme des bases ne dépasse pas 10 meq/100 g et l'on peut considérer que le complexe est saturé. Le calcium est largement prédominant, mais le sodium échangeable représente 11-13 % de la capacité d'échange et indique une légère alcalisation de ce profil.

Salure

Elle peut devenir très importante dans certains profils. Dans le profil D 66 elle reste assez faible dans le matériau de recouvrement : moins de 2 mmhos/cm, mais elle augmente fortement en profondeur dans le schiste en place : 9,9 mmhos/cm à 30-40 cm, 22,5 mmhos/cm à 85-100 cm. Les chlorures et le sodium prédominent nettement parmi les ions solubles.

Cependant, la plupart des sols ne présente pas de caractères de salure et la conductivité reste inférieure à 1 mmhos/cm.

pH

Dans les sols non salés les valeurs sont de l'ordre de 8,6-8,7, comme dans les autres sols calcaires.

Dans les sols salés et alcalisés les valeurs décroissent avec l'augmentation de la salure, elles passent ainsi de 8,8 à 8,1 dans le profil D 66.

Texture

Elle est à dominante limoneuse mais contient toujours une certaine proportion d'éléments grossiers qui varie d'un profil à l'autre.

La fraction argileuse est toujours en plus faible quantité dans l'horizon superficiel ; mais elle ne dépasse guère 20 % de la terre fine dans les horizons les plus riches.

2-2 .3 Conclusions

Ces sols se développent sur un matériau de recouvrement généralement peu épais. La culture favorise la création d'un horizon de surface appauvri en argile et qui est aussi moins calcaire.

Un gradient calcaire apparaît, mais il ne se différencie souvent que sur une profondeur limitée.

Le profil tend à s'approfondir par des pénétrations terreuses dans le schiste altéré, essentiellement dues à l'activité biotique ; elles favorisent la progression des racines et de la matière organique vers la profondeur. Cependant, ces pénétrations sont très irrégulières et diminuent généralement très rapidement en profondeur.

Ces différents caractères nous conduisent à classer ces sols en sols bruns modaux sur schistes altérés. Mais selon l'état d'altération des schistes qui détermine les possibilités d'approfondissement du profil, on peut trouver des sols peu profonds correspondant plutôt à des sols régosoliques et qui constituent des profils intermédiaires entre les sols bruns et les sols minéraux bruts.

L'altération et la richesse en calcaire peuvent être considérées comme des caractères anciens, si comme nous le pensons ces zones ont été encroûtées.

Si l'on considère le profil D 66 précédemment décrit dans son ensemble, on peut le placer dans la classe des sols halomorphes. On notera cependant que la salure se manifeste surtout dans le schiste en place. Ces sols salés sont très localisés et relativement peu étendus, ils sont morphologiquement comparables aux sols non salés, aussi, par souci de simplification nous avons préféré les maintenir dans un seul ensemble.

Ces sols présentent un certain intérêt au point de vue agronomique ; bien que leur fertilité soit assez faible et irrégulière. Il faut surtout souligner l'importance du calcaire, notamment vers 30 cm de profondeur, qui limite la gamme des cultures possibles : maraîchage, abricotiers, oliviers, amandiers. Enfin la salure sera encore plus restrictive dans certains cas.

3 - CONCLUSIONS.

L'érosion qui s'est développée sur les régions correspondant à cette unité a mis à nu des schistes irrégulièrement altérés qui conservent une importante richesse en calcaire ; celle-ci est un héritage des encroûtements qui ont certainement été généralisés à la plus grande partie des surfaces et ne subsistent plus que sous forme de lambeaux résiduels épars.

Cette unité n'offre pas d'intérêt pour une mise en valeur générale. On peut cependant envisager des irrigations ponctuelles sur les sols bruns ; encore faut-il tenir compte de la richesse en calcaire, et éventuellement de salure, dans le choix des cultures.

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 20

N° profil : D 66

N° profil : D 14

(X: 8°8'3" ; Y: 31°44'10")

(X: 8°5'31" ; Y: 31°44'41")

N° échantillon	D 661	D 662	D 663		D 141	D 142			
Profondeur cm	0-15	30-40	85-100		0-10	20-30			
Refus 2 mm %	5.9	11.8	55.2		19.4	37.5			
Argile %	16.8	24.4	15.3		8.8	16.8	schiste altéré à 30 cm		
Limon fin %	35.6	37.8	29.3		24.8	30.0			
Limon grossier %	18.3	11.9	10.6		15.1	12.8			
Sable fin %	15.0	12.8	14.1		21.8	16.4			
Sable grossier %	10.5	12.0	31.5		27.0	24.3			
Matière organique %	1.69	0.52	0.22		0.86	0.88			
Azote %	1.16	0.53	0.63		0.81	0.72			
C/N	8.4	5.7	2.1						
Calcaire total %	1.9	24.1	4.4		7.7	16.8			
Calcaire actif %		13.2							
K ₂ O assimilable %	0.34	0.12	0.07						
Ca éch. mg/100 g	5.60	4.60	4.83		13.6	10.0			
Mg éch. "	2.80	1.95	2.35		8.8	10.4			
K éch. "	0.73	0.26	0.14		0.99	0.64			
Na éch. "	1.10	0.76	0.50		0.28	0.28			
S	10.23	7.57	7.02		23.67	21.32			
T					23.75	22.00			
pH eau 1/2,5	8.8	8.6	8.1		8.6	8.7			
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	1.55	9.91	22.52		0.59	0.60			
Sels (Ext. 1/5) % s.s.									
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm									
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mg/litre		70.00	210.00						
SO ₄ ⁻⁻⁻ "		41.00	50.00						
CO ₃ ⁻⁻⁻ "		-	-						
CO ₃ H ⁻ "		4.00	4.00						
Ca ⁺⁺ "		20.00	47.50						
Mg ⁺⁺ "		25.00	65.00						
K ⁺ "		0.15	0.20						
Na ⁺ "		69.50	15.00						
H ₂ O % dans pâte sat.		50.00	50.00						
Humidité équivalente %			schiste altéré à 55 cm						

U N I T E 21

Association : SOLS MINÉRAUX BRUTS, non climatiques, d'érosion, LITHOSOLS ; SOLS PEU ÉVOLUÉS, non climatiques, d'érosion, REGOSOLIQUES ; SOLS ISOHUMIQUES, à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, BRUNS MODAUX ; sur gabbros.

1 - GENERALITES

Cette unité apparaît sur des surfaces restreintes, à plusieurs endroits à proximité de l'oued Tensift. Elle correspond aux zones d'affleurement des gabbros en inclusions dans les schistes primaires.

L'érosion favorise l'existence d'affleurements nombreux en association avec des sols peu évolués, ou des sols bruns lorsque l'altération de la roche peut se développer en profondeur.

Les limites sont généralement bien tranchées soit avec des affleurements schisteux ou quartzitiques (unités 19 et 20), soit avec des encroûtements calcaires (unités 23 et 24), ou bien avec des dépôts de thalweg (unité 17).

En raison de la topographie accidentée et de l'existence d'affleurements en grand nombre, cette unité n'a pas d'intérêt agricole. Elle s'inclue dans les zones de parcours traditionnelles. Toutefois, lorsqu'un sol, même peu profond, existe, et qu'il est suffisamment exempt de blocs ou d'affleurements, des cultures de céréales en sec y sont généralement pratiquées.

2 - LES SOLS.

2-1. Les sols minéraux bruts

Ce sont les affleurements de gabbros, recouverts de débris pierreux ou sableux en surface. Ils peuvent se classer en deux catégories :

- les affleurements rasants qui correspondent à une roche fortement diaclasée ; avec deux réseaux de diaclases qui s'entrecroisent. Cette structure favorise le débit en éléments de taille limitée.

- les affleurements en boules, au contraire, correspondent à une roche cristalline homogène, traversée par de rares diaclases. Sous l'effet de l'érosion, des blocs arrondis, parfois de grande dimension (jusqu'à 1 mètre de diamètre), se dégagent au-dessus de la surface du sol. Entre les blocs, le sol peu s'approfondir.

Le faciès des gabbros est très variable et les deux formes d'affleurements sont parfois associées dans une même zone, où l'on observe en plus des formes intermédiaires. Si le caractère des lithosols nous semble être le plus largement représenté, il est discutable dans les cas où la roche est très fragmentée et correspondraient mieux à des régosols.

2-2. Les sols peu évolués.

Profil de référence : D 71 (X : 8°11'18" ; Y : 31°44'40")

D 71 : Zone bosselée avec affleurements et cailloux de gabbro ; la surface des cailloux présente des traces de revêtements calcaires ou des zones rubéfiées par endroits. Pente de 4-5 % non cultivée, maigre végétation courte de graminées (Avena stérilis).

- 0 - 9 cm : Brun clair (7,5-10 YR 6/4). Limono-sablo-argileux : avec graviers et cailloux de gabbro ; graviers entourés de calcaire. Structure bien développée polyédrique émoussée : 0,2 à 1 cm, parfois plus. Cohésion faible. Porosité mie de pain moyenne à fine, bonne. Enracinement moyen, irrégulier en raison de la faible végétation. Cet horizon est interrompu par des affleurements qui arrivent jusqu'en surface par endroits.
- 9 - 30 cm : Horizon intermittent formant des poches de quelques dizaines de cm, plus ou moins profondes, entre les affleurements. Brun pâle (10-7,5 YR 6/4). Limono-sablo-argileux, avec petits cailloux de gabbro (quelques cm) parfois assez altérés et se désagrégant par fissuration des cristaux de feldspath. Structure bien développée polyédrique émoussée : 0,1 à 0,3 cm, parfois jusqu'à 1 cm. Cohésion faible. Porosité mie de pain fine à moyenne, bonne. Engainements calcaires irrégulièrement distincts ; effervescence violente à l'acide. Activité biotique bonne. Enracinement médiocre mais bien réparti dans la masse terreuse.

En dehors des poches terreuses et vers le bas, le matériau de cet horizon s'insère dans les diaclases qui traversent la roche. Ces diaclases sont presque verticales et se recourent parfois ; leur espacement varie de quelques cm à quelques dizaines de cm. La présence de plans de diaclases secondaires subhorizontaux favorise le débit de la roche en éléments aplatis dont les faces sont recouvertes d'un léger film calcaire. Au-dessous de 30 cm les dépôts calcaires deviennent plus importants, sous forme d'amas blancs farineux

faiblement indurés occupant les diaclases au détriment de la terre brune. Au voisinage de la surface, certaines faces de fissuration sont recouvertes de fines pellicules ferrugineuses rouges.

Variation autour du profil de référence

Ces sols se caractérisent par l'action prépondérante de l'érosion. Le matériau meuble et la roche altérée ne subsistent qu'irrégulièrement et sur une faible épaisseur entre les affleurements. La richesse en calcaire est assez générale, notamment vers la profondeur ; mais parfois on observe en surface des caractères de rubéfaction résiduels, surtout sur les surfaces les plus élevées.

Compte tenu de l'état de fissuration de la roche et des pénétrations irrégulières de la terre meuble en profondeur, nous considérons ces sols comme régosoliques.

2-3. Les sols bruns

2-3 .1 Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 72 (X : 8°11'26" ; Y : 31°44'40")

D 72 : Léger replat sur bas de pente : 2-3 %, zone cultivé avec chaume d'orge. Cailloux de gabbro de 2-7 cm, couvrent 10 % de la surface. Quelques touffes de jujubiers.

0 à 15-20 cm : Brun clair (10 YR 6/3 - 7,5 YR 6/4). Limono-sableux, faiblement argileux, avec graviers et petits cailloux de gabbro : 10 à 20 % de la masse, avec revêtements calcaires. Structure bien développée, polyédrique 0,5-1 cm ; mais souvent motteuse à la base de cet horizon de travail. Cohésion d'ensemble faible, cohésion des mottes assez fortes. Porosité mie de pain moyenne, faible dans les zones tassées, assez bonne ailleurs. Activité biotique assez bonne et très nette surtout à la base. Enracinement bon et bien réparti. Effervescence violente à l'acide. Limite peu distincte légèrement ondulée.

15-20 à 60 cm: Horizon hétérogène à zones terreuses brun jaunâtre clair (10-7,5 YR 6/4). Limono-sableux plus argileux ; avec petits amas et granules calcaires blancs irrégulièrement répartis, jusqu'à 30-40 % de la masse terreuse vers le bas. Zone de gabbro constituant des îlots dans la terre fine, jusqu'à 20-25 cm de diamètre. La roche, avec de nombreuses diaclases obliques et parallèles, se débite en cailloux réguliers de quelques cm ; à la partie

supérieure et dans les îlots les plus **petits** on observe une véritable arénisation par désagrégation en éléments monocristallins. Dans la masse terreuse, **structure** bien développée, polyédrique mamelonée : 0,2 à 1 cm. Cohésion faible. Porosité mie de pain moyenne, très bonne. Activité biotique très bonne, avec de nombreux turricules favorisant la structure. Enracinement moyen assez bien réparti mais plus faible vers le bas. Effervescence violente à l'acide.

60 à 130 cm : Au-dessous de 60 cm, la roche occupe graduellement la totalité du profil. Elle est parcourue par un réseau de diaclases obliques. La terre brune, les amas et granules sont encore présents dans certaines diaclases et il peut se former des petites poches terreuses jusqu'à 5 cm de diamètre. Vers 1 m on observe de gros blocs (40-50 cm) qui prennent une forme arrondie sous l'effet de l'altération. Léger dépôt calcaire sur les faces des diaclases. Certaines zones sont assez friables, avec désagrégation nette de la roche.

Variations autour du profil de référence.

Ces sols se situent sur des zones de replats ou déprimées, où l'altération en profondeur a pu se développer et se maintenir en place. La roche mère n'est jamais très profonde et certains profils peuvent être généralement d'origine colluviale, ou moins à la partie supérieure. Cependant, le matériau est généralement essentiellement autochtone comme en témoigne l'orientation régulière des diaclases apparaissant dans les îlots de gabbro plus ou moins désagrégé.

2-3 .2 Caractéristiques analytiques

Seul le profil de référence D 72 a été analysé (valeurs exprimées en pourcentage de la terre totale).

Matière organique et azote total

A peine 1 % de matière organique et moins de 1 % d'azote total, avec une assez bonne pénétration en profondeur. Cette pauvreté caractérise tous les sols à texture grossière de la région.

Calcaire

Ces sols sont bien pourvus en calcaire et présentent une décarbonatation nette à la partie supérieure : 15,8 % de calcaire total, 21,4 % au-dessous. De 5 % en surface le calcaire actif s'élève jusqu'à 9 % dès 30-40 cm et peut commencer à devenir gênant pour certaines plantes. Il n'y a que peu de calcaire dans les îlots de roche friable de l'horizon moyen: 2,2 %, et très peu dans les zones désagrégées profondes : 0,8 % à 1 m.

Potassium assimilable

Les teneurs sont médiocres à faibles 0,20 % en surface, 0,12 % au dessous.

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est limitée par suite de la texture grossière du sol : 12 à 13 meq/100 g dans la terre fine avec 30 à 40 % de gravier.

On note une prédominance du calcaire échangeable surtout en surface (85 % du complexe adsorbant). Au-dessous l'équilibre entre les bases échangeables est mieux assuré ; mais la proportion de sodium échangeable atteint 10 % du complexe adsorbant entre 30-40 cm dans le profil analysé, et indiquerait une tendance à l'alcalisation.

Salure

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols bien drainés.

pH

De l'ordre de 8,0 en surface il monte jusqu'à 8,6-8,7 dans l'horizon sous-jacent et dans la roche en cours de désagrégation ; ces valeurs sont couramment observées dans les sols calcaires de la région.

Texture

Ces sols possèdent une fraction grossière très importante : 30 à 40 %, sans tenir compte de la présence des îlots de roche plus ou moins altérée. La terre fine elle-même contient plus de 50 % de sables avec moins de 20 % d'argile.

2-3 .3 Conclusion

L'érosion constitue aussi un facteur important dans l'évolution de ces sols, **comme le prouvent leur pierrosité et la proximité** de la roche-mère. La distinction avec les sols peu évolués n'est pas toujours aisée ; mais lorsque le profil se différencie sur une profondeur notable, comme dans le cas du profil de référence, avec une pénétration de la matière organique en profondeur et une nette différenciation du profil calcaire, il est classé en sol brun isohumique.

3 - CONCLUSIONS.

Cette unité est donc caractérisée par la prédominance de l'érosion qui favorise la pierrosité et la présence d'affleurements nombreux. A la couleur vert sombre du gabbro, s'ajoute la teinte brun-jaunâtre très caractéristique du sol ; elle est bien distincte de celle des autres sols de la région (teinte moins rougeâtre, souvent intermédiaire entre les planches 7,5 YR et 10 YR du code Munsell).

Les gabbros résistent beaucoup mieux à l'altération que les granites dans la même région. Ils se fragmentent assez facilement surtout lorsqu'ils sont très diaclases ; mais la désagrégation en éléments monocristallins n'atteint que les zones superficielles. Les granites, au contraire, sont arénisés sur plusieurs mètres d'épaisseur. La différence proviendrait de l'absence de biotite dans le gabbro, et la désagrégation semble s'y effectuer principalement par fragmentation des cristaux de feldspath.

Cette unité ne couvre qu'une superficie très limitée, sur des surfaces accidentées, avec des sols manquant souvent de profondeur et encombrés de pierraille et de blocs. Elle n'a aucun intérêt pour la mise en valeur.

U N I T E 22

Association : SOLS MINÉRAUX BRUTS, d'origine non climatique, d'APPORT FLUVIATILE sur alluvions sableuses et caillouteuses ; SOLS HALOMORPHES à structure dégradée, à ALCALI NON LESSIVES, très salés à nappe peu profonde, sur alluvions limono-sableuses.

1 - GENERALITES.

Cette unité correspond au lit majeur de l'oued Tensift. Il est assez large à l'E. où il atteint fréquemment 1 km du N. au S. ; il se rétrécit à l'O. du confluent avec l'oued N'fis en même temps qu'il s'encaisse dans les alluvions grossières encroûtées.

Ce lit majeur constitue en réalité une zone de divagation de l'oued où le lit mineur est souvent représenté par plusieurs chenaux d'écoulement qui peuvent changer de place d'une année à l'autre, comme l'indiquent les photographies aériennes prises à quelques années d'intervalle.

Au point de vue pédologique nous pouvons distinguer :

- des sols minéraux bruts d'apport fluviatile sur alluvions sableuses et caillouteuses. Ils correspondent aux zones d'écoulement en période de basses eaux, ou lit mineur.

- des sols halomorphes, très salés à alcali sur alluvions limono-sableuses. Ce sont les surfaces temporairement occupées par l'oued.

2 - LES SOLS.

2-1. Les sols minéraux bruts d'apport

Ce sont les alluvions déposées et remaniées à proximité des chenaux d'écoulement de l'oued.

Ces alluvions sont constituées de lentilles sableuses et caillouteuses entrecroisées. Les galets sont constitués par des roches diverses originaires de l'Atlas : grès, granite, andésite, basalte.

Ces alluvions ne portent pas de végétation et ne présentent pas de caractères d'évolution pédologique : ce sont des sols minéraux bruts d'apport fluviatile. On observe fréquemment en saison sèche, de larges plages blanches salées qui sont les manifestations de l'évaporation intense à partir de la nappe phréatique proche de la surface du sol.

2-2. Les sols halomorphes

En période de crue l'oued s'étale et ne submerge qu'irrégulièrement le lit majeur. L'abrasion fluviatile est très variable d'un point à un autre. Les surfaces sont bosselées, et le sable du lit majeur, repris par le vent vient s'accumuler au pied des touffes de végétation. Après la crue l'oued peut se fixer à un emplacement très différent de celui qu'il occupait auparavant. D'anciens chenaux d'écoulement morts subsistent encore et constituent des dépressions où l'eau stagne.

Cette zone de divagation de l'oued est caractérisée par la présence de nombreux tamaris. Salicornia arabica apparaît aussi fréquemment. Des palmiers dattiers sont présents sur certaines zones. Les cultures maraîchères sont très rarement pratiquées sur ces sols.

Un profil a été décrit à titre d'exemple : C 45 (X : 8°3'34"; Y:31°42'2")

C 45 : Lit majeur de l'oued Tensift. Tamaris, Salicorne, joncs.

0 à 30 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Humide. Limoneux, finement sableux. Massif à cohésion faible. Porosité tubulaire et activité biotique médiocres. Enracinement assez bon et bien réparti. Limite régulière, progressive sur 5-10 cm.

30 à 100 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/3). Humide. Limoneux, très finement sableux, plus sableux vers le bas. Massif à cohésion faible. Enracinement surtout constitué par des rhizomes de Phragmites communis, nombreux et bien répartis jusqu'à 50 cm, rares au-dessous. Très humide vers le bas. Limite brutale ondulée.

100 à 120 cm : Niveau à graviers et cailloux ; galets jusqu'à 15 cm ; avec sable grossier. La nappe phréatique apparaît dans ce niveau.

Ce profil ne révèle aucune différenciation pédologique du matériau. La texture contient suffisamment de limon fin et d'argile pour réaliser une pâte saturée dont l'extrait aqueux fournit des valeurs élevées de la conductivité électrique : 26-37 mmhos/cm.

Nous ne possédons pas d'analyses sur le complexe adsorbant dans les horizons supérieurs et moyens, mais le bilan ionique indique une prédominance très importante du sodium et des chlorures parmi les sels solubles. On peut penser que l'alcalisation est généralisée à tout le profil. Les efflorescences salines sont nombreuses à la surface pendant la saison sèche.

Les sols sont classés en sols halomorphes à structure dégradée, à alcali non lessivé, très salés à nappe peu profonde, sur alluvions limono-sableuses.

Ces sols sont essentiellement caractérisés par la salure importante due à la proximité de la nappe. Le matériau peut avoir pour origine le remaniement des basses terrasses limoneuses de l'unité 2 qui sont attaquées par l'oued au cours de ses divagations, ainsi que les limons en suspension dans l'oued pendant les périodes de crue.

Compte tenu de leur fertilité réduite et surtout de leur situation : salure, hydromorphie, inondation, érosion, recouvrement, ces sols n'ont pratiquement pas d'intérêt au point de vue agricole.

3 - CONCLUSIONS.

Cette unité qui correspond à la zone de divagation de l'oued Tensift, n'a aucun intérêt pour la mise en valeur. Elle ne doit cependant pas être oubliée dans le cadre d'un inventaire général des sols de la région.

U N I T E 23

SOLS PEU EVOLUES, non climatiques, d'érosion, REGOSOLIQUES et LITHOSOLIQUES sur croûte calcaire ; SOLS ISOHUMIQUES, à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, BRUNS MODAUX sur encroûtement calcaire granulo-modulaire à remaniement superficiel.

1 - GENERALITES.

Cette unité correspond aux surfaces encroûtées du Haouz et de la bordure méridionale des Djebilets. Elle est l'une des mieux représentées sur la carte.

Les surfaces encroûtées existent de part et d'autre de l'oued Tensift et elles s'abaissent régulièrement vers l'oued. Au N., elles constituent un glacis de raccordement entre les reliefs schisteux et l'oued, la pente est de l'ordre de 1 % ; elles ont été découpées en interfluves étroits par des thalwegs peu encaissés issus des collines schisteuses des Djebilets, dans lesquels on trouve des sols appartenant aux unités 10, 11, 17 et 19. Au S., elles ont une extension plus importante, surtout vers le confluent avec l'oued N'fis ; elles se dégagent progressivement des épanchages limoneux venus de l'Atlas, et la pente faible, régulière vers le N. N.O. de la plaine du Haouz, de l'ordre de 0,5 %, n'est pas interrompue à leur contact (cf. fig. 4). Elles sont aussi entaillées par d'étroits thalwegs à alluvions limoneuses qui rejoignent l'oued Tensift.

Les encroûtements sont présumés d'âge Tensiftien (quarternaire moyen). Ils se sont développés sur des matériaux différents au N. et au S. de l'oued Tensift :

- au N., le glacis de raccordement est une surface d'aplanissement irrégulièrement remblayée. Les encroûtements se sont formés soit sur les matériaux de remblaiements riches en débris de schistes, soit sur les roches affleurantes après érosion : schiste, granite.

- au S., les matériaux encroûtés sont limoneux et d'origine atlasique. Ils peuvent être localement riches en galets (roches atlasiques diverses).

Le terme "carapace calcaire" suivant la terminologie de A. RUELLAN, indique une accumulation calcaire groupant : dalle avec ou sans pellicule rubanée, croûte et encroûtements, sans préjuger de leur importance relative. Il s'applique bien ici, en raison de la grande irrégularité qui existe en surface.

Les croûtes massives, dures, et ne dépassant guère 30 cm d'épaisseur, apparaissent irrégulièrement en surface, elles sont le plus souvent disloquées et fragmentées. Au-dessous, l'encroûtement peut être feuilleté mais devient rapidement granulo-nodulaire, pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur.

Fréquemment, les sols se développent sur l'encroûtement granulo-nodulaire sans traces de croûtes et dalles calcaires. On peut penser que celles-ci ont été complètement démantelées par l'érosion, car on en retrouve souvent des fragments dans l'horizon romanié superficiel, ou bien qu'elles n'ont pas existées, notamment sur les surfaces les plus élevées situées en amont.

Les carapaces calcaires qui tendent à fossiliser les surfaces où elles se sont développées ont été soumises à l'érosion. Celle-ci a abouti à la formation d'un niveau de remaniement superficiel, riche en éléments grossiers, essentiellement calcaires, qui se retrouve presque partout. Ce remaniement caractérise toutes les surfaces anciennes de la région.

Les sols se développant sur les croûtes calcaires dures superficiellement remaniées, sont des sols peu évolués d'érosion. Plus rarement, on observe des sols minéraux brut d'érosion (lithosols) quand la croûte massive affleure sans dislocation importante. Lorsque le remaniement superficiel repose directement sur un encroûtement granulo-nodulaire, l'approfondissement du profil se réalise facilement dans ce matériau pour aboutir à la formation de sols considérés comme bruns modaux.

Les limites sont généralement bien tranchées avec les unités voisines. Cette unité apparaît très bien sur les photographies aériennes où elle constitue des zones claires contrastant sur le fond plus sombre des surfaces non encroûtées.

Cette unité est irrégulièrement mais fréquemment cultivée. A l'exception des zones où affleure la dalle massive, le remaniement superficiel épais en général de 20 à 40 cm, permet la culture de céréales en sec. L'irrigation est pratiquée depuis longtemps au N. de MARRAKECH sur les sols bruns granulo-nodulaires de la palmeraie. Actuellement, on assiste à une véritable colonisation des grandes surfaces encroûtées au S.E. de la Zaouia CHERRADI. Les éléments plus ou moins disloqués de croûte ne dépassent guère 30 cm d'épaisseur, et ils se situent dans les 50 premiers cm du profil ; ils sont facilement éliminés par écroûtago. L'encroûtement granulo-nodulaire sous-jacent est suffisamment friable pour permettre l'enracinement. Des puits équipés de moto-pompes permettent d'irriguer les jeunes plantations d'abricotiers, d'oliviers, plus rarement d'amandiers, avec quelques parcelles de cultures maraîchères : fèves surtout.

La végétation spontanée est constituée de petites herbacées graminéennes, avec quelques touffes de jujubiers.

2 - LES SOLS.

2-1 Les sols peu évolués2-1 .1 Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : C 28 (X : 8°4'44" ; Y : 31°40'32")

C 28 : sur croûte en place irrégulièrement disloquée.

Zone plane à pente faible vers le N. : 0,5 %. Ancienne plantation d'agrumes ; les arbres sont morts ou très chétifs et sclérosés. Fragments de croûte et quelques galets en surface. Nombreux Cynodon dactylon.

0 à 10 cm : Brun rougeâtre clair (5 YR 6/3). Nombreux débris de croûte calcaire de toutes tailles, irréguliers, emoussés, avec terre fine limoneuse ; quelques petits lits sableux très fins (lentilles d'irrigation). Motteux, parfois polyédrique : 1-2 cm. Cohésion assez forte. Porosité médiocre. Activité biotique assez développée en surface, plus faible au-dessous. Il s'agit d'un ancien horizon de culture irriguée. Enracinement herbacé bien réparti entre les éléments calcaires durs. Réaction violente à l'acide. Limite régulière sur 3 cm.

10 - 30 cm : Semblable, mais terre fine plus foncée (5 YR 4/4). Nombreux fragments de croûte calcaire grossiers. Motteux, irrégulièrement polyédrique : 1-2 cm. Cohésion forte des éléments (très sec). Fins engainements calcaires autour des pores. Enracinement bien réparti. Réaction violente à l'acide.

Vers 30 cm : Croûte calcaire ondulée avec pellicule rubannée à la partie supérieure. Elle est bien disloquée d'un côté et permet le passage de la terre brune et des racines herbacées dans les anfractuosités. Elle constitue une dalle très dure, d'une épaisseur de 30 cm environ, reposant sur un encroûtement granulo-nodulaire.

Variations autour du profil de référence.

Les sols sont constitués par un matériau de remaniement riche en débris calcaires de toutes tailles ; les plus grossiers peuvent atteindre 10-15 cm et correspondent à des fragments de croûte et de dalle calcaires ; sans être très attaqués ils sont généralement emoussés. A certains endroits, on observe en outre des galets ou des débris schisteux qui présentent des traces d'ancroûtement ; des éléments rocheux semblables existent dans les croûtes en place de la même région. Le remaniement s'accompagne nécessairement d'un déplacement des matériaux à faible distance ; dans un profil donné, le matériau ne doit pas être considéré comme étant exclusivement constitué par les éléments calcaires arrachés à la croûte sous-jacente.

Dans ce matériau de remaniement deux horizons peuvent généralement être distingués :

- un horizon superficiel (horizon de culture) de 10 à 15 cm d'épaisseur : motteux, souvent lamellaire en surface.

- un horizon inférieur : irrégulièrement structuré, souvent polyédrique net (0,5-2 cm), parfois massif. Cet horizon se distingue souvent du précédent par l'existence d'engainements calcaires autour des pores.

Le sol est limité à faible profondeur par une croûte calcaire compacte et dure. La croûte possède une épaisseur de 30, parfois 40 cm, et repose sur un encroûtement friable granulo-nodulaire d'épaisseur généralement supérieure à 1 m passant en profondeur à un matériau meuble avec ou sans amas calcaires (voir chapitres généraux).

La limite entre le remaniement superficiel et la croûte calcaire est le plus souvent ondulée et irrégulière suivant le démantèlement plus ou moins important de la croûte. Selon les zones considérées, celle-ci peut être assez bien conservée en place, dure et compacte, ou bien irrégulièrement fissurée, avec de larges éléments basculés et décalés. Ces éléments peuvent avoir subi une fragmentation plus importante qui en a réduit la taille et facilite le transport ; on peut avoir ainsi tous les intermédiaires passant au deuxième type de sol de cette unité où le remaniement à débris calcaire repose directement sur l'encroûtement granulo-nodulaire.

2-1 .2 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Le pourcentage de matière organique ne dépasse guère 1 % de la terre fine dans l'horizon de surface, avec moins de 0,9 % d'azote total.

Les valeurs diminuent rapidement dans l'horizon inférieur où elles sont de l'ordre de 0,6 %. Cette diminution relativement brutale de la matière organique au-dessous de l'horizon cultivé apparaît d'une façon comparable dans la plupart des sols de la région.

Calcaire

La terre fine n'est que faiblement calcaire : de l'ordre de 2 %, malgré l'existence de nombreux éléments calcaires dans la masse.

Il n'apparaît pas de gradient calcaire dans ces sols au-dessus de la croûte. La richesse en calcaire de l'horizon inférieur à engainements est à peine supérieure à celle de l'horizon de surface dans le profil C 66 (et la différence n'est guère significative : 1,95-2,25 %) ; la teneur en calcaire est identique dans les deux horizons du profil C 38. (Un plus grand nombre de profils analysés permettrait peut-être de dégager une tendance générale à une très légère différenciation du profil calcaire dans ce matériau de remaniement).

Potassium assimilable

Les teneurs en potassium assimilable sont médiocres dans le profil C 28 : 0,21-0,18 %.

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est de l'ordre de 12 meq/100 g de terre fine dans le profil C 28 ; elle diminue en même temps que la matière organique dans l'horizon inférieur : 10 meq/100 g à 15-30 cm. L'équilibre entre les bases échangeables est assez bien assuré dans ce profil C 28.

Salure

Il n'y a généralement pas de salure ; mais des zones à tendance salée peuvent exister sporadiquement vers l'O., au S. de l'oued Tensift.

pH

Le pH est de 8,5 dans l'horizon de culture, il n'augmente que très légèrement au-dessous : 8,6-8,7.

Texture

Les éléments grossiers essentiellement calcaires, parfois rocheux : graviers et cailloux, constituent un pourcentage variable de la masse, mais rarement inférieur à 20-30 %.

La terre fine se place essentiellement dans les catégories limono-sableuse et limoneuse.

2-1 .3 Conclusion

Limité à faible profondeur (30-40 cm) par une croûte calcaire dure, le matériau de remaniement superficiel n'est que faiblement différencié. Les sols sont classés en sols peu évolués d'érosion régosoliques ou lithiques selon l'importance de la dislocation de la croûte calcaire.

Dans une certaine mesure, le profil de ces sols peut être rapproché des profils de rendzines : matériau original calcaire, faible profondeur avec quantité importante d'éléments calcaires résiduels, mais la structure est différente. Elle apparaît parfois assez bien développée : polyédrique émoussée ; cependant elle est souvent très irrégulière, parfois massive, et particulièrement fragile : elle se détruit presque totalement lorsque le sol est humide. En outre, la teneur en calcaire de la terre fine est très faible, malgré la présence de graviers et cailloux calcaires nombreux. Ces caractères ne correspondent pas à ceux des sols calcimagnésiques.

La pauvreté en calcaire de la terre fine par rapport à la roche mère calcaire est assez souvent surprenante. La classification en sols peu évolués d'érosion peut aussi être discutée, car l'érosion ne semble pas très active actuellement ; la présence d'éléments grossiers nombreux en surface assure par ailleurs une certaine protection contre le ruissellement. Il serait nécessaire d'analyser un plus grand nombre de profils

pour savoir si l'existence d'engainements dans l'horizon inférieur correspond à une tendance vers une différenciation du profil calcaire.

La présence d'une croûte calcaire à faible profondeur limite les possibilités de cultures aux espèces herbacées : céréales en cultures sèches, parfois cultures maraîchères en zone irriguée.

A condition de percer complètement la croûte calcaire au moment de la plantation, le reboisement pourrait être envisagé, à base d'eucalyptus par exemple ; les arbres trouveraient dans l'encroûtement granulo-nodulaire situé sous la croûte des conditions satisfaisantes d'enracinement et d'alimentation hydrique et minérale. Mais dans certaines zones l'encroûtement est feuilleté et compact sur une profondeur importante, notamment en bordure de l'oued Tensift ; en rive gauche, il existe aussi des bancs de calcaire lacustre très dur qui affleurent par place à la rupture de pente du thalweg, à proximité du douar EL GUERN par exemple. Ces zones ne sont guère utilisables pour la mise en valeur.

Cependant, dans la plupart des cas, l'épaisseur relativement limitée de la croûte (30 cm) qui repose sur l'encroûtement granulo-nodulaire, permet d'envisager des travaux d'écroûtage. Ces travaux devraient aboutir au point de vue agronomique à des profils comparables au profil C 87 décrit dans la 2ème partie de l'étude des sols de cette unité. La gamme de cultures possibles est à retenir parmi les espèces tolérantes au calcaire (dont la proportion augmente en profondeur dans l'encroûtement granulo-nodulaire : les valeurs y sont généralement supérieures à 10 %) : amandiers, abricotiers, oliviers, grenadiers, luzerne et cultures maraîchères irriguées.

2-2. Les sols bruns

2-2 .1 Caractéristiques morphologiques

Profils de référence

Deux profils sont donnés en exemple :

- profil C 87 : sur encroûtement granulo-nodulaire (X : 8°2'14")
d'un matériau d'apport limoneux (Y : 31°39'39")
- profil D 25 : sur encroûtement d'une arène (X : 8°0'45")
granitique (Y : 31°42'32")

C 87 : Zone plane. Ancienne culture d'orge en sec, chaumes très fins. Nombreux débris calcaires (jusqu'à 15 cm), en surface ; parfois morceau de croûte de 30-40 cm. Terre fine motteuse mais bien émiettée par le piétinement du bétail. Palmiers-dattiers, avec touffes de jujubiers et Asparagus stipularis.

- 0 à 15 cm : Horizon de travail. Brun (7,5 YR 6/4-5/4). Limono-sableux avec 10 à 20 % de graviers calcaires (quelques éléments jusqu'à 10 cm). Terre fine meuble friable, ou en mottes de toutes tailles jusqu'à 5-10 cm. Cohésion faible. Activité biotique et porosité fine bonnes. Enracinement assez bon et bien réparti. Limite très nette légèrement ondulée.
- 15 à 55 cm : Brun (7,5 YR 5/4), mais hétérogène avec taches blanchâtres constituant 20 à 30 %. Ces taches claires correspondent à des granules et nodules calcaires ; terre fine plus argileuse. Structure polyédrique bien développée entre les granules et nodules. Cohésion d'ensemble assez forte ; dureté moyenne des éléments structuraux. Activité biotique et porosité assez bonnes. Enracinement médiocre mais présent dans tout l'horizon, favorisé par l'activité biotique. Les granules et nodules sont revêtus d'un dépôt blanc peu induré. Ils sont irrégulièrement indurés, mais leur couleur est toujours brune lorsqu'ils sont très durs, et blanche s'ils sont peu indurés. Les plus gros éléments qui atteignent 10 cm apparaissent toujours bruns et sont vraisemblablement des fragments de dalle. Limite progressive et régulière.
- 55 à 80 cm : La proportion des granules augmente jusqu'à former plus de 50 % de l'ensemble ; entre les éléments indurés la matrice devient plus blanchâtre et la proportion de terre brune travaillée par la faune diminue. L'encroûtement granulo-nodulaire est donc plus dense mais il n'est pas massif et les éléments se divisent bien. L'activité biotique et la porosité sont toujours bonnes dans les fines zones de terre brune.

A quelques dizaines de mètres, l'écroûtage est en cours sur une grande surface. Il aboutit à constituer des profils comparables au profil C 87.

D 25 : Plat, à pente faible vers le S. : 1-2 %. Pierrosité importante : nombreux graviers et cailloux inférieurs à 10 cm, avec prédominance de fragments de croûte calcaire et aussi cailloux de quartz, quelques granites. Culture d'orge non irriguée au stade de tallage.

0 à 30 ou 40 cm : Humide, brun rougeâtre clair (5 YR 6/3). Sableux à sablo-limono-argileux. Graviers et cailloux plus nombreux à la partie supérieure ; les cailloux de quartz présentent des traces d'encroûtement. Structure assez bien développée : polyédrique 1 à 2 cm, parfois motteuse. Cohésion faible, libérant facilement la terre fine en petits grumeaux. Porosité lacunaire fine et moyenne très bonne. Activité biotique importante qui favorise l'individualisation de grumeaux. Enracinement bon et bien réparti des fines herbacées. A la moitié inférieure, on note un fin pseudomycélium de plus en plus dense vers le bas, et la texture s'enrichit en argile.

Limite ondulée, souvent soulignée par un fin dépôt calcaire qui constitue une ligne blanchâtre de 1 cm d'épaisseur peu indurée (petite croûte ondulée très fragile).

30 ou 40 à 100 cm : Humide à la partie supérieure, brun clair (7,5 YR 6/4) Amas et granules calcaires blanchâtres représentant 40 à 50 % de la masse. Les éléments calcaires sont assez bien séparés mais ils se réunissent parfois pour constituer une masse irrégulière plus importante : 5-6 cm. La taille et l'induration diminuent sensiblement vers le bas, mais un noyau induré existe fréquemment au centre des amas, même à la base. La terre fine brune est sablo-limono-argileuse, avec des graviers et quelques petits cailloux de quartz. On note deux filonnets quartzifères accolés qui remontent jusqu'à 55 cm ; le matériau granitique est donc bien en place au moins jusqu'à ce niveau. A la partie inférieure, apparaissent quelques îlots d'arène granitique étirés horizontalement et dont la taille atteint 15 cm de large ; l'arène finement feuilletée dans le sens horizontal a conservé la structure initiale du granite. Au-dessus, n'apparaissent que des fantômes d'arène assez bien digérés dans la terre brune ; ils sont indiqués par la présence des cristaux de quartz qui restent bien apparents. Structure bien développée : polyédrique omoussée de quelques mm à 1 cm entre les granules. La terre fine très travaillée par la faune ostriche en turricules fragiles qui se réduisent en petits grumeaux. Porosité excellente. Enracinement herbacé bien réparti dans les zones terreuses, mais diminue en profondeur. Limite progressive, irrégulière, intermittente.

100 à 225 cm : A partir de 100 cm les îlots d'arène deviennent progressivement plus étendus pour constituer l'essentiel de la masse vers 140-150 cm. Entre 100 et 150 cm l'horizon précédent (terre brune et granules calcaires) constitue encore 50 % de la masse entre les zones d'arène. Au-dessous il pénètre encore et constitue des bandes, s'élargissant parfois en poches de 10-15 cm, qui sont assez rectilignes et semblent avoir pour origine l'existence d'une ancienne diaclase. Les dépôts calcaires sont généralement plus blancs et friables, mais il existe aussi quelques lits bruns, massifs de 2 à 3 cm d'épaisseur dans les diaclases. L'activité de la faune est importante jusqu'à la base du profil dans les zones de terre fine.

L'arène possède une couleur vert jaunâtre sale finement feuilleté dans le sens horizontal avec des diaclases verticales, sans pénétrations terreuses ou calcaires. Le granite est composé de grains fins mais constituant deux catégories en fonction de la dimension :

- quartz et feldspath: 3-4 mm, biotite : 1 mm
- quartz, feldspath et biotite : beaucoup plus petits : 1/10 mm.

La biotite altérée donne une couleur rouille sale à l'ensemble de l'arène.

Variations autour des profils de référence.

Les éléments calcaires sont présents dès la surface dans tous les profils. Dans les horizons superficiels, ils correspondent aux éléments arrachés et fragmentés de la carapace calcaire en place. Ces horizons possèdent généralement une structure irrégulièrement développée et assez fragile.

Lorsque la croûte n'existe pas ou si elle a été totalement disloquée, le profil peut s'approfondir dans l'encroûtement nodulaire. Dans ce cas, la limite entre le remaniement superficiel et l'encroûtement en place n'est pas toujours très nette.

L'activité biotique qui pénètre dans les encroûtements tend aussi à homogénéiser les profils. Elle est très active dans ces encroûtements calcaires jusqu'à plusieurs mètres de profondeur. Elle se manifeste par un réseau anastomosé de terre brune riche en turricules, qui s'insère entre les éléments calcaires indurés. Cependant, nous n'avons jamais observé d'espèces vivantes susceptibles d'être à l'origine de ces turricules.

Au-dessous de l'horizon de culture, des petits engainements ou des pseudomycéliums apparaissent fréquemment dans les zones occupées par les racines herbacées. Dans certains profils, ils existent aussi dans les zones de terre fine, entre les éléments calcaires. Fréquemment, une petite croûte blanchâtre (1-2 cm d'épaisseur) vacuolaire, fissurée et assez fragile, existe à la base de l'horizon remanié superficiel ; elle est irrégulière, ondulée ou inclinée, et peut constituer parfois plusieurs niveaux.

2-2 .2 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les teneurs en matière organique sont très irrégulières d'un profil à l'autre : de 0,6 à 1,6 % de terre fine en surface ; mais elles sont souvent supérieures à 1 % .

La matière organique pénètre en profondeur dans l'encroûtement granulo-nodulaire. Elle présente le plus souvent une répartition isohumique comparable à celle des sols isohumiques de la région si elle est exprimée par rapport à la terre fine : de l'ordre de 0,5 % vers 30 cm, 0,2-0,3 % vers 70 cm.

Les quantités d'azote total sont faibles : moins de 1 %. Elles suivent les mêmes variations que la matière organique.

Le rapport C/N est bas : 8-9.

Calcaire

La terre fine n'est que faiblement ou moyennement calcaire en surface : les valeurs sont le plus souvent comprises entre 5 et 8 % dans l'horizon de surface ; mais elles peuvent être beaucoup plus faibles dans certains profils : de l'ordre de 2 % dans les profils D 0 et D 24.

Le pourcentage de calcaire augmente en profondeur, dans les encroûtements granulo-nodulaires, mais les valeurs sont très variables suivant les profils : de 10 à plus de 30 %. Le calcaire actif varie dans des proportions moins importantes : 6-9 %.

Le calcaire sous formes d'éléments grossiers indurés est toujours abondant : il représente au moins 20 à 30 % et souvent 50 à 60 % du matériau.

Potassium assimilable

Les quantités de potassium assimilable sont satisfaisantes : 0,47 à 0,49 % de terre fine.

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est faible : 6 à 10 meq/100 g de terre fine; les valeurs les plus élevées s'observent dans les horizons de surface. Le complexe est saturé.

La proportion des bases échangeable apparaît assez irrégulière, notamment pour le magnésium qui est très faible dans le profil D 25 développé sur encroûtement d'arène granitique. Cependant, le nombre de profils analysés est insuffisant pour porter un jugement d'ensemble. Le sodium devient important en profondeur dans certains profils où le rapport Na/T atteint 14-15 %.

Salure

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols. De petites zones salées très localisées peuvent cependant exister, surtout à l'O., au S. de l'oued Tensift ; elles sont indiquées par la présence de Mesembryanthemum nodiflorum.

pH

Le pH varie d'un profil à l'autre : 8,1-8,5 en surface, les valeurs augmentent jusqu'à 8,7-8,8 en profondeur ; jusqu'à 9,4 dans les horizons profonds alcalisés du profil D 25.

Texture

Les éléments grossiers, constituent une proportion importante : de 30 à 60 %. Ils sont essentiellement calcaires ; mais selon la nature du matériau initialement encroûté, des cailloux anguleux schisteux, parfois des galets, peuvent aussi exister. La terre fine appartient à la catégorie limono-sableuse, parfois limoneuse.

2-2 .3 Conclusion

Malgré la présence d'éléments calcaires indurés nombreux, la terre fine des horizons supérieurs n'est que faiblement ou moyennement calcaire.

Des dépôts de calcaire secondaires apparaissent à faible profondeur sous forme d'engainements, d'amas, parfois d'une fine croûte fragile, à la limite entre le remaniement superficiel et l'encroûtement en place. Un gradient calcaire se différencie nettement dans les profils.

La structure est assez bien développée mais irrégulière et assez fragile dans le matériau de remaniement : elle est plus nette entre les éléments calcaires dans l'encroûtement. Elle est partout favorisée par l'activité biotique et par l'existence d'une végétation herbacée. Le profil de la matière organique en fonction de la profondeur est comparable à celui que l'on observe dans les autres sols de la région considérés comme isohumiques.

La tendance à l'homogénéisation et l'isohumisme qui se manifeste dans ces sols correspond plutôt à une pédogénèse de type stoppisation que calcimagnésique. Bien qu'il ne soit pas exclu de considérer l'ensemble du profil comme un sol brun encroûté nous préférons considérer l'encroûtement ancien et son remaniement comme la roche-mère de ces sols. Les sols sont considérés comme bruns isohumiques modaux sur encroûtement granulo-nodulaire à remaniement superficiel.

Ces sols possèdent une valeur agricole médiocre; cependant, ils peuvent être cultivés. Compte tenu de l'abondance des éléments calcaires, il faut considérer comme un facteur positif la teneur en calcaire limitée de la terre fine dans les horizons supérieurs. Mais la richesse en calcaire plus importante en profondeur, limite la gamme des cultures aux espèces peu sensibles au calcaire.

Dans la palmeraie de MARRAKECH, l'irrigation de ces sols, fréquemment accompagnée par l'apport de gadoues, et sur certaines zones l'épandage des égouts de la ville, permettent la pratique des cultures maraîchères avec des résultats qui semblent très satisfaisants : artichauts, aubergines, fèves, navets.

3 - CONCLUSIONS.

Cette unité possède une extension importante dans la région étudiée. Elle correspond à l'unité 1 de l'étude MARRAKECH O. - Oued N'fis - SIDI ZOUINE, qui avait été indiquée comme régosols. Il semble en effet que la proportion de croûte et dalle devient plus importante vers l'ouest.

La présence de la carapace calcaire caractérise toute cette unité. L'existence d'une croûte calcaire en place limite la profondeur du sol ; au contraire en son absence, l'approfondissement du profil peut se développer dans l'encroûtement granulo-nodulaire. L'érosion semble avoir été une cause importante du remaniement superficiel, mais la dislocation

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 23

N° profil : C 38

N° profil : C 28

(X: 8°0'22" ; Y: 31°40'33")

(X: 8°4'44" ; Y: 31°40'32"

sol brun

sol peu évolué

N° échantillon	C 381	C 382	C 383			C 281	C 282		
Profondeur cm	0-10	20-35	60-70			0-10	15-30		
Refus 2 mm %	40.6	25.6	62.8			21.2	24.5		
Argile %	14.6	23.4	25.2			19.03	20.00	croûte à 30 cm	
Limon fin %	18.9	19.6	25.2			16.49	12.41		
Limon grossier %	17.9	11.5	10.2			11.93	12.92		
Sable fin %	32.8	31.5	26.7			27.09	28.17		
Sable grossier %	14.2	13.9	14.4			27.24	29.09		
Matière organique %	1.04	0.56	0.20			1.29	0.56		
Azote %	0.67	0.43	0.18			0.88	0.49		
C/N	9.1	7.7	6.7			6.5	6.7		
Calcaire total %	4.85	5.00	6.85			1.90	1.95		
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %	0.47	0.38	0.16			0.21	0.18		
Ca éch. mé/100 g	4.4	2.0	2.0			6.40	6.40		
Mg éch. "	2.8	2.4	1.6			4.80	2.80		
K éch. "	1.07	0.84	0.48			0.58	0.78		
Na éch. "	0.43	0.48	0.68			0.20	0.20		
S	8.70	5.72	4.76			11.96	10.18		
T	9.00	6.00	4.50			12.50	10.00		
pH eau 1/2,5	8.2	8.45	8.0			8.45	8.60		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.38	0.22	0.35			0.38	0.25		
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.12	0.07	0.11			0.12	0.08		
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %			encroûtement sur matériau limoneux						

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 23 :

N° profil : C 66

N° profil : C 87

(X: 8°8'3" ; Y: 31°47'31")

(X: 8°2'14" ; Y: 31°39'39")

sol peu évolué

sol brun

N° échantillon	C 661	C 662			C 871	C 872	C 873		
Profondeur cm	0-10	25-30			0-15	35-45	60-75		
Refus 2 mm %	10.9	11.5			19.7	24.6	32.2		
Argile %	14.7	19.7			9.7	21.3	19.5		
Limon fin %	22.2	16.0	croûte		13.7	12.0	19.7		
Limon grossier %	12.5	13.4	à		11.5	9.2	10.6		
Sable fin %	36.4	35.7	30 cm		38.7	34.1	26.3		
Sable grossier %	13.6	14.1			25.6	22.9	21.1		
Matière organique %					0.53	0.30	0.25		
Azote %.					0.35	0.21	0.16		
C/N					8.9	8.6	9.4		
Calcaire total %	1.95	2.25			5.05	10.40	16.70		
Calcaire actif %						6.25	9.50		
K ₂ O assimilable %.									
Ca éch. mé/100 g									
Mg éch. "									
K éch. "									
Na éch. "									
S									
T									
pH eau 1/2,5	8.5	8.7			8.5	8.8	8.6		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.	0.28	0.41			0.22	0.25	0.48		
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm	0.09	0.13			0.07	0.08	0.15		
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.								encroûtement d'un matériau limoneux	
Humidité équivalente %					12.1	14.5	16.2		

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 23

N° profil : D 0

N° profil : D 24

(X: 8°4'34" ; Y: 31°44'35")

(X: 8°0'45" ; Y: 31°42'37")

sol brun

sol brun

N° échantillon	D 01	D 02				D 241	D 242		
Profondeur cm	0-10	25-35				0-10	50-60		
Refus 2 mm %	41.2	47.7				39.6	35.1		
Argile %	10.2	17.6				8.4	13.5		
Limon fin %	12.5	13.0				8.9	13.9		
Limon grossier %	13.5	9.7				11.5	8.6		
Sable fin %	18.4	13.0				20.0	16.6		
Sable grossier %	42.4	45.3				50.2	47.9		
Matière organique %	0.74	0.67							
Azote % C/N									
Calcaire total %	1.8	9.3				1.9	8.5		
Calcaire actif %									
K ₂ O assimilable %									
Ca éch. mē/100 g									
Mg éch. "									
K éch. "									
Na éch. "									
S									
T									
pH eau 1/2,5	8.5	8.6				8.3	8.7		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm									
Sels (Ext. 1/5) % t.s.									
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm									
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl- mē/litre									
SO ₄ -- "									
CO ₃ -- "									
CO ₃ H- "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %		encroûtement sur matériau riche en débris schisteux					encroûtement d'arène		

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 23

N° profil : D 25

N° profil :

(X: 8°0'45" ; Y: 31°42'32")

(X: ; Y:

sol brun

N° échantillon	D 251	D 252	D 253	D 254	D 255				
Profondeur cm	0-10	25-35	60-70	100-115	175-185				
Refus 2 mm %	48.8	53.1	27.8	40.8	50.0				
Argile %	11.1	17.3	18.3	17.6	7.1				
Limon fin %	13.0	13.0	14.9	18.8	5.8				
Limon grossier %	15.7	11.4	10.4	12.0	5.6				
Sable fin %	19.0	16.8	16.4	15.1	14.8				
Sable grossier %	37.8	40.8	40.3	39.7	68.0				
Matière organique %	1.59	0.55	0.28	0.14					
Azote %	1.14	0.40	0.23	0.18					
C/N	8.1	8.0	7.0	4.4					
Calcaire total %	6.0	10.2	17.5	26.1	4.0				
Calcaire actif %		6.7	7.2	9.0					
K ₂ O assimilable %	0.49	0.35	0.32	0.30					
Ca éch. mé/100 g	8.5	6.80	6.00	5.20					
Mg éch. "	0	0	0.40	0.40					
K éch. "	1.05	0.75	0.69	0.64					
Na éch. "	0.20	0.08	0.13	1.05					
S	9.25	7.63	7.22	7.29					
T	9.75	7.75	7.75	7.25					
pH eau 1/2,5	8.1	8.5	8.7	9.4	9.6				
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	0.78	0.29	0.27	0.66	0.97				
Sels (Ext. 1/5) % t.s.									
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm									
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %			encroûtement d'arène						

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 23.

N° profil : D 96

N° profil : C 96

(X: 8°11'7" ; Y: 31°43'20")

(X: 8°4'4" ; Y: 31°44'46"

sol brun

(en impureté dans l'unité 3)

N° échantillon	D 961	D 962	D 963			C 961	C 962		
Profondeur cm	0-10	30-40	80-95			0-10	30-40		
Refus 2 mm %	45.3	64.3	38.7			51.9	45.2		
Argile %	18.2	25.2	21.5			8.7	12.0		
Limon fin %	17.1	14.6	24.3			15.5	18.1		
Limon grossier %	23.6	19.3	13.3			13.2	11.4		
Sable fin %	25.8	22.7	17.7			18.4	13.5		
Sable grossier %	13.2	15.8	22.0			41.8	45.2		
Matière organique %	1.54	0.72	0.18			1.62	0.52		
Azote %.	0.37	0.54							
C/N									
Calcaire total %	5.1	9.3	37.1			8.5	23.6		
Calcaire actif %		7.25	12.5				9.75		
K ₂ O assimilable %.									
Ca éch. mé/100 g									
Mg éch. "									
K éch. "									
Na éch. "									
S									
T									
pH eau 1/2,5	8.1	8.2	8.3			8.3	8.8		
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm	1.92	0.48	0.62						
Sels (Ext. 1/5) % t.s.									
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm									
Sels solubles (Ext. Sat.):									
Cl ⁻ mé/litre									
SO ₄ ⁻⁻ "									
CO ₃ ⁻⁻ "									
CO ₃ H ⁻ "									
Ca ⁺⁺ "									
Mg ⁺⁺ "									
K ⁺ "									
Na ⁺ "									
H ₂ O % dans pâte sat.									
Humidité équivalente %			encroûtement d'un matériau limoneux				encroûtement d'un matériau riche en débris schisteux		

de la croûte a aussi pu être facilitée par l'existence d'une végétation arbustive dont les racines en s'insérant dans les fissures auraient décalé et basculé les blocs.

Il est très difficile de délimiter l'extension de chacun des deux types de sols qui constituent un complexe dans cette unité : cependant dans la région de MARRAKECH la distinction est facilitée par la présence des palmiers-dattiers. On reconnaît facilement sur les photographies aériennes les zones à forte densité de palmiers, piquetées de points noirs, qui correspondent aux sols bruns granulo-nodulaires ; au contraire, les surfaces à croûte calcaire où les palmiers sont absents ou très rares, apparaissent en zones blanches sur les photographies. Dans les autres régions cette distinction nécessiterait une étude à plus grande échelle, mais une telle étude n'aboutirait certainement pas à des unités pures. D'une façon générale, les zones à croûte calcaire sont légèrement exhausées par rapport aux surfaces granulo-nodulaires voisines, et il semble que les croûtes sont mieux représentées vers l'aval en direction de l'oued Tensift.

Compte tenu des possibilités d'encroûtement, une grande partie de cette unité peut être prise en considération pour la mise en valeur, si des impératifs humains ou économiques l'exigent. La présence d'un encroûtement granulo-nodulaire doit favoriser le drainage du sol ; cependant, il serait souhaitable de vérifier aussi le drainage profond qui peut être limité par l'existence de bancs calcaires à certains endroits.

En outre, il convient de souligner le danger des travaux de nivellement qui pourraient décaper la partie supérieure du sol et mettre en affleurement les encroûtements granulo-nodulaires profonds très riches en calcaire. Une irrigation ponctuelle en petites unités, sans bouleversements du sol, serait donc indiquée.

U N I T E 24

Association : SOLS PEU EVOLUES, non climatiques, d'érosion, REGOSOLIQUES sur alluvions grossières encroûtées ; SOLS ISOHUMIQUES, à complexe saturé, évoluant sous pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, BRUNS ENCROUTES, sur épandage gravelo-caillouteux à galets, et terre fine limono-sableuse à limono-argileuse, très faiblement à moyennement calcaire.

1 - GENERALITES.

Cette unité borde l'oued Tensift à l'O. du méridien de longitude 8°11'. Elle correspond à des alluvions grossières qui constituent deux terrasses encroûtées. Ce sont les terrasses les plus hautes de l'oued Tensift, visibles sur cette partie de son cours (cf. fig.3). Elles se situent aux environs des 25 m et des 12 m à l'O. de la carte ; leur altitude relative diminue régulièrement, mais on les suit assez bien vers l'amont, jusqu'au douar EL GUERN, où elles sont difficiles à distinguer l'une de l'autre. Elles ne sont plus visibles vers l'E.

Ces terrasses n'ont pas une extension régulière, notamment sur la rive droite où l'oued est souvent en contact direct avec les roches primaires. La terrasse inférieure est étroite et disparaît très souvent, cependant on peut la suivre assez facilement sur une rive ou sur l'autre. La terrasse supérieure est plus large surtout sur la rive droite et elle se raccorde sans talus bien marqué aux larges surfaces encroûtées du Haouz ou de la bordure méridionale des Djebilets. En effet, les alluvions grossières de l'oued Tensift disparaissent sur les matériaux fins d'épandages qui constituent les surfaces encroûtées (unité 23). Les épandages ont pour origine des apports latéraux venant de l'Atlas ou des Djebilets.

Ces alluvions encroûtées ont été profondément entaillées par un réseau dense de petits vallons, de plus en plus net vers l'O. Elles portent surtout des sols peu évolués d'érosion.

Cependant, il existe localement des sols plus profonds sur des matériaux d'épandages plus récents ; soit à partir de remaniements avec accumulation préférentielles sur certaines zones de replat, ou bien par apports nouveaux lorsque les petits oueds affluents étaient actifs. Enfin, la terrasse inférieure est souvent constituée par des alluvions meubles en

surface, elles existent sur des zones légèrement déprimées qui indiquent le passage d'anciens débordements de l'oued Tensift. Les sols se développant sur ces matériaux sont des sols bruns.

Quelques impuretés cartographiques sont constituées par des dépôts limoneux fins actuels ou subactuels, surtout sur la terrasse inférieure. Ils correspondent à quelques oueds encore actifs, qui entaillent les deux terrasses pour rejoindre le lit actuel de l'oued Tensift.

Les limites de l'unité sont généralement bien tranchées ; sauf parfois avec l'unité 23 en raison du passage progressif et irrégulier aux matériaux plus fins portant les croûtes calcaires ; ceci est surtout dû à l'effet de l'érosion qui tend à unifier les deux surfaces.

En raison de la pression démographique et de l'absence de bonnes terres, cette unité est souvent mais irrégulièrement cultivée ; les sols profonds sont travaillés en priorité. Les céréales en sec constituent l'unique culture. La végétation spontanée est maigre et courte : quelques graminées et chardons ; quelques rares touffes de jujubiers aussi.

2 - LES SOLS.

2-1. Les sols peu évolués

2-1 .1 Caractéristiques morphologiques

Profils de références : C 79 (X : 8°14'37" ; Y : 31°44'17")
et D 98 (X : 8°26'5" ; Y : 31°44'17")

C 79 : Terrasse encroûtée inférieure. Surface horizontale légèrement entaillée par les oueds affluents. Nombreux galets et débris calcaires jusqu'à 10 cm de large ; avec graviers usés mais souvent anguleux après fragmentation. Peu de végétation : Delphinium peregrinum, Stipa retorta.

0 à 20 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Limono-sableux, avec 50 à 60 % de cailloux et graviers ; certains sont des fragments calcaires mais la plupart sont d'origine alluviale : grès, granite, roches vertes. Structure moyennement à peu développée, libérant de la terre fine à tendance monoparticulaire ou des polyèdres irréguliers (jusqu'à 5 cm). Cohésion faible. Porosité moyenne, mie de pain fine. Enracinement médiocre à la partie supérieure, réduit ensuite. Par endroits petits engainements calcaires. Effervescence violente à l'acide. Limite nette ondulée.

Au dessous 20 cm : Galets encroûtés ; avec dalle rubanée irrégulière, plus ou moins démantelée, à la partie supérieure. Encroûtement plus diffus au-dessous.

D 98 : Pente 3 % sur flanc d'interfluve étroit façonné dans une masse alluviale caillouteuse de la terrasse supérieure. Petits galets généralement inférieurs à 4-5 cm, certains sont brisés ; ils recouvrent 15-20 % de la surface battue. Non cultivé, quelques petites graminées desséchées : Stipa retorta, Avena sterilis.

0 à 10 cm : Horizon riche en graviers avec cailloux, de calcaire et roches diverses ; les galets, dont certains atteignent 10-15 cm, présentent des traces d'encroûtement, ils sont parfois cassés. Terre fine brune (7,5 YR 5/4 - 10 YR 5/3). Limono-sableuse, occupant environ 30-40 % de la masse. Structure à tendance lamellaire à la partie supérieure, battue et tassée sur 1-2 cm ; au-dessous plutôt polyédrique émousée 0,2-1 cm dans les zones terreuses. Cohésion faible. Porosité et activité biotique assez bonnes mais irrégulières. Enracinement faible mais bien réparti des fines herbacées. Effervescence assez faible à l'acide. Limite assez nette mais ondulée par apparition de calcaire autour des éléments grossiers.

10 à 30 cm : Même matériau que l'horizon précédent mais présence de pseudomycélium calcaire, plus net sur les cailloux. Outre les éléments calcaires détritiques, on note aussi des amas blanchâtres de calcaire secondaire, parfois indurés, accolés à des cailloux et tendant à constituer une très mince croûte par endroits au-dessous de l'horizon supérieur ; cette croûte est assez indurée mais présente de nombreuses craquelures qui la divise en petits éléments. Structure assez bien développée, polyédrique émousée 0,2-1 cm. Porosité et activité biotique très bonnes. Enracinement très faible. Effervescence violente à l'acide. Limite ondulée assez nette par endroits, peut distincte ailleurs.

30 à 200 cm : Matériau alluvial surtout constitué de galets variés, beaucoup sont inférieurs à 5 cm, mais certains atteignent 10-15 cm de diamètre ; avec des lits graveleux ou sableux. Encroûtement calcaire en lits massifs très durs, ondulés et irréguliers ; ils s'intercalent entre des zones friables. Il existe encore un réseau peu important de terre fine brune bien travaillée par la faune.

Vers 200 cm : D'un côté du profil, schiste verdâtre fin en place.

Variations autour du profil de référence.

Toujours peu profonds, les profils reposent sur des alluvions caillouteuses encroûtées dont le remaniement est l'origine du matériau originel supérieur.

Ce matériau est toujours très riche en éléments grossiers d'origine alluviale, mélangés à des fragments de croûte démantelée.

Les deux profils décrits représentent les deux cas qui s'observent fréquemment :

- C 79 : horizon de remaniement assez homogène ; tout au plus quelques petits engainements calcaires localisés.

- D 98 : la différenciation d'un "microprofil" calcaire est très nette, avec dépôt de calcaire secondaire à la partie inférieure. La réaction à l'acide indique aussi une richesse en calcaire beaucoup plus importante dans la moitié inférieure du profil.

2-1 .2 Caractéristiques analytiques

Les résultats donnés n'ont qu'une valeur indicative en raison de leur nombre restreint.

Matière organique et azote total

Les valeurs sont très faibles si on les exprime par rapport à la terre totale. Cependant à la partie superficielle, de 0-10 cm, la terre fine contient des quantités comparables aux autres sols de la région : 0,6 à 1,7 % de matière organique, 0,4 à 1,3 % d'azote total.

Calcaire

Les sols sont peu calcaires : moins de 5 % à la partie supérieure.

Dans les profils semblables à D 98 les teneurs sont importantes dans l'horizon inférieur : 25 % de calcaire total dont 10 % de calcaire actif.

Potassium assimilable

Quantités très faibles dans le profil C 79 : 0,16 %

Salure

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols.

pH

Les valeurs varient suivant les profils : 8-8,5.

Texture

Les éléments grossiers représentent la plus grande partie du matériau : graviers ou cailloux d'origine alluviale, ou fragments de croûte. La terre fine se classe essentiellement dans les catégories limono-sableuse avec une tendance plus limoneuse vers le bas (appauvrissement des fractions fines en surface).

2-1 .3 Conclusion

La mise en place du matériau caillouteux à partir des galets encroûtés sous-jacents s'est effectuée par remaniement physique : érosion surtout.

Ces sols peu profonds et très caillouteux sont classés en sols peu évolués régosoliques. Compte tenu de l'abondance des éléments calcaires dans

le matériau il faut souligner la faible quantité de calcaire contenue dans la terre fine, à la partie supérieure.

La différenciation d'un profil calcaire comme dans le profil D 98 évoque des profils de rondzines. La structure a tendance à prendre des formes émoussées, mais elle est généralement peu marquée et fragile : se détruisant sous la pluie ; elle ne correspond pas à la structure typique des sols calcinagnésinorphes. Compte tenu de ces remarques : structure émoussée mais fragile ; profil calcaire avec décarbonatation à la partie supérieure, et par analogie avec les autres sols d'érosion de la région, notamment ceux de l'unité 23, un intergrade steppisation pourrait être envisagé ; surtout pour les sols de la terrasse supérieure qui sont pour la plupart semblables à D 98.

Les sols présentent peu d'intérêt au point de vue agronomique : profondeur et fertilité réduites, pierrosité importante.

2-2. Les sols bruns

2-2 .1 Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 88 (X : 8°12'28" ; Y : 31°44'13")

D 88 : Zone plane à proximité de l'oued Tensift. Nombreux galets couvrant 80 % de la surface, de toutes tailles jusqu'à 10-15 cm, origine pétrographique variée, quelques éléments calcaires par endroits. Culture d'orge après moisson, quelques touffes de jujubiers.

0 à 10 cm : Brun (7,5 YR 5/4). Limoneux faiblement argileux; graviers et cailloux nombreux, jusqu'à 50 % de l'ensemble. Structure assez bien développée, polyédrique irrégulière : 0,3 à 1 cm. Cohésion assez faible. Porosité tubulaire fine, médiocre, mais partiellement lacunaire assez bonne. Enracinement moyen assez bien réparti. Effervescence très faible à l'acide. Limite régulière peu tranchée.

10 à 20 ou 30 cm : Plus riche en cailloux que le précédent : 70 % de la masse. Terre fine limono-argileuse, plus rouge (5 YR 5/4). Petits engainements calcaires localisés, léger revêtement autour des cailloux surtout à la base. Structure polyédrique irrégulière assez fine : 0,5 cm. Cohésion moyenne à faible. Porosité et activité biotique bonnes. Enracinement herbacé bon et bien réparti. Effervescence moyenne à l'acide. Limite nette sur 5 cm, légèrement ondulée.

20 ou 30 à 90 ou 100 cm : Accumulation de calcaire en éléments irréguliers soudant les graviers et les cailloux ; induration forte. Terre fine en fin réseau anastomosé représentant 30 à 40 % de l'ensemble ; brun rougeâtre (5 YR 5/4) contrastant sur la masse claire calcaire. La terre fine est

accompagnée de granules ; elle est bien travaillée par la faune, avec de nombreux turricules, qui déterminent une bonne structure. Les zones granulo-terreuses sont bien friables. Effervescence violente à l'acide. Limite ondulée nette, mais le contraste est atténué par la continuation des zones terreuses travaillées par la faune.

90 ou 100 à 200 cm : Matériau alluvial riche en galets divers jusqu'à 15 cm, mais les plus nombreux de l'ordre de 2-3 cm. Encroûtement en lits épais massifs, très durs et ondulés, alternant avec des zones plus graveleuses friables.

Variations autour du profil de référence.

Le profil D 88 caractérise les zones irrégulièrement réparties, avec un matériau caillouteux à teinte dominante rougeâtre, qui existent sur la terrasse supérieure au N. de l'oued Tensift. La décarbonatation est très prononcée à la partie supérieure fréquemment remaniée. L'encroûtement apparaît à faible profondeur. Il se distingue très nettement des alluvions grossières encroûtées profondes où le calcaire constitue des lits et bancs très massifs soudant les sables et graviers. Souvent, les sols ne sont pas aussi profonds que dans le profil de référence, et les galets encroûtés en lits massifs apparaissent à faible profondeur ; le profil calcaire est toujours très net, mais l'encroûtement se distingue mal.

Sur la terrasse inférieure, qui existe surtout en rive gauche dans la région cartographiée, les profils sont sensiblement différents :

- le profil calcaire est bien différencié avec encroûtement vers le bas, mais la partie supérieure reste encore riche en calcaire, exemple : D 87.

- le matériau est assez caillouteux, avec des galets variés, mais contient assez souvent des débris calcaires. De plus, la couleur de la terre fine est généralement moins rougeâtre. En profondeur, l'encroûtement en éléments indurés de forme variée remplissant les interstices entre les galets est épais. L'encroûtement en lits et bancs massifs apparaît moins fréquemment sur cette terrasse, mais il existe aussi.

2-2 .2 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les valeurs sont très faibles si on les rapporte à la terre totale : moins de 0,70 %. Elles sont comparables à celles des autres sols de la région lorsqu'on les exprime par rapport à la terre fine (les résultats obtenus pour D 87 ne semblent pas représentatifs). La pénétration en profondeur est bien marquée.

Calcaire

Le gradient calcaire est très net. Selon le type de profil, la décarbonatation est plus ou moins prononcée à la partie supérieure : 0,3-4,8 %. Dans l'horizon encroûté les valeurs sont de l'ordre de 9-10 % de calcaire total par rapport à la terre fine.

Potassium assimilable

Les valeurs sont élevées dans la terre fine : 0,5-0,7 ‰ en surface, 0,30-0,5 ‰ vers le bas. Elles deviennent médiocres si elles sont exprimées par rapport à la terre totale.

Complexe adsorbant

La capacité d'échange varie en fonction de la texture et de la présence de matière organique : de 8 à 17 meq/100 g de terre fine. La saturation du complexe adsorbant est assurée.

Le calcium échangeable est largement prédominant. Le magnésium est irrégulier, souvent insuffisant, surtout par rapport au potassium.

Dans le profil D 87 de la terrasse inférieure, le complexe adsorbant est plus riche en sodium : Na/T atteint 10 % en surface, plus faible au-dessous : 8 %. Ces valeurs indiquent une tendance à l'alcalisation dans ce profil.

Salure

Il n'y a normalement aucune manifestation de salure dans ces sols.

La conductivité s'élève à 2,4 mmhos/cm à 40 cm dans le profil D 87. Les sols de la terrasse inférieure sont davantage exposés à l'apparition de salure en raison de la proximité de la nappe phréatique et du mauvais drainage.

pH

Le pH varie d'un profil à l'autre mais en restant dans des limites étroites : 8,0-8,3.

Texture

Les sols sont riches en éléments grossiers représentant au moins 50 % de la masse. La terre fine est limoneuse parfois limono-sableuse à la partie supérieure, plus argileuse vers le bas : limoneuse à limono-argileuse.

2-2 .3 Conclusion

Ces sols présentent un isohumisme caractéristique, avec un profil calcaire bien différencié : ils sont classés en sols bruns isohumiques encroûtés sur matériau gravelo-caillouteux à galets et terre fine limono-sableuse à limono-argileuse.

Ces sols sont cultivables, mais en raison de leur charge très importante en éléments grossiers, leur profondeur irrégulière et leur extension très

FICHE ANALYTIQUE

Unité : 24

N° profil : D 98

(X: 8°26'5" ; Y: 31°44'17")
sol régosolique

N° profil : C 79

(X: 8°14'37" ; Y: 31°44'6")
sol régosolique

N° échantillon	D 981	D 982			C 791			
Profondeur cm	0-8	20-30			0-15			
Refus 2 mm %	51.3	49.1			52.7			
Argile %	9.0	18.6			10.4			
Limon fin %	17.4	16.4			12.4			
Limon grossier %	20.5	14.3			27.8			
Sable fin %	23.9	20.4			35.1			
Sable grossier %	25.7	23.0			14.3			
Matière organique %	1.78	0.79			0.58			
Azote %	1.28	0.51			0.44			
C/N	8.1	9.0			7.7			
Calcaire total %	4.6	25.2			2.3			
Calcaire actif %		10.2						
K ₂ O assimilable %					0.16			
Ca éch. mé/100 g								
Mg éch. "								
K éch. "								
Na éch. "								
S								
T								
pH eau 1/2,5	7.9	8.2			8.5			
C ^{te} (Ext. Sat.) mmhos/cm								
Sels (Ext. 1/5) % t.s.					0.22			
C ^{te} (Ext. 1/5) mmhos/cm					0.07			
Sels solubles (Ext. Sat.):								
Cl- mé/litre								
SO ₄ -- "								
CO ₃ -- "								
CO ₃ H- "								
Ca ⁺⁺ "								
Mg ⁺⁺ "								
K ⁺ "								
Na ⁺ "								
H ₂ O % dans pâte sat.								
Humidité équivalente %					12.4			

limitée ils n'ont pratiquement pas d'intérêt pour la mise en valeur régionale. Cependant, dans ces régions où les sols squelettiques sont prédominants, le fellah trouve sur ces sols des possibilités relativement satisfaisantes ; la charge inerte est importante mais la fertilité de la terre fine est appréciable : potassium assimilable, matière organique. On ne peut cependant guère envisager d'autres cultures que les céréales sur ces sols difficilement irrigables.

3 - CONCLUSIONS.

Ces terrasses d'alluvions encroûtées ont été fortement érodées. L'existence d'éléments grossiers facilement renouvelés et difficilement transportables par ruissellement a favorisé la constitution d'un niveau de remaniement caillouteux, au-dessus des galets encroûtés en place. Par endroits, des apports latéraux plus fins se sont mélangés à ce matériau résiduel grossier. L'ensemble constitue des épandages très irréguliers par leur extension et par leur épaisseur.

Le remaniement a dû s'accompagner d'une perte en calcaire. Mais une fois fixé, le matériau a subi une pédogénèse de même intensité que celle des autres surfaces de la région : steppisation avec différenciation d'un profil calcaire net.

L'érosion plus ou moins vive suivant la topographie et les caractéristiques du climat est demeurée prépondérante et explique la forte concentration des galets sur la plus grande partie des surfaces.

Cette unité ne présente pratiquement pas d'intérêt pour la mise en valeur régionale.

UNITE 25

Association : SOLS à sesquioxydes de fer, FERSIALLITIQUES (rouges méditerranéens) à réserve calcique, ERODES REMANIES ; SOLS PEU EVOLUES, non climatiques, d'érosion, REGOSOLIQUES, sur arènes et roches granitiques.

1 - GENERALITES.

Des roches granitiques syntectoniques associées aux schistes et quartzites primaires apparaissent au N.E. de la carte. Elles ont été excavées par rapport aux roches voisines et correspondent à des glacis d'érosion, remblayés par endroits, qui raccordent les collines de schistes quartzitiques à l'oued Tensift (cf. fig. 5-6). La plus grande partie de ces glacis, surtout vers l'aval, est recouverte par des encroûtements calcaires (unité 23) qui se sont développés directement à la partie supérieure des arènes ou dans les matériaux grossiers, riches en débris schisteux, de remblaiement.

Vers l'amont, les granites sont parfois recouverts par des matériaux caillouteux plus récents à nombreux débris schisteux et terre rouge, descendus des collines schisteuses voisines et s'étalant à leur pied en petits cônes caillouteux d'épandage (unité 3). Cependant, des surfaces demeurent sans recouvrement (ou parfois très faible) et correspondent à cette unité 25.

Cette unité apparaît en plusieurs taches dans les zones granitiques et constitue avec l'unité 3 la transition entre les encroûtements calcaires de l'unité 23 et les reliefs schisteux de l'unité 19. De nombreuses traces de rubéfaction ancienne du matériau en place sont encore visibles, opposant ces zones bien drainées à celles des encroûtements calcaires de teinte blanchâtre. Les pentes peuvent être importantes : 30-35 % sur les flancs des collines à sommets schisteux, ou à peine notables : 2-3 %, mais en position bien dégagée par rapport aux thalwegs voisins. L'érosion a été vive sur ces surfaces et a largement tronqué les sols en place. Des sols rouges méditerranéens peu épais sont associés à des sols peu évolués, parfois à des lithosols. La diversité du faciès des roches granitiques entraîne une différence de comportement vis-à-vis de l'altération, notamment dans leur capacité à subir la désagrégation granulaire ou leur susceptibilité à l'érosion. Ainsi, le matériau originel des sols est constitué selon le cas par une roche dure ou par une arène meuble.

Les limites avec les unités voisines sont généralement bien tranchées.

Lorsque la topographie et la profondeur des sols le permettent, des cultures de céréales en sec sont pratiquées ; sinon, les surfaces avec une maigre végétation herbacée et quelques rares touffes de jujubiers constituent des terrains de parcours pour les troupeaux de chèvres et de moutons.

2 - LES SOLS.

2-1. Les sols rouges érodés remaniés

2-1 .1 Caractéristiques morphologiques

Profils de références : D 23 (X : 8°0'42" ; Y : 31°42'36")
 et
D 22 (X : 8°0'41" ; Y : 31°42'49")

D 23 : Zone plane, pratiquement horizontale, retenue vers l'aval par un gros filon de quartz en relief. Nombreux graviers et cailloux de quartz et de granite couvrant 40 à 50 % de surface. Culture d'orge au stade de tallage.

- 0 à 10 cm : Horizon de culture humide. Brun rougeâtre (5 YR 4/4, humide). Sablo-gravelo-limoneux, caillouteux en surface. Meuble, à terre fine en grumeaux très fragiles de quelques mm ; parfois mottes de couleur plus rougeâtre, très friables. Porosité : mie de pain fine, très bonne. Activité biotique apparemment très bonne. Enracinement satisfaisant de l'orge. Pas d'effervescence à l'acide. Limite nette contrastée.
- 10 à 35 cm : Rouge (2,5 YR 4/6, humide). Argilo-sableux, à sable grossier et graviers. Pellicules brillantes rouges sur les grains de sable. Structure assez bien développée polyédrique à tendance émoussée, inférieure à 0,5 cm. Cohésion faible. Porosité mie de pain moyenne et fine, bonne. Activité biotique bonne facilitant le mélange avec l'horizon supérieur qui se manifeste par des zones plus sombres. Enracinement moyen et irrégulier des fines racines herbacées. Limite ondulée irrégulièrement distincte.
- 35 à 65 cm : Rouge légèrement plus vif (2,5 YR 4/6-4/8, humide). Altération rubéfiée d'un granite à grains fins où l'on reconnaît le plus souvent la structure initiale de la roche finement feuilletée horizontalement ; avec de fines pellicules rouges argileuses séparant les cristaux. Sur les 20 cm supérieurs des zones bien argilifiées alternent avec les fantômes du granite et diminuent d'importance vers le bas. Surtout à la partie inférieure, des zones essentiellement constituées de filonnets quartzeux horizontaux résistent bien à l'altération. La structure est particulière ou en petits polyèdres de quelques mm, à faces brillantes très fragiles.

Porosité tubulaire médiocre, avec très fines fissures. Activité biotique bonne par endroits permettant la pénétration de la terre plus brune de l'horizon superficiel. Présence de quelques fines racines herbacées essentiellement dans les zones les plus altérées, sans structure initiale de la roche reconnaissable, où l'on observe aussi un fin pseudomycélium. Faibles réactions à l'acide. Limite régulière peu distincte.

- 65 à 95 cm : Horizon semblable au précédent, plus sec. Souvent les zones bien altérées sont plus larges qu'à la base de l'horizon précédent ; cependant la structure initiale de la roche est bien reconnaissable sur la plus grande surface. On note aussi l'existence de filonnets riches en quartz, de 2-3 cm d'épaisseur, non altérés. Présence d'amas et granules calcaires mamelonnés (jusqu'à 3 cm), contenant des inclusions rouges, en proportion variable, jusqu'à 20-30 % dans les zones les plus altérées ; parfois fin pseudomycélium. Cohésion d'ensemble assez forte donnant une tendance massive à la structure, mais se subdivise facilement avec libération de petites masses rouges polyédriques brillantes entre les sables. Porosité tubulaire moyenne ; très fines fissures soulignant la structure litée de la roche. Activité biotique assez bonne mais irrégulière facilitant la pénétration des racines et le mélange avec la terre des horizons supérieurs. Effervescence irrégulière à l'acide.
- 95 à 120 cm : D'un côté du profil on passe à un granite à biotite, très riche en quartz, à grains fins et non altérés. De l'autre côté l'altération rubéfiée se continue mais avec apparition de zones moins bien désagrégées séparées par des zones d'arène feuilletée à fines diaclases horizontales où existent irrégulièrement des amas et des granules calcaires. Effervescence à l'acide généralement nulle ou faible, violente dans les zones à amas et granules.

D 22 : Zone à pente faible 2-3 % légèrement bosselée. Forte porosité : graviers et cailloux de quartz. Non cultivé très maigre végétation herbacée rase, surtout graminées.

- 0 à 10 ou 15 cm : Horizon de recouvrement rouge jaunâtre (5 YR 5/6-6/6, sec). Sableux, riche en graviers et cailloux de quartz (jusqu'à 5 cm) occupant environ 40 % de la masse. Battu à tendance lamellaire en surface ; irrégulièrement motteux ailleurs. Cohésion d'ensemble faible, plus forte des mottes. Porosité faible, surtout dans les mottes. Activité biotique et enracinement irréguliers, médiocres. Très légère effervescence à l'acide par place. Limite nette ondulée.

- 15 ou 20 à 50 cm : Rouge brunâtre (2,5 YR 4/4 - 5 YR 4/6). Sablo-argileux à argilo-sableux, avec petits graviers de quartz ; vers le bas, passage progressif à des fantômes d'arène localisés. Sur les 10 cm inférieurs, présence de pseudomycélium ou très fins engainements dans les pores ; pas d'effervescence à l'acide au-dessus de ce niveau. Structure assez mal développée, prismatique (5 cm), initiée par des fissures de dessiccation plus nettes à la partie supérieure ; sous-structure polyédrique irrégulière (1-4 cm). Cohésion d'ensemble faible, un peu plus forte dans les éléments structuraux. Porosité mie de pain moyenne à fine, moyenne. Activité biotique assez bonne, irrégulière. Enracinement faible. Limite irrégulièrement distincte sur 2-3 cm.
- 50 à 80 cm : Horizon hétérogène. Ilots d'arène rubéfiée à grains assez grossiers (jusqu'à 0,5 cm), à revêtements ferrugineux. Altération assez avancée : quartz résistant, biotite mordorée et ternie ; feldspath friable souvent en totalité. Structure horizontale feuilletée de la roche bien reconnaissable avec dépôts ferrugineux soulignant le feuilletage. Réseau d'engainements fins ; effervescence violente à l'acide. Ces ilôts d'arène rubéfiée occupent environ 40 % de l'ensemble ; de forme aplatie : 5-10 cm d'épaisseur, 10-15 cm de largeur, ils contrastent avec la terre rougeâtre semblable à l'horizon précédent mais sans contours très nets. Amas, granules et engainements calcaires dans les zones terreuses. Porosité lacunaire et tubulaire bonne. Activité biotique importante, constituant un réseau anastomosé de galeries de 1 à 3 cm de large, de couleur plus brune avec présence de turricules. Cette activité biotique doit aussi faciliter la digestion de l'arène car elle est très importante sur les bordures des ilôts les plus altérés, en s'insinuant entre les feuilletés. Limite nette mais assez irrégulière et intermittente par pénétration des zones terreuses avec éléments calcaires vers le bas.
- 80 à 200 cm : Arène non rubéfiée, sauf à quelques endroits à la partie supérieure. Structure finement feuilletée (épaisseur des lits : 0,5 cm environ). Quartz sains, biotite mordorée mais brillante ; feldspath fragile s'effritant partiellement mais avec des parties encore dures et cohérentes. L'arène est divisée en zones s'étirant horizontalement (de 5 à 10 cm d'épaisseur), par des veines calcaires souvent farineuses très blanches, mais parfois indurées de couleur brun clair. Elles constituent des lignes de 1 à 5 cm d'épaisseur, horizontales parfois obliques ou verticales, auxquelles se mélange de la terre rouge de l'horizon supérieur dont la pénétration est favorisée par l'activité biotique. Les zones calcaires ou terreuses s'élargissent parfois en poches à contour irrégulier. De fines veines calcaires ou

terreuses s'insèrent aussi entre les feuillets de l'arène. Normalement pas d'effervescence à l'acide dans l'arène.

200 à 370 cm : Les veines calcaires parfois partiellement terreuses deviennent plus rares et plus fines, mais ne disparaissent pas totalement. Même structure finement feuilletée de l'arène ; mais la biotite apparaît plus foncée et brillante, le feldspath se fractionne mais sans s'effriter. On note encore la présence de diaclases subhorizontales avec un écartement plus ou moins régulier d'environ 20 cm ; elles sont imprégnées de calcaire en lignes moins épaisses que dans le niveau supérieur. Par ailleurs, présence de très fines diaclases subverticales souvent assez rapprochées (5-10 cm) disposées en deux réseaux entrecroisés ; elles sont remplies par un fin dépôt dur et sombre (au maximum 2-3 mm d'épaisseur). On ne rencontre jamais de calcaire dans ces diaclases verticales.

Variations autour des profils de référence.

Sous un recouvrement caillouteux, un matériau bien rubéfié caractérise ces sols. De profondeur variable mais toujours limitée, ne dépassant pas 80 cm, il possède une texture sableuse avec une proportion appréciable d'argile. Normalement décalcarifié dans sa plus grande partie, ce matériau présente une concentration de calcaire sous forme d'engainements et de granules vers le bas. Souvent, des fantômes de roches arénisées apparaissent dans la partie inférieure.

En profondeur de grandes variations existent selon les profils étudiés :

- le matériau et l'arène rubéfiée passent progressivement et irrégulièrement à la roche peu ou non désagrégée sans arénisation profonde : exemple profil D 23.

- existence d'une arène sur plusieurs mètres de profondeur. Cette arène peut elle-même présenter un gradient d'altération net en fonction de la profondeur, comme dans le profil D 22.

- mais dans certains cas, on observe le passage brutal de l'horizon rubéfié à une arène peu altérée où les minéraux, essentiellement biotite et feldspath, ne présentent pas un degré d'altération avancé, comparable à celui de l'horizon 50-80 cm du profil D 22 décrit. Cela apparaît bien dans les carrières des profils D 18, D 19, D 52, sur flanc de colline granitique à sommet schisteux, pente forte (35 %), surface graveleux-caillouteuse avec granites en boules par place. (X : 8°2'13" ; Y : 31°44'15") :

0 - 10 cm : recouvrement sablo-graveleux avec petits cailloux de quartz et de schistes.

10 - 50 cm : matériau très rubéfié (2,5 YR 4/6) ; avec structure de la roche granitique conservée, revêtements ferrugineux importants sur les grains. Feldspath fissuré, partiellement friable ; biotite mordorée mais encore brillante.

Vers 40-60 cm : La teinte rouge diminue d'intensité au fur et à mesure que les revêtements ferrugineux s'amincissent, pour passer vers 100 cm à l'arène gris bleuté, peu décomposée.

Il est important de remarquer que dans cet exemple le niveau rubéfié présente une altération beaucoup moins avancée que dans le profil D 22 et que l'arène rubéfiée n'a pas été désorganisée.

Des dépôts calcaires se sont mis en place dans les diaclases et constituent de grandes lignes blanches ondulées généralement subhorizontales qui tranchent nettement sur les arènes gris-bleuté. Parfois, le calcaire constitue de grandes poches granulo-nodulaires (plusieurs dizaines de centimètres) qui remontent jusqu'à la surface du sol en interrompant les horizons rubéfiés.

Les carrières ouvertes dans les granites sur les pentes fortes révèlent une **profondeur** très irrégulière de l'arène qui côtoie des masses de granite non désagrégé et sain, remontant jusqu'à la surface pour constituer des affleurements en boules.

2-1 .2 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

Les valeurs sont très faibles : moins de 0,9 % de matière organique dans la terre fine de l'horizon superficiel de remaniement ; 0,4 à 0,5 % à la partie supérieure de l'horizon rouge.

L'azote total représente respectivement environ 0,50 % et 0,40 % de la terre fine dans les horizons précédemment indiqués.

Le rapport C/N est bas indiquant une matière organique très évoluée : de l'ordre de 9 en surface puis 6 au-dessous.

Calcaire

La partie supérieure des sols n'est pas calcaire. A la base de l'horizon rubéfié où l'on reconnaît pseudomycélium et granules, les valeurs atteignent souvent 3 %, parfois davantage : 8 %. Elles sont très faibles dans l'arène profonde, mais demeurent encore positives même à grande profondeur.

Dans la roche, le calcaire apparaît en accumulations dans les diaclases ou fissures jusqu'aux plus grandes profondeurs.

Potassium assimilable

Moyennes en surface (0,31-0,37 %), les teneurs en potassium assimilable sont faibles au-dessous (0,10-0,20 %).

Complexe adsorbant

La capacité d'échange varie selon les profils de 18 à 31 meq/100 g, mais elle est beaucoup plus faible dans les horizons superficiels : 7,5 meq/100 g. Le complexe est saturé.

Les résultats du profil D 22 concordent mal avec la texture peu argileuse vers le bas (dans les échantillons profonds, non organiques, la capacité d'échange de la fraction colloïdale attendrait 250 à 350 meq/100 g, si on lui attribue l'exclusivité de la capacité d'échange de l'échantillon).

La proportion respective entre les bases échangeables est très différente dans les deux profils analysés :

- dans le profil D 22, nette prédominance du magnésium sur tous les autres cations, se traduisant au point de vue agronomique par un déséquilibre entre les bases échangeables (avec excès de magnésium).

- dans le profil D 23, le magnésium est très insuffisant dans les deux premiers horizons ; les valeurs sont satisfaisantes ensuite.

Le potassium échangeable apparaît partout en quantité trop faible.

Salure

Il n'y a pas de salure dans ces sols.

pH

Inférieures à 8 dans les horizons non calcaires (7,6-8,0), les valeurs montent à 8,3-8,4 puis 8,6-8,7 en présence de calcaire. Dans les arènes très profondes le pH peut atteindre 9.

Texture

Elle est variable selon la granulométrie de la roche-mère, surtout pour la proportion des sables et graviers (notons la différence entre les profils D 23 et D 38 sur granite à grains fins et les profils D 19 et D 22 sur granite à grains grossiers).

L'horizon superficiel est gravelo-caillouteux. Au-dessous, dans une masse sableuse ou sablo-gravelleuse, le pourcentage d'argile est variable mais notable : 20-30 % ; il diminue ensuite rapidement avec la disparition de la rubéfaction en profondeur.

2-1 .3 Conclusion

Ces sols apparaissent partout de profondeur limitée, bien rubéfiés et décalcarifiés avec accumulation de calcaire à la base.

Le complexe adsorbant reste bien saturé (présence de minéraux altérables en grande quantité).

La texture riche en sables est influencée par la nature granitique de la roche-mère ; probablement aussi par le degré d'altération du matériau originel plus ou moins décapé par l'érosion. Les sols ont été soumis à une érosion importante, sans doute essentiellement en nappe, provoquant une concentration des éléments grossiers après entraînement des particules fines. Cette érosion généralisée a pu sévir avec davantage d'intensité sur certaines surfaces, notamment sur pentes fortes, entraînant un rajeunissement plus important du sol.

Ces sols sont difficiles à placer dans la classification. Fortement influencés par l'érosion, ils correspondraient assez bien à la notion de sols pénévulés. Cependant la pédogénèse rubéfiante semble actuellement très faible, sinon inexistante. En effet, totalement décapés sur de grandes zones, où affleure l'arène saine, parfois même le granite dur, ces sols ne se reconstituent pas.

Ce sont des sols rouges anciens, érodés, vraisemblablement déjà pénévulés pendant leur formation, pour lesquels nous proposons la classification suivante :

classe : sols à sesquioxydes de fer.

sous classe : sols fersiallitiques (rouges méditerranéens).

groupe : à réserve calcique (minéraux altérables abondants due au rajouissement du sol.

sous groupe : érodés remaniés.

Au point de vue agronomique, les sols sont pauvres. Ils sont cultivés en céréales lorsque la topographie le permet.

2-2. Les sols peu évolués d'érosion

2-2 .1 Caractéristiques morphologiques

Profil de référence : D 59 (X : 8°2'42" ; Y : 31°44'30")

D 59 : Zone plane, avec une pente de 2-3 %, très légèrement bosselée ; chaume après moisson, cailloux de quartz (7-15 cm) couvrant 30-40 % de la surface.

0 à 10 cm : Horizon de culture. Brun (7,5 YR 5/4-4/4). Sableux avec quelques graviers et cailloux de quartz. Particulaire ou motteux. Cohésion faible, légèrement plus forte dans les mottes. Porosité et activité biotique bonnes. Enracinement des graminées assez bon mais irrégulièrement répartie : pas d'effervescence à l'acide. Limite nette légèrement ondulée.

10 à 37 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Sablo-argileux à sable grossier, ligne de cailloux de quartz anguleux (5-10 cm) à la base. A partir de 15 cm engainements calcaires tendant à former un réseau dense vers le bas. Structure massive à tendance prismatique. Cohésion moyenne, libération d'éléments polyédriques de plus en plus fins jusqu'aux particules élémentaires. Porosité lacunaire moyenne. Activité biotique bonne, nombreux turricules. Enracinement irrégulier, apparaissant bien entre la ligne de cailloux de quartz qui souligne la limite inférieure légèrement ondulée. Ces cailloux sont recouverts d'un fin réseau arborescent calcaire. Effervescence à l'acide très faible au-dessus de 15 cm, violente ensuite.

37 à 120 cm : Arène granitique légèrement et irrégulièrement rubéfiée. Granite à grains assez grossiers : biotite mordorée, feldspath fissuré. Pénétration de zones terreuses sablo-argileuses, rouges (2,5 YR 5/6), nombreuses sur les 10-15 cm supérieurs ; engainements calcaires nets. D'un côté du profil grande zone calcaire : accumulation en larges amas à noyaux indurés avec inclusions rougeâtres. Effervescence violente dans les zones terreuses et calcaires, nulle ou très faible dans l'arène.

Variations autour du profil de référence.

Le profil de référence se compose d'un matériau de recouvrement sur une arène correspondant à la base d'un ancien sol rouge. On note une différenciation nette du profil calcaire dans le matériau de recouvrement que l'on retrouve dans la plupart des profils : accumulation sous forme d'engainements, parfois d'amas.

Au-dessous, l'arène présente ou non des caractères de rubéfaction ; elle est généralement associée à des accumulations calcaires importantes : anciens dépôts dans des zones de diaclases ou dans des poches de piégage. Dans le profil D 10, sur granodiorites, l'arène apparaît vers 30-50 cm, elle est particulièrement riche en calcaire, avec de grandes zones farineuses qui la digèrent ; celles-ci correspondent à la base d'un encroûtement calcaire sur granite comme on les observe dans les profils de l'unité 23. D'ailleurs, ce profil D 10 est à proximité d'une hutte encroûtée correspondant à un ancien thalweg remblayé puis encroûté ; en débarrassant les surfaces voisines moins durement encroûtées l'érosion a abouti à une inversion de relief.

A côté des profils sur arènes meubles, il existe aussi des sols sur roche dure résistante : soit que la partie meuble ait été totalement dégagée par l'érosion, ou bien le plus souvent parce que leur nature s'oppose à une désagrégation facile. Ainsi le profil D 69 sur granulite (X : 8°0'38" Y : 31°42'42").

D 69 : Zone légèrement bosselée, pente faible 2-3 ‰. Surface très caillouteuse : quartz et granulite.

0 à 20 cm : Horizon de remaniement, riche en cailloux et graviers de quartz.

20 à 45 cm : Brun rougeâtre (5 YR 4/4) ; sablo-argileux, assez riche en petits graviers de quartz et aussi en petits éléments de granulite non arénisés. Structure irrégulièrement développée, polyédrique à motteuse. Cohésion moyenne. Porosité vacuolaire moyenne. Activité biotique bonne. Effervescence nulle par endroits, forte à d'autres. Limite ondulée.

45 à 100 cm : Roche claire à grains fins ; quartz et feldspath, sans micas. En place mais se débitant en pavés plus ou moins larges : quelques cm à 15-20 cm, initiés par un réseau de diaclases horizontal et par un réseau moins serré subvertical. La roche est donc morcelée mais non arénisée. Accumulations calcaires en éléments irréguliers à inclusions rouges, dans les diaclases.

Au-dessous : La roche devient plus massive, les diaclases sont moins marquées ; le réseau horizontal détermine des bancs devenant moins nets vers 280 cm.

Deux petits filons de quartz sombre sont bien apparents dans la roche en place. D'orientation subverticale (parallèle aux diaclases) ils s'inclinent fortement au-dessus de 45 cm mais se suivent très bien en formant chacun une ligne ondulée plus ou moins intermittente jusque dans l'horizon de surface. Ils illustrent très bien le processus d'appauvrissement en particules fines avec concentration des éléments grossiers, accompagné d'un léger déplacement de la masse remaniée.

2-2 .3 Caractéristiques analytiques

Matière organique et azote total

La matière organique est en très faible quantité : 0,60 % de la terre fine en surface ; diminuant assez brutalement au-dessous, dans le profil D 59 (0,24 %), moins rapidement dans le profil D 10 (0,40 %).

Les teneurs en azote total sont faibles aussi : 0,50 % de la terre fine en surface, 0,30 % au-dessous. Le rapport C/N est bas, de l'ordre de 7.

Calcaire

Le pourcentage de calcaire est généralement faible mais il est variable d'un profil à l'autre. La décalcarisation de l'horizon de surface par rapport à la base du niveau de remaniement est toujours très nette (2,0 %-7,3 % dans D 10 ; 0,3 %-2,5 % dans D 59).

Complexe adsorbant

La capacité d'échange est faible : 8 à 11 meq/100 g de terre fine.

Le calcium échangeable est largement dominant, et des insuffisances en magnésium sont à craindre. Le sodium est faiblement fixé sur le complexe.

Salure

Il n'y a normalement pas de salure dans ces sols.

pH

Les valeurs varient de 8,1 à 8,6 et se distribuent en fonction de la teneur en calcaire. Les plus faibles s'obtiennent dans les horizons de surface peu calcaires.

Texture

La texture est toujours à dominante sableuse, plus ou moins graveleuse, avec des cailloux.

Les catégories fines : argile et dans une moindre mesure limons fins, sont appauvries dans les horizons de surfaces : environ 7 % d'argile de 0 à 10 cm, 14,5-21 % vers 30 cm.

2-2 .3 Conclusion

Ces sols sont constitués par un matériau remanié par l'érosion, qui repose irrégulièrement vers 30-50 cm sur une arène ou une roche peu désagrégée ; généralement régosoliques, ils peuvent parfois être lithiques sur des roches résistantes. Après l'enlèvement total des sols rouges qui occupaient vraisemblablement l'ensemble de ces surfaces, de nombreuses traces de rubéfaction marquent encore souvent l'arène ou la roche.

Si l'influence de l'érosion a été prépondérante pour la mise en place du matériau, on note aussi une différenciation du profil calcaire très nette sur la faible épaisseur de ce matériau de recouvrement, et souvent une certaine pénétration de la matière organique en profondeur (cela s'observe aussi dans la plupart des sols de la région). De plus, de larges zones terreuses pénètrent parfois le matériau arénisé, approfondissant ainsi le profil : mais elles ne représentent jamais une grande proportion de la masse.

Ces sols d'érosion présentent donc certains caractères indiquant une tendance vers des sols bruns. Mais ils sont de profondeur limitée, avec une limite généralement très tranchée avec le matériau sous-jacent, et nous les considérons comme des sols peu évolués d'érosion régosoliques. Les caractères d'évolution exprimés plus haut pourraient être indiqués par un intergrade de sols bruns isohumiques.

Des sols minéraux bruts apparaissent sur les affleurements de roche saine ; mais celle-ci n'est jamais homogène et la désagrégation ou la fragmentation superficielle peuvent s'approfondir par endroits, généralement favorisées par les zones de diaclases, passant ainsi aux sols peu évolués.

Au point de vue agronomique ces sols de fertilité réduite n'ont guère d'intérêt. Cependant, les sols régosoliques sont cultivés partout où la topographie le permet malgré leur faible épaisseur.

3 - CONCLUSIONS.

Cette unité regroupe des sols différents mais tous caractérisés par l'action prédominante de l'érosion. Suivant la topographie, la résistance variable des roches, l'érosion différencielle qui a plus ou moins déblayé les anciens sols, essentiellement rubéfiés, est à l'origine de l'aspect actuel des surfaces de l'unité.

Avec une topographie irrégulièrement accidentée des sols peu profonds et de fertilité réduite, l'unité 25 ne présente pratiquement pas d'intérêt pour une mise en valeur régionale. Les sols les plus profonds sont cultivés en céréales dans le cadre de l'agriculture traditionnelle ; mais les rendements sont très faibles et toujours incertains comme dans tous les cas de culture non irriguée dans cette région.

CONCLUSION GENERALE

La plupart des sols de la région de MARRAKECH ne présente qu'un degré d'évolution peu avancé. La faible intensité de la pédogénèse est déterminée par la sévérité du climat qui constitue aussi un facteur limitant rigoureux pour l'agriculture sans irrigation.

L'étude conjointe des sols situés au S. et au N. de l'oued Tensift permet de distinguer deux grandes catégories de sols :

- Des sols profonds sur matériau d'apport ; essentiellement épandages d'origine alluviale.

- Des sols d'érosion sur les surfaces encroûtées et les affleurements des roches primaires.

La différenciation du relief au N. de l'oued Tensift permet de mettre en évidence trois sortes d'épandages, d'après leur situation respective dans le paysage, et d'en préciser la chronologie. Les matériaux déposés correspondants présentent des caractères d'évolution pédogénétique différents pour chacun d'eux et ces caractères semblent aussi se retrouver dans les épandages situés au S. de l'oued Tensift. On peut distinguer des plus récents aux plus anciens :

- Des épandages limoneux ou sableux qui constituent des nappes superficielles dans les thalwegs et se raccordent aux basses terrasses de l'oued Tensift. Au S. de l'oued, les épandages limoneux meubles pourraient être contemporains. La différenciation pédogénétique est limitée. Le caractère isohumique existe mais sans profil calcaire nettement différencié : sols peu évolués, sierozems, sols bruns (mal différenciés). Les sols halomorphes se développent dans des situations topographiques privilégiées, à proximité de la nappe phréatique.

- Des épandages caillouteux constituant des petits cônes de déjection au pied des collines et des nappes profondes dans les thalwegs. On peut aussi y joindre les remaniements et dépôts localisés sur les terrasses de galets encroûtés. Le cône d'épandage caillouteux de l'oued Reraya qui arrive jusqu'au N. de MARRAKECH correspond peut être aussi à cette période. Les sols sont mieux différenciés avec un profil calcaire bien marqué : sols chatains (unité 4) ; sols bruns (unité 7 et 24), peut être les sols sur limon argileux recouverts de l'unité 5 et les sols sur "linon rouge" de J. CONCARET : unité 9).

- Enfin des remblaiements plus importants, riches en matériaux grossiers. L'encroûtement qui s'y est développé fossilise une surface d'aplanissement irrégulièrement remblayée. L'encroûtement qui se manifestait sur cette surface inférieure était probablement accompagné par la rubéfaction sur les reliefs.

L'évolution des sols apparaît donc d'autant plus importante que les matériaux sont anciens. Cela est logique puisque la pédogénèse a pu s'y exercer pendant plus longtemps. Il est cependant évident que les encroûtements et les sols rouges se sont développés dans des conditions climatiques sensiblement différentes de celles que nous connaissons actuellement. En outre, l'existence de plusieurs phases : érosion et remblaiement-pédogénèse, indiquent bien que des fluctuations climatiques ont eu lieu dans la région.

Naturellement cette étude n'aboutit qu'à des conclusions sommaires qui auront besoin d'être confirmées et précisées par des études approfondies, mais elle met en évidence l'intérêt que présente les Djebilet dans l'étude du quaternaire récent. Malgré la faible importance de leur relief et l'érosion très active, ces collines conservent des traces bien visibles des fluctuations climatiques qui se sont succédées dans la région. On trouve sur une surface très limitée tous les éléments d'une unité physiographique : relief et bassin de réception, cône de déjection, plaine d'épandage, niveau de base local, qui peuvent constituer un modèle réduit et bien sûr très simplifié du grand ensemble Atlas-Haouz. La comparaison ne doit pas, en effet, dépasser certaines limites, car l'existence de la haute montagne a des incidences climatiques qui ne sont pas connues dans les Djebilet.

Les valeurs agricoles des sols permettent encore de distinguer les deux régions au N. et au S. de l'oued Tensift :

- Au N. de l'oued Tensift, le relief et l'érosion favorisent l'existence de sols peu profonds et à forte pierrosité, avec des affleurements rocheux nombreux. Cette région n'a qu'une valeur agricole très faible. Les sols profonds n'occupent qu'une superficie limitée et correspondent aux alluvions limoneuses ou sableuses des thalwegs étroits. La salure et l'alcalisation se développent vers l'aval à l'approche de l'oued Tensift.

- Au S. de l'oued Tensift, malgré l'importance des surfaces encroûtées les sols profonds prédominent. Le matériau est assez hétérogène et la pierrosité peut être localement importante. La salure et l'alcalisation se développent aussi en bordure de l'oued Tensift et peuvent exister irrégulièrement ailleurs. Mais la topographie est uniforme et les sols présentent un intérêt certain pour l'agriculture. Moyennant certaines précautions : salure, drainage, l'irrigation pourra être pratiquée d'une façon satisfaisante sur un bon nombre d'entre eux. Les aptitudes à l'irrigation des sols de cette région sont indiquées en annexe dans un tableau établi à partir des données figurant dans cette étude. Toutefois, ces aptitudes devront être confirmées par des mesures de la perméabilité du sol en place que nous n'avons pas pu effectuer faute de temps.

B I B L I O G R A P H I E

- AUBERT (G.) - 1965 - Classification des sols. ORSTOM.
- BEAUDET (G.) - 1971 - Le Quaternaire Marocain : état des études. Revue de Géographie du Maroc, n° 20.
- BERNERT (G.) et PROST (J.P.) - 1972 - Bilan de la nappe du Haouz. Etude hydrodynamique en régime permanent. 1) Présentation Générale, 2) Conclusion générale. DRE, centre régional de MARRAKECH.
- Commission de Pédologie et de Cartographie des sols. Classification des sols. E.N.S.A. de GRIGNON - 1967.
- CONCARET (J.) - 1960 - Etude pédologique d'une zone du Haouz de MARRAKECH (SOUEILAH TRABTINE), (1/50.000). Génie Rural - ORSTOM.
- DELANNOY (H.) - 1971 - Aspects du climat de MARRAKECH et de sa région. Revue de Géographie du Maroc n° 20.
- DRESCH (J.) - 1941 - Recherche sur l'évolution du relief dans le Massif Central du Grand Atlas. Thèse. ARPAULT & Cie, Tours.
- MISSET (M.) et MOREAU (R.) - 1971 - Etude pédologique à 1/50.000 de la région MARRAKECH Ouest-oued N'fis - SIDI ZOUINE. Office du Haouz - D.R.A.
- MOREAU (R.) - 1973 - Evolution du profil hydrique dans un sol à profil complexe sous culture irriguée de coton à la station expérimentale de SOUIHLA. Rapport multigr., D.R.A. ORSTOM.
- NEGRE (R.) - 1961 et 1962 - Petite flore des régions arides du Maroc occidental, 2 vol., C.N.R.S. Paris.
- O.R.M.V.A.H. MARRAKECH - 1970 - Les ressources naturelles et la mise en valeur actuelle de la plaine du Haouz. Revue de Géographie du Maroc n° 17
- RUELLAN (A.) - 1971 - Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya (Maroc oriental). ORSTOM, Paris.

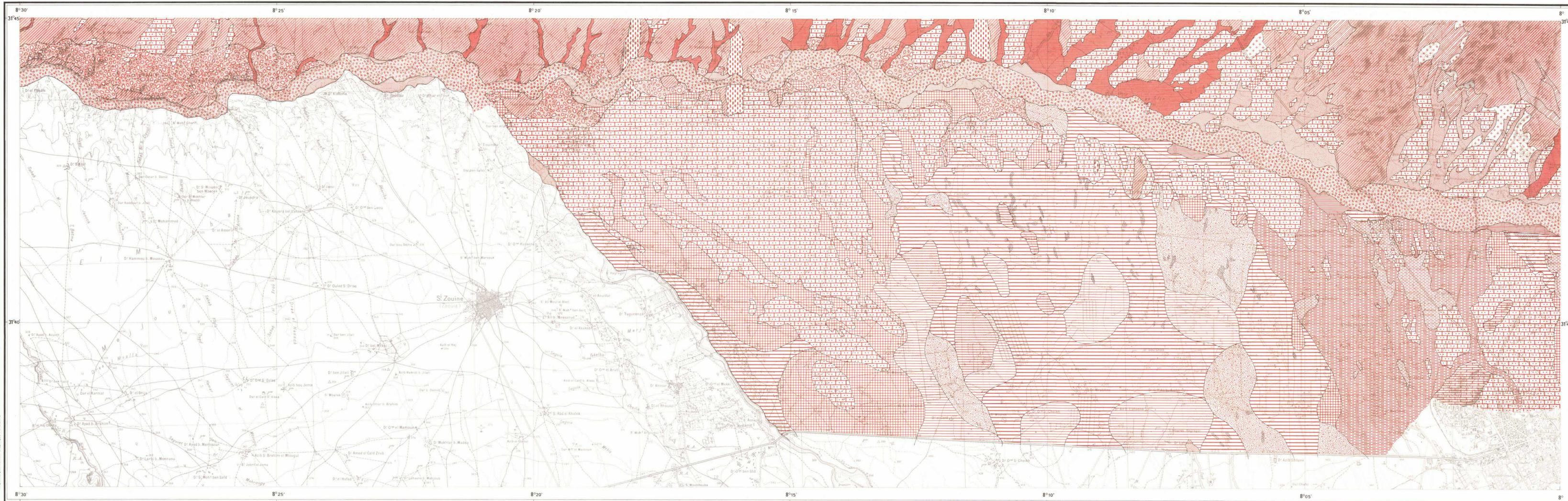
APTITUDES A L'IRRIGATION DES SOLS DE LA REGION MARRAKECH – OUED TENSIFT

Catégories d'aptitudes à l'irrigation	Facteurs de déclassement		Aménagements et travaux d'amélioration	Limitations culturales	Cultures conseillées	N° des unités pédologiques
	Principaux	Secondaires				
Catégorie II irrigable	. Profondeur 50-70 cm	. Calcaire, surtout en profondeur (20%) . Salure localisée . Battant	. Amélioration de la structure . Éventuellement dessalage	. Agrumes	. Graminées fourragères . Oliviers, abricotiers . Cultures maraîchères	9
	. Texture légère	. Fertilité réduite . Passage d'oued temporaire	. Amélioration de la structure dans l'horizon de surface	. Aucune, mais fertilité limitée	. Graminées fourragères . Arboriculture . Cultures diverses	1 - 10
	. Battant	. Texture souvent légère (Pierrosité localisée)	. Amélioration de la structure (Épierrage localisé)	. Aucune (localement betterave) mais fertilité souvent réduite	. Graminées fourragères . Arboriculture . Cultures industrielles et maraîchères	5a - 12 (11 passage d'oued temporaire)
	. Structure instable	. Salure localisée (Pierrosité très localisée)	. Amélioration de la structure . Localement dessalage	. Aucune	. Graminées fourragères . Arboriculture . Cultures diverses	8 - 14a et b
Catégorie III irrigable	. Texture assez lourde	. Texture assez lourde en profondeur	. Amélioration de la structure . Contrôle du drainage	. Aucune	. Graminées fourragères . Arboriculture (sauf localement) . Cultures diverses	4
	. Perméabilité très faible	. Texture assez lourde sur tout le profil . Salure localisée	. Contrôle du drainage . Amélioration de la structure . Localement dessalage	. Agrumes ?	. Cultures industrielles . Cotonniers, betteraves . Graminées fourragères	7a et b 13
Catégorie IV à la limite de l'aptitude à l'irrigation	. Profondeur 50 cm . Pierrosité forte	. Hétérogénéité du matériau . Sable ou galets en profondeur	. Épierrage (peu efficace si forte densité de cailloux)	. Arbres fruitiers, mais non rustiques . Limite pour plusieurs cultures maraîchères et fourragères	. Oliviers, figuiers, éventuellement citronniers	5b (localement plus favorable)
	. Profondeur 20-40 cm . Pierrosité forte . Sous-sol irrégulièrement dur	. Croûte ou encroûtement . Calcaires à faible profondeur	. Épierrage et écroûtage possibles . Nivellage et labour profond délicats	. Agrumes, cultures industrielles . Limite pour beaucoup de cultures	. Amandiers, abricotiers, figuiers, oliviers, grenadiers . Céréales, luzerne . Certaines cultures maraîchères	6 23 (parfois non irrigable)
Catégorie V Études complémentaires à faire	. Salure moyenne à forte . Drainage profond limité par la proximité de la nappe	. Alcalisation . Talus et dépression de thalweg	. Dessalage et désalcalisation . Restructuration . Contrôle du drainage et de la nappe . Lutte anti-érosive	. Plantes sensibles au sel et au pH élevé (à l'hydromorphie dans certains cas)	. Cultures maraîchères et fourragères, céréales . Reboisement	2 - 15 - 16 17 - 18
Catégorie VI non irrigable	. Relief et affleurements rocheux . Profondeur (< 30 cm) . Pierrosité forte		impossible			19 3 } irrigation ponctuelle possible 20 } sur replats avec 21 } sols profonds 24 } (épierrage) 25 }
	. Lit majeur de l'oued Tensift		impossible			22

RÉGION MARRAKECH OUEST - OUED TENSIFT

par R. MOREAU

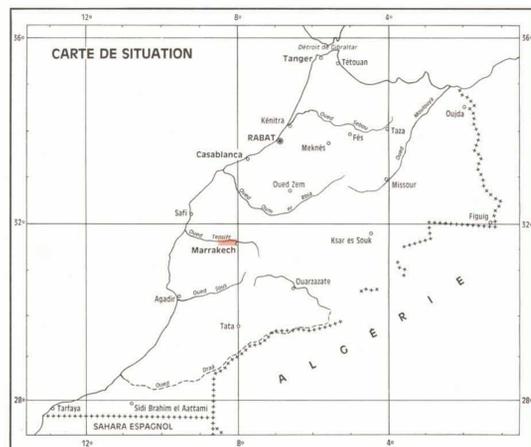
Chargé de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.



FOND TOPOGRAPHIQUE DE L'I.G.N. À 1/50 000
FEUILLES NH-29-XXII-4 a et NH-29-XXII-4 b

© O.R.S.T.O.M. 1973

SERVICE CARTOGRAPHIQUE DE L'O.R.S.T.O.M. G. Le Rouget 1973



ROCHES PRIMAIRES

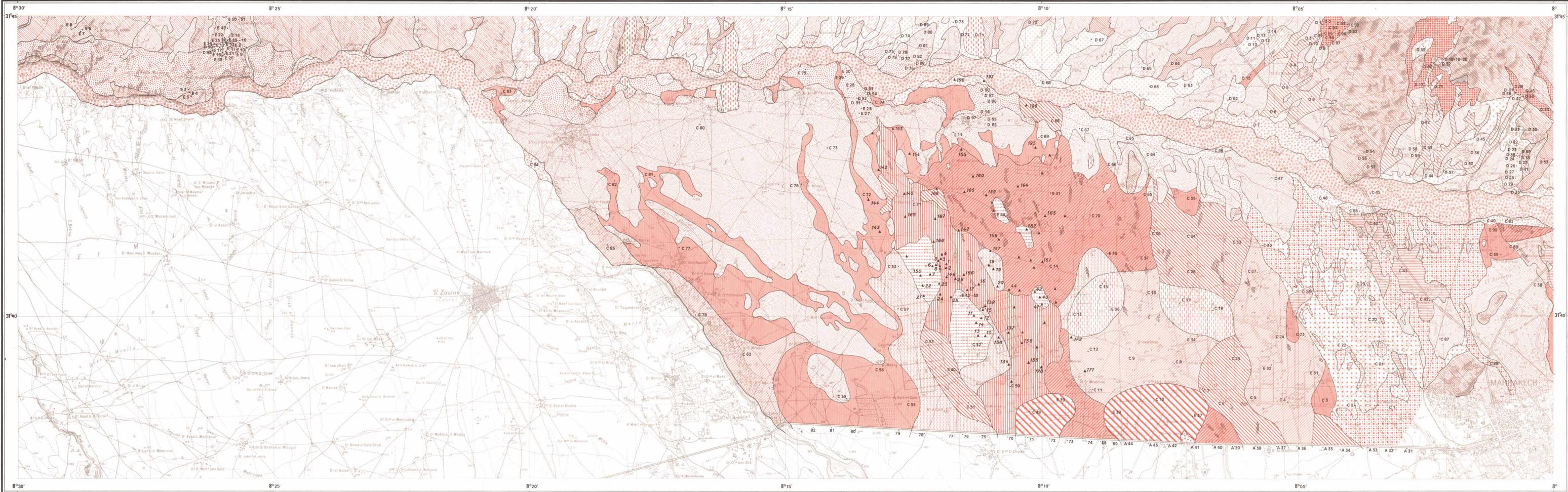
- Schistes (Cambrien, Ordovicien et indéterminé)
- Calcaires (Dévonien)
- Granites hercyniens (Carbonifère)
- Gabbros hercyniens (Carbonifère)
- FORMATIONS ENCRÔTÉES (QUATERNAIRE)**
- Alluvions grossières encroûtées
- Carapace calcaire

DÉPÔTS ALLUVIAUX RÉCENTS

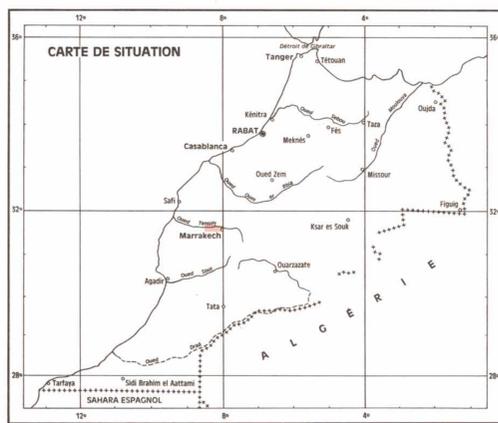
- Matériau grossier à débris schisteux et matrice fine rouge
- Matériau hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux ou sableux, et galets
- Matériau hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux sableux ou caillouteux, recouvrant une carapace calcaire à profondeur variable
- Matériau sableux à limono-sableux (à sable grossier)
- Matériau finement limoneux à limoneux (parfois lits sableux ou graveleux)
- Matériau limoneux à limono-sableux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses)

- Matériau complexe, limoneux à limono-sableux, limono-argileux en profondeur
- Matériau limoneux à limono-argileux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses)
- Matériau limoneux à limono-argileux recouvrant un encroûtement granulo-nodulaire
- Matériau limono-argileux
- Alluvions sableuses, limoneuses et caillouteuses
- Alluvions finement sableuses et limoneuses
- Alluvions limono-argileuses à argileuses





FOND TOPOGRAPHIQUE DE L'I.G.N. A 1/50 000
 FEUILLES NH-29-XIII-4 a et NH-29-XIII-4 b
 © O.R.S.T.O.M. 1975
 SERVICE CARTOGRAPHIQUE DE L'O.R.S.T.O.M. G. Le Rouget 1975



Epandages gravo-kaillouteux localisés
 Profils observés par J. Concaret en 1960
 C. 86 Emplacement des Profils

SOLS PEU EVOLUES
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'APPORT
MODAUX
 Sur alluvions finement sableuses, recouvrant un épandage plus ancien limono-argileux, faiblement calcaires
 FAIBLEMENT À MOYENNEMENT SALES (À FACIES ISOHUMIQUES)
 Sur alluvions limoneuses à finement sableuses, faiblement calcaires

SOLS ISOHUMIQUES
À COMPLEXE SATURÉ, ÉVOLUANT SOUS PÉDOCLIMAT FRAIS
PENDANT LES SAISONS PLUVIEUSES
CHÂTAINS SUBTROPICAUX
CHÂTAÎN-ROUGE
 Sur épandage grossier à débris schisteux et matrice fine rouge, non calcaire

BRUNS SUBTROPICAUX
MODAUX
 Sur épandage alluvial complexe limoneux à limono-sableux, limono-argileux en profondeur, faiblement calcaire
 Sur épandage alluvial hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux ou sableux, et galets, très faiblement ou non calcaire
 à porosité faible ou très localisée
 à pierrosité importante et plus généralisée
 Sur épandage alluvial hétérogène limoneux, irrégulièrement plus argileux, sableux ou caillouteux, très faiblement ou non calcaire, recouvrant une carapace calcaire

IRRÉGULIÈREMENT SALES ET ALCALISÉS
 Sur épandage alluvial limono-argileux, faiblement calcaire
 peu ou non salés et alcalisés
 plus fréquemment salés et alcalisés
 Sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire
 Sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux, faiblement ou moyennement calcaire, recouvrant un encroûtement granulo-nodulaire

SIEROZEMS
MODAUX
 Sur épandage alluvial sableux à sablo-limoneux, non ou très faiblement calcaire, recouvrant un épandage plus ancien, riche en débris schisteux
 Sur épandage alluvial finement limoneux à limoneux, faiblement calcaire
 Sur épandage alluvial limoneux à limono-sableux (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire
 Sur épandage alluvial limono-argileux, à texture plus grossière en profondeur, faiblement calcaire, à saturation localisée

IRRÉGULIÈREMENT SALES ET ALCALISÉS
 Sur épandage alluvial limoneux à limono-argileux, (à lentilles sableuses, graveleuses et caillouteuses), faiblement calcaire
 peu ou non salés et alcalisés
 plus fréquemment salés et alcalisés

SOLS HALOMORPHES
À STRUCTURE DÉGRADÉE
À ALCALI NON LESSIVÉS
PEU OU MOYENNEMENT SALES
 Sur alluvions limono-argileuses à argileuses, faiblement calcaires
 Sur épandage alluvial limono-argileux, (à lentilles gravo-caillouteuses), faiblement à moyennement calcaire
 Sur épandage alluvial finement limoneux à limoneux, faiblement ou moyennement calcaire
 Sur épandage alluvial sablo-limoneux à limono-sableux, faiblement calcaire

ASSOCIATIONS

SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
LITHOSOLS
 Sur schistes

SOLS PEU ÉVOLUES
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
REGOSOLIQUES
 Sur matériel de remaniement schisteux (à caractères de rubéfaction résiduelle fréquents)

SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
LITHOSOLS
 Sur schistes

SOLS ISOHUMIQUES
À COMPLEXE SATURÉ
BRUNS SUBTROPICAUX
MODAUX (PARFOIS SALES)
 Sur schistes altérés à remaniement superficiel

SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
LITHOSOLS

SOLS PEU ÉVOLUES
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
REGOSOLIQUES

SOLS ISOHUMIQUES
À COMPLEXE SATURÉ
BRUNS SUBTROPICAUX
MODAUX
 Sur gabbros

SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'APPORT
FLUVIATILE
 Sur alluvions sableuses et caillouteuses

SOLS HALOMORPHES
À STRUCTURE DÉGRADÉE
À ALCALI NON LESSIVÉS
TRES SALES À NAPPE PEU PROFONDE
 Sur alluvions limono-sableuses

SOLS PEU ÉVOLUES
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
REGOSOLIQUES ET LITHOSOLIQUES
 Sur croûte calcaire

SOLS ISOHUMIQUES
À COMPLEXE SATURÉ
BRUNS SUBTROPICAUX
MODAUX
 Sur encroûtement granulo-nodulaire à remaniement superficiel

SOLS PEU ÉVOLUES
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
REGOSOLIQUES
 Sur alluvions grossières encroûtées

SOLS ISOHUMIQUES
À COMPLEXE SATURÉ
BRUNS SUBTROPICAUX
ENCROÛTÉS
 Sur épandage alluvial gravo-caillouteux, à galets et terre fine limono-sableuse à limono-argileuse, très faiblement à moyennement calcaire

SOLS À SESQUIOXYDES DE FER
FERRIALLITIQUES (ROUGES MÉDITERRANÉENS)
À RÉSERVE CALCAIQUE
ÉRODES - REMANIES

SOLS PEU ÉVOLUES
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
REGOSOLIQUES
 Sur arènes et roches granitiques

