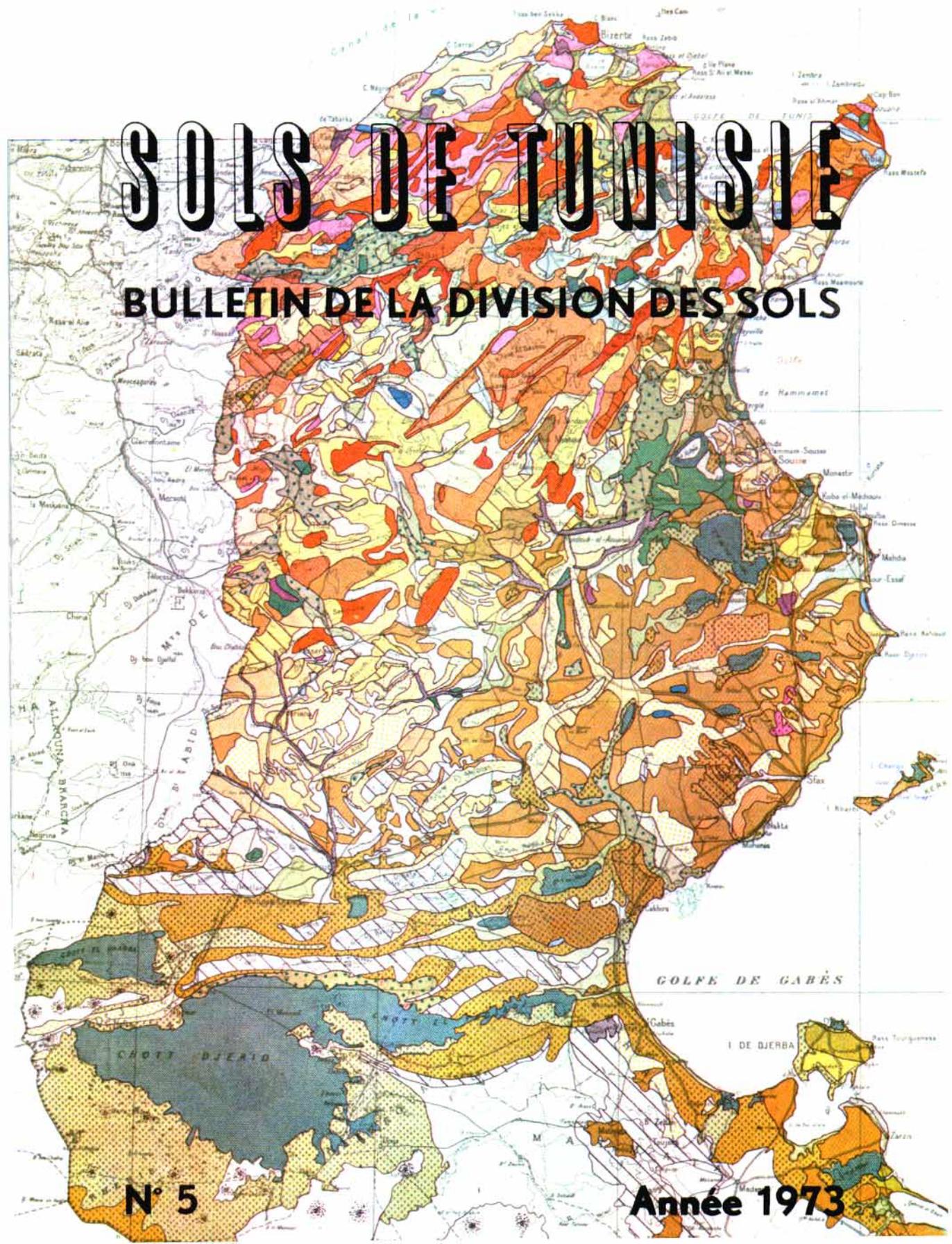


SOLS DE TUNISIE

BULLETIN DE LA DIVISION DES SOLS



N° 5

Année 1973

REPUBLIQUE TUNISIENNE - MINISTERE DE L'AGRICULTURE
D. R. E. S. - DIVISION DES SOLS - TUNIS

N° 5

ANNÉE 1973

SOLS DE TUNISIE

BULLETIN DE LA DIVISION DES SOLS

LES SOLS DE LA TUNISIE SEPTENTRIONALE

PAR

K. BELKHODJA, L. BORTOLI, J. P. COINTEPAS,
P. DIMANCHE, A. FOURNET, J. C. JACQUINET ET A. MORI

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	
1^{re} Partie : LES FACTEURS DE LA PEDOGENESE	
Climatologie	1
Géologie-Géomorphologie	8
Végétation forestière de la Tunisie septentrionale	30
2^{me} Partie : LES SOLS DE LA TUNISIE DU NORD	
Introduction	35
Sols très peu évolués et sols peu évolués	37
Sols calcimorphes	45
Vertisols	65
Sols isohumiques	74
Sols à Mull	85
Sols à Mor	95
Sols à Sesquioxydes	98
Sols halomorphes	113
Sols hydromorphes	124
CONCLUSION	136
3^{me} Partie : ANNEXES	

INTRODUCTION

1 — HISTORIQUE

Depuis que des Agronomes et des Pédologues ont commencé à étudier les Sols de Tunisie, de nombreux travaux de cartographie ont été faits, plusieurs essais de synthèse ont été proposés.

C'est ainsi que AGAFONOFF et YANKOVITCH en 1936 en publièrent une carte schématique au 1/800.000° dans « Sols types de Tunisie », YANKOVITCH, une étude pédo-agrologique de la Tunisie et Erhart une contribution à l'étude des Sols de Tunisie.

Plus tard en 1959 une esquisse au 1/1000.000° était dressée par P. ROEDERER et, en 1971, J.P. COINTEPAS et R. GADDAS publiaient une carte de la Tunisie au 1/1000.000°.

Cependant, un certain nombre de cartes thématiques d'Afrique du Nord et plus particulièrement de Tunisie étaient éditées à l'échelle de 1/500.000° telles la carte géologique de CASTANY ou la carte des précipitations de GAUSSEN et VERNET.

Il est alors apparu nécessaire de publier une carte à cette échelle.

Une première carte a été dressée en 1955 par M. FINEZ pour une partie du Nord de la Tunisie d'après les maquettes de J. BOURALY, R. DESAUNETTES, H. FINIELZ, J. EHRWEIN.

En 1963, P. ROEDERER et A. MORI dessinaient la maquette d'une carte de la moitié Nord de la Tunisie qui complétée par J.P. COINTEPAS a été dessinée par le Service de Cartographie de l'O.R.S.T.O.M. et présentée par M. Hamza à la conférence des Sols Méditerranéens qui s'est tenue en 1966 à Madrid.

Cette année, enfin, la Division des sols dirigée par M. HAMZA publie dans ce bulletin la carte pédologique complète de la Tunisie au 1/500.000°. Cette carte, dressée par J.P. COINTEPAS reprend, pour en faire la synthèse, les travaux de tous les Pédologues ayant levé des cartes en Tunisie et qui sont :

MMrs. ALLARD - BEL AID - BELKHODJA - BEN AYED - BEN SALAH - BERNARD DE BLIC - BOURALY - BRUGIERE - BRUNISSO - BUREAU - CALO - CHAUVEL - CHOVET - COINTEPAS - DESAUNETTES - DIMANCHE - DONNAY - DUMAS - DURAND - DUYTS - SCHAEVER - EHRWEIN - EL AOUINI - EL FEKIH - FINIELZ - FOURNET - GADDAS - GELPE - GHEZAL - GILBERT - GUYOT - HAMZA - HERMANT - HERNOT - HUNZINGER - LANLGE - Mlle LARGUECHE - LE COQ - LE FLOCK - LE GALL - LEYRAT - LOBERT - LOYER - MARTINI - MECHAI - MOHDI - MOTAMED - NANI - MORI - NOVIKOF - PHILIP - PONTANIER - POUGET - PRUNIER - RENON - ROBERT - ROEDERER - SABATHE - SELMI - SIMON - SMEYERS - SOUISSI - SOURDAT - TRICHET.

Tous ces Pédologues regroupés au sein de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie devenue par la suite Division des Sols du Ministère de l'Agriculture appartenaient soit à l'Administration Tunisienne, soit à des Sociétés ou organismes tels que : COTHA, FAO, ORSTOM, SOGETHA.

2 — CONCEPTION DE LA CARTÉ.

La carte à été dressée suivant la classification française des sols de l'année 1965. Les unités cartographiques correspondent, en général au groupe, parfois au sous-groupe. Des surimprimés en noir donnent l'indication de la roche-mère, au niveau de la famille.

Les unités simples sont représentées en à-plat ou en trames colorées sur fond blanc tandis que les unités complexes sont composées de trames.

Enfin certaines formations telles que croûtes calcaires, croûtes et encroûtements gypseux sont aussi indiquées.

3 — NOTICE DE LA CARTE.

En 1971, la Division des Sols éditait en tirage provisoire une monographie des Sols de la Tunisie Septentrionale (les Sols de la Tunisie Septentrionale par : K. BELKHODJA, L. BORTOLI, J.P. COINTEPAS, P. DIMANCHE, A. FOURNET, J.C. JAQUINET, A. MORI - E.S 74). Cette monographie qui est éditée dans ce bulletin décrit les principaux types de Sols du pays et peut donc être considérée comme la notice de la carte.

Cependant quelques sols typiques du Sud ne sont pas indiqués dans cet ouvrage. Ils seront donc repris dans un complément orienté sur les sols de la Tunisie du Centre et Sud à paraître dans la même revue.

— CHAPITRE I —

I. - CLIMATOLOGIE*

Nous avons repris ici les principaux éléments du climat pouvant avoir une action sur la formation et l'évolution des sols.

La cartographie pédologique de la Tunisie septentrionale couvre deux régions très différentes du point de vue climatique : le Tell et les Steppes, ces deux termes étant entendus au sens que leur donne J. DESPOIS (1961). Le Tell correspond à une région de relief très varié, formée de chaînes de montagnes culminant à 1.550 mètres au Djebel Chambi, et isolant des plaines fermées d'étendues relativement faibles. Les steppes sont formées d'une série de plateaux descendant de 1.000 mètres et atteignant le niveau de la mer. Ces deux régions sont séparées par la ligne de crête de la Dorsale. Cette limite paraît très importante au point de vue climatique, au point que l'on peut écrire que les données classiques, utilisées en climatologie, n'ont pas exactement la même signification de part et d'autre. Ceci est dû en partie aux différences de relief mais surtout au fait que la Méditerranée Orientale a une influence beaucoup plus faible que la Méditerranée Occidentale aussi bien sur le régime thermique que sur le régime pluvial. On verra plus loin que cela provient de ce que les vents dominants soufflent du secteur Nord-Ouest.

Les données intéressant le Tell sont tirées de « Climatologie et Bioclimatologie de la Tunisie Septentrionale » et celles intéressant les Steppes de « Climatologie de la Tunisie Centrale » Ch. BALDY (1965).

On étudiera successivement les grandes lignes des régimes thermiques, pluviaux et des vents. En conclusion, on parlera des indices climatiques.

1. — REGIME THERMIQUE

La Tunisie du Nord est comprise entre les isothermes 18° et 21° C de température moyenne annuelle ramenée à 0 mètre. Cette notion purement mathématique est intéressante tout de même car elle permet des comparaisons avec les climats similaires.

Plus utile est la connaissance des températures extrêmes (d'été et d'hiver) et des amplitudes thermiques.

Les températures maximales de juillet, mois le plus chaud, varient entre 28° et 37°. Les températures les plus basses (inférieures à 30°) s'observent sur les côtes et en altitude, les plus hautes, dans les dépressions fermées (haute vallée de la Medjerdah - Plaines de Pont du Fahs ou de Rohia) qui sont plus chaudes en été que les hautes steppes (Sbeitla).

Pour les températures minimales de janvier, mois le plus froid, on peut distinguer 3 zones concentriques en partant de la côte :

— Une étroite bande côtière qui s'élargit seulement un peu sur les caps (région de Bizerte, Ghar El-Melah et surtout le Cap Bon) où le minimum moyen de janvier est supérieur à + 7°. Cela correspond à une zone pratiquement sans gelée au sol.

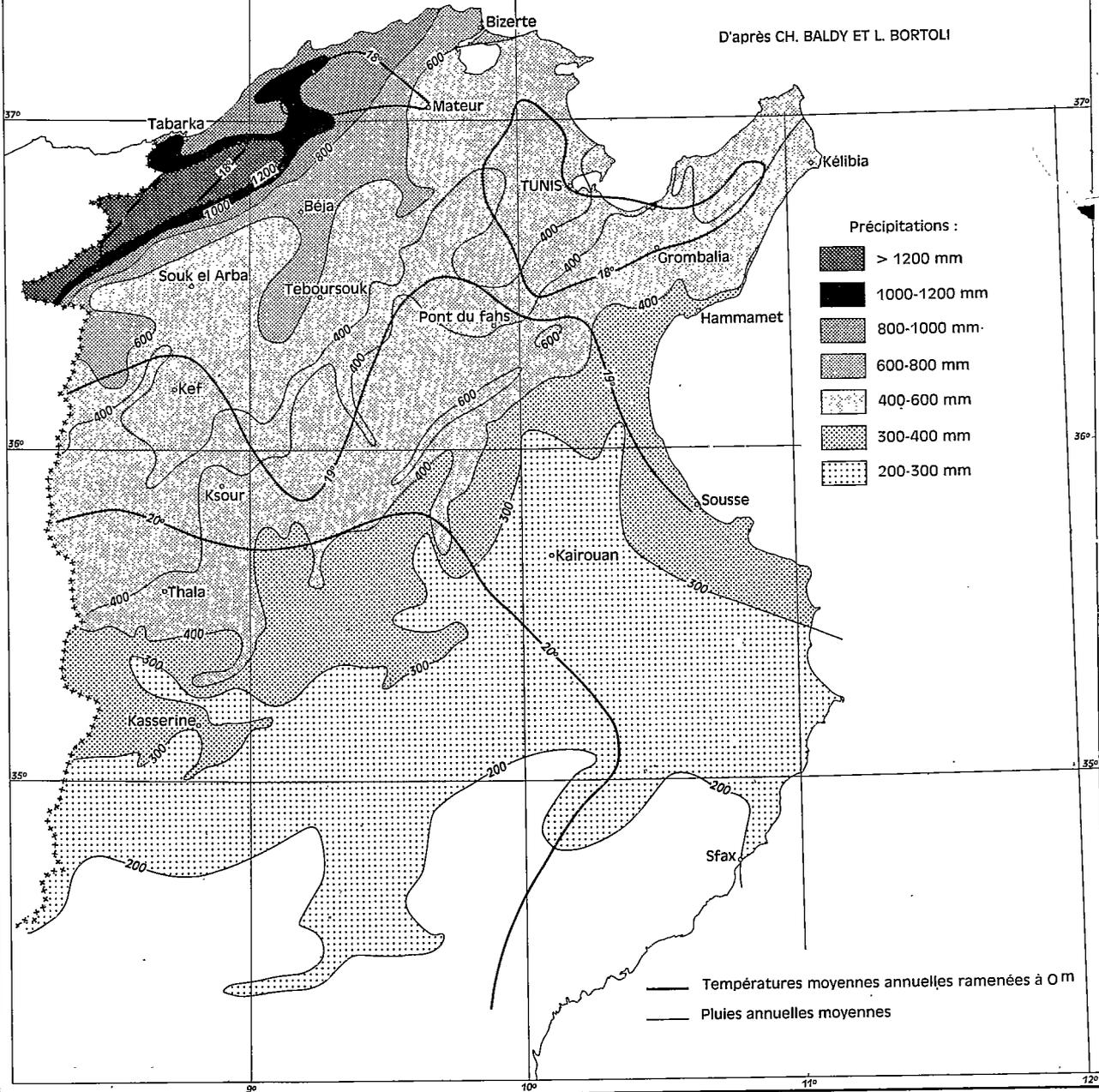
* Rédiger par L. BORTOLI (ISEA - A. N.) 1966

CLIMATOLOGIE DE LA TUNISIE SEPTENTRIONALE

(Précipitations, températures)

Echelle : 1/2 000 000

D'après CH. BALDY ET L. BORTOLI



— Une zone intérieure comprise dans le quadrilatère Sakiet Sidi-Youssef, Le Sers, Maktar, Hajeb El Aïoun, où le minimum moyen de janvier est toujours inférieur à + 2° (sans s'abaisser cependant au-dessous de 0°). Dans cette zone, il gèle au sol régulièrement pendant 2 à 3 mois d'hiver. Les deux premières zones sont caractérisées par une assez grande régularité interannuelle de leur climat.

Enfin, dans la zone intermédiaire, les températures minimales moyennes varient entre + 7° et + 2° en fonction de la situation locale ; voisines de + 3° sur les sommets et dans les dépressions, elles peuvent remonter à + 6° en situation de « ceinture chaude » (Zaghouan). Sur la plus grande partie de cette zone, elles sont comprises entre + 4° et + 5° (Medjez-El-Bab - Béja). Cette zone est caractérisée par une grande irrégularité interannuelle avec des hivers chauds ou des hivers froids.

Une autre notion intéressante, en hiver, est le maximum moyen de janvier. Si, dans les zones côtières et intermédiaires, il est presque partout voisin de + 14°, dans la zone intérieure, ce maximum varie avec l'altitude. Il permet de caractériser les régions les plus hautes où les températures diurnes ne dépassent pas + 10° ; là, l'arrêt de la végétation est presque total pendant 2 à 3 mois de l'année. La grande différence entre Tell et Steppe est que, dans cette dernière et pour des minimums moyens de janvier relativement bas, on a toujours des maximums moyens du même mois plus élevés que dans le Tell. Contrairement à ce à quoi on pourrait s'attendre, la zone chaude ($m > 7^\circ$) est limitée, dans les steppes, à une étroite bande côtière dans la région de Sousse-Monastir.

2. — REGIME PLUVIAL

La pluviosité moyenne annuelle décroît assez régulièrement du Nord-Ouest (1.500 mm) au Sud-Est (200 mm). Deux points sont intéressants :

— la faible pluviosité des plaines par rapport aux montagnes qui les entourent ;

— et la décroissance très rapide de la pluviosité sur le piedmont Sud de la Dorsale. Il pleut moins de 500 millimètres par an dans la haute vallée de la Medjerdah et plus de 600 mm sur les piedmonts des reliefs qui l'entourent. Sur le versant Sud du Djebel Zaghouan, la pluviosité, décroît à altitude comparable de 400 mm (Saouaf) à 300 mm (Djebibina) en 10 km.

L'irrégularité interannuelle de la pluviosité est beaucoup plus importante dans l'Est et le Sud que dans le Nord-Ouest et même que dans l'Ouest de la Tunisie. Ce qui fait que les pluviosités moyennes annuelles sont difficilement comparables d'une région à l'autre.

La répartition saisonnière des pluies fait aussi apparaître des différences locales intéressantes.

Il faut distinguer deux grandes tendances dans la répartition :

— une augmentation des pluies de printemps et d'été du Nord-Est au Sud-Ouest ;

— et une diminution des pluies d'hiver du Nord au Sud.

Ceci donne les régimes principaux suivants (en mm) :

Régions	Stations	Aut.	Hiver	Print.	Eté	Années
Côte Est	Tunis-Manouba	136	176	122	22	456
Tell Occidental	Sakiet-Sidi- Youssef	125	183	157	49	513
Hautes plaines	Tadjerouine	109	109	115	36	377
Côte Orientale	Enfida	138	120	91	26	375
Basse steppe	Kairouan	102	76	92	26	296
Haute steppe	Sbeitla	102	60	93	60	315

Les trois premières stations se situent au Nord de la Dorsale, les trois suivantes au Sud.

Les pluies torrentielles, suivant la définition de Ch. BOIS (pluies de plus de 300 mm en 24 heures), sont abondantes surtout sur les reliefs et en Tunisie Orientale. Ici, elles forment la plus grande partie des pluies d'automne. Ces pluies sont cause de l'irrégularité de la pluviosité et de la moindre efficacité des pluies dans ces régions.

Enfin, les autres formes de précipitations (neige et rosée) jouent un rôle localisé : la neige sur les montagnes (au-dessus de 7 à 800 mètres), la rosée sur les côtes.

3. — REGIME DES VENTS

Les vents dominants, en Tunisie du Nord, soufflent du secteur Nord-Ouest. Localement, la direction du vent peut être modifiée par la topographie et s'orienter au Nord ou à l'Ouest.

Avec A. JAUZEIN (1962), nous distinguerons cependant vent dominant et vent actif. Cette dernière notion intègre à la fois la direction et la vitesse du vent, deux facteurs aussi importants l'un que l'autre pour expliquer les phénomènes de transport. Utilisant une méthode vectorielle originale, A. JAUZEIN a montré qu'en Tunisie, les vents actifs avaient une résultante dynamique orientée NW-SE dans le Nord, s'infléchissant vers le Sud lorsqu'on passe au Sud de la Dorsale. Cette orientation des vents actifs a une grande importance pour expliquer les phénomènes de déflation éolienne. Or, l'expérience montre que toutes les accumulations éoliennes de bordure de Sebka sont situées sur la bordure Sud-Est des dépressions, du côté opposé à la direction de la résultante dynamique des vents telle qu'elle a été calculée par R. JAUZEIN.

4. — HUMIDITE DE L'AIR

Cette donnée (1), malgré son importance, est rarement mesurée. L'amplitude thermique, qui varie comme elle, donne une bonne idée de sa répartition. Ici encore, la ligne de crête de la Dorsale paraît être une limite importante. La zone de faible amplitude thermique et, par conséquent, de

forte teneur de l'air en vapeur d'eau, correspond à la plus grande partie du Tell, exception faite des bassins fermés (Haute vallée de la Medjerdah-Plaine du Fahs) et des hautes plaines du Sud-Ouest. Par contre, au Sud de la Dorsale, la même zone est une étroite bande côtière à l'Est d'une ligne Enfida-El Djem.

5. — INDICES CLIMATIQUES

Le climat est la résultante de ces différents facteurs. De nombreux indices ont été proposés (Lang - de Martonne). De forme générale $\frac{P}{T}$, ils

sont trop peu sensibles pour une étude de climatologie locale. Par contre, le quotient pluviothermique d'Emberger, créé pour la région méditerranéenne, a été largement utilisé dans les autres pays méditerranéens (Maroc) et en Tunisie même (M. GOUNOT, H. N. LE HOUEROU).

Sa formule actuelle (L. EMBERGER, 1955) :

$$Q_2 = \frac{1.000 P}{\frac{M + m (M - m)}{2}}$$

fait intervenir la pluie moyenne annuelle (P), la température moyenne annuelle $\frac{M + m}{2}$ et l'amplitude (M — m) qui varie comme la teneur de l'air

2

en vapeur d'eau et, par conséquent, comme l'évaporation.

Les valeurs de ce quotient prennent toute leur signification quand on les classe en fonction de la moyenne des minimums de janvier (m). Ceci permet de définir des variantes climatiques en fonction de la probabilité de gelée hivernale.

Les températures au sol étant en moyenne de 2 à 3° inférieures à celles mesurées sous abri, on considère (et l'observation sur le terrain le vérifie)

$m > 7^\circ$	Zone pratiquement sans gelée
$7^\circ > m > 4,5^\circ$	Zone à gelée rare (période de gelée limitée à janvier, février)
$4,5^\circ > m > 3^\circ$	Zone où il gèle normalement en janvier, février
$m < 3^\circ$	Zone où il gèle fréquemment entre décembre et mars.

Le quotient pluviothermique d'Emberger et les valeurs de (m) permettent de définir les étages bioclimatologiques et leurs variantes qui sont localisés comme suit : (Renseignements extraits de la carte bioclimatique de la Tunisie du Nord au 1/500.000° ISEA, CEPE - Montpellier).

— Etage bioclimatique humide

Il s'étend au nord d'une ligne Fernana-Bizerte. La variante « à hiver chaud » est très limitée sur la côte (Tabarka - Bizerte). La variante « à hi-

ver tempéré » se trouve au-dessus de la côte 500 m. Au-dessus de 700 m, on peut parler d'un étage bioclimatique « humide supérieur à hiver tempéré » correspondant à une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 1.200 mm.

— Etage Bioclimatique Subhumide

L'étage Subhumide couvre une bande dont la largeur n'excède pas 50 km au Sud de l'étage précédent. Il couvre la pointe du Cap Bon et on le retrouve dans la variante « à hiver frais », sur tous les plus hauts sommets de la Dorsale (Dj. Bargou-Serdj - Kessera et Chambi).

— Etage Bioclimatique Semi-Aride

Cet étage couvre la moitié au moins de la surface de la carte entre l'étage subhumide et le piedmont sud de la Dorsale ; dans l'Est, il déborde largement la Dorsale sur la haute plaine de Kairouan et le Sahel de Sousse.

Etant donné son étendue, il a été divisé en trois sous-étages, en se basant beaucoup plus sur des critères phytoécologiques et agronomiques que sur des critères climatiques.

— Sous-étage supérieur

Il s'étend sur les plaines de Tunis et de Grombalia (variante « chaude et douce ») et sur tous les reliefs de la Dorsale, de Medjzei-Bab au Kef et de Zaghuan à Maktar.

— Sous-étage moyen

Il correspond à peu près à une zone recevant 400 mm de pluviosité moyenne, sauf dans la variante « fraîche » qui en reçoit jusqu'à 500 mm. Il couvre les plaines intérieures du Tell (Goubellat - Ebba-Ksour), la région de Zaghuan-Saouaf et la Dorsale du Sud-Ouest (Thala).

— Sous-étage inférieur

Il faut distinguer la variante « à hiver frais » qui couvre les hautes plaines de l'Ouest (Tadjérouine) et se rattache ainsi au Tell, et, la variante « tempérée douce et même chaude » (Sousse) qui couvre le piedmont Sud-Est de la Dorsale et le Sahel et se rattache ainsi à la Steppe.

— Etage Aride Supérieur

Il couvre toute la partie sud de la carte avec la variante « à hiver doux » autour d'El Djem, la variante « à hiver tempéré » dans la plaine de Kairouan et la variante « à hiver frais » au-delà d'Hadjeb-El-Aïoun.

Signalons enfin que nous avons défini dans les variantes « à hiver frais » et « à hiver tempéré » une sous-variante d'altitude caractérisée par une moyenne des températures diurnes du mois de janvier inférieure à + 10°. Ce seuil correspond à un arrêt complet de la végétation (même pour les céréales.) Cette sous-variante couvre les sommets de la Dorsale au-dessus d'une altitude variant de 800 à 1.000 mètres quand on descend du Nord au Sud.

6. — CONCLUSIONS

Tous les éléments du climat mettent en évidence la position Tell-Steppe et l'importance de la limite créée par la Dorsale.

Pour le régime thermique, nous trouvons au Nord un « régime tempéré » tandis que la Steppe se caractérise par de grandes amplitudes thermiques liées à la faible teneur de l'air en vapeur d'eau.

Pour le régime pluvial, le Tell bénéficie, neuf années sur dix, d'une saison plus ou moins longue où la pluie couvre les besoins de la végétation. Dans la Steppe, du fait que l'hiver est en moyenne une saison sèche (voir tableau p. 7), et que les températures diurnes y sont élevées il n'y a jamais de saison dont on puisse dire, à priori, qu'elle sera « suffisamment humide ».

Enfin, dans les étages bioclimatiques, une limite importante apparaît entre le semi-aride moyen et le semi-aride inférieur (1) à la seule condition de rattacher la variante « à hiver frais » du semi-aride inférieur à l'ensemble des bioclimats du Tell. Ainsi, la crête de la Dorsale peut définir la limite de la culture annuelle en sec.

BIBLIOGRAPHIE

- BALDY (Ch.) - 1965 — Climatologie et bioclimatologie agricole de la Tunisie Centrale.
in « Projet de planification rurale intégrée de la Tunisie Centrale » F.A.O. - Décembre 1965 - 21 cartes, 43 graphiques et tableaux.
- BORTOLI (L.) — Climatologie et bioclimatologie de la Tunisie
Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. - Tunis.
- DESPOIS (J.) - 1967 — La Tunisie. Ses régions, 2^e éd., 224 p.
- JAUZEIN (A) - 1967 — Contribution à l'étude géologique des Confins de la Dorsale Tunisienne.
Ann. des Mines et géologie N° 22, Tunis, STAG, 5 pl, 475 p.

GEOLOGIE - GEOMORPHOLOGIE

I. — LES GRANDS TRAITES DE LA PALEOGEOGRAPHIE*

Le trait dominant de la paléogéographie de la Tunisie Septentrionale est la quasi-permanence de trois grandes unités paléo-géographiques :

— le Sillon tunisien au Nord,

— le plateau continental qui, se substituant à l'ensemble du Sillon tunisien durant le Nummulitique, s'étend au Sud au contact de la plateforme saharienne,

— l'aire continentale de la Tunisie Centrale qui subit des vicissitudes diverses au cours des temps.

La mer du **Trias** a recouvert l'ensemble des régions.

Au Jurassique, dans le Nord, la mer atteint sa profondeur maximum au Djebel Ichkeul où les calcaires se déposent dans un véritable sillon qui préfigure le Sillon tunisien.

Dans le Centre du pays, la zone de la Tunisie Centrale marque une province paléogéographique nettement individualisée.

Au Crétacé inférieur, les plis de fond orientés ouest-est créent des aires sédimentaires bien différenciées permettant de distinguer du Nord au Sud :

— le sillon tunisien, mer profonde où se déposent notamment des marnes, des marno-calcaires et des calcaires. Son axe correspond à peu près à la vallée actuelle de la Medjerdah. Il se raccorde vers le Centre approximativement à une vaste aire épicontinentale à dépôts néritiques située, au contact de la zone émergée de la Tunisie Centrale, véritable île circonscrite à l'Est du pli Selloum-Mrhila-Trozza et caractérisée par l'accumulation de sédiments détritiques continentaux ;

— des dépôts lagunaires par lesquels on passe progressivement vers le Sud à la zone continentale saharienne.

Au Crétacé moyen, le maintien des zones paléogéographiques reconnues au Crétacé inférieur indique une permanence de la structure profonde de la Tunisie Septentrionale. La grande transgression du Cénomaniens n'a eu pour effet que de repousser vers le Sud la limite du Sillon tunisien à faciès batyal (marnes, marno-calcaires et calcaires du Cénomaniens) et celle du plateau continental à faciès néritique (marnes et marno-calcaires des Djebels Trozza et Mhrila).

Au Crétacé supérieur, la plupart des zones paléogéographiques précédentes s'estompent. Les marnes, les marno-calcaires et les calcaires à Inocérames se déposent dans une mer qui recouvre l'ensemble des régions hormis la zone émergée de Tunisie Centrale.

Le passage du Crétacé au Tertiaire s'effectue par une sédimentation marine continue responsable du dépôt des marnes danomontiennes.

A l'**Eocène inférieur**, le Sillon tunisien a disparu. Seul, le plateau précédent s'individualise et émerge complètement en s'agrandissant. Vers le Sud, des faciès lagunaires à gypse marquent la transition avec l'aire continentale saharienne.

A l'**Oligocène**, la mer est refoulée au Nord de la Medjerda et à l'Est d'une ligne allant du Kef à Sbiba. Par contre, vers l'Est, le domaine marin s'étale largement en Tunisie orientale. La mer dépose sur cet immense plateau continental, une masse de dépôts détritiques (flysch numidien), au Nord, et des dépôts sableux de plage (faciès Cherichira) dans le Sud. La fin du cycle oligocène est marquée par la régression et l'émersion générale de l'Oligocène supérieur.

Les temps **miocènes** débutent avec la transgression burdigalienne qui recouvre un domaine légèrement plus étendu qu'à l'Oligocène, sur une surface déformée située entre les deux aires continentales de Kroumirie-Nefza au Nord-Ouest et de la plate-forme saharienne au Sud-Ouest. La mer vindobonienne marque une légère extension. La fin du cycle miocène est marquée par une émersion générale qui annonce la formation des chaînes actuelles. C'est le début de la grande phase orogénique qui se poursuivra avec des alternances de paroxysme et de calme jusqu'à la fin du Quaternaire ancien.

La transgression **pliocène** est localisée au voisinage des côtes actuelles.

II. — LITHOLOGIE - MATERIAUX ORIGINELS DES SOLS*

La synthèse paléogéographique précédente a exprimé que la Tunisie avait toujours connu une sédimentation marine aux confins nord du bouclier saharien et à proximité de la province italienne. De la bordure saharienne jusqu'à l'Atlas, son type a été celui de dépôts recouvrant une plate-forme épicontinentale : marne, calcaires, grès, alors que dans le Sillon tunisien situé plus au nord, elle a revêtu celui d'une fosse où se déposaient des sédiments fins jusqu'au milieu de l'ère tertiaire.

Lors des premières manifestations orogéniques de l'Atlas, des dépôts épicontinentaux à faciès grossiers et fins alternants, sont apparus dans la zone Kroumirie et les golfes bordant la Dorsale. Leur extension s'est poursuivie dans le domaine des Hauts plateaux tunisiens et algériens cependant que la bordure orientale du pays appartenait encore au milieu marin.

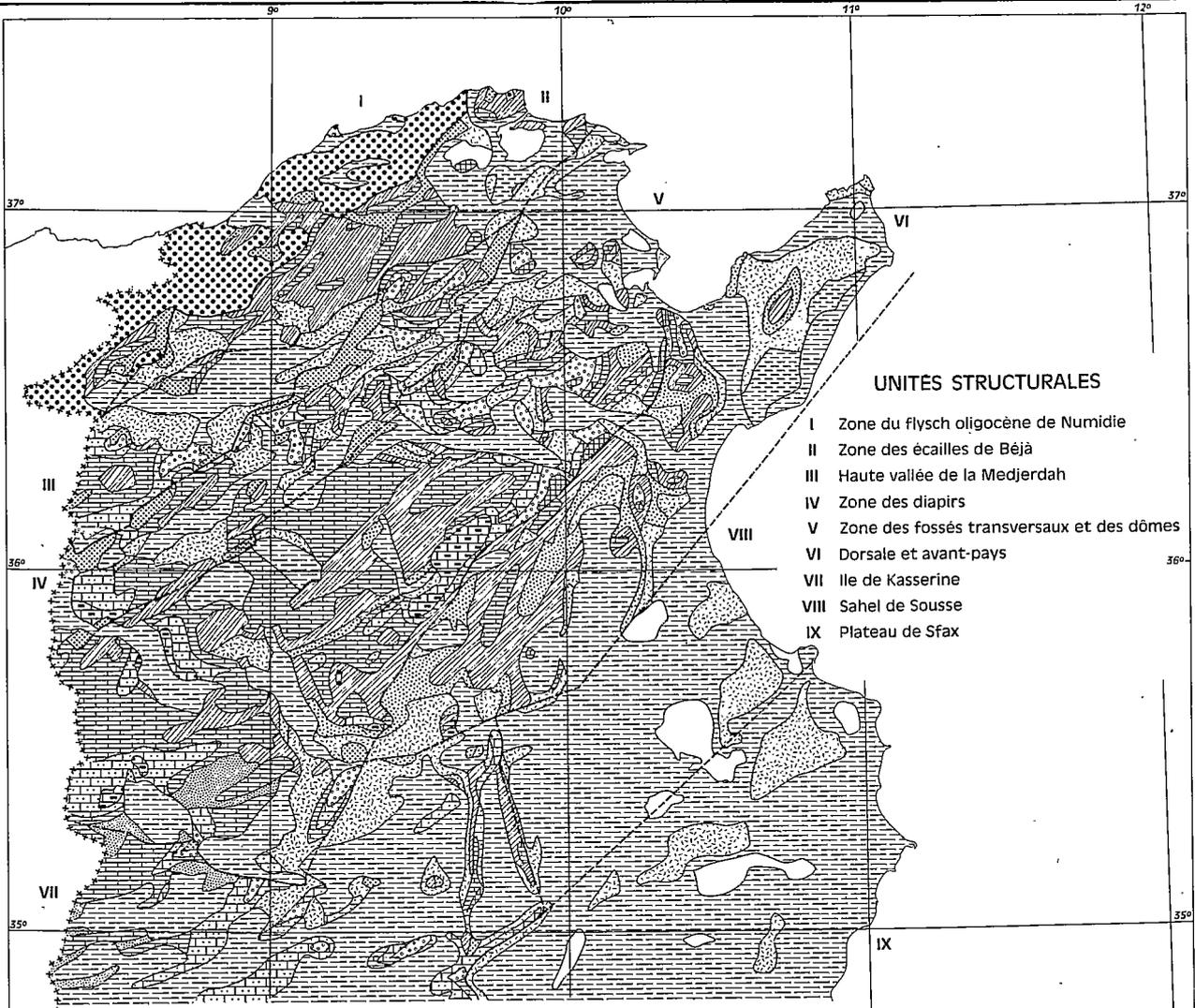
Ainsi se sont différenciés deux domaines de roches.

Celui des roches plus ou moins lavées de leurs sels tels les chlorures et les sulfates : c'est la région Kroumirie, l'Atlas et, pour partie, l'île de Kasserine.

Celui des roches encore riches en sels : c'est la plateforme de la Tunisie orientale.

Encore faut-il comprendre que la distinction n'est pas brutale et s'échelonne dans le temps géologique. C'est assez dire pourtant que la Tunisie n'est constituée que par des roches sédimentaires. Seules, quelques extrusions localisées au domaine des nappes de charriage du nord, représentent

* Rédaction : A. FOUNET (1966)



UNITES STRUCTURALES

- I Zone du flysch oligocène de Numidie
- II Zone des écaillés de Béja
- III Haute vallée de la Medjerdah
- IV Zone des diapirs
- V Zone des fossés transversaux et des dômes
- VI Dorsale et avant-pays
- VII Ile de Kasserine
- VIII Sahel de Sousse
- IX Plateau de Sfax

LEGENDE

STRATIGRAPHIE

- Quaternaire
- Pliocène marin
- Miopliocène
- Oligocène
- Eocène
- Crétacé supérieur
- Crétacé moyen
- Crétacé inférieur
- Jurassique
- Trias

LITHOLOGIE

- Limons, alluvions grossières et croûtes calcaires des plateaux, alluvions fines des plaines
- Marnes du Plaisancien et sables astiens
- Grès et calcaires du Burdigalien, marnes du Vindobonien, sables et argiles sableuses du continental terminal
- Grès quartzeux et argiles du flysch; grès, argiles et marnes gypseuses du faciès Chérichéra
- Marnes de transition Crétacé - Eocène, calcaires de l'Eocène inférieur, marnes et argiles calcaires de l'Eocène supérieur
- Marnes, et calcaires de la formation Abiod
- Marnes calcaires marneux et marno-calcaires de la formation El Haria
- Marnes dans le nord, calcaires récifaux de l'Atlas, dépôts grossiers dans le centre
- Calcaires métamorphisés de l'Ichkeul, argiles et schistes de l'Haïrech, calcaires de la Dorsale
- Gypses, calcaires dolomitiques, calcaires, pelites et cargneules

**STRATIGRAPHIE, STRUCTURE ET LITHOLOGIE
DE LA TUNISIE SEPTENTRIONALE**

Echelle : 1/1 000 000 simplifiée et réduite au 1/2 000 000

D'après l'esquisse structurale de la Tunisie septentrionale

D'après JAUZEIN - 1967

des roches éruptives et métaorphiques : Guelb Saâd Moun, dacitoïdes des Nefzas, roches grenues et métamorphiques de l'île de la Galite. En effet, si le socle granitique a pu être rencontré vers 4.000 m de profondeur par les sondages pétroliers dans l'extrême sud tunisien, par contre l'épaisseur de la couche sédimentaire dans la partie moyenne du pays, pourrait être de l'ordre de 6.000 à 12.000 m.

La description sommaire de la lithologie qui va suivre, se propose donc d'étudier selon la nature des roches et l'étendue de leurs affleurements, les produits de leur désagrégation et de leur altération, de localiser enfin l'emplacement des roches-mères et des sols qui en dérivent.

21. — Les roches du Trias

Leur affleurement sous forme de diapirs ou d'extrusion au cœur des plis faillés, est une conséquence de l'orogénèse pliovillafranchienne dans l'Atlas. Il se situe dans la zone des diapirs et à la bordure Est de l'île de Kasserine.

C'est un chaos apparent d'éléments broyés et mélangés. Pourtant, P.F. BUROLLET, A. DUMESTRE et G. CASTANY ont réussi à en établir une relative stratification :

- à la base, gypses massifs intercalés d'argiles rouges et vertes ;
- lames de calcaires dolomitiques alternant avec des grès, des sables micacés et des argiles vertes ou lie de vin ;
- calcaires gris foncés en plaquettes intercalés de gypses, sables et grès ;
- au sommet-gypse massif incluant quelques cargneules et dolomies.

Dans le Nord, il s'y associe des roches vertes, ophitiques.

Des reliques de roches rouges recouvrent fréquemment les diapirs. Leur lien réciproque n'a pas pu être établi. Au contraire, il apparaît que certaines extrusions n'ont fait que soulever des dépôts préexistant à cet endroit. (Ex. Dj. Melah entre Oued Zarga et Béja - carte géologique de Tunis au 1/200.000°).

Par désagrégation, ces roches fournissent des marnes et marnes sableuses salées par des sulfates et des chlorures. Cependant, l'alcalisation des sols qu'elles supportent est faible.

22. — Les calcaires durs, cristallins.

Ils appartiennent à de nombreux étages stratigraphiques :

* Jurassique : Calcaires dolomitiques du Djebel Ichkeul.

Calcaires zoogènes du Lias moyen et du Portlandien dans les massifs jurassiques.

Calcaires dolomitiques du Bajocien en Tunisie Centrale, du Néocomien au Djebel M'Rila.

Calcaires zoogènes de l'Aptien dans la Dorsale.

Calcaires roux du Crétacé supérieur au Djebel M'Rila.

Calcaires nummulitiques de l'Eocène inférieur dans la zone des écaïlles et la Dorsale.

La désagrégation de ces roches s'opère en écaïlles plates peu disponibles pour l'altération qui, autrefois, s'est réalisée par dissolution.

En effet, des karsts sont toujours associés aux affleurements de ces roches. Leurs poches contiennent des terra rossa, des sols rouges ou des terra fusca dont les argiles, dans le nord du pays, sont composées, en partie, de montmorillonite. Les relations réciproques qui existent entre roches calcaires cristallisées et terra rossa n'ont pas encore été précisées. Le même problème se pose pour le fer dans ces formations rubéfiées.

23. — Les calcaires tendres, crayeux — calcaires marneux et marno-calcaires.

La structure de l'Atlas est caractérisée par le décollement des structures tertiaires de leur substrat secondaire. Une telle disposition justifie l'affleurement considérable des calcaires tendres qui, associés à des intercalations de marnes et de marnes schisteuses, caractérisent le type de sédimentation réalisée pendant le Crétacé. Les séries très marneuses à la base ont été progressivement remplacées par les puissantes couches calcaires de la série « Abiod ».

Leur extension est remarquable depuis la zone des diapirs jusqu'à celle des dômes. Sur l'île de Kasserine, elles affleurent aux flancs des montagnes et dans les courbes. Mais dans la zone des écaïlles, ce type de roche appartient à l'Eocène inférieur sous son faciès à globigérines. Il forme des barres ou des plis très pincés émergeant au sein de masses marneuses très épaisses. Son rôle dans la répartition des sols est limité.

La désagrégation des calcaires crayeux se réalise sous forme de galets émoussés ou de plaquettes, de petits polyèdres ou d'aiguilles, toutes formes favorables à l'altération. Elle peut également se manifester par une fusion de la roche ainsi transformée en une poudre plus ou moins épaisse entourant un noyau plus ou moins altéré, parcouru, parfois, de fines diaclases de gélivation. Les calcaires marneux et les marno-calcaires fondent de la même manière en une pâte calcaire génératrice de « torba ».

Cet ensemble de roches fournit un matériau pédologique de texture moyenne à fine, très saturé en ions Ca liés à des carbonates. En outre certaines strates peuvent exsuder des chlorures liés au sodium. D'autres enfin libèrent du fer. Ce dernier apparaît sous forme de piquettes brunes ou noires, accompagné probablement de manganèse. Ce sont aussi des pellicules plus ou moins oxydées sur les surfaces d'altération de la roche. C'est encore le fer qui colore en jaune les horizons B des sols bruns calcaires.

La pédogenèse actuelle imprime à ces matériaux deux directions évolutives :

— d'une part, les calcaires crayeux deviennent la roche-mère de sols calcimorphes rendziniformes et contribuent pour une partie importante

à la formation des encroûtements de versant,

— d'autre part, les calcaires marneux et les marno-calcaires sont à l'origine de sols calcimorphes du type rendzine ou sol brun calcaire seulement enrichi en calcaire dans l'horizon B et de sols vertiques (marno-calcaires du Crétacé moyen, dans le nord). Mais les types d'argiles qu'ils recèlent ne sont pas encore connus.

Au contact de ces calcaires existent des sols de couleur rouge ou brune, de type isohumique. Ce voisinage a pour conséquence de réapprovisionner les plus anciens en calcaire et d'empêcher la décalcarification des plus récents, tous évoluant sous un couvert végétal dégradé.

24. — Les marnes et argiles

Parmi les roches recensées, ce sont celles dont l'affleurement est le plus étendu dans la moitié nord de la Tunisie.

Leur évolution en matériau pédologique débute par une fragmentation très fine en petites plaquettes ou en petits polyèdres. Leur surface se transforme en libérant les sels qu'ils contiennent sous forme apparente de ponctuations, de fins filaments ou de revêtements microcristallins. Ils font partie d'une auréole d'altération qui entoure un noyau intact ou fragmenté par schistosité et microdiaclasses. Le phénomène de la rubéfaction ne s'observe qu'exceptionnellement (sols-chatain rouges de Bir M'Cherga, P. MARTINI, 1965).

Les marnes et marnes chisteuses du Crétacé inférieur sont présentes partout dans l'Atlas, depuis les bords de la Medjerdah jusqu'aux confins de la Dorsale. Fournissant du carbonate de calcium pour l'essentiel, elles constituent la roche-mère de sols calcimorphes sur les djebels, de sols vertiques ou calcimorphes vertiques dans les piedmonts.

Les marnes de transition du Crétacé à l'Eocène, situées principalement dans la zone des écailles, correspondent aux vertisols colorés du nord. A. MORI a démontré que beaucoup d'entre elles contenaient une fraction importante de montmorillonite associée à de la kaolinite et de l'illite.

Les marnes et argiles calcaires de l'Eocène moyen et supérieur, sont présentes dans certaines régions de la zone numidienne. Elles existent partout dans la zone des fossés subsidents et dans l'avant pays de la Dorsale.

Au Nord, elles donnent naissance à des sols bruns calcaires et à des vertisols à caractères accentués. Ces derniers présentent parfois une alcalisation de profondeur suivant leur position dans les dépressions.

Dans la partie centrale de la Dorsale et en situation élevée, elles supportent des sols calcimorphes, calcimorphes vertiques et des vertisols peu évolués ou à caractères moyennement accentués. Comme les précédents, ceux-ci présentent une alcalisation de profondeur dans les fossés atlasiens.

C'est aussi le cas de ces sols, qui sur le versant sud-est de la Dorsale, exsudent leurs chlorures dans les oueds à partir des argiles calcaires et salées du substrat alors que les sulfates subsistent en microcristaux au sein des strates altérées (Ex. Henchir Souar au pied du djebel Fkirine).

Les faciès argileux du flysch oligocène dans les Mogods sont composés pour l'essentiel de kaolinite (KUJAVSKY, 1963). Les conditions du pédo-climat sont ici favorables à leur évolution en sols hydromorphes à pseudo-gley ou à gley (LE COCQ, 1967). Dans la Dorsale, ces argiles peuvent comprendre des niveaux calcaires. Outre les grès, des marnes s'y intercalent fournissant des chlorures capables de saler les horizons profonds des sols vertiques qu'elles engendrent.

Les marnes et argiles calcaires du Miocène supérieur sont largement répandues sur les bords de la vallée de la Mədjerdah, les vallées et les fossés de l'Atlas. Elles gisent partout sous les couvertures quaternaires et dans les dépressions de la plaine orientale. Dans la région atlasique, leur surface évolue en vertisols à caractères accentués au sein desquels une alcalisation profonde est fréquente, les chlorures étant évacués vers les oueds alors que les sulfates restent fixés sous forme de microcristaux au niveau des couches altérées. (Ex. les piedmonts de la plaine de Mateur au djebel Sakkak).

Dans la plaine orientale et la Haute steppe, le remaniement de leur surface engendre des sols calcimorphes ou isohumiques peu développés tandis que dans les bas-fonds apparaissent des sols hydromorphes et des sols à alcalis peu salés (Kasserine - Sbeitla).

A ces roches doivent être associées **les marnes sableuses du Miopliocène de la plateforme sahélienne**, riches en gypse et en chlorures. Dans l'Atlas, ce même Miopliocène en rapport avec les couvertures quaternaires argileuses et argilo-sableuses a contribué à l'élaboration des grands sols isohumiques chatain-rouges et chatains.

25. — Les grès et les sables

Les grès, durs ou sableux, francs ou argileux, gisent à des degrés divers dans tous les étages du sédimentaire tunisien. Leur état d'affleurement permet de n'en retenir que :

- Ceux du Crétacé inférieur de l'Atlas (Néocomien).
- Ceux de l'Oligocène, le plus souvent quartzeux dans le flysch numidien et sableux en bordure de la Dorsale (faciès Chérichira).
- les grès argileux des séries miocènes et miopliocènes du nord.
- les grès dunaires des cordons littoraux quaternaires.

Les quartzites du Néocomien en alternance avec des argiles, sont des roches d'affleurement récent dans la zone des diapirs et au contact des massifs jurassiques de la Dorsale.

Elles se désagrègent en plaques qui, par la suite, s'écaillent.

Leur altération est difficile. Riches en fer, leur contribution au phénomène de rubéfaction a dû être notable. Une preuve est apportée par les patines ferrugineuses qui les enveloppent fréquemment (COINTEPAS, communication verbale). Leur état squelettique actuel ne permet cependant pas de les rattacher directement à la surface des sols rouges méditerranéens déterminée sur la carte générale.

Les grès oligocènes. Dans la zone numidienne, ce sont des grès quartzeux et des quartzites qui, tout au moins à la base de la série, contiennent de la glauconie.

La désagrégation des grès s'opère en blocs de dimensions très variables revêtant l'aspect de boules. Celles-ci, par la suite, libèrent une arène comme le font certains granites. En place ou après transport, elle sert de roche-mère à des sols bruns, des sols lessivés et des sols faiblement podzoliques (P. DIMANCHE, 1966).

Dans les profils, le fer apparaît sous forme de fer ferreux jaune ou ocre qui, dans des conditions de mauvais drainage, constitue un pseudogley ou des concrétions.

Les grès quartzeux et les quartzites, peu atérables, se désagrègent en blocs anguleux. Leur état actuel est le plus souvent squelettique. Leur coloration et les patines qui les enrobent, témoignent d'une rubéfaction ancienne dont on ne peut dire encore la participation à une pédogenèse méditerranéenne ou tropicale. Avec les grès et les argiles de flysch, ces roches sont à l'origine des grandes couvertures plioquaternaires à pseudogley des Mogods.

Les grès sableux de faciès Chérichira occupent les synclinaux de la Dorsale et de son avant pays, depuis le Cap Bon jusqu'aux abords de l'île de Kasserine. Ce sont là, des grès sableux, des grès durs et des argiles versicolores. Riches en feldspaths (Communication verbale de J. P. PARROT, géologue à l'ORSTOM), ils renferment également de la glauconie.

Leur désagrégation a engendré des sols bruns en montagne, des sols rouges sur les versants (Cap Bon), des sols isohumiques châtains ou bruns dans les piedmonts (Djebel Zit et Dorsale). Ceux-ci peuvent être encroûtés bien que leur roche-mère soit un grès calcaire ou non calcaire. Dans ce dernier cas, l'origine des carbonates est sûrement allochtone, tirée des marnes associées.

Les grès du Miocène et du Miopliocène contiennent une proportion considérable d'argile.

Dans le nord du pays, leurs affleurements en font la roche-mère de sols bruns calcaires. Dans l'Atlas, ils supportent des sols isohumiques châtains-rouges ou châtains comprenant un horizon d'accumulation du calcaire plus ou moins induré. Toutefois, on ignore encore leur participation à la rubéfaction de ces sols.

Les grès dunaires, attribués au quaternaire moyen, sont constitués par des oolithes calcaires.

Leur dissolution amène la formation de sols calcimorphes rendzini-formes reposant sur des encroûtements et des croûtes. P. DIMANCHE a observé qu'en relation avec l'installation de la végétation naturelle, il se produisait une décarbonation profonde des dunes actuellement fixées. En effet, sur les cordons les plus anciens du Cap Bon et de la côte de Tabarka à Bizerte, il est aisé de constater l'existence de véritables formes de karst dont les poches sont remplies par une terra-rossa argilo-sableuse.

26. — Les conglomérats et les croûtes

Les conglomérats sont fréquents dans différentes séries du sédimentaire tunisien. Au cours de leur démolition, ils entrent dans le groupe des roches calcaires tendres. Ceux du Quaternaire ancien forment les assises des crêtes qui dominent les grands piedmonts ou les grands glacis du nord. Ils sont durcis par un ciment calcaire en forme d'encroûtement souvent épigenisé en calcite. Ceux de la zone du flysch sont enrobés dans une matrice ferrugineuse ayant l'aspect d'une limonite.

Tous libèrent leurs constituants par désagrégation. Leur apport dans la mise en place des roches-mères demeure cependant limité.

Les croûtes, calcaires dans le nord ou gypseuses dans certaines régions du centre tunisien, occupent une surface extrêmement importante dans les piedmonts et les plaines de Tunisie. Leur élaboration procède de la pédogenèse quaternaire.

Elles peuvent, à leur tour, servir de roche-mères à des sols d'évolution récente, du type rendziniiforme dans l'ensemble du pays. Leur désagrégation restitue au sol les éléments minéraux qui les constituent. On ne peut guère parler, dans l'état actuel des connaissances, d'altération.

III. — LE MODELE DU RELIEF*

La morphologie d'une région est la résultante de l'action des différents facteurs climatiques, géologiques, biologiques (végétation, homme), action qui s'est déroulée tout au long du quaternaire, provoquant l'érosion des massifs montagneux, le transport des matériaux arrachés et leur dépôt à l'aval. Ainsi s'est créé un modelé du paysage auquel la répartition des sols est étroitement liée. Il est donc essentiel d'analyser les éléments du paysage tunisien avant d'aborder l'étude des sols. Suivant la nature des facteurs, nous distinguerons :

— Les formations continentales : montagnes (ou djebels) et collines avec leurs versants, glacis, terrasses de rivière (ou Oueds), dépressions salées ou non, enfin formations dunaires qui affectent toute la Tunisie.

— Les formations côtières qui se composent de plages et de dunes littorales.

II. — FORMATIONS CONTINENTALES

1. — Les montagnes (djebels) et leurs versants :

Le relief montagneux de la Tunisie du Nord est le résultat de la double orogénèse oligomiocène et pliovillafranchienne. Cette dernière, en particulier, s'exerçant sur des couches sédimentaires (les roches éruptives étant à peu près absentes en Tunisie) où alternent calcaires durs compétents et couches plus tendres plastiques incompétentes, a contribué à l'édification du relief actuel.

On y retrouve les formes classiques du relief jurassien : monts rarement conservés (monts de Maktar) où la surface structurale a été déformée en dômes, combes parfois très vastes (Djebel Bou Khil, Bled et Thil près de Bou Arada) ou boutonnière (Djebel Abderrahmane dans le Cap Bon). Les

* Rédaction : J. P. COINTEPAS (1966)

formes monoclinales sont largement représentées : cuesta, crêt et barres sont des éléments apparents, dans le paysage tunisien.

La répartition des sols reflète parfaitement les différentes formes du relief et la nature de la lithologie. Dans l'ensemble, les monts ne portent pas de limons quaternaires et les sols calcimorphes qui les couvrent prennent directement naissance à partir de la roche. Les formes monoclinales, cuestas, crêts et barres, présentent deux versants dissymétriques. La surface structurale, plus lentement et plus difficilement attaquée, porte les sols les plus minces, les plus érodés. Sur le front couvert d'éboulis souvent mélangés à la roche sous-jacente plus tendre on trouve des sols plus profonds, d'autant plus évolués qu'ils sont plus anciens. Les barres sont des couches dures fortement redressées. En Tunisie, elles prennent le nom évocateur de « Sif » (sabre recourbé). Les sols y sont le plus souvent squelettiques (Djebel Munchar, Skrira...).

12. — Les glacis

Aux versants modelés dans la roche géologique succèdent vers l'aval, les glacis de piedmont (glacis d'accumulation ou glacis d'érosion). En zone aride et semi-aride, la plupart des glacis sont complexes et on peut y distinguer des formes reliques emboîtées. Le dénombrement des glacis étagés et des terrasses d'oued a permis aux géographes marocains de séparer une série de niveaux quaternaires dont ils attribuent la formation à des périodes climatiques plus humides appelées **pluviaux** auxquels ont succédé des périodes sèches ou **interpluviaux** pendant lesquels l'érosion linéaire incisait les glacis du pluvial précédent. Etant appelés au cours de cette étude à en utiliser les termes, nous rappelons dans le tableau ci-dessous la succession des pluviaux quaternaires marocains ainsi que leur correspondance avec les glaciations quaternaires (d'après G. BEAUDET, G. MAURER et A. RUELLAN, 1967).

Pluviaux	Dépôts et sols caractéristiques	Tendance climatique	Équivalent européen probable
Rharbien	Limons gris (Tirs)	Léger rafraîchissement	Néo-Würm
Creusement			
Soltanien	Limons et cailloutis rouges sans accumulation notable de calcaire	Froid et fraîcheur relatifs	
Creusement			
Tensiftien	Dépôts caillouteux fréquemment encroûtés	Froid rigoureux	Riss
Creusement			
Amirien	Limons argileux rouges à taches calcaires	Pluvial	Mindel
Creusement			
Salétien	Blocailles hétérométriques peu encroûtées	Froid intense	Günz
Creusement			
Régréguin	Dépôts fins et cailloutis encroûtés	?	(?)
Creusement			
Moulouyen	Conglomérats fortement encroûtés	Première manifestation froide	Villafranchien supérieur Danube ?

En Tunisie où les recherches morphologiques sont moins avancées, R. COQUE et A. JAUZEIN préférèrent parler de quaternaire ancien (Villafranchien, Régréguen), moyen (Saletien, Amirien, Tensiftien) et récent (Soltanien, Rharbien). En effet, bien qu'on ait retrouvé, ici, six niveaux quaternaires, la correspondance avec les périodes quaternaires marocaines n'est pas encore prouvée.

Les pédologues de Tunisie, en tout cas ont très vite pu constater pour une région limitée, une corrélation entre niveau quaternaire et tel type de sol ou association de sols bien déterminée. Les glacis du quaternaire ancien sont généralement recouverts d'une puissante croûte qui en forme l'armature. Des mouvements tectoniques postérieurs en ont déformé la surface, de sorte que celle-ci n'est plus très plane. Ils occupent des étendues considérables. Les sols qui les recouvrent constituent une association très particulière qui sera longuement décrite au chapitre des sols. Ces sols ont fréquemment une couleur brun-rouge au contraire des sols calcimorphes sur roche géologique qui sont bruns ou gris. Il est donc logique de leur attribuer une origine polygénique dans laquelle se situerait une pédogenèse rubéfiante.

Mais, étant donné leur ancienneté, ils ont dû subir alternativement les climats des trois ou quatre pluviaux et interpluviaux qui ont suivi et qui ont pu modifier profondément le sol original. Le substrat lui-même a subi des bouleversements importants. « De multiples causes, en effet, provoquent un réaménagement perpétuel des particules du dépôt : variations différentielles de volume liées à l'état hydrique et thermique du sol, activité des animaux fouisseurs, passage de l'eau de percolation, implantation, croissance et décomposition des racines. Tous ces menus réajustements se traduisent globalement par une lente migration du dépôt sur la pente, tout mouvement ayant, sur un versant, une résultante dirigée vers l'aval (et, du point de vue morphologique, le plan horizontal est rarissime ; tout est pente ; mais le mouvement est évidemment plus lent sur les pentes faibles). L'ensemble de ces phénomènes mineurs mais finalement actifs à l'échelle géologique porte le nom de reptation (creep des auteurs anglo-saxons) ». G. BEAUDET (1966, p. 19). Sur un glacis comme celui de la rive nord de la Medjerdah entre Souk-El-Khémis et Béja les sols varient de la rendzine à croûte sur les « bosses » au sol brun calcaire dans les dépressions. Sur le piedmont sud du Djebel Zit, la surface ancienne a été cassée en touches de piano et l'association des sols va de la rendzine au sol isohumique chatain dans les cassures (A. FOURNET, 1966).

Au-dessous de la croûte généralement feuilletée, on note la présence d'un encroûtement qui, en profondeur, passe, tout au moins sur les glacis d'accumulation, à un limon rougeâtre à amas et nodules calcaires. Ce limon est fréquemment salé ou alcalisé.

Le quaternaire moyen, plus difficile à limiter dans le temps, plus difficile aussi à localiser sur le terrain, serait caractérisé par des sols de couleur rouge souvent associés à des accumulations calcaires en noyaux cristallisés très indurés et parfois à des croûtes.

Le quaternaire récent débute par une période d'encroûtement auquel sont associés des sols calcimorphes ou isohumiques, se poursuit par une

phase climatique moins active où domine une pédogenèse de type isohumique alors que les derniers niveaux ne portent que des vertisols, des sols peu évolués ou des sols halomorphes.

13. — Les dépressions

La Tunisie présente toute une série de bassins fermés auxquels on peut attribuer deux origines :

— Une subsidence progressive qui s'est amorcée au moment de la grande période de surrection oligocène et s'est poursuivie au Mio-pliocène et au Quaternaire. Les cuvettes qui en résultent suivent la direction générale des plissements NE-SW. C'est le cas des unités suivantes : Lac de Tunis, lac de Bizerte et vallée de l'Oued Gueniche, plaine du Mornag, de Moghrane, cuvette de Sidi Bou Zid, haute et basse vallées de la Medjerdah, plaine de Kairouan, Sebokra Chérifa.

— Un effondrement en graben dû à des accidents transversaux par rapport à la direction des plis de l'Atlas c'est à dire NW-SE. Parmi ces effondrements plio-quaternaires nous citerons la plaine de Grombalia, de Pont du Fahs - El Aroussa, du Sers, de Kalaa-Djerda, de Sbiba, de la Fousana-Kasserine et du Khanguet Sidi Kralif (Chaîne Nara-Touila).

Ces dépressions ont été comblées progressivement par les apports des oueds descendus des hauteurs environnantes ou des oueds plus importants qui les traversent. On retrouve le schéma classique de l'alluvionnement avec éléments grossiers sur la périphérie devenant de plus en plus fins vers le centre. A Grombalia, Tunis, Bizerte, la sédimentation est d'origine marine ou lagunaire. L'épaisseur des dépôts peut être considérable : 50 m à Nébeur, 360 m dans le lac de Tunis, 300 m à Kasserine, ou 500 à 800 m dans la plaine de Kairouan.

Les sols qui prennent naissance sont assez variés. Sur le bord des cuvettes, les glacis sont polygéniques et, dans les coupes d'oued, on observe des empilements de sols dont les profils à peu près complets ont été enterrés par les dépôts plus récents. Ces sols, de couleur foncée malgré une faible teneur en matière organique, sont les témoins d'une pédogenèse en milieu humide qui s'est déroulée pendant les périodes calmes où la sédimentation laissait aux sols le temps d'évoluer. Cette pédogenèse est mal connue et sera difficile à analyser. Pourtant elle semble pouvoir être rapprochée de celle des sols isohumiques chatains situés sur les glacis environnants. Mais, comme nous le verrons plus loin, ces sols ont pu réévoluer par suite de leur enfouissement, par suite aussi de modifications climatiques, de sorte qu'ils prennent actuellement l'aspect de sols calcimorphes.

Au centre de la dépression, les alluvions deviennent très fines et leur jeune âge s'ajoutant à une faible pénétrabilité de l'eau, font que les sols sont peu évolués avec tendance plus ou moins grande à la vertisolisation suivant la nature du climat et du matériau argileux.

Dans le Nord de la Tunisie, les eaux phréatiques convergent en direction d'un même point, véritable ombilic du bassin où elles créent une zone marécageuse communément appelée « Merdja ou Garaa », à sols hy-

dromorphes à gley et sols halomorphes. C'est le cas des Merdjas de Souk-El-Khémis, du Kef, du Sers, de la Garaa de Kasserine, etc... Ces marécages complètement asséchés en été, s'étendent plus ou moins l'hiver suivant l'importance du bassin d'alimentation et la hauteur du seuil de vidange de la cuvette, seuil que les oueds franchissent par de véritables défilés.

Dans la partie centrale et méridionale de la Tunisie, les dépressions servent de niveau de base à un réseau hydrographique endoreïque. Sous l'effet du climat aride qui y règne, elles constituent d'immenses bassins d'évaporation, « les Sebkhass », véritables lacs en hiver, qui s'assèchent et se couvrent d'une croûte de sel ou d'une couche d'argile pulvérulente en été. Les Sebkhass Kelbia, Sidi El-Hani, Mecheguig sont les exemples les plus importants de ce type de dépression.

14. — Les terrasses d'oued

Tous les cours d'eau de la Tunisie présentent, en un point quelconque de leur cours, une série de terrasses qui prouvent l'enfoncement graduel du réseau hydrographique. Cet enfoncement peut être lié soit à un abaissement du niveau de base marin soit à une reprise de l'érosion en relation avec des phénomènes climatiques. On sait en effet, qu'en période d'interpluvial les précipitations rares mais brutales provoquent une incision active des dépôts de pente ou de vallée.

Un exemple maintenant classique de succession de terrasses (A. JAUZEIN, 1967) est celui de l'Oued Kébir près de Pont du Fahs à la sortie du synclinal de Robaa par le cluse de Selbia. Quatre terrasses dominent le lit de l'oued à des hauteurs respectives de 4-6 m, 10-25 m, 30-35 m et 45-55 m. Deux d'entre elles, la seconde et la quatrième, portent des accumulations calcaires. La vallée de l'Oued Kébir est un exemple typique de vallée à terrasses emboîtées. La Madjerdah présente deux terrasses de 13 et 6 m. Dans la haute terrasse. A. JAUZEIN (1967) a décrit à Testour deux cycles de remblaiement séparés par une phase d'érosion.

La plupart des Oueds de Tunisie présentent, comme la Medjerdah, au moins deux et souvent trois terrasses.

En bordure des zones subsidentes, les terrasses superposées sont fréquentes. Cet ensemble d'observations indique que le réseau hydrographique tunisien s'est mis en place au quaternaire ancien ou à la rigueur au quaternaire moyen et s'est enfoncé sur place sans modification sensible de son tracé.

Contrairement aux glacis sur lesquels les sols sont bien évolués, les terrasses ne portent généralement que des sols peu évolués. Sur la terrasse haute, plus étendue, de texture plus fine la tendance est à la vertisolisation. L'halomorphie est également fréquente mais peu importante. Elle est liée à un mauvais drainage dans les zones en cuvette. Les terrasses récentes, de texture généralement plus grossière, ne dépassent pas le stade peu évolué.

15. — Les formations dunaires

Elles sont de deux types :

- Dépôts sableux des régions arides
- Bourrelets éoliens de Sebkha .

151. — Les dépôts sableux

Dans la plaine de Kairouan, les alluvions des grands oueds ont étalé des dépôts sableux qui ont été repris par le vent et redistribués suivant un relief dunaire. Alignés en longues collines parallèles, ils prennent le nom de « Draa ». Il en existe d'importantes surfaces au Sud de Kairouan, dans les régions de Pavillier, Sidi Ali Nasr Allah, Sidi Bou Zid. Ces recouvrements sont constitués de sables calcaires, perméables, à partir desquels se forment des sols isohumiques bien développés.

152. — Les bourrelets éoliens de sebkha

A. JAUZEIN (1967) a longuement analysé le phénomène de formation des bourrelets éoliens ou « lunettes ». Son étude, appuyée d'un exemple précis, celui de la Sebkha el Kourzia près de Pont du Fahs, permet de dégager les caractéristiques d'une lunette que nous résumons comme suit :

— Une lunette est une dune en forme de croissant dont les deux branches entourent la dépression salée et dont le profil en travers montre une pente convexe et raide du côté de la Sebkha, concave et très douce sur le bord extérieur. La lunette a donc une forme opposée à la barkane dont le versant raide est du côté du vent et les deux cornes du côté opposé au vent.

— Elle est constituée de matériaux fins, arrachés pendant la période sèche aux dépressions salées qui, de ce fait, subissent un surcreusement.

— Sa direction est perpendiculaire à celle de la résultante des vents actifs pendant la période où la dépression est asséchée. Dans le Nord de la Tunisie et le Kairouanais, les vents actifs proviennent du Nord-Ouest. Les bourrelets sont donc situés au Sud-Est des Sebkhas, leur ligne de crête étant orientée sensiblement Sud-Ouest, Nord-Est.

Les prospections pédologiques ont montré qu'à chaque dépression salée, est associé un bourrelet éolien ou un système de bourrelets éoliens.

La texture des matériaux varie suivant les régions. De fine à très fine dans le Nord, elle devient sablo-argileuse puis sableuse dans le centre, à partir de la Sebkha Kelbia. Une telle variation s'explique par l'origine des sédiments. Dans le Nord, les Sebkhas sont le siège d'un alluvionnement fini lié aux marnes et argiles environnantes. Ces éléments fins, constitués d'argiles sodiques dispersées, flocculent sous l'influence de la concentration croissante en sels de sodium. Au moment de l'assèchement de la Sebkha, ils coagulent en élément micropolyédriques facilement éolisables, les « pseudosables », qui sont ensuite entraînés par le vent. Dans le centre, l'extension du Miocène sablo-argileux en fait la source à peu près unique du matériau éolisé. Dans tous les cas, les minéraux sont imprégnés de sels solubles et de gypse lenticulaire dont les proportions vont en croissant du Nord au Sud par suite de l'aridification croissante du climat et d'une roche géologique plus riche en gypse.

Les matériaux éolisés donnent naissance à des sols variés suivant les climats. Dans la région de la Mornaghia et de Pont du Fahs, le lessivage des sels solubles et du gypse est intense et profond, la désalcalisation de l'argile est totale ; le sol formé est un sol brun calcaire vertiqué ou un vertisol. Plus au Sud, le lessivage est moins intense, moins profond, et aboutit à la formation de sols à alcali peu salés si la texture est fine, isohumiques bruns à accumulation gypseuse si la texture est plus grossière. (Sebkha Kelbia, Sidi El-Hani). A partir de la région Souassi-Chorbane, les bourrelets éoliens portent des sols calcimorphes à encroûtement gypseux. (K. BELKHODJA, 1966).

2. — LES FORMATIONS CÔTIÈRES

L'étude des formations côtières présente un grand intérêt pour le géomorphologue à qui elle permet d'établir une chronologie des périodes quaternaires.

Le pédologue s'intéresse aux formations d'origine marine dans la mesure où celles-ci constituent un matériau originel particulier qui, soumis au climat littoral, donne naissance à des sols différents des régions continentales voisines, malgré leur faible extension. L'intérêt devient primordial lorsque la datation des niveaux marins permet d'évaluer l'âge de la pédogenèse.

21. — Les plages

Les plages sont des matériaux plus ou moins grossiers généralement riches en coquillages (lumachelles) que la mer accumule en bordure du continent. Ces dépôts dessinent le long du rivage, un niveau horizontal correspondant à la côte maximum des hautes mers. Les géomorphologues marocains ont reconnu et décrit depuis longtemps sur la côte atlantique du Maroc la présence d'une série de plages emboîtées ou superposées correspondant aux différents niveaux des transgressions marines au cours du quaternaire. L'existence de ces niveaux, peu déformés, leur a permis d'établir une chronologie qu'on a pu mettre en corrélation avec des niveaux analogues sur la côte méditerranéenne. Ils ont montré en outre que ces transgressions étaient décalées d'un demi-cycle par rapport aux périodes humides (Pluviaux) et correspondaient à des Interpluviaux.

Nous rappelons dans le tableau ci-joint, la liste des épisodes marins(1) et les étages continentaux correspondants et nous indiquons, entre parenthèses, l'appellation marocaine des transgressions sur la côte atlantique.

(1) d'après "Le Quaternaire moyen de l'Afrique du Nord" par R. COQUE et A. JAUZEIN (Bull. AFEQ 1965, 2 p. 117).

	Transgression	Altitudes atteintes	Etages Continentaux
	Actuel Régression	0	Rharbien
1	Flandrien (Mellahien) Régression	2 m	Soltanien
2	Ouljien Régression	5-8 m	Présoltanien
3	Thyrrénien II (rabatien- harou- nien) Régression	18-20 m	Tensiftien
4	Thyrrénien I (Anfatien) Régression	25-30 m	Amirien
5	Sicilien (Maarifien) Régression	50-60 m	Saléfien
6	Calabrien (Messaoudien) Régression	90-100 m	Moulouyen

En Tunisie, on a décrit toute une série de plages quaternaires (G. CASTANY, R. COQUE, M. GIGOUT, E. GOBERT, L. HARSON, J. PIMIENTA, D. REYRE, M. SOLIGNAC, G. LUCAS) dont les datations s'avèrent difficiles car la côte tunisienne a subi des déformations tout au long du quaternaire. Cependant, en comparant les différents relevés effectués par les géologues et les géomorphologues sur l'ensemble de la côte, A. JAUZEIN (1967) conclut à l'existence de trois plages du quaternaire récent :

— Une plage à la cote 6-8 m qu'il date du Thyrrénien 2 ou 3 analogues à l'Ouljien du Maroc (1). C'est la plage à Strombes (Strombus Bubonius L M K) qu'on retrouve plus ou moins déformée au Cap Blanc, à l'Est de Bizerte (cote 13 m), à Gammarth (cote 1 m), sur la côte est du Cap Bon, (cote 5-10 m), à Monastir (cote 10 et 32 m) et à Djerba.

— Une plage riche en Pectuncles à la cote 12-13 m qu'il a observée à Mahdia et sur la côte Est du Cap-Bon et qu'il assimile à l'Anfatien du Maroc.

— Une plage ancienne plus rare mais dont on retrouve un exemple sur la route de Menzel Témime à Oum Douil à la cote 22 m et dont la faune est surtout constituée de Cardium.

22. — Les dunes

Les dunes littorales constituent des cordons parallèles au rivage. Elles se forment aux cours des régressions marines. A. JAUZEIN en décrit quatre :

— Un système récent constitué de sable blanc souvent encore mobile (côte Nord de la Tunisie, cordons littoraux de la côte Est du Cap Bon et du tombolo de Skanès près de Monastir).

— Une dune postérieure à la plage à Strombes constituée de sables

grossiers ; elle est généralement peu consolidée. Elle est visible à Khenis et à Ksibet El Mediouni près de Monastir. On la retrouve aussi dans le Cap Bon.

— Une dune ancienne formant un cordon du Cap Bon jusqu'à Djerba, sur la plage 12-15 m qu'elle recouvre fréquemment. C'est un calcaire oolithique blanc, bien cimenté, très utilisé comme matériau de construction.

— Une dune également oolithique, à débris de *cardium*, difficile à distinguer de la précédente mais dont on retrouve des blocs cimentés dans la plage 12-15 m (Cap Bon).

Conséquence sur les sols : dunes et plages se comportent comme des roche-mères dont les caractéristiques influent sur la pédogénèse au même titre que leur âge et donc que la durée d'action des facteurs pédogénétiques. La dune oolithique se comporte comme un calcaire dur soumis à une action climatique très ancienne. On y trouve fréquemment des sols rouges méditerranéens parfois même des sols rouges lessivés (côte Nord : région de Sidi Mechrig et côte Ouest du Cap Bon). La dune et la plage à Strombes portent des sols calcimorphes (rendzines ou sols bruns calcaires) ou des sols isohumiques à taches et nodules (Monastir, Khenis).

Sur les dunes récentes, les sols sont peu ou très peu évolués.

IV. — CONCLUSIONS : Le cadre structural et géomorphologique de la pédogénèse tunisienne*

L'ensemble des données ainsi rassemblées sur le milieu tunisien permet de distinguer dans le nord et le centre du pays, six grandes régions naturelles :

- 1) — La zone du flysch oligocène de Numidie (Mogods-Kroumirie).
- 2) — La zone de Béja
- 3) — La Haute vallée de la Medjerdah.
- 4) — L'Atlas qui, se subdivise en :
 - Zone des diapirs
 - Zone des fossés transversaux.
- 5) — La Dorsale
- 6) — La zone sahélienne, qui se subdivise en :
 - Ile de Kasserine ou Haute Steppe
 - Plaine Orientale ou basse steppe, comprenant :
 - + le Sahel de Sousse
 - + le Plateau de Sfax.

1) — La zone du flysch numidien

De la mer jusqu'au grand contact anormal Ghardimaou-Cap Blanc de Bizerte, c'est une région de massifs irréguliers représentant des nappes de charriage. L'alternance de grès et de quartzites avec des séries d'argiles et de marnes a favorisé le modelé d'un relief de monts, de barres, de courbes et de crêts disposés selon un alignement, créant des vallons dans les roches tendres au sein de massifs où dominent les roches dures.

Le façonnement plioquaternaire a usé les affleurements gréseux en boules ou en dalles et recouvert d'éboulis les versants marneux. Ceux-ci constituent un milieu idéal pour des mouvements de glissement et de solifluxion pâteuse. La plupart des mouvements de grande ampleur sont cependant anciens. Ils témoignent d'une période climatique plus humide que la nôtre.

Actuellement, les mouvements se limitent à des loupes de glissement très réduites. Rares sont les reliques de plateformes ou de glacis et les bas-fonds sont des dépressions à caractère palustre (Garaa de Sedjenane).

Enfin, la plongée des grès dans la mer, a permis l'édification de formes dunaires littorales le long des grandes criques de la côte nord. S'étendant assez loin vers l'intérieur, les géologues les ont attribuées pour l'essentiel au quaternaire moyen.

2) — La zone de Béja

Sur des bombements anticlinaux crétacés dont certains affleurent aux Hédils, le relief s'est façonné dans les marnes éocènes et crétacées très épaisses (3.000 m environ), interrompues entre elles par l'intercalation d'une dalle de calcaire lutétien d'environ 30 à 40 m d'épaisseur. La présence aussi importante d'une série de roches plastiques a facilité la mise en place d'un faisceau de plis isoclinaux très pincés formant un vaste anticlinorium, avec éjection de la dalle calcaire à travers les marnes. C'est, avec la Haute vallée de la Medjerdah, tout ce qu'il reste de l'ancien Sillon tunisien. Les roches tendres constituent donc l'essentiel des éléments du paysage tandis que les calcaires, formant crêtes, semblent flotter sur le soubassement marneux après transport et basculement. Aussi les Hédils et le Béjaoua sont-ils pauvres en glacis, excepté dans les retombées vers la vallée de la Medjerdah et les lacs Ichkeul et de Bizerte.

Partout, les roches affleurent et les dépôts de pente sont minces. La plupart des versants a évolué sous l'effet de la solifluxion. La rareté des défilés a engendré la création de cuvettes hydromorphes comme celle du Haut Joumine.

Soumise à un climat subhumide à humide, la région de Béja est le domaine des vertisols foncés sur marnes et des sols rouges ou calcimorphes sur calcaires de l'Eocène inférieur. L'extension de cette dernière catégorie de sols garde toutefois un caractère très limité.

3) — La Haute vallée de la Medjerdah

Frontière entre la zone du flysch et l'Atlas, c'est le prolongement en Tunisie des hauts plateaux algériens. Synclinal dissymétrique à flancs raides au Nord-Ouest, remontant plus lentement au Sud-Est, il a évolué en fossé d'effondrement. Sa morphologie de détail doit être rattachée à celle de l'Atlas.

Pour leur part, la moyenne et la basse vallées de la Medjerdah, installées dans les synclinaux atlasiques ne représentent que les biefs d'une rivière reliés entre eux par des cluses comme celle d'Oued Zarga-Testour.

4) — L'Atlas

Il se subdivise en 2 régions :

- la zone des diapirs
- la zone des fossés transversaux.

41) — La zone des diapirs : sa structure est caractérisée par une dis-harmonie de plissement entre la couverture tertiaire et le soubassement secondaire avec extrusion de grandes lames diapiriques des roches du Trias.

La série tertiaire, violemment plissée sous forme de synclinaux pincés et de plis faillés parfois chevauchants, forme un relief d'entablements, de corniches, de crêtes et de barres grâce à la présence des calcaires de l'Eocène inférieur (Le Kef - Tadjerouine).

Les roches salifères du Trias sont disposées en diapirs extravasés (région de Thibar) ou en extrusions au front de plis plus ou moins déversés.

Le relief des piedmonts est constitué de glacis d'érosion couverts très étendus et de grands cônes d'alluvions encroûtées. Les plaines ont un remplissage d'alluvions plus ou moins épaisses, déposés dans les dépressions synclinales en milieu hydromorphe. Le climat actuel, plus aride qu'autrefois, limite le façonnement du relief à des incisions profondes qui entraînent de bief en bief, une certaine vidange des nappes phréatiques.

Les glacis du Quaternaire ancien supportent des sols calcimorphes sur croûte calcaire tandis que ce sont des sols isohumiques chatain-rouge ou chatains qui recouvrent ceux du Quaternaire moyen.

Sur les affleurements du Secondaire, les sols calcimorphes et les vertisols sont largement répandus. Dans les montagnes calcaires subsistent quelques sols rouges méditerranéens conservés dans des karsts ou des sols calcimorphes.

42) — La zone des fossés transversaux : sur une bande de territoire allant de Tunis à Kasserine, une zone de hauts fonds existait dès le Secondaire. Là, la sédimentation tertiaire s'est effectuée non seulement dans les synclinaux, mais également dans des fossés transversaux traduisant en surface d'anciens accidents majeurs du socle. Au moment de l'émersion définitive de l'Atlas, le plissement de la chaîne a englobé l'ensemble des terrains du secondaire et du tertiaire et les a disposés dans le paysage, selon un style jurassien caractéristique.

Les couches secondaires, dominées par des séries plastiques, ont été érigées en monts disséqués par une érosion différentielle active au Plio-quaternaire. Les courbes anticlinales ou monoclinales, les crêtes et les barres y abondent. Les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène inférieur ont été englobés dans le coffrage des plis. Ils affleurent partout sous forme de cuestas et de barres, en bordure des grands synclinaux (Kébir-Ellès). Dans la région de Siliana, ils sont affectés de décrochements réguliers, importants, entraînant la création de cluses.

Pour leur part, les grès oligocènes ainsi que les grès calcaires et les marnes miocènes constituent d'épais remplissages dans la région de Tunis.

Les encroûtements quaternaires ont momifié les dépôts de versant ceinturant les monts de Maktar ou du djebel Mansour et les grands cônes alluvionnaires dans les bassins amont des grands oueds (Oued Tessa, Oued El-Hattab...). D'une manière générale la disposition respective de ces formations est réalisée sous la forme d'emboîtements dans les Hautes plaines et de superposition dans les fossés.

Le modelé d'un tel relief, la nature des roches, et l'état de dégradation des sols dû au climat actuel et au défrichement, entraînent une érosion importante par incision linéaire des cours, plus encore la création d'impressionnants bad-lands dans les roches tendres.

Les reliefs portent essentiellement des sols calcimorphes souvent humifères. Dans les plaines, s'étagent des sols calcimorphes sur croûte calcaire, des sols vertiques sur les affleurements marneux, des sols isohumiques puis des sols hydromorphes et salés dans les gouttières et dans les fossés.

5) — La Dorsale

Placée sur la bordure Sud-Est de l'Atlas, elle est formée, dans la région de Tunis, par les massifs de calcaire extrusifs du Jurassique (djebels Ressay, Zaghouan, Saïdane, Fkinine). Ceux-ci sont relayés au sud par les grands djebels de calcaires récifaux de l'Aptien (djebels Bargou, Serdj, Beblouta). L'ensemble est aligné sur un accident de structure important, la grande faille de Zaghouan.

En avant de la Dorsale et au niveau du Cap-Bon, le Djebel Abderrahmane est un anticlinal évidé en boutonnière dont le flanc Sud-Est est arasé. Au niveau des massifs aptiens, l'avant-pays est composé par la haute plaine d'Ouesselia et l'immense combe des djebels Ouesselat-Alfa-Bou Dabous. Les piedmonts sont érigés sur les séries calcaires, marneuses et gréseuses du Tertiaire arasées en grands glacis d'érosion couverts de matériaux détritiques provenant du démantèlement de la Dorsale. Ils supportent des sols calcimorphes sur croûte et des sols isohumiques. L'érosion dans les grès ménage une place étendue aux lithosols (bassins amont de l'oued Merguellil, région de Saouaf) tandis que sur les marnes se développent des sols calcimorphes associés à des sols vertiques.

6) — La zone sahélienne

Elle se divise en 2 régions :

- la haute steppe continentale sur l'unité structurale dite « Ile de Kasserine ».
- la basse steppe maritime ou plaine orientale de la Tunisie.

61) - **La Haute steppe continentale** : L'Ile de Kasserine constitue une unité structurale émergée depuis l'Eocène inférieur. En bordure de cette plateforme, le plissement de l'Atlas revêt la forme d'anticlinaux coffrés (djebel M'Rila) et de plis faillés parfois chevauchants (djebel Kréchem el Artsouma) comme le sont fréquemment ceux du plateau continental (djebel Kébar). Les combes creusées sur leur front sont dominées par d'importantes corniches ou « cuestas » et fermées par des crêts que constituent les couches redressées du continental terminal coiffé de la croûte villafranchienne. A leurs pieds, se développent de vastes piedmonts dont les glacis, emboîtés en amont, se superposent rapidement vers l'aval avant

d'être ennoyés dans des dépressions (Sidi Bou Zid, Sebkhât Mécheuguig).

Des croûtes fixent partout la surface des glaciais. Elles supportent des sols calcimorphes. L'érosion attaque profondément les piedmonts localisant ainsi l'existence de lithosols et régosols. Des sols isohumiques bruns ou peu évolués, enracinés dans des « limons à nodules calcaires », occupent les plaines. Les dépressions sont le domaine des sols halomorphes. Les atterrissements fluviaux qui y parviennent le sont des sols hydromorphes à caractère de salure en profondeur.

62) - La Basse steppe maritime : L'accident Monastir-Krechem El Arsauma sépare cette région en 2 unités structurales :

- Le Sahel de Sousse
- Le Plateau de Sfax.

621) - Le Sahel de Sousse : Il s'agit d'un compartiment abaissé, en bordure duquel se situe la plaine subsidente de Kairouan comblée par d'épaisses alluvions plioquaternaires (environ 500 m. d'épaisseur) et les grandes sebkhas du Sahel (Sidi El Hani...). Le relief est entaillé dans des dômes miopliocènes couronnés par la croûte calcaire du Villafranchien (Sousse). Des piedmonts très allongés s'ennoyaient sous les alluvions récentes (Sbikha-Nasr Allah). L'érosion quaternaire a disséqué assez fortement ces formes.

Les croûtes sont recouvertes de sols calcimorphes et les sols isohumiques sur « limon à nodules calcaires » ceinturent les dômes ou prolongent les piedmonts. Les sols hydromorphes à caractère de salure en profondeur évoluent sur les terrasses d'oueds ou en bordure des dépressions au centre desquelles se situent des sols salés de Sebkhâ.

Dans cette steppe, les phénomènes éoliens commencent à prendre une certaine importance, créant des bourrelets de bordure de Sebkhâs ou « lunettes » et des voiles (Sebkhât Kélibia, Sidi El Hani).

622) - Le Plateau de Sfax : Ce compartiment sahélien n'a subi aucune déformation depuis la fin du villafranchien. C'est une zone de dômes pontiens fossilisés par la croûte calcaire à hélix du villafranchien. Toutefois, celui de Bou Thadi amorce un pli chevauchant au front duquel s'est créée une combe modelée en glacis d'érosion couverts datant du quaternaire, tout comme celles de la chaîne des djebels Kréchem-Goubrar-Goulet).

La gouttière des sebkhas Mécheuguig et el Rherra occupe une position synclinale dont les dépressions salées creusées dans les couches miopliocènes n'ont pas été colmatées durant le quaternaire et ont été le siège de déflations éoliennes.

Le plateau villafranchien de Sfax constitue une immense plateforme inclinée vers la mer dont les îles Kerkennah représentent un témoin isolé. Très disséqué autour des dômes comme celui d'El Agareb, les plaines qui en résultent, conservent un caractère endoréïque.

Les remaniements du Quaternaire ont eu pour résultat de retoucher le substrat pontien, y créant des formes légèrement emboîtées en amont des bassins versants mais, surtout superposées en bordure des dépressions. Les sols calcimorphes sur croûte sont largement répandus et l'extension des sols isohumiques bruns ou peu évolués y est remarquable. Les sols halomorphes occupent toutes les dépressions et leurs abords.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUDET (G.) - 1966. - Le cadre géomorphologique de la pédogenèse au Maroc in : Congrès de Pédologie Méditerranéenne. Excursion du Maroc. Livret-guide I, Rabat, 1966, p. 1-24.
- BEAUDET (G.), MAURER (G.), RUELLAN (A.) - 1967 - Le quaternaire marocain : Observations et hypothèses nouvelles. Rev. Géog. Phys et géol. dyn. IX, 4, juillet-oct. pp. 269-310.
- BELKHODJA (K.) 1964 - Etude pédologique du périmètre du Sahel M'Saken et Sidi El Hani. Serv. Pédo. N° 272, 3 cartes, rapport ronéo.
- BELKHODJA (K.) - 1966 - Les sols de bourrelets éoliens des Sebkhass de Tunisie. C.R. Conf. Sols Médit., Madrid, 1966, pp. 29-34.
- BUROLLET (P.F.), DUMESTRE (A.) - 1952 - Le Djebel Rhéouis. XIXe Cong. Géol. int. Alger, mon. reg., 2ème série, Tunisie, 6, pp. 121-125.
- CASTANY (G.) et al - 1952 - Monographies régionales. XIXe Cong. Géol. int. Alger, 2ème série, Tunisie, vol. 1,5 et 6,63 + 112 + 152 p.
- CASTANY (G.) - 1953 - Carte géologique de la Tunisie au 1/500.000°, 2 nd. ed. Notice explicative, SEFAN. Tunis, 14 pl., 144 p.
- COQUE (R.), JAUZEIN (A.) - 1965 - Le quaternaire moyen de l'Afrique du Nord. Bull. AFEQ, 2, pp. 117-132.
- DIMANCHE (P.) et al - 1966 - Carte phytocologique de la Tunisie Septentrionale. Ech. 1/200.000°. Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunis, vol. 39,5, 40,1 et 40,2, 5 cartes, 213 + 340 + 426 p.
- JAUZEIN (A.) - 1964 - Cours de géologie structurale de la Tunisie. Fac. Sc., Tunis, inédit.
- JAUZEIN (A.) - 1967 - Contribution à l'étude géologique des confins de la Dorsale Tunisienne. Ann. Mines et géologie, 22, 5 pl. 475 p.
- KUJAVSKI () - 1963 - Contribution à l'étude géologique des Hédils et du Béjaoua. Thèse Fac. Sc. Paris.
- LE COCQ (A.) - 1967 - Etude Pédologique de l'U.R.D. de Sedjenane. Serv. Pédo., Tunis, 330, 3 cartes + annexes, 98 p. ronéo.
- MARTINI (P.) - 1965 - Etude pédologique de l'U.R.D. de Mohamedia. Serv. Pédo. Tunis, 3 cartes inédites.
- MORI (A.) - 1966 - Les sols vertiques, les vertisols et les sols tirsifiés de la Tunisie du Nord. CR. Conf. Sols Médit. Madrid, 1966, pp. 451 - 462.

CHAPITRE III

VEGETATION FORESTIERE DE LA TUNISIE SEPTENTRIONALE *

On entend par domaine forestier toute zone actuellement non cultivée ayant une comparaison floristique dans laquelle dominent les espèces forestières, relictuelles ou non. Cette définition implique naturellement des formations très variées, allant du groupement climatique non dégradé où les strates, arbustives, buissonnantes et herbacées sont toutes présentes, au groupement très dégradé, où une ou plusieurs strates sont absentes. Ces formations peuvent avoir eu un passé cultural, avoir été laissées par la suite en jachère, et avoir été envahies par les espèces pionnières de la forêt.

A l'échelle du carton, il n'est possible de représenter que les séries de végétation, la série de végétation étant l'ensemble des groupements végétaux qui se succèdent dans le temps pour arriver à un équilibre stable qui est le « climax ». Il peut exister plusieurs séries de végétation aboutissant au même « climax ». Ce « climax » étant lui-même défini par SCHOENENBERGER comme délimitant l'état naturel théorique de la végétation, affranchie de l'influence de l'homme, mais non de l'influence naturelle des autres êtres vivants, et en équilibre avec le climat et le sol ».

Chaque série est subdivisée en un grand nombre de groupements, ces groupements présentant eux-mêmes de nombreux faciès. Une série est figurée sur la carte par une teinte à plat qui représente aussi bien le groupement climax non dégradé, que les groupements résultant des nombreuses dégradations. Les zones cultivées sont laissées en blanc.

Neuf séries ont été représentées cartographiquement sur le carton au 1/2.000.000° :

1. - La série du Chêne Zéen
2. - La série du Chêne Liège
3. - La série du Chêne Kermès
4. - La série de l'Olivier Lentisque avec ou sans Caroubier
5. - La série du Chêne vert
6. - La série du Pin d'Alep à Chêne vert
7. - La série du Pin d'Alep
8. - La série du Pin d'Alep à Genévrier de Phénicie
9. - La série du Thuya de Berberie.

Il a été impossible à cette échelle de distinguer l'Olivier-Lentisque sans Caroubier et l'Olivier-Lentisque à Caroubier. De même a-t-on intégré

* Par J.C. JACQUINET d'après A. SCHOENENBERGER.

N.B. Etant donné le caractère artificiel de la végétation en terre cultivée nous avons limité cet exposé de la végétation de la Tunisie Septentrionale à la végétation forestière.

les formations d'Olivier-Lentisque à Caroubier et Genévrier de Phénicie du Dj. Ousslet dans l'ensemble des formations de Piñ d'Alep à Genévrier de Phénicie.

1) - Série du Chêne Zéen

Les formations de Chêne Zéen sont localisées au Nord-Est du pays, dans la région de la Kroumirie et des Mogods; le quotient d'Emberger est de l'ordre de 190, \underline{m} varie de 2° à 5°; donc ces régions appartiennent au sous étage bioclimatique humide supérieur.

Cette espèce est très exigeante en humidité et dès que la pluviosité diminue, elle se localise sur les versants plus frais et dans les griffes des ravins. En basse altitude, elle peut devenir franchement ripicole.

2) - Série du Chêne Liège

En Tunisie, la forêt de Chêne Liège constitue « la forêt climax sur sol non calcaire; dans les régions ayant une pluviosité moyenne annuelle supérieure à 600 mm » (SCHOENENBERGER 1962). Elle se localise sur des formations à roches non calcaires (grès siliceux de l'Oligocène ou roches du Trias), dans des régions où le quotient pluviométrique varie de 100 à 170 pour un \underline{m} variant entre 3° et 6°.

Les espèces compagnes du Chêne Liège varient considérablement suivant le degré de lessivage du sol et la profondeur de l'horizon grossier de surface.

Concurrencé par le Chêne Zéen pour des valeurs de Q supérieures à 180, il est éliminé par l'Olivier-Lentisque, par le Chêne Kermès ou par le Pin maritime, suivant les sols, pour des valeurs de Q inférieures à 80,90.

Surtout bien représenté sur les monts de Kroumirie et des Mogods on retrouve néanmoins le Chêne Liège plus au Sud sur certains monts dominant la vallée de la Mejerdah. (Dj. Hairech), dans le Cap-Bon du Dj. Abderrahmane au petit Zaghouan. Sa station la plus méridionale est celle du Dj. Serdj. dans les monts de la Dorsale (cette dernière station est trop limitée en extension pour permettre sa représentation sur le carton).

3) - Série du Chêne Kermès

Les formations de Chêne Kermès apparaissent comme climaciques le long du littoral recevant une pluviosité supérieure ou égale à 500 mm. La valeur de \underline{m} restant voisine de 6 à 7°, cela correspond à des valeurs de Q de l'ordre de 75 à 90, donc à des climats sub-humide et humide, à hivers doux ou chauds. Le Chêne Kermès ne s'installe que sur des sols préalablement fixés par l'Oyat et dont l'horizon supérieur contient une quantité d'humus suffisante pour permettre la germination des glands de Kermès.

Cette accumulation d'humus est autorisée par la présence des Genévriers de Phénicie, et du Genévrier Oxycèdre.

Sur des substrats sableux, le Chêne Kermès ne semble pas limité par une trop grande abondance des pluies, au contraire il disparaît pour des moyennes de pluviosité inférieure à 500 mm. Il est alors remplacé par les formations de la callitraie.

4) - Série du Chêne vert

Les groupements de Chêne vert pur ne se trouvent que sur les hauts sommets de la Dorsale (Dj. Chambi, Bireno, Serdj, Zaghouan, etc...). Ces stations sont généralement soumises à un climat du type semi-aride supérieur à hiver frais. Il s'agit de groupements d'altitude, par conséquent les variations journalières de température y sont faibles. Le Chêne vert est victime d'une exploitation arbutive de l'homme (charbon de bois) ce qui permet généralement au Pin d'Alep toujours présent de le concurrencer. Cette concurrence est encore activée par la destruction de l'horizon humifère superficiel du sol, qui seul permet la germination des glands.

5) - Série du Pin d'Alep à Chêne vert

Les formations de Pin d'Alep à Chêne vert couvrent des surfaces importantes sur tous les monts de la Dorsale, les monts de la région de Touref, Dj. Takrona, Dj. Ouargha. Elles occupent également les sommets formant les avant postes de la Dorsale, Dj. Maïza, Dj. Rihane.

Ces régions jouissent d'un climat semi-aride supérieur, les valeurs de Q variant de 50 à 70, pour des valeurs de m voisines de 2 à 4°, ce qui correspond aux variantes à hivers frais ou tempéré.

Ces formations ont des compositions floristiques variant avec le degré de continentalité, *Erica multiflora* caractérisant les groupements peu continentaux (Dj. Mansour, Dj. Rihane, etc...); *Erinacea Anthyllis*, *Retama sphaerocarpa* caractérisant les régions très continentales (Dj. Chambi, Bireno, etc...).

Le degré de dégradation influe également d'une façon très importante, ainsi que le type de sol. Le Chêne vert a tendance à disparaître avant le Pin d'Alep sous l'action d'une dégradation des glands ne se faisant pas ou se faisant mal.

Sur les bas de pentes, la pluviosité étant souvent plus faible, les stations plus xériques, ces formations laissent la place à des peuplements de Pin d'Alep accompagnés ou non de Genévrier de Phénicie.

6) - Série de Pin d'Alep

Le Pin d'Alep plus résistant à la sécheresse et à la dégradation que le Chêne vert déborde largement la zone d'extension de ce dernier. On le retrouve donc à la périphérie des formations de Pin d'Alep et Chêne vert, dans les stations moins arrosées et plus exposées au dessèchement. Cette série correspond à des régions où la valeur de Q varie de 35 à 45, pour des m de 3 à 5°. Les plus beaux groupements se retrouvent dans la région de Nebeur et dans les monts de la Dorsale à des altitudes variant de 500 à 900 m.

Sur les substrats les plus « humides » le Pin d'Alep est associé au Genévrier Oxycèdre, ce dernier étant remplacé dans les groupements plus « secs » par le Genévrier de Phénicie. Les faciès de dégradation sont nombreux. La composition floristique est également très sensible aux différents substrats. Comme pour la série précédente, la continentalité joue

un grand rôle et conditionne la présence ou l'absence d'espèces sensibles à ces variations bioclimatiques.

7) - La série du Pin d'Alep à Genévrier de Phénicie

Les formations de cette série sont soumises à un climat semi-aride inférieur. Les valeurs de Q sont inférieures à 35 pour des valeurs de m variant de 0 à 4°, c'est-à-dire pour des variantes à hiver frais ou tempéré.

Floristiquement, elles sont caractérisées par l'abondance du Genévrier de Phénicie qui tend à surplanter le Pin d'Alep, et par l'apparition des espèces de la steppe en particulier les Armoises.

Ces groupements sont généralement très dégradés, les Pins d'Alep sont presque toujours absents. La steppe d'Alfa apparaît comme le résultat de la dégradation de ces formations. Là encore, la continentalité favorise certaines espèces comme **Thymelea Tartomaira** que l'on ne trouve en Tunisie que sur certains piedmonts du Dj. Chambi.

Sur les Dj. El Krarroub et El Koumine au sud, le Genévrier de Phénicie est accompagné du Betoum.

8) - Série de l'Olivier-Lentisque avec ou sans Caroubier

Ces deux séries sont différentes au point de vue composition floristique et écologie. Malheureusement, l'Olivier-Lentisque à Caroubier occupe une aire très morcelée qu'il n'est pas possible de représenter sur le carton.

Ces formations sont soumises à des climats variés et il est indispensable d'étudier leur cortège floristique pour définir des groupements caractéristiques d'un climat particulier.

L'Olivier-Lentisque accompagné du Myrte occupe les régions bien arrosées de l'étage humide, les valeurs de Q sont supérieures à 85, m variant de 3 à 5°.

L'Olivier-Lentisque accompagné du Nerprun à feuilles de Lyciet colonise les zones jouissant d'un climat sub-humide à semi-aride supérieur.

L'Olivier-Lentisque à Genévrier de Phénicie ne se retrouve que pour des valeurs de Q inférieures à 30, pour des m de l'ordre de 4° dans la région du Dj. Ousslet. Ces formations sont généralement dans des régions très cultivées et ont été, ou sont encore, très dégradées.

Ces deux séries devaient se partager la plupart des zones actuellement cultivées en Tunisie septentrionale.

9) - Série du Thuya de Berberie

Les formations actuelles de cette série sont généralement des formations très dégradées. Caractéristiques de l'étage semi-aride à hiver doux ou chaud, on ne les trouve que rarement dans le sub-humide où elles n'occupent alors que des stations très xériques. Elles sont localisées dans le Cap Bon, le Dj. Abderrahmane, les collines de Nabeul, la région de Saouaf. Dans la région de Nabeul ces formations s'enrichissent de nombreuses espèces de la steppe.

BIBLIOGRAPHIE

SCHOENENBERGER (A.) - 1961 - Cours de phytosociologie Station de
Recherches forestières, ORSTOM - Tunis - 113 p. ronéo.

SCHOENENBERGER (A.) et al - 1966.

Carte phytocéologique de la Tunisie Septentrionale

Ech. 1/200.000° - 5 cartes.

Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunis, 39,5, 1966.

1 carte - 3 tableaux, 213 p.

40,1, 1967 - 2 cartes - 8 tableaux - 340 p., et 40,2, 1967

2 cartes, 3 tableaux - 426 p.

DEUXIEME PARTIE

LES SOLS DE LA TUNISIE DU NORD

— INTRODUCTION —

Lorsqu'on dresse un inventaire des sols d'un pays ou d'une région en vue de la cartographie, on établit un classement des observations par regroupement des profils à caractères semblables qui constituent alors des « Unités cartographiques ». Ce classement s'appuie surtout sur des caractères morphologiques, des caractères géographiques et des caractères pédogénétiques, lorsque ceux-ci sont connus. A partir de ce classement, on peut établir une classification plus générale en regroupant les unités de sol dans un ordre logique où les différents caractères sont bien hiérarchisés.

On peut aussi, et ce fut le cas pour les sols de Tunisie, définir les unités cartographiques en empruntant les critères de définition à une classification des sols à caractère très général.

La classification utilisée pour les sols de Tunisie est la classification française de G. AUBERT. Cette classification outre son caractère très général puisqu'elle s'applique à tous les sols du monde est applicable directement sur le terrain, ce qui est un avantage essentiel, les laboratoires étant éloignés des lieux d'étude et ne fournissant les résultats d'analyses qu'avec un certain retard sur la prospection. Elle permet donc de fournir immédiatement un diagnostic du sol.

La classification française groupe les unités de sols en un certain nombre de classes, sous classes, groupes, sous-groupes. Au niveau le plus élevé **les classes** permettent la séparation des grands processus d'évolution, d'après le mode d'altération, l'intensité de l'évolution, les types de matières organiques. **Les sous-classes** se présentent, à l'intérieur des classes, comme des unités de sols évoluant différemment sous l'influence de facteurs secondaires, climatiques ou pédologiques (hydromorphie, halomorphie). **Les groupes** diffèrent entre eux par certains caractères évolutifs des profils eux-mêmes : lessivage du calcaire ou des colloïdes. Enfin, l'intensité de ces caractères évolutifs permet une subdivision des groupes en **sous-groupes**.

Pour décrire les unités cartographiques des sols tunisiens, nous avons choisi une présentation empruntée à la classification française au niveau des classes et des sous-classes, dont les caractères de différenciations, nous l'avons vu, sont des caractères simples ne prêtant que rarement à équivoque lors de l'observation sur le terrain.

Au niveau inférieur des groupes et sous-groupes, la correspondance entre nos unités de sols et la classification pédogénétique n'est pas toujours aussi évidente et fera l'objet d'un examen critique au cours de l'étu-

de de chaque unité cartographique. Nous examinerons donc successive-
ment :

- les sols non évolués et peu évolués
- les sols calcomagnésimorphes
- les vertisols et paravertisols
- les sols isohumiques
- les sols à Mull et les podzols
- les sols rouges méditerranéens et les sols ferrallitiques
- les sols halomorphes et hydromorphes.

CHAPITRE I

I. - SOLS TRÈS PEU ÉVOLUÉS ET SOLS PEU ÉVOLUÉS *

Comme leur nom l'indique, les sols très peu évolués (ou sols minéraux bruts) et peu évolués se caractérisent par une faible différenciation des horizons. Dans la zone qui nous intéresse cette faible évolution pédologique est due essentiellement aux facteurs suivants :

- érosion intense
- milieu lithologique peu altérable
- mise en place récente par alluvionnement ou colluvionnement.

A l'inverse de ce qu'on observe dans le Sud tunisien, le climat n'est pas responsable de cette faible évolution.

1. — CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

11) Les sols érodés

111) Sols très peu évolués

Lorsque l'érosion est intense, le phénomène de décapage est plus rapide que la pédogenèse.

Sur roche dure l'altération est très réduite. Sur les calcaires cristallins ou calcaires dolomitiques, on observe une patine gris clair enrobant les gros blocs plus ou moins fissurés.

Les grès présentent une pellicule d'altération beige ocre ou rouge violacé suivant la nature du grès. En Kroumirie les grès ferruginisés présentent une auréole plus claire de dérubiéfaction. On a l'habitude de désigner ces sols très squelettiques du nom de lithosols.

Sur roche tendre marne, calcaire marneux, argile, la roche est désagrégée, fragmentée en petits éléments sur quelques centimètres d'épaisseur. On peut observer dans certains dépôts la présence de taches ou amas de calcaire ou d'oxyde de fer sans qu'il soit toujours possible de leur attribuer une origine pédologique.

Les marnes suessoniennes ou éocènes changent de couleur en surface passent du gris à l'olive ou au brun. Ces **régosols** sont assez facilement colonisés par la végétation dont les racines pénètrent profondément ce

* Par J.-P. COINTEPAS (1966).

qui accélère leur désagrégation.

112) Sols peu évolués

A un stade plus évolué, on peut noter la formation d'un horizon superficiel meuble. Sur roche dure cet horizon comporte un amas assez dense de cailloux et graviers noyés dans une matrice plus fine généralement peu structurée (sols lithiques).

Sur roche tendre l'évolution est plus marquée. L'horizon A est bien individualisé parfois assez humifère lorsque la végétation naturelle n'est pas trop dégradée. La structure est polyédrique moyenne ou grossière bien développée. On peut y trouver des petits éléments de roche encore reconnaissables. Sous l'horizon A, on passe directement à un horizon d'altération où la structure litée de la roche est encore visible (sols régo-soliques). A un stade plus avancé, fréquemment observable dans le nord (marnes du Dano Montien, de l'Eocène moyen ou du Miocène), le profil s'approfondit (50-80 cm), les structures grossières se développent, individualisées par des fentes de retrait en été. Des faces lissées et gauchies apparaissent. Mais on trouve encore quelques éléments de marnes peu altérés. Le sol prend un caractère « vertique ».

12) Les sols d'apport

Dans les zones d'apport continu la pédogenèse, toujours lente n'a pas le temps de transformer les matériaux. On classe habituellement les sols très peu évolués suivant l'origine des dépôts.

121) Sols d'origine fluviale situés dans le lit des oueds y compris le lit majeur des oueds pérennes; leur composition très généralement hétérométrique reflète le régime du cours d'eau qui les a transportés et la nature de son bassin versant.

Des crues exceptionnelles peuvent, en outre, créer de nouveaux sols sur les zones inondables et sur les basses terrasses. A son embouchure près de Galaat El-Andleuss, la Medjerdah traverse une série de bassins de sédimentation dont le niveau s'est élevé de 80 cm en 5 ans. Une crue a déposé 4 cm de limon (A. MORI, communication verbale).

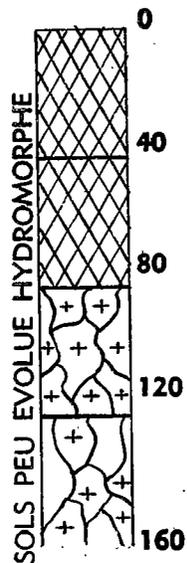
122) Sols d'origine marine formant un cordon continu sur les plages et les dunes du littoral; ils sont constitués de matériaux plus ou moins triés le plus souvent riches en sable grossier et sable fin.

123) Sols d'origine éolienne peu répandus correspondant à une reprise par le vent des dépôts sableux marins ou fluviaux. Il s'agit de sables bien triés (courbe cumulative de type sigmoïdal) où domine la fraction moyenne. Dans les dunes d'Ouchtata 65% des sables appartiennent à la classe 200-500 et 28% à la classe 500-1000. Ils sont très peu calcaires (3%). Dans la région d'El Haouaria, les sables éoliens de Dar Chichou contiennent 80 à 90% de particules entre 100 et 200. Ils sont également très peu calcaires (3%).

124) Sols d'origine colluviale ou alluviale-colluviale qui recouvrent d'une **pellicule** certains versants après les orages.

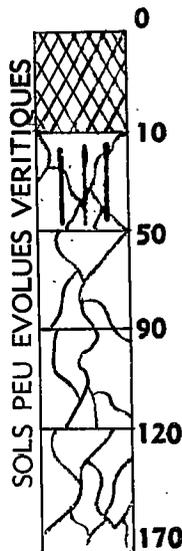
Cependant dès que les remaniements cessent, le dépôt subit un début d'évolution. Un horizon humifère s'individualise sur 15-20 cm. Certains caractères de pédogenèse commencent à se manifester qui permettent de déceler une tendance évolutive.

Ce peut être une certaine hydromorphie caractérisée par l'apparition d'une structure plus grossière ou de taches diffuses de pseudogley, ou de calcaire en profondeur. Cette hydromorphie se double fréquemment d'une salure de profondeur, liée à la présence d'une nappe actuelle ou disparue. On trouve également des salures résiduelles : dépôt alluvial salé se lessivant progressivement ou horizon salé entre deux horizons non salés.



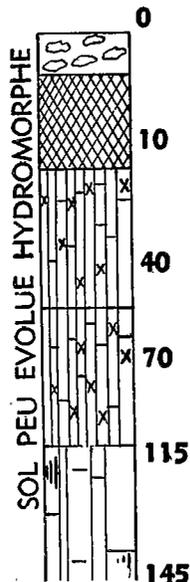
- 0 Olive - Conductivité 2,2 mmhos/cm
Texture fine - Structure polyédrique
- 40 Olive - Conductivité 4,5 mmhos/cm
Texture fine - Structure polyédrique très grossière
- 80 Brun - Conductivité 10,3 mmhos/cm
Texture fine - Structure continue - Tâches rougeâtres
- 120 Brun olive - Conductivité 9,5 mmhos/cm
Texture moyenne - Structure continue - quelques tâches rougeâtres

A. MORI - Profil 73 étude 225 C.



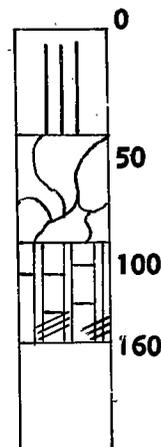
- 0 Brun olive - texture fine - Structure polyédrique
- 10 Brun olive - texture fine - Structure massive - Fentes de retrait
- 50 Brun olive - texture fine - Structure massive
- 90 Brun olive - texture fine - Structure continue
- 120 Brun olive clair - texture fine - Structure continue

A. MORI - Profil 104 Etude 225 A.



- 0 Brun foncé - 10 YR 3,5/4 - peu calcaire - texture grossière - Structure polyédrique subanguleuse
- 10 Brun jaune - 10 YR 5/4 - calcaire - texture moyenne - structure polyédrique fine
- 40 Brun jaune - 10 YR 5/4 - peu calcaire - texture fine - Structure cubique
- 70 Brun jaune clair - 10 YR 6/4 - calcaire - texture fine - Structure cubique
- 115 Marmorisé - calcaire - conductivité 7,5 mmhos/cm - texture moyenne - Structure polyédrique

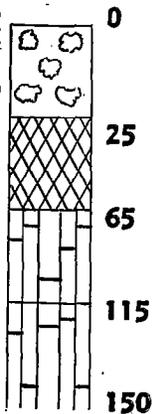
E. ELIZECHEA N° 28
Enfidaville - étude 269



- 0 Marron - texture fine - cubique - Fentes de retrait
- 50 Marron - texture fine - massif
- 100 Marron foncé - texture moyenne prismatique
- 160 Brun foncé - texture fine (Horizon enterré).

L. GUYOT - Profil N° 123 - M. Kamel.

SOL PEU EVOLUE CALCIMORPHE



Brun foncé - texture fine - Structure polyédrique subanguleuse très développée

Brun - texture fine - Structure polyédrique

Brun gris foncé - texture fine - Structure prismatique

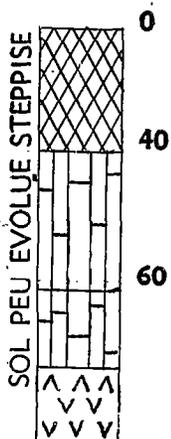
Brun gris clair - texture fine - Structure cubique à faces lissées

Sol calcimorphe

Paléosol enterré

Sogetha (CALO) - Profil 407 - Etude N° 305.

SOL PEU EVOLUE STEPPISE



Brun jaune un peu humifère - texture moyenne - Structure peu développée

Brun jaune plus calcaire que le précédent, structure peu développée cubique - texture fine

Beige jaune - texture - texture moyenne - Structure prismatique grossière à patine gypseuse.

LE FLOCH - Profil 29 - Etude N° 253 (Souassis).

Des caractères de « vertisation » avec fentes de retrait, faces de glissement très peu développées peuvent également constituer une tendance évolutive dans les sols d'alluvions.

A cette catégorie, il faudrait associer les sols formés sur les bourrelets éoliens anciens des Sebkhass du Nord. Le matériau était constitué de particules argileuses agglomérées en pseudosables et de cristaux de gypse. Chlorures et sulfates ont été entraînés à grande profondeur et le sol développe de grosses structures avec faces de glissement bien visibles en profondeur.

La prospection de nombreuses zones à sols peu évolués a amené P. ROEDERER (1963) à distinguer des nuances plus fines de pédogenèse. C'est ainsi que dans certaines études de détail on a pu décrire des faciès de sols peu évolués :

- calcimorphes calcaires.

Ce sont généralement des sols sur colluvions issues de rendzines et qui retrouvent la structure des rendzines. Généralement ces sols sont humifères sur une certaine profondeur (A. CALO - profil n° 407).

- calcimorphes gypseux.

Aux Souassiss, J. LE FLOCH et J. DONNAY ont décrit des sols sur bourrelets éoliens gypseux où la concentration en gypse ne se manifestait que par des pseudomycéliums et petits amas cristallisés peu développés.

- steppisés.

La steppisation se manifeste par un léger gradient de calcaire avec accumulation diffuse ou sous forme de pseudomycélium. L'horizon A est mince et peu humifère (J. LE FLOCH - profil n° 29).

2. - CARACTERES PHYSICOCHEMISTIQUES

Les sols peu évolués ont des caractères physicochimiques extrêmement variables et qui reflètent le matériau originel.

Seul un caractère peu accentué et n'affectant qu'un horizon (l'horizon de profondeur très souvent) permet de déceler la tendance évolutive.

La texture est extrêmement variable. La teneur en matière organique est également variable mais peut être élevée notamment dans les sols à tendance calcimorphe où elle peut s'élever jusqu'à 20 %. Cette matière organique est généralement bien humifiée. Elle est le fait d'une mise en culture souvent ancienne. Elle se limite à un horizon de faible épaisseur : 15 - 20 cm et diminue très vite au-dessous. Ce caractère permet de distinguer les sols peu évolués des sols isohumiques et même des vertisols où le gradient de diminution des taux de matière organique est très progressif. Les autres caractéristiques chimiques : calcaire, pH, salure, alcalisation ont été indiquées à propos de chaque unité et seront étudiées plus en détail dans les sols correspondant au concept central.

3. - REPARTITION GEOGRAPHIQUE

Les sols très peu évolués et peu évolués dus à l'érosion se situent sur les reliefs. Dans le nord, ils constituent rarement des surfaces importantes bien individualisées et sont toujours associés à des sols évolués. Aussi les cartographes ont-ils eu tendance dans les levés à petite et moyenne échelle à représenter les sols peu ou pas évolués en unités complexes avec les sols évolués qui les entourent. Par contre, dans le centre où une érosion climatique intense s'exerce depuis fort longtemps, les sols très peu évolués représentent des surfaces plus importantes : Djebels Semama, Nara, Cherahine.

Les sols d'apport sont mieux représentés. Si les sols très peu évolués d'origine fluviale se limitent à un mince filet correspondant au tracé dessoueds, les sols peu évolués occupent la majorité des grandes plaines et dépressions subsidentes (Vallée de la Medjerdah, plaine de Mateur, Bou-Arada, Pont du Fahs, Le Kef, Rojia, Sbiba, Grombalia...), où ils sont associés à des sols plus évolués tels que vertisols et sols halomorphes.

Les sols d'origine marine sont toujours très peu évolués et forment un cordon étroit tout au long des côtes.

Les sols d'origine éolienne sont signalés en deux régions :

- à Ouchtata dans le Nord
- à Dar Chichou dans le Cap Bon.

Ils constituent des surfaces relativement réduites et sont en cours de fixation.

Les sols colluviaux et alluviaux-colluviaux constituent la grande masse des sols peu évolués. Il est peu de profils ne présentant pas un certain remaniement superficiel : recouvrement de texture différente ou appauvrissement par décapage superficiel. Lorsque ces horizons remaniés atteignent 30 ou 40 cm d'épaisseur, ils présentent une évolution bien caractérisée qui en fait des sols peu évolués généralement à tendance steppique ou calcimorphe. Si leur existence, liée à des conditions d'alluvionnement très variables, peut être ignorée dans les cartes à petite échelle, elle prend une importance considérable dans les études de détail.

4. - CLASSIFICATION

La classification française sépare à l'échelon le plus élevé les sols très peu évolués des sols peu évolués.

Les premiers, appelés aussi sols minéraux bruts ou sols squelettiques sont, dans la zone qui nous intéresse, des sols d'origine non climatique.

On distingue :

- des sols d'érosion
 - + lithosols sur roche dure
 - + régosols sur roche tendre.
- des sols d'apport, ce groupe est divisé en sous-groupe suivant l'origine du matériau : fluviale, marin, éolien, continental.

Les sols peu évolués du Nord de la Tunisie sont également d'origine non climatique. On distingue encore :

- des sols d'érosion
 - + lithosoliques
 - + régosoliques

des sols d'apport. Mais la subdivision de ce groupe en sous groupe est basée sur la tendance pédogénétique. On distingue :

- des sols peu évolués
 - + modaux
 - + hydromorphes
 - + faiblement salés ou alcalisés
 - + vertiques.

Références bibliographiques

- G. AUBERT - Cours de pédologie aux élèves de l'O.R.S.T.O.M. (inédit)
- Etudes pédologiques réalisées au Service Pédologique de Tunisie parmi lesquelles nous avons cité plus particulièrement :
 - + E. ELIZECHEA et P. BUREAU (1964), Etude pédologique du périmètre de l'Enfida. Serv. Pédo. n°. 269, 2 cartes, rapport ronéo.
 - + L. GUYOT (1964). Etude Pédologique de Menzel Kamel. Serv. Pédo. Tunis, n° 273, 2 cartes, rapport ronéo.
 - + J. LE FLOCH (1963). Etude pédologique du périmètre de Souassi-El Djem-Sebkhet el Rharra-Sebkhet Sidi el Hani et Sebkhet Chérta. Serv. Pédo. Tunis n° 253, 15 cartes annexes, rapport ronéo.
 - + A. MORI (1962) - Etude pédologique de la plaine de Mateur - Oued Tine. Serv. Pédo. Tunis - n° 225 A, 3 cartes annexes, rapport ronéo.
 - + P. ROEDERER (1963) - Sols peu évolués - sols hydromorphes - Serv. Pédo. Tunis - E-S. 46 - doc. ronéo 17 p.
 - SOGETHA (1966) - Etude pédologique de la Haute Vallée de la Medjerdah. Serv. Pédo. Tunis - n° 305

CHAPITRE II

II. — LES SOLS CALCIMORPHES *

Dans le maquis dégradé que forment les associations végétales du chêne vert, du thuya, du pin d'Alep et de l'olivier lentisque, les roches-mères des sols calcimorphes sont constituées par l'altération des roches calcaires, marno-calcaires et marneuses du Secondaire de l'Atlas et de sa Dorsale. Autrement dit, l'abondance des sels de calcium justifie, en pédologie, la grande importance et la remarquable extension de ces sols en Tunisie.

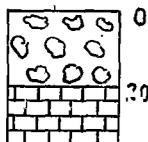
Les sols calcimorphes à un seul horizon ou « Rendzines » des massifs montagneux font l'objet d'une première partie de l'étude. Une seconde partie s'attache à définir les sols calcimorphes à deux horizons appelés encore « sols bruns calcaires » des piedmonts et des plaines. La méthode d'étude utilisée envisage également leurs rapports avec les autres types de sols au sein des unités cartographiques complexes. Une dernière partie sert enfin à caractériser les sols calcimorphes sur croûte, ceux-ci occupant une place prépondérante dans l'ensemble pédologique tunisien, et ces mêmes sols développés à la surface des bourrelets éoliens gypseux des bordures de sebkhas.

1. — LES SOLS CALCIMORPHES A UN SEUL HORIZON OU « RENDZINES »

11. - Les rendzines humifères de montagne

111. - Caractères morphologiques

P. DIMANCHE (1967, p. 35) les définit ainsi sous végétation naturelle :



Les rendzines typiques présentent un profil A/C, l'horizon humifère A1 reposant directement ou par l'intermédiaire d'un mince horizon de transition, sur la roche-mère calcaire. Cet horizon A1 est épais d'environ 20 cm, de couleur brun ou gris foncé, de texture fine à moyenne et de structure finement granulaire, très individualisée, formée de micropolyèdres accolés, typiques des rendzines. Cet horizon est fortement colonisé par les racines et les radicelles. Il est assez pourvu en fragments de roche-mère (calcaire) surtout si elle est meuble (marne, éboulis, encroûtement).

* Rédigé par : A. FOURNET (1966).

Le passage à la roche-mère est assez brutal. Tendre, celle-ci est encore bien colonisée par les racines. Dure, ces dernières s'introduisent à la faveur des diaclases de la roche et se répartissent alors selon la structure du substrat.

A ces sols types se rattachent les rendzines grises, assez fréquemment observées sous pin d'Alep, développées sur roche très calcaire et très superficielle (calcaire crayeux, marno-calcaire, encroûtement calcaire). La teneur élevée en carbonate de calcium confère à l'horizon A1 une couleur gris clair. La structure grumeleuse, friable, pulvérulente est très typique. L'humus est un « Moder calcaire » (Fin de citation).

112. - Caractères physico-chimiques

La texture de ces sols se situe dans les limons argileux ou les fractions granulométriques équilibrées. Toujours selon P. DIMANCHE, « la décomposition des débris végétaux est lente, particulièrement pour les résineux. La litière présente un rapport C/N élevé de l'ordre de 15. L'horizon A1 possède une teneur de 5 à 10% d'une matière organique assez peu minéralisée et peu humifère. Le taux du calcaire total atteint 50%. Le pH est d'environ 8 à 8,5. Lorsque la proportion de calcaire actif est très relevée, la minéralisation peut atteindre et même dépasser 20 dans les Moders calcaires. Les rendzines modales sont donc des sols énergiquement floculés par les sels de calcium, stables, perméables mais écologiquement secs.

113. - Mode de pédogénèse

La genèse des rendzines débute au moment de la désagrégation mécanique d'une roche calcaire assez dure. En montagne, des observations portant sur des sols situés dans des niches de nivation, sur moraines de fond, révèlent que le substrat est préparé par fragmentation des éléments durs ou par pulvérisation des éléments moins cohérents, toutes choses résultant de la cryoclastie. Les produits fins obtenus passent ensuite à l'état de complexes organiques et de carbonates. Le mode d'enracinement des espèces végétales ainsi que leur constitution organique hâte plus ou moins ces processus. L'apparition de la rendzine a lieu, tout d'abord, sous la forme d'un sol mince, humifère, peu structuré, couvrant bien la roche. C'est une « **rendzine initiale** ». Par épaissement de la couche altérée, la structure peut prendre alors complètement son aspect grumeleux classique. C'est la « **Rendzine modale** ».

Naturellement ou par défrichement, la dégradation du couvert végétal-climax entraîne un appauvrissement du sol en matière organique s'exprimant par un éclaircissement de la valeur de l'horizon A. La nature de l'humus, sa quantité et son état de minéralisation se modifient, provoquant une diminution de la stabilité structurale des agrégats. La structure du sol devient plus nuciforme dans les régions subhumides et plus pulvérulente dans la zone semi-aride. Il s'ensuit une relative libération du support minéral de sa gangue organique et celui-ci peut ainsi être emporté par l'érosion en nappe superficielle. Le sol est arraché par plaques et ce qui reste constitue un « **lithosol** ».

Sur roche plus tendre, la rendzine peut s'approfondir encore. Il y a apparition d'un second horizon structural (B) ou, par accumulation des sels de calcium, d'un encroûtement calcaire. Une telle évolution représente le terme de passage du sol modal vers le type « brun calcaire humifère » ou la rendzine encroûtée comme il en existe sur les calcaires du Crétacé moyen et supérieur dans les montagnes de la Dorsale tunisienne. L'encroûtement est réalisé par plaquage mince à la base de l'horizon organique et dans les diaclases du matériau désagrégé.

Quoi qu'il en soit, la formation des rendzines est encore actuelle. Mais le type modal tel qu'il existe dans ce pays a dû déjà apparaître au cours des plus récents épisodes climatiques froids du Quaternaire. L'aridification et la régression actuelle du couvert végétal constatée dans cette région entraînent certainement un ralentissement de la genèse de ces sols et le type modal ne se rencontre plus guère qu'en altitude ou dans la zone subhumide de la Tunisie.

114. Répartition géographique

Les rendzines humifères se situent dans l'Atlas depuis la zone des écaillés de Béja sur des reliefs culminant à 400 m. d'altitude, jusqu'aux montagnes et hauts plateaux de la Dorsale s'élevant au-dessus de 600 m. sur les versants exposés au N.W. et 900 m. sur ceux qui le sont au S.E.

Elles caractérisent les zones forestières de la vallée de l'oued Mellègue, des monts de Siliana, du plateau de la Kessera et des djebels M'Rila, Semama, Chambi. Leur existence est épisodique dans la région déboisée de Thala - Haïdra.

Dans l'ensemble de l'Atlas tunisien, les roches qui engendrent ces sols appartiennent au Trias, au Crétacé et à l'Eocène. Toutes sont très gélives.

12. - Association avec d'autres types de sols

121. - Avec les sols bruns calcaires humifères

Cette association est provoquée par l'existence au même endroit d'une alternance de roches tendres et dures. Ces sols sont définis dans le paragraphe des sols calcimorphes à deux horizons.

122. - Avec les rendzines appauvries en matière organiques et les lithosols.

La végétation tunisienne est dégradée jusqu'au niveau de la strate herbacée sur de très importantes surfaces soit par l'effet naturel du climat semi-aride soit par le défrichement qu'entraîne l'extension des cultures. La zone des rendzines est atteinte de cette manière quelle que soit l'altitude.

Ces sols sont ainsi appauvris en matière organique et leur profil modifié. L'horizon A1, ne possède plus alors que 2 à 4 % d'humus, ce qui s'exprime par une couleur brun à gris brun. La structure devient finement nuciforme et tend à se pulvériser soit par remaniement cultural de la surface du sol soit par apport dans l'horizon de calcaire grossier provoqué par

les labours ou le ruissellement. De ce fait, la stabilité structurale tend à diminuer. Ces caractères définissent la rendzine habituellement décrite sur les versants de moyenne altitude de la région atlasique.

Il s'agit donc de sols fragiles que l'érosion peut entraîner par plaques provoquant de cette manière la mise à nu des roches. La réinstallation sporadique de la végétation amène la formation d'un lithosol caractérisé par un horizon Ao ou A1 peu abondant en matière organique et mince reposant sur le substrat délité. Celui-ci est fréquent vers la partie méridionale de l'Atlas et au S.E. de la Dorsale.

124. - Avec les sols rouges

Les affleurements de calcaires durs du Jurassique, du Crétacé inférieur et de l'Eocène inférieur qui jalonnent les unités structurales de l'Atlas sont dans leur grande majorité modelés par des karsts superficiels. Leurs poches et leurs fissures sont remplies de sols rouges anciens souvent résiduels. Leur amincissement, provoqué par l'érosion en nappe, a pour conséquence d'une part, la recalcification des horizons supérieurs quand ceux-ci n'excèdent plus 40 cm d'épaisseur, et d'autre part, la formation de colluvions rouges, réapprovisionnées en calcaire au cours de leur transport sur le pourtour des djebels à une altitude voisine de 400 m. dans le nord du pays, supérieure à 600 m. dans les montagnes qui bordent la Dorsale et l'île de Kasserine.

Orienté vers une simple accumulation de la matière organique et du calcaire sans entraînement en profondeur, le pédoclimat actuel a permis que ces sols érodés engendrent des rendzines de couleur brun foncé à brun noirâtre possédant 4 à 16 % d'humus. Elles présentent également une zone de transition brun rouge entre l'horizon A1 et le substrat. Leur structure est grumeleuse voire granulaire mais peut se transformer selon un mode finement nuciforme, friable en surface et moyennement nuciforme en profondeur dès que le taux de la matière organique baisse dans les zones d'altitude marginale. Le taux du calcaire varie de 6 à plus de 20 %.

Au raccord des versants montagnards et des piedmonts, ces sols s'enrichissent encore en carbonates. La roche-mère est un limon argileux généralement encroûté.

Ces rendzines forment donc une couronne autour des sols rouges et constituent avec eux une chaîne sur les roches calcaires du nord tunisien et dans les grandes montagnes de la Dorsale.

13. Classification

Les rendzines sont un groupe de la classe des sols calcimorphes. Leur couleur brune, grise, rouge et noire reflète la combinaison qui existe entre celles de la matière organique et des roches-mères. Elle permet de distinguer ainsi leur origine au niveau des sous-groupes.

Le faciès indique, pour chacune, le type d'humus (null calcaire ou moder calcaire) et le taux d'humification.

Enfin, la nature de la roche-mère est précisée au niveau des familles.

14. - Utilisations agronomiques

L'emplacement montagnard des rendzines les destine principalement à supporter des forêts calcicoles et xérophiles. P. DIMANCHE préconise ainsi le pin d'Alep, le pin pignon, les cyprès et certains eucalyptus.

L'occupation de ces sols par une pelouse graminéenne doit permettre le pâturage à condition toutefois d'y opérer des rotations du bétail et un aménagement antiérosif du terrain pour lutter contre l'érosion en nappe superficielle et l'arrachage en plaques.

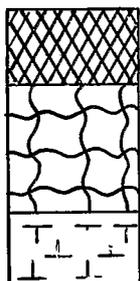
2. - LES SOLS CALCIMORPHES A DEUX HORIZONS OU « SOLS BRUNS CALCAIRES »

21. - Les sols bruns calcaires humifères

211. - Caractères morphologiques

C'est encore P. DIMANCHE (1967, p. 37) qui a le mieux défini leur profil en Tunisie. Sous végétation naturelle, les sols bruns calcaires typiques présentent un profil A (B) C bien individualisé.

- Sous olivier-lentisque, dans la région des Mogods, la succession des horizons est la suivante :



A1 - Brun foncé ou brun jaune foncé ou gris très foncé. Humifère. Texture moyenne à fine. Structure généralement grumeleuse, faite de micropolyèdres accolés, très bien développée sous l'effet d'une colonisation racinaire intense. Limite inférieure peu nette.

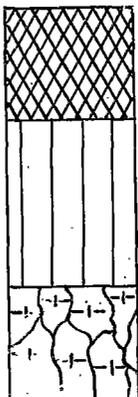
(B)- Brun jaune ou gris jaune. Moins humifère. Texture plus argileuse. Structure nettement plus polyédrique. Limite inférieure peu nette.

C - Roche-mère meuble où l'enracinement de la plante est bien réparti.

Un horizon de transition peut être distingué. Il est encore riche en matière organique, bien colonisé par les racines. Sa structure est différente de celle de la roche-mère par sa finesse. Mais le passage des horizons organiques à la roche-mère peut être brutal. Cet horizon peut présenter un léger pseudo-gley quand il se développe sur calcaire tendre, sur marnes ou sur argile calcaire.

- Sous-résineux (Callitris ou pin d'Alep), le profil possède un horizon Ao, plus ou moins épais, constitué d'aiguilles mal décomposées, sous lequel apparaît un horizon irrégulier, fibreux ou pulvérulent et où le mélange matière organique - matière minérale est imparfait (horizon H de Hartmann). (Fin de citation).

Dans les collines ou les piedmonts cultivés, l'élimination du couvert végétal et, plus encore, le labour provoquent une modification du profil dans son facteur structural essentiellement.



La couleur de l'horizon A1, appauvri en matière organique, diminue d'intensité. Il est brun, brun jaune ou brun gris. Sa structure devient polyédrique émoussée de moyenne dimension et il peut apparaître une surstructure motteuse. Les micro-polyèdres originaux perdent leur individualité. La stabilité structurale diminue en conséquence. La limite de cet horizon est souvent de nature culturale et peut revêtir l'aspect d'une semelle de labour si la texture est fine. L'horizon (B), encore humifère, garde sa couleur ou devient jaune brun. Sa structure reste polyédrique avec des agrégats mieux individualisés sur lesquels se forme un début de lissage. En milieu argileux, ces sols ont une structure prismatique fine et effilée. Une certaine hydromorphie provoque l'apparition de petites tâches calcaires plates, groupées en es-saims. L'horizon C est, soit une colluvion de texture fine à moyenne sans structure définie, soit une marne ou un calcaire marneux imprégnés de pseudogley, incluant parfois des amas de calcaire blanc, pulvérulent.

212. - Caractères physico-chimiques

P. DIMANCHE (1967, p. 37), donne au sol type les caractéristiques suivantes : « Sous olivier-lentisque le sol brun calcaire recèle jusqu'à 20 % de matière organique. Ce chiffre diminue de la moitié environ dans l'horizon (B). Le taux d'humification est moyen et celui de la minéralisation C/N est inférieur à 15. La teneur en calcaire varie de 5 à 20%. Elle augmente dans l'horizon (B). Le pH se situe vers 8.

Sous résineux, l'horizon de transition à aspect fibreux a un rapport C/N supérieur à 20. La matière organique y est peu évoluée et peu minéralisée. Dessous, le taux d'humification augmente brutalement, le rapport C/N décroît de 15 à 12 et atteint le chiffre de 10 ou moins encore dans l'horizon (B) » (Fin de la citation). La mise en culture appauvrit le sol brun calcaire en matière organique. Sa quantité diminue à 3 ou 4% environ dans l'horizon A et atteint la moitié de ces chiffres dans l'horizon (B). Le % du calcaire total reste identique à celui que l'on enregistre dans les profils types.

213. - Mode de pédogenèse

Les traits fondamentaux de la genèse des sols bruns calcaires sont semblables à ceux des rendzines auxquelles ils sont juxtaposés ou associés en chaîne, selon la disposition des roches dans le paysage. Le matériau originel (calcaire crayeux, calcaire marneux, marne et argile calcaire) est d'abord désagrégé. Au contact des racines, un horizon humifère s'installe comme dans les rendzines. Sa structure est alors finement à moyennement nuciforme. Le sol continue à s'enfoncer dans la roche tendre. Un

horizon (B) s'y différencie par une structuration dépendant plus des caractéristiques propres de l'argile que de l'action des racines. Dans un calcaire, moins drainant, elle devient prismatique fine et effilée. A la base de l'horizon (B) ou dans l'horizon C peut apparaître enfin une ségrégation des constituants chimiques de la roche amenant la formation d'une accumulation calcaire diffuse surmontant un pseudogley dans les calcaires tendres et les marnes, de taches et d'amas calcaires dans les argiles calcaires. Un tel sol est dit « encroûté » (FOURNET - profil 158 à Oued Zit - profil 75 bis à Oued Zarga).

La dégradation naturelle ou culturale des sols bruns calcaires aux altitudes comprises entre 400 et 600 m., a le même effet que sur les rendzines. Il se produit une élimination progressive de l'horizon de surface rendu instable par perte de matière organique. La végétation spontanée tend à reformer un horizon A aux dépens de l'horizon (B). Celui-ci est à son tour entraîné par le ruissellement de surface. Progressivement, le sol diminue d'épaisseur. Cet état de fait est remarquable sur les calcaires tendres. Sur les marnes ou les argiles calcaires, l'érosion a lieu par ravinement ou par glissement de masse au contact d'un miroir formé au sommet de l'horizon C et dès que l'horizon A disparaît, par plaques.

Au même titre que les rendzines, la genèse des sols bruns calcaires typiques remonte aux dernières périodes froides du quaternaire récent. Elle se poursuit actuellement dans les mêmes conditions mais les sols qui en résultent ne sont guère développés.

214. - Répartition géographique

Associés aux rendzines, les sols bruns calcaires humifères ont la même répartition qu'elles en Tunisie. Toutefois, l'extension même des roches qui les engendrent, les situent sur des superficies plus importantes. Non seulement, ils existent dans les montagnes mais encore ils occupent la surface des affleurements marneux et argilo-calcaires néogènes dans les hautes plaines, celle des sédiments meubles qui remplissent les fossés transversaux de l'Atlas, depuis le nord du Sillon tunisien jusqu'à la Dorsale et l'île de Kasserine, à des altitudes inférieures à 400-600 m.

22. - Association avec d'autres types de sols

221. - Avec les rendzines humifères

Cette association, signalée ci-dessus, dépend de la position respective des roches et constitue des juxtapositions ou des chaînes de sols.

22. - Avec les régosols

Les observations signalées à propos de l'association rendzines-lithosols sont les mêmes en ce qui concerne l'association sols bruns calcaires-régosols. Il est également aisé de remarquer sur le terrain, le groupement de ces deux associations. C'est assez dire que leurs caractéristiques sont semblables et leur répartition géographique identique.

223. - Avec les vertisols

Cette association se présente sous deux aspects : une juxtaposition de sols suivant la nature lithique des alternances sédimentaires, une chaîne de sols quand, sur une surface topographique, existe un revêtement colluvial provenant d'un versant calcaire ou calcaro-marneux sur des marnes ou des argiles calcaires montmorillonitiques. En ce cas, la colluvion, peu épaisse, tapisse le raccord concave de la surface considérée au versant et s'amincit vers l'aval. Le sol brun calcaire qui se développe sur ce matériau présente dans l'horizon (B) une structure polyédrique ou prismatique plus ou moins cubique, bien individualisée, dont les agrégats possèdent des faces lissées. L'horizon C s'enfonce alors dans le substrat qui se structure en grosses plaques inclinées et gauchies. Il y apparaît fréquemment des tâches ou des amas calcaires groupés en essaims ou alignés verticalement. Cette description correspond au sol brun calcaire vertique dont la position dans le paysage se situe toujours au-dessus de 400 à 500 m. d'altitude dans tout l'Atlas, altitude qui correspond au milieu climatique de genèse des sols calcimorphes.

Vers l'aval, et de façon continue, l'amincissement de la colluvion a pour conséquence une modification du profil de ces sols. L'horizon A conserve les caractères principaux du sol brun calcaire mais la matière organique apparaît de plus en plus mêlée au squelette minéral. L'horizon (B) élabore sa structure dans l'argile du substrat. Cette dernière présente alors des plaquettes lisses non luisantes. Au bas de la pente, le sol s'approfondit et le profil observé est celui d'un vertisol à caractères accentués qui peut éventuellement noircir dans les zones mal drainées.

Sur les séries sédimentaires du Crétacé moyen et supérieur formant l'armature des grands anticlinaux ou des dômes de l'Atlas continental, ce sont les sols bruns calcaires qui dominent la séquence, là où la forêt, même dégradée, subsiste encore. Par contre, sur les séries de l'Eocène supérieur et du Néogène qui affleurent couramment en bordure des synclinaux, ce sont les vertisols qui prédominent.

23. - Classification

Les sols bruns calcaires forment un groupe de la classe des sols calcimorphes. Ils se subdivisent en 4 sous-groupes :

- modal
- encroûté
- vertique
- hydromorphe.

Les mulls calcaires ou les moders calcaires typent le faciès. La roche-mère est indiquée au niveau de la famille (calcaire marneux-marne-argile calcaire-colluvion-alluvion).

24. - Utilisations agronomiques

Le sol brun calcaire présente une dynamique de l'eau plus favorable et mieux tamponnée que la rendzine. Il est plus profond, bien struc-

turé, relativement stable à l'érosion. Son utilisation doit en outre tenir compte de son emplacement dans le paysage.

En région élevée, au-dessus de 400 à 600 m. d'altitude, et en terrain accidenté, il est naturellement destiné à une reforestation des surfaces dégradées notamment par les résineux en bioclimat semi-aride supérieur. En terrain plus régulier, il peut être affecté à la prairie permanente. Dans les piedmonts à pente régulière, il convient bien à des cultures de céréales alternant avec des fourrages pour assurer sa conservation et son réapprovisionnement en matière organique.

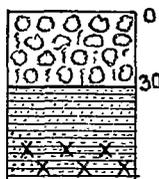
En région subhumide, il peut constituer un excellent terrain pour la culture d'arbres à pépins et à noyau.

3. - LES SOLS CALCIMORPHES SUR ACCUMULATION CALCAIRE OU GYPSEUSE

Il est apparu nécessaire d'étudier séparément les sols calcimorphes sur accumulation calcaire ou gypseuse, étant donné leurs caractères originaux. D'ailleurs, leur distribution géographique est différente de celle des sols précédents et autrement étendue en Tunisie.

31. - Les rendzines sur croûte calcaire

311. - Caractères morphologiques



Le profil type a été choisi dans les hautes plaines de la Dorsale, à Ouesseltia (profil S 18 - FOURNET, 1967).

L'horizon A1 est de couleur brun foncé. Sa texture est équilibrée, sa structure, nuciforme fine à grumuleuse, friable. Bien pourvu en matière organique, il inclut des fragments de croûte cassée ou façonnée en galets. Fortement calcaire, il est bien colonisé par les racines et sa porosité est bonne.

On observe très souvent un horizon A2 de transition dans la zone de dislocation de la croûte sous-jacente. La couleur est brun beige à l'état humide et brun rosé, brun jaune, beige rosé ou beige jaune à l'état sec. La texture reste équilibrée ou devient plus grossière. La structure est moins nette, nuciforme à polyédrique fine à l'état sec, fondue à l'état humide. Cet horizon s'insinue entre les feuillettes de la croûte. Encore humifère, il est également bien colonisé par les racines et sa réaction à HCl est très forte.

L'ensemble repose sur une croûte calcaire feuilletée brun jaune ou beige rosée à l'état humide, beige à blanc à l'état sec. Sa surface est durcie et recouverte d'une pellicule zonaire. La croûte est plus ou moins disloquée en dalles ou en pavés irrégulièrement disposés.

Au Nord du pays, dans la vallée de la Medjerdah par exemple, la rendzine que supportent les glacis encroûtés, est de couleur brun rouge et parfois noircie comme c'est le cas à Béja. Sa structure est finement nuciforme. L'horizon de transition est jaune rougeâtre et conserve la mê-

me structure. Ce sol est généralement moins calcaire que le type décrit plus haut mais la réaction à HCl augmente brutalement au contact de la croûte. On observe un pourrissement de celle-ci dont les fragments alimentent l'horizon de transition.

Plus au sud, entre El-Djem et Sfax, sur les grandes plateformes encroûtées de la Plaine orientale, la rendzine, de couleur brun à brun beige, a une texture sablo-limoneuse à argilo-sableuse. Peu riche en matière organique, sa structure finement nuciforme est très friable voire pulvérisable. L'horizon de transition est toujours présent, beige brun à beige, et plus calcaire qu'en surface.

Sur les flancs des grands anticlinaux de l'Atlas, la rendzine repose sur des encroûtements de type « Torba » coiffés d'une croûte feuilletée, blanche et tendre. Sa couleur est brun gris à gris foncé, sa texture moyenne, sa structure grumeleuse à finement nuciforme. De plus, elle est bien pourvue en matière organique aux moyennes et hautes altitudes.

312. - Caractères physico-chimiques

La granulométrie de ces sols selon la nature du matériau originel.

	Dans le Nord	Dans le Sud
Argile	20 à 30 %	10 à 15 %
Limon	25 à 35 %	12 à 17 %
Sables fins	15 à 30 %	40 %
Sables grossiers	10 à 30 %	25 %

La teneur en calcaire total varie dans d'énormes proportions (10 à 50 %) au niveau de l'horizon A et s'élève fortement dans l'horizon de transition (40 à 80 %). Elle est fonction de la composition en calcaire, du matériau originel et de la situation du sol dans le paysage. D'une façon générale, le pourcentage de calcaire est plus élevé dans les rendzines sur encroûtements et croûtes disloquées que dans celles qui reposent sur croûte dures et intactes.

Le taux de matière organique dans l'horizon A est d'environ 2 à 6 % pour les rendzines sur accumulation calcaire de l'Atlas, et de 1 à 2 % pour celles de la Plaine orientale et de la Haute steppe. Bien humifiée dans la première région, cette matière organique tend à se minéraliser dans la seconde où poussent l'armoïse et l'alfa (Le pH atteint le chiffre 8).

Ces sols, moins pourvus en matière organique que les rendzines de montagne, possèdent une stabilité structurale moins élevée. Une plus forte teneur en limon, comparée à celle de l'argile, contribue à ce caractère, d'où leur sensibilité au décapage superficiel par l'érosion en nappe.

313. - Mode de pédogenèse

La couleur des rendzines sur croûte constitue un bon facteur de distinction dans la genèse de ces sols.

Brun-rouge, brun, brun noir dans le Nord du pays, leur couleur est brun-rouge et brun dans les piedmonts de l'Atlas, brun et brun gris sur les dômes, enfin, brun, brun pâle, brun beige dans la Plaine orientale et la Haute steppe. Ces teintes ne semblent pas liées à l'évolution de ce type de sol mais constituent plutôt une caractéristique du matériau originel qui apparaît comme le reste ou la partie remaniée d'anciens sols rouges ou isohumiques châtain-rouges ou châtaîns, brun-rouges ou bruns à accumulation brutale du calcaire, modaux ou noircis (Béja - Oued Zagra - FOURNET 1965). D'après l'étude des séquences de sols, la nouvelle genèse calcimorphe paraît représenter un héritage récent. En effet, il est facile d'observer le raccord de ces rendzines situées au sommet des pentes avec les sols précédents existant à l'aval des glacis en passant ou non par des sols bruns calcaires de même couleur. L'exemple est le même sur les hautes surfaces de piedmont détachées des versants montagnards entre lesquels il est possible d'établir le raccord (Medjez-El-Bab : Ousseltia : FOURNET, 1960-1962, Bordj Toum : BOURALY, 1954, Ousseltia : BRUNISSO, 1966).

Il est rare de déceler à la base de l'horizon A les indices d'une origine colluviale des roches-mères sur la croûte. Ces indices existent cependant au pied des grands massifs montagneux, dans le raccord des glacis aux versants. Il s'agit d'épandages caillouteux dus au ruissellement de surface ou de petits cônes déposés au pied des ruz. Leur extension est relativement restreinte mais significative. Sur l'ensemble des niveaux quaternaires encroûtés, la mise en place des roches-mères pourrait s'être opérée par transit de sédiments fins le long du profil longitudinal des surfaces considérées. Dans la Plaine orientale et la Haute steppe, l'étendue et la position des grands dômes et des grands glacis encroûtés permet mal de concevoir une origine allochtone des roches-mères. Même l'action du vent ne peut expliquer leur dépôt autrement que sous la forme d'abrasion ou de remaniement localisés des sols.

Ceci étant, il n'est pas douteux, par le temps qui a été nécessaire à la formation des rendzines, que la croûte ait partiellement contribué au processus lors de la désagrégation de sa partie supérieure. Une telle observation permet de conclure, en définitive, à la genèse calcimorphe de ces sols au même titre que ceux qui se sont formés sur roche en montagne. (Profil 73 a - Béja : FOURNET, 1967).

En tout état de cause, la période d'évolution des rendzines sur croûte paraît remonter à celle des sols isohumiques comme un faciès particulier de sols minces ou hériter plus récemment de ces mêmes sols après leur abrasion et éventuellement leurs transport à courte distance.

314. - Répartition géographique

Partant des piedmonts de la plaine de Mateur et de la vallée de la Medjerdah, les rendzines sur croûte s'étendent jusqu'aux confins de la zone aride. Leur cadre d'évolution est donc plus large que celui des rendzines de montagne et correspond à celui des glacis encroûtés des différentes périodes quaternaires. Elles se situent au sommet des piedmonts

dans les hautes plaines. Elles ceinturent les flancs et les bassins d'effondrement continentaux dans l'Atlas. Elles recouvrent en bonne partie les dômes et l'amont des grandes surfaces de la Plaine orientale. Elles bordent enfin les plaines maritimes.

315. - Association avec d'autres types de sols

315.1. - Avec les sols bruns calcaires sur croûte

Ces deux sols existent sur les pourtours et à l'aval des glacis anciens à croûte calcaire. Par approfondissement de la rendzine ou épaissement de la roche-mère (40 à 60 cm) un horizon (B), brun rosé ou brun jaune, à structure polyédrique émoussée, apparaît. À l'entour des thalwegs et des dépressions, la présence d'une relative hydromorphie confère au sol brun calcaire une structure prismatique fine.

L'horizon A montre les mêmes caractères de couleur, de structure et de teneur en calcaire total que celui des rendzines. Ce dernier facteur augmente sensiblement dans l'horizon (B).

Le sol brun calcaire sur encroûtement, sur la bordure des massifs crétacés forme également une chaîne de sols avec les rendzines de couleur brun gris. Sur marne à montmorillonite, la structure de l'horizon (B) devient verticale. La roche-mère se transforme en une « torba » jaune à amas calcaires.

Généralement, ces sols associés se situent sur les glacis du quaternaire moyen.

315.2. - Avec les sols isohumiques

Cette association est soit une conséquence de l'érosion des sols isohumiques avec évolution calcimorphe ultérieure du sol tronqué soit un groupement de faciès défini par la profondeur du dépôt originel au moment de la pédogenèse steppique. Ces rendzines ont une couleur brun rouge ou brune et sont peu calcaires. Elles se situent sur les glacis du quaternaire moyen de l'Atlas.

316. - Classification

Elle est la même que celle des rendzines de montagne. La présence de la croûte ou de l'encroûtement calcaire est signalée comme les roches-mères au niveau de la famille. La série distingue des caractères tel le taux de calcaire etc..

317. - Utilisations agronomiques

La faible profondeur des rendzines sur croûte n'est pas un obstacle à leur mise en valeur par les oliviers. En effet, le facteur limitant se situe plutôt au niveau du type d'accumulation calcaire et à celui du substrat. Dans la zone semi-aride supérieure de l'Atlas, des cultures annuelles, telles que les fourrages à base de graminées et de légumineuses associées exploi-

tent bien les ressources organiques de ces sols et entretiennent leur structure. Dans la zone semi-aride inférieure de la Plaine orientale, des pâturages à base de graminées conviennent mieux, étant donné leur moindre richesse en matière organique et leur faible stabilité structurale.

Dans la région continentale de l'Atlas, le type de bioclimat permet d'envisager sur ces sols la culture des amandiers et celle de la vigne dans la région côtière. Dans ces deux cas, la céréaliculture est possible en escomptant des rendements moyens.

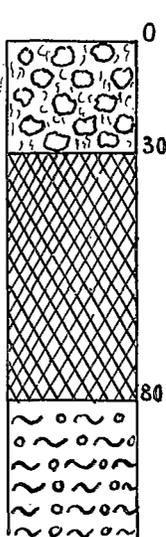
Autour des agglomérations, une conduite prudente de l'irrigation par aspersion ou par gravité après préparation du terrain en planches permet de réaliser des cultures maraîchères.

Un abus des façons culturales sans protection préalable contre le ruissellement risque de provoquer une érosion en griffes puis en nappe.

32. - Les sols bruns calcaires à accumulation calcaire

32.1. - Caractères morphologiques

Le profil type a été décrit dans la plaine d'Ousseltia au pied de la grande Dorsale (Profil P 11 - FOURNET, 1967).



L'horizon A a une couleur brun foncé et une texture limono-argileuse à sablo-argileuse. La structure est nuciforme, à faible cohésion, pulvérisée ou en grosses mottes dans la tranche labourée. Bien colonisé par les radicelles, il est bien pourvu en matière organique. La réaction à HCl est moyenne à forte.

L'horizon (B) encore bien colonisé par les racines a une couleur brun beige, brun-rouge à l'état humide, brun beige ou brun rosé à l'état sec, selon la couleur originelle du matériau combinée à celle de la matière organique dont cet horizon est encore bien pourvu. La texture est limono-argileuse, la structure polyédrique souvent émoussée, parfois prismatique allongée quand l'hydromorphie influence le profil du sol. La cohésion reste faible mais l'horizon est dans l'ensemble plus compact. La réaction à HCl est forte. À la base, il peut apparaître un léger pseudomycélium ou quelques rares tâches calcaires.

Un horizon calcaire Cca beige rosé s'implante dans la roche-mère où le substrat C est un encroûtement à structure finement polyédrique. Ce peut être un « limon à nodules calcaires plus ou moins abondants » ou encore une crête.

Dans d'autres sites de la région, ce sol brun calcaire peut posséder un horizon A dont la matière organique est assez minéralisée et profondément répartie. (Profil n° S 17 - Ousseltia : FOURNET, 1963). L'ensemble du profil demeure calcarifié. Le pseudomycélium est plus abondant dans l'horizon (B) et l'horizon Cca est constitué par un « limon à nodules calcaires abondant de couleur brun rosé à l'état sec, beige rosé à l'état humide. Ce sol est dit « Sol brun calcaire à faciès isohumique ».

A l'aval des glacis qui ceignent les fossés ou les dépressions atlasiques, ces sols sont plus profonds et noircis. (Profil du Km 22 sur la route de Tunis à Bordj El Amri dans la plaine de l'Oued Chafrou : FOURNET, 1965).

L'horizon A, gris brun foncé à l'état humide, noir à l'état sec, possède une texture argileuse et présente une structure polyédrique émousée qui, à l'état humide, se résoud en une sous-structure finement polyédrique. La matière organique paraît assez minéralisée. La réaction à HCl est moyenne. L'horizon (B) brun à jaune brun foncé à l'état humide, brun beige à l'état sec, a une texture argilo-limoneuse. Sa structure est prismatique, polyédrique fine à cubique fine et se résoud, à l'état humide en polyèdres moyens. Encore pourvu de matière organique, sa réaction à HCl est moyenne à forte.

Un horizon Cca de couleur jaune brun à l'état humide, beige rosé à l'état sec, est un encroûtement calcaire nodulaire feuilleté en surface.

32.2. - Caractères physico-chimiques

Le sol brun calcaire à accumulation calcaire typique contient 2 à 2,5 % de matière organique en surface et encore 0,5 % dans l'horizon Cca vers 100 cm de profondeur. Bien humifiée, celle-ci apparaît assez fortement mêlée à la matière minérale dès la base de l'horizon A.

La texture la plus fréquente est limono-argileuse à sablo-argileuse. La teneur en calcaire oscille entre 15 et 35 % dans l'horizon supérieur, 30 et 45 % dans le second et s'élève brusquement à 35-70 % dans l'horizon encroûté. Le calcaire actif représente un peu plus de la moitié du calcaire total.

Ces sols possèdent habituellement une structure stable. Pourtant la dégradation du couvert végétal rend leur surface sensible à l'érosion en nappe. L'horizon B est moins poreux et plus compact. Un engorgement brutal par l'eau le transforme en un milieu pâteux propice au creusement linéaire de l'érosion. L'ensemble du sol est éliminé jusqu'au niveau de l'encroûtement.

Le sol brun calcaire noirci à accumulation calcaire est assez pauvre en matière organique (0,8 à 1 % en surface, 0,5 % en profondeur). Elle apparaît fortement incorporée au squelette minéral sauf dans la tranche de labour. La texture est généralement limono-argileuse, argilo-limoneuse ou argileuse. Le profil calcaire du sol est plus différencié que dans le sol-type. Le taux, de 15 % environ à la surface, passe à 25-40 % dans l'horizon (B) et augmente sans transition à 40-60 % dans l'horizon Cca.

La caractéristique de stabilité structurale est la même ici que dans le sol-type. Le processus d'érosion est également le même.

32.3. - Mode de pédogenèse

Pour comprendre le mode de formation des sols bruns calcaires encroûtés, deux caractères principaux doivent être retenus : le profil calcaire et le contact avec le matériau originel. Le profil, entièrement calcaire, est cependant plus différencié que dans celui des sols bruns calcaires de mon-

tagne. Dans ces sols situés sur des glacis de piedmont, il n'est pas aisé de mettre en évidence une recalcarisation des horizons ou une absence de décalcarisation qui les transformerait en sols isohumiques. L'hydromorphie jointe à une position topographique basse justifierait le maintien du calcaire dans les horizons de surface des sols noirs. L'horizon Cca est un limon à nodules calcaires, un encroûtement ou une croûte. Il est tout aussi difficile de prouver que ces sols ont évolué par altération d'un matériau calcaire définissant ainsi la genèse des sols calcimorphes ou par simple ségrégation des carbonates à partir d'une roche-mère autrefois homogène lors de sa mise en place sur les glacis, caractère définissant plutôt la différenciation des sols isohumiques.

La matière organique, bien humifiée, apparaît fréquemment minéralisée. Sa courbe de répartition ressemble à celle des sols isohumiques.

La structure ne renseigne pas plus pour ranger ces sols dans une classe ou dans l'autre. Ils se présentent donc comme des types intergrades. Si les caractères calcimorphes semblent prévaloir surtout au niveau des horizons superficiels, leur position géomorphologique, l'absence de couvert forestier, celle d'une preuve de l'altération d'une roche-mère en place, le profil calcaire et l'état de minéralisation de la matière organique auto-riseraient leur classement comme un faciès de sols isohumiques incomplètement mûris. En effet, dans des régions situées au pied de massifs non calcaires et à leur place, se développent des sols isohumiques châains ou bruns, modaux ou vertiques, (Oued Zit : FOURNET, 1967).

32.4. - Répartition géographique

Les sols bruns calcaires, typiques ou noircis, à accumulation calcaire se répartissent dans les hautes et basses plaines de l'Atlas, depuis la région de Mateur et la vallée de la Medjerdah jusqu'à la Dorsale où leur importance décroît et se localise.

Typiques, ils se situent sur les glacis encroûtés des hautes plaines. Dans les basses plaines, ils ne forment qu'une bordure étroite entre les glacis de piedmont et les dépressions remplies d'alluvions récentes.

Noircis, ils se localisent à la bordure aval de ces mêmes glacis dans les hautes plaines, dans les fossés continentaux et dans les basses plaines maritimes de l'Ichkeul et de la Medjerdah.

Ces sols ne s'associent ni ne se juxtaposent à d'autres types, tels les sols isohumiques ou les vertisols, étant donné leur caractère intergrade.

Enfin, leur présence a été signalée en bordure des dépressions de **Kairouan** et de Sidi Bou Zid. Une partie des sols hydromorphes sur accumulation gypseuse qui se trouvent dans le sillon Chérifa-Monastir et sur le haut plateau de Kasserine pourraient éventuellement appartenir au même groupe. Leur répartition serait alors associée à celle des sols isohumiques du Centre tunisien.

32.5 - Classification

Les sols bruns calcaires formant un groupe, c'est au sous-groupe que

doit apparaître l'accumulation calcaire. Le noircissement est précisé au niveau du faciès. La nature du matériau originel (limon brun-rouge, brun-jaune, etc...), est notée à la famille.

Si ces sols sont associés avec les sols isohumiques, le même mode de classement est utilisé.

32.6. - Utilisations agronomiques

Du point de vue des aptitudes culturales, les caractères essentiels qui ressortent de la description des profils est une texture moyenne à fine, une profondeur variant de 60 à 120 cm. Dès lors, ce sont des sols destinés plutôt aux céréales. Cependant, il est possible d'y réaliser des plantations d'espèces résistantes tels la vigne et l'olivier. En zone continentale, l'existence d'un saisonnement dans le cycle végétatif des plantes permet d'envisager leur utilisation par des arbres à pépins. En zone d'influence maritime, et si le sol est sain, les arbres à noyaux conviennent.

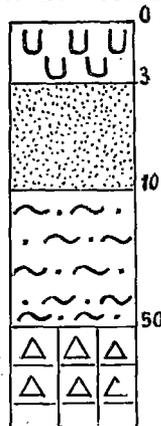
33. - Les sols calcimorphes sur accumulation gypseuse

L'horizon gypseux qui caractérise ces sols est un encroûtement ou une simple accumulation de gypse finement cristallisé. Dans le Nord et le Centre du pays, ils se situent :

- sur les roches gypseuses interstratifiées dans les formations salifères du Trias,
- sur les glacis où l'accumulation observée est une ségrégation saline à partir d'un « limon gypseux »,
- dans les dépressions (il s'agit alors d'un encroûtement de nappe),
- sur les bourrelets éoliens de bordure de sebkha où il y a remise en mouvement et ségrégation à partir d'un dépôt de gypse sableux lenticulaire.

33.1 Caractères morphologiques

P. DIMANCHE a décrit ces sols dans le Nord de la Tunisie et sur roche gypseuse du Trias (Profil type de l'association végétale à pin d'Alep n° 27 - feuille topographique du Kef au 1/50.000) :



Horizon A₀ : litière de 3 cm d'épaisseur, peu décomposée.

Horizon A₁ : de 10 cm d'épaisseur. Limoneux, humifère, sa couleur est gris brun; sa structure est poudreuse meuble. Peu calcaire, il est très gypseux. Il contient d'abondantes racines.

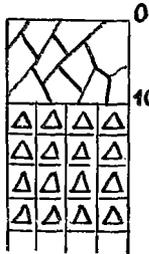
- de 10 à 50 cm. Encroûtement gypseux moins humifère à matière organique peu minéralisée. Sa couleur est blanche; sa structure est particulière, friable. Non calcaire, il récite encore d'abondantes racines.

- au-delà de 50 cm, la roche est une masse bréchique à pâte argileuse verte incluant de

grands cristaux de gypse et localement de l'encroûtement. Elle appartient aux roches non calcaires du Trias.

Dans le Centre tunisien, d'autres exemples méritent d'être cités tant par leur position dans le cadre du paysage que par la nature du matériau originel.

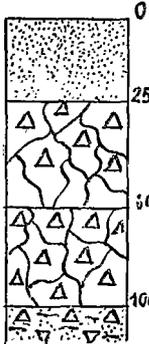
1) Sur affleurement de marnes gypseuses ou sur les colluvions qui en proviennent (Profil n° 7 : LE FLOCH, 1963)



- Un horizon humifère de texture moyenne à grossière, de couleur brun jaune. La structure est peu développée, massive. L'horizon inclut parfois un pseudomycélium gypseux sous la surface et il est calcaire.

Le substrat est une marne gypseuse, compacte, à cristaux de gypse sur laquelle s'érige parfois un encroûtement blanc contenant de petits cristaux de gypse arrondis. La structure est massive. Dénudé, il apparaît sous forme de polygones ayant 40 à 60 cm de large plaqués de gypse.

2) Dans les dépressions qui, par exemple, creusent le plateau d'Hadjeb El-Aïoun, LE FLOCH a décrit le profil suivant (N° 5 dans l'étude de la zone focale II FAO, Sbeitla - Djilma - Hadjeb El-Aïoun, 1964).



- Un horizon de surface de texture limono-sableuse, de couleur grise. La structure est poudreuse. Calcaire, l'horizon est surtout riche en gypse et peu humifère. Les radicelles sont rares.

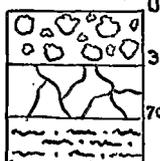
- Un second horizon a une texture limono-sableuse et une couleur grise. La structure est massive, consistante. Calcaire, il est aussi gypseux.

- Un dernier horizon de texture sableuse a une couleur gris clair et montre de nombreuses traînées gypseuses. Le calcaire est presque absent. L'horizon est fortement gypseux.

- Le substrat est un sable argileux vert à taches rouilles, calcaire, très peu gypseux.

Dans la même situation, et à l'aval des glacis de la haute plaine Kasserine-Fériana, il existe, en bordure de petites garas plus ou moins asséchées, des sols bruns calcaires à caractère hydromorphe sur encroûtement gypseux de nappe. Epais de 40 à 80 cm leur texture est limono-argileuse et leur structure, grossièrement nuciforme en surface, devient prismatique cubique, fine en profondeur. Ces sols ne sont pas gypseux mais calcaires. En profondeur, l'accumulation gypseuse apparaît brutalement et son aspect est diffus.

3) Sur bourrelet éolien de bordure de sebkha (LE FLOCH, 1963), deux types de profils sont décrits: Profil N° 101 - Sidi El Hani.

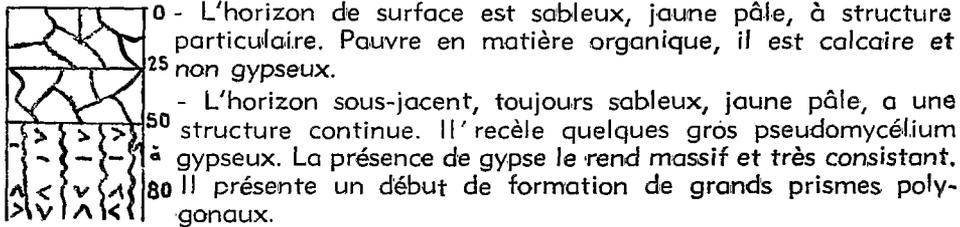


- Un horizon supérieur sablo-limoneux de couleur brun jaune clair. Sa structure a une tendance nuciforme. Il est calcaire et gypseux, légèrement encroûté.

- Un second horizon sablo-limoneux la une couleur jaune pâle et une structure particulaire à éléments grossiers. Calcaire, il est aussi gypseux et légèrement encroûté.

Le sol repose sur un matériau sablo-limoneux jaune pâle à brun clair. Sa structure est continue et consistante, agglomérant des particules de gypse sableux finement lenticulaire, disposées en strates entrecroisées, légèrement encroûtées. Le substrat est un sable argileux brun jaune clair, à structure particulaire grossière ou finement polyédrique. Il est calcaire et légèrement salé.

Profil N° 16 - Sidi El Hani.



33.2. - Caractères physico-chimiques

Dans la partie Nord du pays, les sols sur roche gypseuse n'ont une texture appréciable que dans l'horizon A1 : elle est limoneuse. Le taux de matière organique est de 3 % en surface et encore de 2,5 % au sommet de l'encroûtement. Le rapport C/N atteint 29, indiquant ainsi un humus non minéralisé. Le pourcentage de calcaire, s'élevant à 2 en surface, est nul en profondeur. Par contre, dès l'horizon A1, la quantité de gypse est de 80 % passant à 90 % dans l'encroûtement. Le pH, de 7,8 en surface, s'abaisse à 6,6 au niveau de la roche.

Dans le Sud, les sols sur encroûtement gypseux qui forment la surface des glacis, ont une texture limono-argileuse. Ils sont peu humifères et peu gypseux en surface. Leur taux de calcaire, à cet endroit, varie entre 20 et 35 %. L'encroûtement gypseux s'est élaboré à partir d'un dépôt allochtone ou d'une roche en place, habituellement argileuse. Sa teneur en calcaire oscille de 1 à 10 %, celle du gypse s'élève brusquement à 60-90 %.

Dans les dépressions, la texture du sol est limono-sableuse en surface. Le substrat est sablo-argileux. Le pourcentage du calcaire varie de 15 % en surface à 18-20 % dans l'horizon B. Le substrat est calcaire de façon très variable. C'est le gypse qui est l'élément prépondérant du profil. Son taux est de 50 à 70 % dans le sol. Il diminue fortement dans le substrat (moins de 5 %).

Sur bourrelet éolien, le sol a une texture sablo-limoneuse en surface ; le substrat peut présenter des strates grossières sablo-limoneuses et sablo-limoneuse encroûtée par le gypse dès la surface, le sol est peu calcaire sur l'ensemble du profil. Mais la courbe des sulfates montre que la par

tie supérieure n'est pas gypseuse et que, à partir de l'horizon d'accumulation, le taux du gypse passe à 10 - 20% au moins au sein d'un matériau constitué de très petites lentilles de gypse stratifié. En profondeur, la conductivité augmente jusqu'à 4 mmhos/cm, traduisant ainsi l'apparition d'une certaine salure.

Le sol qui se développe sur sable gypseux stratifié finement lenticulaire est pauvre en matière organique (0,6 % en surface 0,2 en profondeur) Le taux du calcaire, peu élevé en moyenne, varie de 15 % en surface et diminue en profondeur dans le substrat où il atteint 7 %. La quantité de gypse varie dans le même sens avec des taux plus élevés. Absent dans l'horizon de surface, il atteint 25 % dans l'horizon encroûté et 15 % en profondeur. En effet, la plus grande partie du gypse est à l'état cristallisé et constitue le squelette minéral avec le sable.

333. - Mode de pédogenèse

Dans l'état actuel des connaissances, il semble difficile d'établir un lien précis entre les horizons superficiels et l'encroûtement gypseux sur lequel ils reposent. Pour les sols situés sur les roches triasiques de la région du Kef, il est permis de penser que le matériau originel est un apport colluvial; de même, sur les glacis d'érosion couverts et dans les dépressions; il est sûrement éolien sur les bourrelets de Sebkhâ. Sur celui-ci se développe un sol calcimorphe plus ou moins évolué. L'altération, au contact d'un substrat gypseux, entraîne la formation d'un horizon de transition comme dans les rendzines sur croûte calcaire. S'il y a pédogenèse calcimorphe, celle-ci affecterait donc la totalité du matériau apporté et altérerait la surface du substrat sans pour autant que celui-ci soit le matériau originel du sol. Ce sont toutefois des sols calcaires. Leur type de matière organique est mal connu. Latéralement ou en bas des pentes, ils s'associent à des sols isohumiques et leur faciès principal paraît bien être une légère évolution calcimorphe en milieu d'érosion ou dans des dépressions suffisamment desséchées pour qu'ils ne puissent pas mieux faire apparaître les caractères de la calcimorphie.

334. - Répartition géographique

Les sols calcimorphes gypseux existent partout où affleurent les roches du Trias diapirique, depuis le bassin de l'Oued Mellègue jusqu'à la moyenne vallée de la Medjerdah. Ils réapparaissent dans la région de Kasserine et sont largement développés sur les glacis d'érosion taillés dans les marnes gypseuses pontiennes qui affleurent au dôme de Bou-Thadi et dans la région de Djilma-Sidi BouZid. Enfin, leur présence est constante sur tous les bourrelets éoliens des grandes dépressions salées de la plaine orientale (Sidi El-Hani, Chérifa, Rherra).

335. Classification

Parce que ces sols évoluent sous l'influence de l'ion calcium, avec remise en mouvement et ségrégation des sels, ils sont actuellement classés dans les sols calcimorphes et dans la sous-classe des sols à accumulation gypseuse. Le groupe indique la localisation de cette accumulation. Le sous-groupe spécifie l'état de cette accumulation : croûte gypseuse dure ou encroûtement gypseux friable.

336. - Utilisation

Dans bien des cas les sols calcimorphes gypseux sont trop peu profonds et trop érodés pour qu'ils puissent être cultivés. Le milieu sulfaté n'est guère favorable à des cultures riches. De plus, il est souvent accompagné de salure en profondeur. Leur position dans le paysage les situe également dans des conditions de sécheresse accentuée. Leur couvert végétal est généralement dégradé. La présence des sulfates paraît leur conférer une certaine instabilité structurale, et un pouvoir hygrophile qui les rend susceptibles à l'érosion. La seule utilisation actuellement possible est de les remettre en défens, d'y laisser régénérer un tapis végétal destiné à servir de parcours ou de les reforester dans les régions montagneuses.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DIMANCHE (P.) - 1967 - Etude pédologique du périmètre forestier d'Oum Djeddour. Echelle 1/10.000, Serv. Pédo, n° 302, 1 carte, rapport ronéo 35 p.
 - DIMANCHE (P.) et al. - 1967 - Carte phytoécologique de la Tunisie Septentrionale. Ech. 1/200.000°. Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, Tunis. Vol. 40, fasc. 1 2 cartes, tableaux, 340 p.
 - FOURNET (A.) - 1967 - Etude pédologique de l'U.R.D. de Zaghuan. Secteur de l'Oued Zit. Echelle 1/50.000° - Serv. Pédo., Tunis, n° 365, 2 cartes, sans rapport.
 - 1967 - Etude pédologique de la plaine d'Ousseltia (Secteur Sud-Ouest), Djebel Serdj. Echelle 1/50.000° - Serv. Pédo, Tunis, n° 367, 2 cartes, sans rapport
 - FOURNET (A.) et MORI (A.) - 1967 - Etude pédologique de l'U.R.D. de Béja. Echelle 1/50.000 - Serv. Pédo., Tunis, n° 341, 3 cartes, rapport ronéo 54 p.
 - F.A.O. BERNARD (J.), GADDAS (R.), LE FLOCH (J.), LEGAL (A.). 1964 - Etude pédologique de la zone focale n° II, Sbeitla, Djilma, Hajeb El-Aïoun - Serv. Pédo., Tunis, n° 296, 8 cartes, rapport ronéo 100 p.
 - LE FLOCH (J.) - 1963 - Etude pédologique du périmètre de Souassi - El Djem - Sebkhet El Rharra - Sebkhet Sidi El Hani et Sebkhet Chérta - Serv. Pédo., Tunis, n° 253, 15 cartes, annexes, rapport ronéo.
- Etudes pédologiques réalisées au Service Pédologique de Tunisie parmi lesquelles nous avons cité plus particulièrement :
- + BOURALY (J.) - 1954 - Etude pédologique du secteur de Bordj Toum Echelle 1/50.000. SSEPH, n° 124, Tunis, 4 cartes, annexes, rapport ronéo 55 p.
 - + BRUNISSO (J.) - 1965 - Etude pédologique de l'Oued Maarouf. Echelle 1/50.000° - Serv. Pédo., Tunis, n° 333, 2 cartes, pas de rapport.

CHAPITRE III

LES VERTISOLS *

Les vertisols et les sols vertiques sont caractérisés par un profil peu différencié attribuable aux mouvements internes dus à une forte teneur en argiles gonflantes montmorillonitiques. Ces mouvements suivent le rythme saisonnier des humectations et des dessiccations du sol et se traduisent en surface par un fendillement très large avec quelquefois des affaissements des bords des polygones donnant un relief légèrement bosselé analogue au relief Gilgai. Ces fentes se prolongent profondément à l'intérieur du sol délimitant une structure large en blocs prismatiques. Ces mouvements se traduisent en profondeur par l'apparition d'une structure en plaquettes gauchies avec des faces luisantes et striées.

Ces caractères morphologiques apparaissent de façon plus ou moins accentuée ce qui permet la différenciation entre les vertisols et les sols vertiques; de même la profondeur d'apparition des caractères structuraux.

Outre cette distinction les vertisols sont subdivisés d'après la lithologie et la topographie qui conditionnent soit l'un ou l'autre soit conjointement le drainage externe de ces sols.

Si, dans la classification française, on tient compte de la présence ou de l'absence d'un horizon supérieur grumeleux de 20 cm, en Tunisie il n'a pas été observé encore de vertisols ayant un horizon grumeleux de profondeur suffisante pour les rattacher au groupe grumosolique. Aussi, tous les vertisols décrits appartiennent-ils au groupe non grumosolique.

Nous envisagerons les unités suivantes :

- vertisols lithomorphes.
- vertisols et sols vertiques topomorphes (ou topolithomorphes).

1) Les vertisols et sols vertiques lithomorphes

Cette unité a été décrite dans le nord par A. MORI, K. BELKHODJA (Mateur, 1964), L. GUYOT (1964), etc... et au sud de la Dorsale par FEKKIH (1966, Kairouan), BELKHODJA (1966, Kairouan), BUREAU, ELIZECHEA (1965, Kairouan) etc...

(*) Rédigé par K. BELKHODJA (1966).

11. - Caractères morphologiques

La couleur de ces sols est claire sur tout le profil, de teinte 5 Y ou 2,5 Y avec des intensités supérieures à 4 et des chromas supérieures à 2.

Il est rare d'observer des teintes rouges dans ces sols. La structure est polyédrique en surface, perturbée par les labours ; elle devient prismatique en profondeur, compacte, à éléments cubiques ou en plaquettes à faces gauchies, lissées et striées.

12. - Caractères physico-chimiques

La texture est fine en général avec des teneurs en éléments fins de 70 à 95 %, dont 30 à 75 % d'argile.

La teneur en calcaire est variable, 2 à 45 % en calcaire total. On note cependant que les sols sur alluvions sont très calcaires. On ne décèle pas, en général, de gradient de calcaire au sein du profil.

Le gypse apparaît dans certains de ces sols au Nord de la Dorsale sur bourrelets ou colluvions de bourrelets de Sebkhah généralement gypseux. Il s'individualise en profondeur en pseudomycélium et taches ou bien existe sous forme de microcristaux lenticulaires. Au Sud de la Dorsale, le gypse apparaît à la base des profils des sols vertiques où il accompagne les autres sels solubles. En effet, dans les plaines du Centre (Kairouan) ces sols ont des caractères de salure et d'alcalisation qui les font passer, lorsqu'ils sont accentués, dans la classe des sols halomorphes.

Le pH est élevé : en général 8 à 8,2 en surface et 8,5 à 9 en profondeur quand il n'y a pas de sels solubles.

La capacité d'échange du complexe absorbant est élevée et varie de 25 à 60 me/100g. Elle est saturée par du calcium en majorité, avec des proportions variables en magnésium (3 à 15 me/100g), en sodium (1 à 8 me/100 g) alors que le potassium atteint 1 me/100 g.

Les proportions du magnésium et du sodium rapportées à la capacité d'échange sont élevées par rapport à ce qu'elles sont dans les autres sols, et augmentent de la surface vers la profondeur. Dans certains cas dans le Kairouanais et à Mateur au Lac Ichkeul, le passage vers les sols à alcalis est graduel et le pourcentage du sodium dans le complexe augmente.

13. - Caractères minéralogiques

Les analyses minéralogiques révèlent la présence constante de Montmorillonite associée à de faibles quantités de Kaolinite, d'illite et de Calcite. La présence de la Montmorillonite en grande quantité est signalée dans les marnes du Crétacé et du Tertiaire dont dérivent ces types de sols.

14. - Caractères de la matière organique

La teneur en matière organique est faible et varie entre 1 et 2,7 %. Cette matière organique pénètre assez profondément et on retrouve 0,5 à 0,8 % vers 1 mètre de profondeur.

La matière organique est bien humifiée (C/N = 8 à 10) avec une matière humique totale contenant 0,8 à 2,4 pour mille de C riche en acide humique (0,4 à 2 pour mille de C).

15. - Conditions de formation

Les vertisols et sols vertiques lithomorphes apparaissent conditionnés par la texture fine et la nature du matériau originel riche en argile gonflante qui, malgré la présence d'un drainage externe, présentent des caractères d'engorgement saisonnier liés à un mauvais drainage interne.

Au Nord de la Dorsale les vertisols et sols vertiques lithomorphes apparaissent sur certaines roches-mères telles les marnes, les argiles et les colluvions de bourrelets de Sebkhass.

Dans les plaines alluviales dont le remblaiement quaternaire est issu de ces formations, d'autres unités de sols apparaissent ayant des caractères vertiques et également des sols vertiques à caractères de salure et d'alcalisation dûs à la présence d'une nappe phréatique à une profondeur plus ou moins grande.

Au Sud de la Dorsale, les vertisols et sols vertiques lithomorphes apparaissent sur les alluvions et colluvions de marnes et argiles tertiaires sur les pentes moyennes et sur les alluvions provenant de ces mêmes formations apportées par les grands oueds du Kairouanais (Merguellil, Zéroud) et du Centre (Oued Fekka, Djilma).

Ces sols se trouvent situés en général sur des formations récentes d'âge Rharbien et peuvent continuer à être sporadiquement inondés. Très souvent, ils ont des accumulations gypseuses en profondeur, des sels solubles et un fort pourcentage de Na échangeable.

16.- Passages latéraux à d'autres types de sols

Au Nord de la Dorsale les sols situés sur pente sont souvent associés aux sols peu évolués d'érosion régosoliques et aux sols calcimorphes sur les versants marneux soumis à l'érosion.

Alors que dans les plaines bien drainées, ils sont associés à des sols peu évolués, sains, et à des sols évolués du type isohumique châtain, dans le cas d'une plaine à nappe phréatique (Mateur), la remontée graduelle de celle-ci accentue la concentration des sels solubles et du Na échangeable et les fait passer graduellement vers les sols halomorphes, ou bien vers les sols hydromorphes.

Au Sud de la Dorsale les sols vertiques sur pentes sont associés aux sols peu évolués sains ou à caractère isohumique issus des grès (Cherichira - Kairouan). Ceux de la plaine sont associés à des sols peu évolués sains à caractères de salure et d'alcalisation, et à des sols à alcalis faiblement ou moyennement salés sans qu'on puisse invoquer l'action d'une nappe actuelle.

2. - Vertisols topolithomorphes

Cette unité observée dans le Nord par RENON (Mateur, 1955), MORI (Mateur), BELKHODJA (Ichkeul, 1955), MARTINI (1966, Béja), MORI (Béja), SOUISSI (Le Kef, 1966) etc...

Au Sud de la Dorsale, elle a été observée au Sahel par K. BELKHODJA, (1964), dans le Centre (1965), à Sidi Bou Zid, par K. BELKHODJA, dans la région de Hadjeb El-Aïoun-Sbeitla-Kasserine par R. GADDAS, J. LÉ FLO-CH (1965) etc...

21. - Caractères morphologiques

La couleur de ces sols est toujours foncée sur l'ensemble du profil avec une teinte de 2,5 Y ou 5 Y, des intensités inférieures ou égales à 4 et un chroma de 1 ou 2.

La surface est fendillée en polygones en été avec parfois des affaissements des bordures donnant l'allure de relief gilgai.

La texture de la surface est polyédrique fine d'allure grumosolique mais d'épaisseur faible, 2 à 7 cm. Très généralement, cet horizon superficiel est perturbé par les labours.

Sous cet horizon la structure devient prismatique large à sous-structure cubique ou à plaquettes à faces lissées et striées dont le gauchissement augmente avec la profondeur.

Lorsque le matériau originel apparaît en profondeur l'hydromorphie se manifeste, surtout dans le Nord, par l'apparition d'une nappe phréatique qui donne une teinte jaunâtre avec une individualisation du calcaire sous forme d'amas et nodules, parfois d'un pseudogley.

Très généralement on remarque dans les fentes de retrait du matériau originel ou sous-jacent des infiltrations noirâtres provenant des horizons supérieurs.

22. - Caractères physicochimiques

La texture des vertisols hydromorphes est toujours fine, la teneur en argile est cependant toujours plus forte que dans les sols vertiques (50 à 75 % d'argile) avec une augmentation dans les horizons profonds moins remaniés probablement.

La teneur en calcaire est variable (0 - 15 %) mais toujours plus faible que dans les autres vertisols, avec parfois une certaine variation de cette teneur au sein du profil.

On peut observer une accumulation de sels solubles dans certains vertisols hydromorphes en liaison soit avec la présence d'une nappe phréatique, soit avec la nature du matériau originel (marnes salées) ou bien lorsque ces sols reçoivent des épandages épisodiques d'oueds (Centre de la Tunisie).

La capacité d'échange du complexe absorbant est élevée (45 à 75 me/100g), saturée en majorité par du calcium avec des teneurs en Mg échangeable relativement élevées (15 à 18 me/100 g), des teneurs en Na échangeables de 1 à 13 me/100g avec des teneurs parfois plus élevées dans le cas d'une alcalisation en profondeur. La teneur en K est de l'ordre de 1 me/100 g.

Les valeurs du pH sont élevées, variant entre 8 et 8,3 en surface et 8,6 à 8,7 en profondeur à moins qu'il y ait une accumulation de sels solubles, auquel cas ces valeurs diminuent.

23. - Caractères minéralogiques

L'argile dominante dans les vertisols hydromorphes est la montmorillonite associée à un peu de kaolinite et l'illite.

24. - Caractères de la matière organique

La teneur en matière organique varie de 1 à 3,5 % en surface et diminue progressivement vers la profondeur. Cette matière organique est bien humifiée (C/N : 10-13), et le taux de matière humique totale est plus élevé que dans les autres vertisols (de 1,8 à 4,5 pour mille de C) dont 1,6 à 3,6 pour mille de C d'acides humiques.

Cette matière organique est très fortement liée aux argiles et résiste aux attaques répétées à l'eau oxygénée.

25. - Conditions de formation

Les vertisols topolithomorphes apparaissent conditionnés à la fois par la position topographique qu'ils occupent dans le paysage, toujours basse, et par la texture fine composée en grande partie d'argile gonflante de type montmorillonitique.

Au Nord de la Dorsale ils sont situés fréquemment dans les bassins comblés de formations lacustres ou lagunaires (Mateur, Fernana). Les dépressions marneuses encadrées de barres calcaires de l'éocène du Béjaoua offrent des sites de prédilection pour ces sols.

Alors que dans le Nord (Mateur) on peut observer dans les dépressions et encore en bas des glacis, aux raccordements glacis terrasses avec une faible pente, au Sud de la Dorsale, ils se cantonnent dans les dépressions (Garaâ) uniquement ou bien dans les zones d'épandage. On y retire l'effet compensateur de la topographie vis à vis du climat qui refoule ces sols vers les parties les plus basses du paysage, donc les plus humides, à mesure que l'aridité s'accroît.

L'évolution des vertisols topolithomorphes à couleur foncée est liée aux alternances saisonnières d'engorgement en hiver (mauvais drainage interne) et de dessiccation extrême en été. Ces alternances sont la cause de mouvements internes du sol qui se traduisent par une structure caractéristique de certains horizons : plaquettes gauchies, lissées et striées.

Alors que certains caractères d'hydromorphie peuvent apparaître en profondeur souvent liés à la présence d'une nappe phréatique (encroûtement calcaire, pseudogley), on observe rarement ces mêmes caractères dans le sol proprement dit. Certains indices comme les pseudomycéliums, taches ou amas calcaires peuvent apparaître dans certains sols, traduisant une certaine hydromorphie avec remise en mouvement du calcaire ou du gypse mais jamais de mouvement du fer et du manganèse.

Ceci a été expliqué par G. BRYSSINE (1965) qui a étudié le comportement physique de ces sols au Maroc. Il conclut que ces sols n'atteignent presque jamais la saturation en eau, les microagrégats se comportent comme des grains de sable argileux et ne se délitent pas. Il y a toujours même au moment où le sol paraît engorgé par l'eau, une certaine porosité et une

quantité d'air qui y est emprisonnée et qui empêche la réduction du fer et l'apparition des symptômes ferromanganiques de l'hydromorphie.

Ces sols ne sont donc pas hydromorphes, tout au plus sont-ils engorgés saisonnièrement mais avec un état d'aération suffisant. Si des caractères d'hydromorphie peuvent apparaître dans certains cas, ils sont imputables à des causes extérieures à la dynamique normale de ces sols. C'est la présence de nappes phréatiques qui peuvent induire lorsqu'elles existent (au Nord de Mateur) des caractères secondaires d'hydromorphie en profondeur.

G. BRYSSINE explique également le fait que, à l'état frais, les éléments structuraux se délitent en petits agrégats polyédriques fins alors qu'à l'état sec les mottes sont d'une compacité extrême, par l'existence de films d'eau qui, à l'état frais, s'intercalent entre ces microagrégats alors qu'à l'état sec ces films s'amenuisent ou disparaissent mettant en contact ces microagrégats. La différence entre la compacité des éléments structuraux des sols sableux et des vertisols s'explique par le mode de contact entre les grains, qui dans le cas des sols sableux se touchent de façon ponctuelle, alors que dans les vertisols les agrégats se touchent par des surfaces, ce qui augmente l'adhésion des agrégats les uns aux autres.

Ce qui distingue le plus les vertisols topolithomorphes des vertisols lithomorphes et des sols vertiques c'est, outre l'intensité des caractères structuraux, la coloration plus foncée.

Cette coloration n'est pas liée au taux de matière organique, généralement faible, mais à un état de liaison étroite de la fraction humique, fortement polymérisée, à l'argile. Cette liaison étroite paraît favorisée par la présence de l'ion calcium dont le complexe absorbant est fortement saturé.

Les conditions de formation de cette matière humique très foncée paraissent liées à un état d'engorgement temporaire où s'élaborent des fractions humiques à faible poids moléculaire et à petites chaînes qui sont capables de migrer facilement, de pénétrer dans toute la masse malgré la faible porosité, et de donner des traînées en profondeur. La dessiccation intense de ces sols due à l'ouverture de larges fentes de retrait, polymérise ces fractions en longues chaînes liées à l'argile. Cette matière organique subit une transformation irréversible et paraît perdre ses caractères colloïdaux.

D'autre part des chercheurs ont observé que la montmorillonite protège la matière organique entre ses feuillets contre l'attaque des microorganismes, ce qui expliquerait la résistance et le maintien de cette coloration intense même dans des paléosols enterrés. Ces mêmes auteurs signalent que, lorsque plusieurs couches sont fixées, elles sont attaquées par les microorganismes, mais certains produits de dégradation forment des complexes avec l'argile. Cette coloration noirâtre foncée se retrouve également dans des sols divers (sols isohumiques bruns et châtains) souvent enterrés et qui occupent également des positions basses dans le paysage. De même certains vertisols se trouvent enterrés sous des apports plus récents (dans le Centre à Sidi Bou Zid).

Les phénomènes de noircissement semblent les mêmes dans les deux cas et liés à des conditions de fortes humidités pendant la saison pluvieuse. On peut penser, au moins pour les sols situés au Sud de la Dorsale, que le noircissement est dû à une pédogenèse fossile, datant d'une des périodes pluviales passées (Soltanien, Rharbien) alors qu'au Nord les conditions de noircissement, peuvent se maintenir dans les sites les plus humides, les bas fonds.

En effet dans la région de Kairouan, la terrasse récente de l'Oued Merguellil porte des vertisols à structure bien développée dès la surface mais dont la couleur est claire, alors que, dans la même région on trouve des vertisols à couleur foncée, mais enterrés sous des alluvions récentes. Il ne semble donc pas que les conditions actuelles, au moins au Sud de la Dorsale puissent fournir une quantité de matières organiques totales assez importante pour laisser après attaque microbienne un résidu suffisant, capable de se complexer avec les argiles et de conférer au sol une coloration foncée sur une grande profondeur. Il paraît plus logique d'admettre qu'il faut une quantité importante de matière organique et cela ne peut se réaliser que sous un climat beaucoup plus humide que le climat actuel. Ceci est confirmé d'ailleurs par les observations géomorphologiques du paysage. Cependant tout le monde s'accorde pour dire que si les climats des pluviaux étaient plus humides, leur caractère méditerranéen à climat contrasté avec sécheresse estivale ne subsistait pas moins. Or, même dans le Nord, les quantités de matière organique dans les sols de plaines ne sont jamais très élevées sauf dans les sols hydromorphes (BELKHODJA, Mateur) où certains sols ont jusqu'à 10 % de matière organique. L'exemple choisi du sol hydromorphe est formé sur des alluvions ayant des caractères de structure verticale nettement exprimés, seulement la nappe est presque affleurante.

Il semble donc que les caractères de couleur foncée des vertisols topolithomorphes soient dus à une fraction résiduelle très condensée d'une quantité importante de matière organique qui s'est accumulée à la faveur d'une hydromorphie ancienne.

26. - Nomenclature et classification des vertisols

La dénomination vertisol et sol verticale introduite à la suite de la 7^e approximation américaine s'est substituée à des dénominations différentes des sols observés auparavant : tirs, sols tirsifiés, sols noirs, hydromorphes, sols calcimorphes hydromorphes... En effet, la plupart des sols peu évolués mal drainants ont été dénommés depuis sols peu évolués vertiques ou même vertisols lithomorphes clairs.

En se rattachant toujours au caractère de structure verticale certains sols à structure large naguère attribués à une hydromorphie naissante ont été dénommés vertiques.

A la suite des récentes prospections, des vertisols sont apparus partout en Tunisie du Nord et du Centre.

27. - Le Vertisol et le Tirs

Le vertisol (sensu-Lato) est largement répandu dans le monde; on le trouve dans des zones climatiques assez différentes et dans les deux hémisphères. On lui a donné des noms divers Tirs, Vlei Soil, Mongallitix Soil, Black cotton Soil, Tierra negra, sol noir tropical, Solonetz magnésien etc... Seul le Tirs marocain a intéressé les pédologues de Tunisie. On a longtemps refusé d'admettre l'existence de sols similaires en Tunisie, mais seulement l'adjectif **tirsifié** pour différents sols. Avant de juger de l'opportunité d'emploi de cet adjectif, il y a intérêt à analyser ce que les Marocains appellent **tirs**.

Dans une récente mise au point WILBERT (1965) en donne les caractères suivantes :

- présence d'une couleur foncée hors de proportion avec la teneur en matière organique.
- texture fine 25 à 30 % au moins d'argile (particules inférieures à 2 pour que les caractères morphologiques apparaissent nettement.
- la succession théorique des structures : « grumeaux, prismes, lentilles, polyèdres.
- dimension et compacité des mottes.
- présence de caractères secondaires d'hydromorphie traduisant une pédogenèse humide.

indifférence apparente vis-à-vis de la présence de calcaire sauf sous forme exprimée de l'encroûtement qui le stoppe net (faute d'argile).

Alors que pour M. DEL VILLAR (cité par BRYSSINE, 1965) il y a des tirs noirs, gris, rouges, sableux, il semble que le caractère distinctif des tirs soit tantôt la structure liée à une texture fine, tantôt la couleur foncée. PUJOS (cité par BRYSSINE, 1965), plaçant l'évolution des sols dans le cadre paléoclimatique, associe les tirs et les sols tirsifiés au pluvial Rharbien qui se caractérise par une pédogenèse noircissante. Selon les auteurs le tirs se caractérise, tantôt par sa couleur indépendamment des autres caractères tantôt par sa structure; quand les deux sont associés c'est le tirs typique.

Or, il nous semble que ces deux caractères couleur et structure sont à dissocier et avant d'employer ce nom vernaculaire, il y a intérêt à connaître ce que les gens du pays entendent par ce nom. Les paysans marocains donnent le nom de tirs à des terres fortes, argileuses, de couleur plus ou moins noire foncée, sans tenir compte de leur origine. Dans l'esprit de beaucoup de gens le terme de **tirs** serait synonyme de terres noires. Or, ce terme de terre noire est impropre. La caractéristique du tirs est d'être une terre forte et argileuse. Au Maroc, elle est généralement d'une couleur leur foncée, mais il n'en est pas de même partout (BRIVES, 1909 cité par G. BRYSSINE, 1965).

Devant la confusion qu'entraîne presque toujours l'utilisation d'un mot vernaculaire, il importera d'éliminer ce mot et de revenir à des appellations plus précises. Nous appelons vertisolisation l'apparition des ca-

ractères de structure, alors que noircissement désignera la couleur foncée qui peut se surimposer aux vertisols et à d'autres types de sols.

En Tunisie, cette distinction se faisait en qualifiant de **tirsification** (MORI, 1966) le noircissement, mais il ne correspond pas à ce que les Marocains eux-mêmes désignent; aussi nous l'abandonnons.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUBERT (G.) - 1965 - La classification pédologique utilisée en France. Pédologie, 3, pp. 25-56.

BRYSSINE (G.) - 1965 - Les propriétés physiques des tirs du Gharb. Cahiers Rech. Agron., Maroc, 20, 87-279.

MORI (A.) - 1966 - Les sols vertiques, les vertisols et les sols tirsifiés C.R. Conf. Sols Médit., Madrid, 451-463.

WILBERT (J.) - 1965 - Tirs et sols tirsifiés du Maroc. Cahiers Rech. Agron., Maroc, 20, 23-86.

Etudes pédologiques réalisées au Service Pédologique de Tunisie par K. BELKHODJA, P. BUREAU, EL FEKKIH, E. ELIZECHEA, L. GUYOT P. MARTIN, A. MORI, J. RENON, A. SOUISSI, etc...

CHAPITRE IV

LES SOLS ISOHUMIQUES *

1. - LES SOLS CHATAINS

D'après leur définition les sols chatains sont caractérisés :

- par une teneur en matière organique supérieure à 1,8 % dans l'horizon superficiel (20 cm) sous végétation naturelle. Cette matière organique bien humifiée décroît progressivement en profondeur.

- par une structure grumeleuse à nuciforme puis polyédrique dans l'horizon superficiel et prismatique en profondeur.

- par une décarbonatation très prononcée ou totale de l'horizon superficiel.

11. - Caractères morphologiques

Nous distinguerons dans cette unité les subdivisions suivantes :

- sol chatain modal
- sol chatain rouge
- sol chatain vertique.

111. - Sol chatain modal

Le profil type choisi a été décrit par R. GADDAS dans la région de Ghardimaou (Oued Raraï).

Brun rouge (5YR 3,5/4) - Texture limoneuse - Structure nuciforme - Humifère - peu calcaire.

Rouge brun (5YR 4/6) - Texture limono-argileuse - Structure polyédrique, peu humifère, moyennement calcaire.

Rouge brun - Texture argilo-limoneuse - Structure polyédrique à prismatique - Nombreuses taches et nodules calcaires, horizon calcaire.

* Rédigé par K. BELKHODJA (1966).

112.- Sol chatain rouge

Le profil a été décrit par MARTINI et GRAFFIN à Oudna; il se distingue par une texture plus argileuse (47 % d'argile), une structure en profondeur prismatique moyenne se débitant en cube à faces luisantes. La couleur rouge s'estompe en profondeur à mesure que l'accumulation calcaire en amas et nodules s'intensifie et qu'apparaissent au contact de la marne blanc verdâtre les traces d'une ancienne hydromorphie à petites concrétions ferrugineuses.

113. - Sol chatain vertique

Le sol chatain vertique diffère des précédents par une teneur en argile plus élevée surtout en profondeur où apparaît une structure vertique typique en plaquettes lissées, parfois un peu striées.

Morphologiquement la différenciation entre les trois groupes ci-dessus est fondée sur la variation de la coloration à l'intérieur du profil pour les deux premiers et sur le développement d'une structure vertique en profondeur. La couleur est brun rouge en général dans les teintes 5 ou 7,5 ou même 10 YR dans les intensités 4 à 6 et les chromas 4 à 6.

12. - Caractères physico-chimiques

La texture est généralement fine, limoneuse à argilo-limoneuse, la structure est grumeleuse en surface, prismatique à cubique moyenne à fine en profondeur, devenant plus large avec des plaquettes lissées pour les sols chatains vertiques.

La teneur en calcaire est faible en surface, pouvant être nulle. Elle est souvent liée à la position topographique du profil, à des possibilités de colluvionnement en matériaux calcaires et au ruissellement chargé en cet élément.

Sous cet horizon superficiel à teneur en calcaire variable, le sol présente un gradient en calcaire et son accumulation est soit brutale soit progressive. Le calcaire s'individualise alors sous des formes diverses en pseudomycélium, taches, amas, nodules pouvant aller à l'encroûtement.

Le pH oscille autour de la neutralité en surface 6,6 à 8,3 et remonte en général en profondeur pour atteindre des valeurs élevées 8,6 à 8,9.

La capacité d'échange du complexe absorbant varie entre 25 et 30 me/100 g et peut remonter jusqu'à 40 me/100 g dans les horizons vertiques.

Le complexe absorbant est saturé, le rapport S/T varie entre 97 et 100 %. C'est principalement le calcium à plus de 85 % qui sature le complexe, le magnésium ensuite et faiblement le potassium.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ varie entre 3 et 3,5 et $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ entre 2,4 et 2,8.

Le taux de fer total est généralement élevé : 3,5 à 7,6 %. La richesse de ces sols en cet élément est à rapporter au matériau originel riche en fer (sol rouge, colluvions de sols rouges, roches du Trias).

La teneur en fer libre est variable 0,34 à 4,6 %. Le rapport fer libre fer total varie entre 1/0 et 60 %.

Le taux de matière organique varie entre 1,8 et 3 %. C'est une matière organique bien humifiée à C/N de 10 à 14 avec une matière humique totale entre 2,3 et 4, riche en acides humiques avec un rapport $\frac{\text{acides humiques}}{\text{acides fulviques}}$ de l'ordre de 2 pour les sols chatains et chatain-rouges et de 3 pour les sols chatains vertiques.

Cette matière organique pénètre assez profondément avec C/N qui décroît en profondeur. La teneur en matière organique chute rapidement au niveau de l'accumulation calcaire et C/N tombe jusqu'à 3 alors que dans les sols chatains vertiques la décroissance de la matière organique est plus graduelle et le C/N se maintient autour de 12.

13. - Condition de formation - Répartition

Les sols chatains se trouvent localisés dans la partie Nord de la Tunisie où la pluviométrie varie entre 370 mm et plus de 600 mm par an.

Leur position topographique est souvent une pente faible ou nulle plus souvent. Leur répartition semble correspondre soit à d'anciens sols rouges ou colluvions de sols rouges, soit à des colluvions du Trias, soit à des colluvions du Vindobonien, ou de formations mameuses du Crétacé inférieur (Bassin de l'Oued Miliane). Ces roches mères ont une texture fine et sont riches en fer (total et libre) ce qui favorise l'apparition des caractères de couleur et de structure de ces sols.

La végétation naturelle qui couvre ces sols est souvent détruite et remplacée par des cultures diverses, céréales, vignes, oliviers.

Les sols chatains apparaissent associés d'une part à une pluviométrie relativement abondante et à des roches-mères argileuses et riches en fer, d'autre part à des niveaux morphologiques bien déterminés.

Le développement des caractères structuraux et la mobilisation du calcaire apparaissent très directement liés d'une part à la texture du matériau et à la position topographique qui influent sur le pédoclimat et les apports secondaires d'eau chargée en carbonates soit superficiellement soit par migration oblique.

2. - LES SOLS BRUNS

On peut grouper sous ce terme des sols présentant les caractères communs suivants :

- Une teneur en matière organique inférieure à 2 % sous végétation naturelle.
- Une structure grumeleuse à nuciforme dans l'horizon supérieur (parfois lamellaire), polyédrique moyenne à fine en général dans l'horizon profond, peu développée si le matériau est grossier.
- Une décarbonatation partielle de la partie supérieure du profil lorsqu'il est formé sur un matériau calcaire ou très calcaire.

- Une accumulation du calcaire à assez faible profondeur (sauf sur matériau très perméable).

21. - Les sols bruns isohumiques calcaires

Où nous distinguerons :

- les sols bruns isohumiques à accumulation calcaire progressive.
- les sols bruns isohumiques à accumulation brutale.
- les sols bruns isohumiques à caractères d'hydromorphie noircis (tirsifiés) et à accumulation calcaire brutale.

221. - Les sols bruns isohumiques à accumulation calcaire progressive

L'unité type a été décrite au Sahel (K. BELKHODJA, 1964). Elle a été décrite également au Nord par MORI dans la basse vallée de la Medjerdah (MORI, 1964, carte d'Ariana), au Sahel côtier par J.P. COINTEPAS (1962), à Henchir Ben Kemla, Mahdia par K. BELKHODJA (1964), dans l'U.R.D. de Monastir par J. BRUNISSO (1966), à Hergla par A. LOBERT, au Souassis par J. LEFLOCH (1963), dans la plaine de Kairouan par K. BELKHODJA (1966), à Sidi Bou Zid par K. BELKHODJA (1964).

221.1. Caractères morphologiques (Profil n 44)

- Brun - Texture limono-sableuse - Structure nuciforme - Petits granules calcaires.
- Brun beige - Texture limono-sableuse - Structure massive - Nombreux nodules calcaires.
- Beige-jaune - Texture limono-sableuse - Structure massive - Nombreux pseudomycéliums et nodules calcaires friables.

221.2. - Caractères physico-chimiques du profil type et de ses variations

La texture est moyenne à légère comportant une importante fraction de sables. Cependant au Nord-Ouest du Sahel les éléments fins sont plus représentés que dans le Centre et le Sud où les sols nettement légers dominent.

Il faut remarquer que du fait de leur position en pente les sols du Sahel sont soumis à une érosion en nappe qui décape les sols en amont et enrichit les sols plus en aval en éléments fins et en calcaire. Ceci est d'autant plus accentué que la technique des « meskats » (impluvium) qui amène l'eau de ruissellement au pied des oliviers est largement répandue au Sahel et dans le Centre pour les terrains en pente et à texture moyenne. Les profils sont rarement typiques.

Dans le Centre et le Sahel de Sfax où dominent les sols à texture légère, le défrichement et l'oléiculture à grand écartement et la destruction systématique de la végétation herbacée adventice, favorisent l'érosion éolienne. Les sables sont remaniés à des distances relativement faibles par saltation et reptation; par contre les éléments fins, quoique peu représentés, sont soulevés et entraînés très loin lors des tempêtes de vent. Il s'ensuit lors de ces remaniements un enrichissement des horizons superficiels en éléments grossiers.

La structure est polyédrique émoussée dans l'horizon superficiel. Parfois, en surface dans les premiers centimètres, une certaine schistosité se développe à cause de la battance du sol et du microruissellement ce qui indique la faible stabilité structurale de l'érosion de surface.

La porosité est très développée, due à la concentration des racines et à l'activité biologique dans le premier horizon.

Au deuxième et troisième horizon la structure devient polyédrique ou en éclats polyédriques. La cohésion et la consistance augmentent à l'état sec et seraient dues à la cimentation par le calcaire.

Dans certains sols la structure devient fondue et se débite en éclats polyédriques. La porosité diminue en profondeur conséquence de la diminution de l'activité biologique (racines et faune).

Calcaire : Le gradient du calcaire est caractéristique de ces sols. Le taux augmente progressivement vers la profondeur. L'horizon de surface est généralement calcaire, sauf sur matériau peu calcaire (sable éolisé, sable fin issu de grès non calcaire), et il est rare d'y trouver une individualisation du calcaire à moins que le sol soit érodé, faisant apparaître les nodules de profondeurs ou colluvionnées, auquel cas il peut contenir des nodules roulés et même des morceaux de croûte. Quelques fois à la base de cet horizon autour des racines et dans les pores un pseudomycélium calcaire apparaît, témoin soit d'un remaniement sur place du calcaire, soit d'un dépôt dû à l'influence d'eau de ruissellement chargée en calcaire. C'est dans le deuxième horizon que la concentration du calcaire commence, sous forme de nodules, d'amas et de pseudomycélium, et dans le troisième qu'elle atteint son maximum.

Si dans les matériaux légers ou moyens sans discontinuité brutale, texturale et structurale, il y a indépendance entre l'accumulation et la texture, il n'en est pas de même dans les matériaux hétérogènes; l'accumulation se fait au-dessus ou dans l'horizon le plus argileux. De même lorsqu'il y a une croûte sous jacente l'accumulation se fait au-dessus, et au contact.

Il apparaît ainsi que la profondeur de l'accumulation du calcaire dans ces sols est fonction du bilan hydrique et de tous les éléments qui le composent ou le modifient (pluviométrie, texture, structure, pente, profondeur de l'enracinement).

Gypse et sels solubles : Le gypse apparaît de plus en plus dans le paysage et les sols à mesure qu'on se déplace vers le Sud. D'ailleurs, certaines roches mères sont gypso-calcaires. Dans les sols bruns sur les glacis qui descendent du djebel Essouda (Sidi Bou Zid) l'horizon d'accumulation du gypse se trouve en-dessous de celui du calcaire.

La salure affecte rarement ces sols. Seuls les sols situés en bas de glacis qui descendent du djebel Essouda ou ceux de la dune d'Oum El Adam (Sidi Bou Zid), qui se raccordent à la plaine d'épandage de l'Oued Fekka avec ses sols halomorphes, présentent des caractères de salure en profondeur.

La matière organique bien humifiée et liée à la matière minérale, elle confère à l'horizon superficiel une coloration brune, qui s'estompe à mesure qu'on descend et que la teneur diminue.

Il est à remarquer que le taux de matière organique accuse une chute rapide dans les horizons d'accumulation du calcaire.

Le rapport C/N est de valeur moyenne, de l'ordre de 15, dans les horizons de surface; cependant la fraction non brunifiée de la matière organique semble jouer un rôle important dans l'obtention de ce chiffre. D'autre part, l'erreur relative commise sur le dosage de si faibles quantités de carbone pourrait être élevée ce qui diminuera la signification du rapport C/N dans ce cas.

Parfois certains sols bruns, particulièrement les sols sableux, présentent une coloration brune bien marquée et assez profonde et peuvent n'avoir qu'un faible taux de matière organique de l'ordre de 0,5 à 0,7 %. Il semble que cette matière organique soit très fortement liée à la faible quantité de colloïdes minéraux et confère ainsi au sol une forte coloration brune.

Le fractionnement de l'humus montre d'ailleurs que les acides humiques y prédominent fortement.

Le Fer :

Le fer libre (1) est peu représenté et varie de 0 à 0,1 ou 0,2 %; le fer total est également présent avec des pourcentages variables de 0,3 à 1 %.

La teneur du fer suit généralement celle de l'argile dans tous les profils, et il est probable que le fer est lié à l'argile dans tous les profils, et malgré son taux faible, il donne une coloration fauve à ocre à ces sols.

222. - Les sols bruns isohumiques à accumulation calcaire brutale

Ils n'ont pas été séparés des premiers auxquels ils sont associés. Que ce soit au Nord (MORI, 1964, BOURALY, 1952 et 1954, MARTINI, 1965) ou au Sahel (BELKHODJA, 1964) et au Centre (BELKHODJA, 1965-66), les sols bruns à accumulation calcaire brutale ont les caractéristiques générales suivantes :

- Présence d'un horizon d'accumulation calcaire brutale qui commence entre 30 et 60 cm. Cet horizon est blanchi; à l'état humide, il prend une teinte jaunâtre. L'accumulation est diffuse et prend l'allure d'une pâte calcaire pouvant englober des nodules.

- Une texture limono-sablo-argileuse à limono-argileuse devenant plus fine en profondeur.

- Une structure bien développée, nuciforme à grumeleuse en surface, polyédrique avec des tendances à devenir prismatique en profondeur.

(1) Dosage par la méthode DEMOLON (réactif d'extraction acide oxalique 2%).

La couleur est plus rouge dans ces sols, excepté au niveau de l'horizon d'accumulation, et semble héritée du limon rouge constituant la roche-mère.

Conditions de formation - extension - variations

Ces sols semblent liés à une topographie à drainage externe déficient sans pour autant qu'il y ait hydromorphie. Ils se trouvent soit « au bas de collines à pentes faibles, soit au bas de pentes douces (2 %) » (BOURALY, 1965).

Ils se trouvent très fréquemment entre la terrasse récente et les glacis à croûte. De par leur position, ils peuvent être alluvionnés ce qui dénote un pédoclimat relativement humide. Les variations qu'ils peuvent subir concernent la texture, l'accumulation du calcaire.

La texture est aussi variable que dans les sols précédents mais toujours plus fine même dans le Centre.

Dans l'horizon d'accumulation, le calcaire imprègne d'une manière diffuse le matériau. Dans certains cas des nodules calcaires sont englobés dans cette pâte et en profondeur, ils passent à des nodules et amas moins nombreux et plus larges. Ces sols sont constitués généralement sur limon rouge.

Dans d'autres cas, il n'y a pas de nodules ni dans l'horizon d'accumulation ni dans l'horizon sous-jacent et où s'observe généralement sur des matériaux plus sableux.

L'intensité de l'accumulation varie aussi du simple blanchement jusqu'à arriver au stade de l'encroûtement.

223. - Sols bruns noircis isohumiques à accumulation brutale à caractères d'hydromorphie (Tirsification)

Cette unité est très souvent associée aux deux premières et occupe les positions basses dans le paysage (bas de glacis, vallon).

Elle a été décrite dans le Nord (MORI, 1965, Béja), dans le Sahel et dans le Centre (BELKHODJA, 1964-1965) et par plusieurs pédologues.

223.1. - Caractères morphologiques et ses variations

La structure du sol en surface est grumelleuse à polyédrique et rappelle celle des unités précédentes. En profondeur, elle devient cubique à prismatique fine ; jusque-là la couleur est foncée ou bien noirâtre.

Après un horizon de transition avec des infiltrations noirâtres venues des horizons sous-jacents, l'horizon d'accumulation apparaît plus clair, beige ocre à jaunâtre à structure massive ou prismatique contenant de nombreux nodules calcaires. L'accumulation calcaire peut être diffuse sans nodules dans les matériaux grossiers.

223.2. - Caractères physico-chimiques

La texture de ces sols est assez variable, argilo-limoneuse à limono-sableuse, et reflète celle des limons rubéfiés sur lesquels ils sont constitués.

La structure est en relation avec la texture, les sols à texture fine ont une structure prismatique bien développée cependant jamais très large. En profondeur, une structure cubique et parfois même en plaquettes lissées apparaît. Cette structure est moins développée que dans les vertisols auxquels ils sont parfois associés. Pour les sols à texture moyenne la structure est prismatique fine et devient fondue pour les sols à texture grossière.

La distribution du calcaire est originale, la décarbonatation est plus accentuée, l'accumulation plus brutale que dans les sols précédents.

Dans les horizons foncés on assiste très souvent à une redistribution du calcaire due à un réenrichissement par les colluvions calcaires qui les surmontent ou par l'eau de ruissellement.

C'est sous forme pseudomycélium que le calcaire se dépose, soit dans les pores, soit sur les faces des agrégats qui sont des voies de circulation préférentielle de l'eau.

Dans l'horizon d'accumulation, le calcaire se retrouve soit sous forme diffuse dans les matériaux sableux, soit sous forme d'un réseau dense de pseudomycélium dans les matériaux fins souvent à nodules et taches (limon).

La couleur de cet horizon est éclaircie, tirant au jaune et se distingue de la roche-mère, généralement un limon rubéfié à nodules de couleur plus ocre.

L'accumulation toujours très nette varie cependant en intensité et peut aller du simple blanchiment à l'encroûtement.

Cependant dans certains cas, l'enrichissement en calcaire peut être attribué dans une certaine mesure à la présence d'une nappe, qui, dans le Nord, peut être encore fonctionnelle.

Le gypse peut apparaître dans ces sols, surtout dans le Centre où les roches-mères peuvent être gypseuses et il est généralement entraîné en profondeur.

Cependant, du fait de leur mauvais drainage externe et interne, dans certains sols du Sahel et du Centre qui se trouvent soumis à un ruissellement diffus ou à l'épandage d'eaux de crue (Sidi Bou Zid), la salure et l'alcalisation apparaissent aussi bien que dans les vertisols auxquels ils se trouvent juxtaposés.

Le complexe absorbant est généralement saturé en calcium; cependant une forte proportion de magnésium peut exister dans les sols à texture fine, ce qui tend à les rapprocher des vertisols.

Lorsque la salure affecte ces sols, l'alcalisation apparaît rapidement (Henchir Ben Kemila, BELKHODJA, 1964. Sahel côtier, COINTEPAS, 1960).

La matière organique ne dépasse jamais 1 à 2 % et est du même ordre que celle des sols précédents. C'est son état de liaison très étroite avec la matière minérale et sa très forte polymérisation qui confèrent la couleur très foncée à ces sols. On remarque une forte proportion d'acides humiques, plus élevée que dans les sols précédents.

Cette matière organique descend plus en profondeur, sa décroissance est plus régulière et moins prononcée que dans les sols précédents. Une chute rapide s'effectue dans l'horizon d'accumulation calcaire.

223.3. - Condition de formation

Ces sols se trouvent en bas de pente, dans les fonds de vallées, sur les terrasses ; leur position leur permet de recevoir plus d'eau que les sols environnants. Cependant très souvent ces sols sont enterrés sous un alluvionnement ou colluvionnement et peuvent ne plus occuper les positions les plus basses dans le paysage, les oueds ayant recreusé leur lit. Ceci fait penser que la plupart de ces sols sont des paléosols qui ont évolué sous des conditions différentes de celles qui prévalent en ce moment. La présence de ces sols enterrés dans les coupes fait penser que ce style de pédogenèse s'est reproduit à différentes périodes du quaternaire. Mais les sols décrits, soit exhumés soit faiblement recouverts, pourraient dater soit du Soltanien soit du Rharbien selon la terminologie marocaine.

Dans certains cas les sols bruns isohumiques tirsifiés (hydromorphes) sont soit fortement remaniés, soit placés dans des conditions totalement différentes de celles qui leur ont donné naissance, se comportant comme des roches-mères et les sols se développant dessus sont classés dans les autres catégories en fonction de leurs caractères intrinsèques et c'est au niveau de la roche-mère qu'il est fait mention du matériau tirsifié, généralement le limon.

Les conditions de formation des sols bruns isohumiques tirsifiés se rapprochent de celles des vertisols hydromorphes, auxquels ils sont apparentés morphologiquement par la couleur et par la structure quand ils sont argileux, et topographiquement les deux occupant les positions basses dans le paysage.

Cependant, ils en diffèrent par certains caractères :

- La texture est généralement moins argileuse que pour les vertisols hydromorphes. Les mouvements de gonflement et de rétraction des colloïdes argileux de type gonflant (montmorillonites et interstratifiés), quoique existants dans les sols bruns isohumiques hydromorphes, semblent moindres que dans les vertisols et contrecarrés par la présence d'éléments grossiers qui s'opposent à l'orientation des particules argileuses. Aussi la structure est plus fine, les plaquettes et les lissages n'apparaissent que dans les sols les plus argileux, mais le gauchissement est toujours faible.

- La porosité est bien développée dans beaucoup de cas et s'oppose à la compacité des vertisols. Cela pourrait être dû soit à une meilleure structure et pénétration des racines à l'origine, soit à une diminution de l'hydromorphie celle-ci n'étant plus fonctionnelle, les conditions d'aridité devenues plus fortes, les mouvements internes sont réduits et la porosité s'est refaite traduisant une nouvelle colonisation du sol par les racines et une nouvelle évolution.

Les sols bruns hydromorphes (noirci, tirsifié) apparaissent comme les pendants des sols chatains vertiques des zones plus humides au Nord. Ils s'en rapprochent par certains caractères morphologiques de texture, de structure et surtout par l'intensité de la décarbonatation. On y verrait l'effet de compensation de la topographie vis-à-vis du climat.

22. - Les sols bruns isohumiques non ou peu calcaires

Ces sols observés principalement dans le Centre ont été décrits et cartographiés par MM. R. GADDAS et J. LE FLOCH.

Ils sont développés sur des matériaux issus de grès du Miocène généralement non calcaires des plateaux de Bled Zelfane et Bou-Driés.

L'horizon A est très épais avec une teneur en matière organique variant entre 1 et 3 % en surface.

La teneur en calcaire est très faible voire nulle. Dans l'horizon B qui est souvent assez profond, on constate parfois une légère accumulation de calcaire, localisée dans les fentes de retrait et le long des racines ou sous forme de pseudomycélium et petites taches. Ce calcaire proviendrait probablement des zones voisines où il est présent dans les sols et les roches-mères, et serait dû à une migration oblique.

La texture est grossière à très grossière, la capacité de rétention faible, la porosité, la perméabilité sont bonnes ce qui entraîne un bon drainage naturel.

La structure est toujours peu marquée, particulière à polyédrique émoussée en surface continue en profondeur.

3. NOMENCLATURE ET CLASSIFICATION DES SOLS ISOHUMIQUES

Le critère principal des sols isohumiques a comme base une répartition en profondeur de la matière organique bien décomposée provenant des racines d'un tapis végétal herbacé.

Le terme de isohumique, aussi bien que celui de steppique anciennement appliqué à ces sols et abandonné, sont impropres.

La classification de ces sols se rattache toujours plus ou moins à la classification russe, et pour son initiateur Dokutchaiëv, il s'agissait de délimiter à l'intérieur de la zone steppique à tchernozems, sols chatains, sols bruns et siérozems, des « bandes isohumiques », où les sols ont en surface un même taux de matière organique.

Le terme isohumique ne signifie donc pas un caractère du sol mais d'un groupe de sols qui ont un pourcentage de matière organique constant et Dokutchaiëv explique ces variations d'un groupe à l'autre par l'influence du climat et de la végétation.

En Tunisie et suivant la classification française, les groupes des sols chatains et bruns se différencient théoriquement par un pourcentage de matière organique et également par d'autres critères morphologiques et physicochimiques précédemment décrits. Le pourcentage de matière organique est d'une part variable et apparaît comme fonction de la pluviométrie et de la végétation et également des caractères chimiques. Or, il se trouve que pour les groupes chatains et bruns le taux de matière organique confirme plus ou moins, à part quelques exceptions, la règle des bandes isohumiques. Le taux de matières organique dosé serait le taux d'équilibre entre les apports et les pertes et pourrait être considéré comme caractéristique de ces sols, compte tenu de la texture et des autres facteurs.

Cependant, le développement du profil et la différenciation des horizons principalement celui de l'accumulation du calcaire par rapport aux sols environnants et développés sur des matériaux d'apport plus récent font penser à une pédogenèse dont le commencement est ancien, et daterait du dernier pluvial, le soltanien d'après la terminologie marocaine. Cette pédogenèse s'est maintenue dans le même sens, avec conservation des caractères du fait que le climat aurait évolué dans le sens de l'aridification. Aussi les sols que nous observons présentent-ils souvent des difficultés au point de vue de leur interprétation génétique et de leur classification. Les sols appelés isohumiques sont des sols qui ont commencé à évoluer depuis très longtemps et continuent à évoluer dans le même sens avec cependant une nuance plus aride du climat et de la végétation et si le sol n'a pas été érodé ou enterré profondément ou trop perturbé par les cultures, certains de ces caractères anciens acquis sont conservés et ne se renforcent que très graduellement, alors que d'autres comme le taux et la distribution de la matière organique se maintient et se rajuste en fonction de l'évolution climatique de la végétation et des cultures.

La comparaison de ces sols à climat méditerranéen plus ou moins aride et qui en plus ont un passé long, avec des sols d'autres régions plus continentales est difficile. Si bien qu'on est tenté de les séparer des sols classés en Russie. D'ailleurs, un pédologue russe, Guerassimov, a même proposé en Algérie de créer une nouvelle catégorie, celle des sols marrons, nomenclature qui a été, pendant un temps suivie par J. BOULAINÉ.

Les pédologues russes ont créé la catégorie des sols cinnamoniens à laquelle on pourrait rattacher les sols chatains, alors que les sols bruns seraient rattachés aux siérozems.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

G. AUBERT, 1964 - La classification des sols ; la classification pédologique française 1962. Cahiers ORSTOM, Série Péd., 3, 1-7.

J. BOULAINÉ, 1957 - Les sols des plaines du Chélif. Thèse. Gouvernement général de l'Algérie. Service des Etudes Scientifiques. Alger.

I.P. GUERASSIMOV, 1956 - Sols des régions méditerranéennes de l'Afrique (du Tell). C.R. Cong. Sc. Sol, Paris, V-29.

Etudes pédologiques réalisées au Service pédologique de Tunisie par :

K. BELKHODJA, J. BOURALY, R. GADDAS, P. BUREAU, A. CHAUVEL, J.-P. COINTEPAS, J. BRUNISSO, J. LE FLOCH, A. LOBERT, P. MARTINI, A. MORI, etc...

CHAPITRE V

LES SOLS A MULL *

Par sols à Mull ou sols à humus doux, on distingue les sols dont la pédogenèse résulte de l'influence d'un humus non calcaire (sans calcaire actif) mais bien décomposé. La première caractéristique les distingue des sols calcimorphes et la seconde des sols à humus brut, ou Mor.

La présence d'une roche-mère pédologique non calcaire est, en Tunisie, le facteur de formation indispensable de ces sols. Il faut y ajouter l'influence d'une végétation susceptible de produire une abondante matière organique, et des caractéristiques bioclimatiques lui assurant une bonne décomposition et la formation d'un humus de qualité.

Les sols à humus doux sont principalement développés en Tunisie septentrionale. Ils y apparaissent liés à la présence des roches-mères non calcaires de l'Oligocène, du Trias et du Miocène. On peut en observer également un type particulier formé à partir des matériaux d'altération, non calcaires, des roches calcaires du Crétacé, de l'Eocène, du Miocène, ou du Trias.

La nature de la roche-mère est un facteur important de différenciation du sol suivant sa teneur en argile, sa richesse chimique. Par la première caractéristique, elle influe sur la qualité du drainage, et le degré de lessivage du sol. La richesse chimique influencera surtout le type de végétation et la qualité de l'humification. Par exemple, sur l'Oligocène où les variations de texture sont particulièrement importantes, on constate une mosaïque de sols plus ou moins lessivés et plus ou moins hydromorphes (Mogods-Kroumirie). Au Miopliocène, par contre, sont liés des sols très lessivés, voire podzoliques car cette roche-mère est particulièrement pauvre et filtrante (Souiniat). Les matériaux d'altération de calcaires, roches-mères argileuses et bien pauvres en bases, produisent des sols peu lessivés, à matière organique bien décomposée.

Les groupements végétaux qui caractérisent ces sols relèvent particulièrement des associations du chêne Zeen, du chêne-liège et du Pin Maritime, dans la région des Mogods et de la Kroumirie. On les observe aussi accessoirement sous Oléolentisque, Pin d'Alep à chêne vert et Callitris (sur la « Terra Rossa » des massifs calcaires de la Tunisie septentrionale, et des sommets de la Dorsale).

(1) Par P. DIMANCHE (1966).

L'influence du type de végétation est primordial sur la nature de l'humus. Sous chêne Zeen, l'humus formé est un **Mull** typique par suite notamment de la qualité de la fane fournie par cette essence, du bioclimat humide dans lequel elle se confie et du microclimat frais que son couvert épais assure au sol pendant la période estivale.

Sous chêne-liège, par contre, particulièrement à basse altitude l'humus formé est un **Moder**. La nature de la fane du chêne-liège, et les produits de décomposition d'un maquis très abondant sont d'une autre nature; de plus le bioclimat présente une saison sèche plus intense, qui n'est pas atténuée par le couvert léger du chêne liège.

Le pin Maritime fournit des produits à décomposition très lente, par suite de leur teneur en résine notamment. Son couvert très léger ne protège pas le sol de la dessiccation estivale et permet la prolifération d'un maquis très abondant, à base d'Ericacées. L'humus formé dans ces conditions est un **Moder acide**, souvent un **Mor**.

L'influence du climat est complexe, car il intervient non seulement directement par les conditions de température et d'humidité qu'il assure au sol, mais aussi indirectement par son rôle dans la répartition des types de végétation.

L'effet de la combinaison des facteurs climat et végétation, sur des matériaux non calcaires et souvent riches en fer, est une pédogenèse principalement orientée sur le lessivage du fer et de l'argile. Aussi, on distinguera, suivant l'intensité du lessivage de l'argile et du fer :

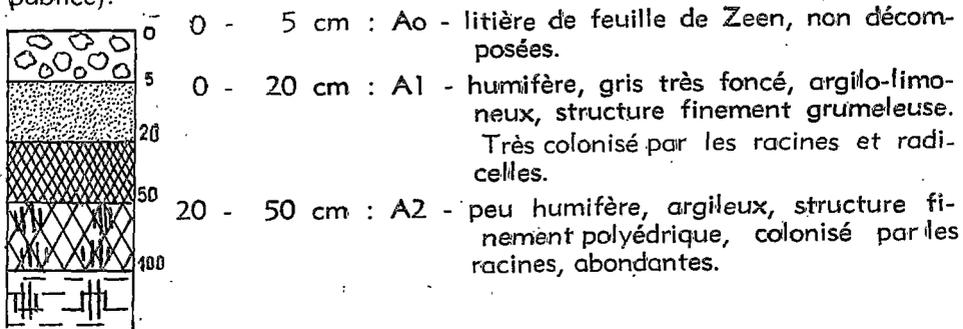
- les sols bruns forestiers
- les sols bruns lessivés
- les sols lessivés et lessivés podzoliques.

1. - LES SOLS BRUNS FORESTIERS

11. - Caractères morphologiques

Les sols bruns forestiers sont des sols où le lessivage n'est pas perceptible morphologiquement. Ce sont des sols à profil A/C se distinguant des sols bruns lessivés et des sols lessivés, sol, à profil A/B/C, par l'absence d'un horizon A2, appauvri en argile et en fer, sous l'horizon humifère A1

Ils sont observés sur des roches-mères argileuses. La succession des horizons est la suivante : Fernana profil n° 147 (DIMANCHE - carte non publiée).



50 - 100 cm : C - non humifère, très argileux, structure finement et moyennement polyédrique, taches grises et ocres assez abondantes, racines assez abondantes.

100 cm et plus - argile oligocène peu altérée, schisteuse, taches grises abondantes, rares racines.

La description concerne un profil observé sous un peuplement de chêne Zeen pur, à Agrimonia Eupatoria, d'altitude (550 m) et de versant frais. Ce sont les conditions les plus favorables au développement d'un épais horizon humifère, bien minéralisé et intégré à la matière minérale.

Sous chêne-liège, l'horizon humifère (A1) est beaucoup plus mince (5 à 10 cm) et le Ao également mince est très discontinu.

Quoi qu'il en soit, la caractéristique principale reste le très faible gradient argileux entre le A1 et le A2, c'est-à-dire un indice de lessivage inférieur à 1,4 ; par ailleurs, on ne distingue pas d'horizon éclairci sous le A1.

Une mention spéciale doit être faite pour les sols développés sur matériau d'altération de calcaires. Ils se distinguent morphologiquement du type décrit ci-dessus par leur couleur brun rouge, la minéralisation poussée de leur matière organique et leur structure polyédrique sub-angulaire très caractéristique. On y constate toujours un faible gradient d'argile (indice de lessivage de l'ordre de 1,2).

12. - Caractères physico-chimiques

La roche-mère des sols bruns forestiers est toujours très argileuse (oligocène, « terra rossa », « terra fusca »).

La matière organique est variable suivant le couvert végétal, mais relève toujours des humus doux (Mull typique ou Moder). Elle imprègne le profil, individualisant un horizon A, mais ne fait pas migrer l'argile et le fer (pas d'horizon A2).

Sous chêne Zeen, le Mull typique se caractérise par son C/N bas (inférieur ou égal à 12), indiquant une minéralisation rapide. Le taux d'humification (proportion de matière organique humifiée) est élevé (MHT/C généralement supérieur à 30). Parallèlement, la quantité de matière organique est élevée : 6 à 10 % de matière organique sur 20 à 30 cm.

Sous chêne-liège, l'humus est un Mull acide ou un Moder caractérisé par un C/N compris entre 12 et 18 et un taux d'humification compris entre 10 et 30. La quantité de matière organique est plus faible car le A1 dépasse rarement les 10 cm.

Sur roche-mère non calcaire, le pH du A1 est de l'ordre de 5,0 à 5,5 (même moins sur argiles du Trias) puis décroît rapidement avec la profondeur (4,0 à 4,5 en C/D). La saturation en bases, élevée en A1 sous l'effet des retombées de litière (80 à 100 %), décroît dans la roche-mère (environ 50 % en C/D).

Sur roche-mère d'altération de calcaire, le pH est neutre ou faiblement alcalin, et la saturation en bases totale sur l'ensemble du profil (S/T) est égale à 100 %.

13. - Pédogenèse

Les sols bruns forestiers apparaissent dus essentiellement au caractère argileux de leur roche-mère. Sous un climat à précipitations hivernales, le lessivage est en effet la tendance pédogénétique résultant de l'influence d'un humus forestier sur une roche-mère acide.

Sans avoir de propriétés podzolisantes, ce type de matière organique peut cependant disperser les colloïdes argileux et les sesquioxides et en assurer la migration. Ce processus est trop peu accentué sur matériel argileux pour être morphologiquement perceptible.

14. - Extension

Les conditions de formation des sols bruns forestiers sont rarement réalisées, en particulier sur matériau oligocène. Cette assise géologique est constituée d'une alternance de grès et d'argile. L'érosion a laissé les grès en crêtes, les argiles constituant les versants. Ceux-ci sont recouverts de produits d'éboulis des grès, très altérables et de colluvions argilo-grès seuses consécutives aux solifluxions quaternaires. Il en résulte que le matériau argileux non pollué de colluvions se présente rarement en surface. On l'observe cependant parfois soit au sommet de croupes, soit en bas de versants, là où les colluvions ont été érodées.

L'extension de ces sols est donc souvent réduite (moins aux Mogods) qu'en Kroumirie, car les argiles y sont proportionnellement plus abondantes). Ils passent latéralement à des sols à profil A/B/C (Sol brun lessivé, sol lessivé) à roche-mère argilo-gréseuse ou à des sols hydromorphes à pseudogley.

15. - Classification

Les sols bruns forestiers appartiennent à la classe des sols à humus doux, groupe des sols non lessivés. Le type de matière organique, le pH (roche-mère calcaire) permettent d'y distinguer différents faciès. L'hydromorphie, le plus souvent à pseudogley, permet de distinguer le sous-groupe ou le faciès de transition avec les sols hydromorphes suivant sa profondeur d'apparition. Enfin, la nature de la roche-mère caractérise la famille.

16. - Utilisation

Vu leur contexte topographique accidenté, ces sols sont le plus souvent du domaine forestier. En conditions de bon drainage, les forêts naturelles de chêne-liège et chêne Zeen y sont de belle venue.

S'ils s'avèrent pauvres et d'un traitement délicat pour l'agriculture, ils sont par ailleurs susceptibles de fournir un pâturage forestier intéressant (Sulla - Orhizopsis).

Pour le reboisement, il faut éviter de détruire le capital de matière organique par un découvert brutal et des pratiques dégradantes (incinération) auquel cas on risque de dégrader irréversiblement la structure (tassement, fentes de retrait) et de créer de l'érosion. Enfin, il faut y installer des essences adaptées à ces textures : Cyprés, Pin Pignon et éviter les essences exigeant des sols filtrants : Pins Maritimes et Insignis.

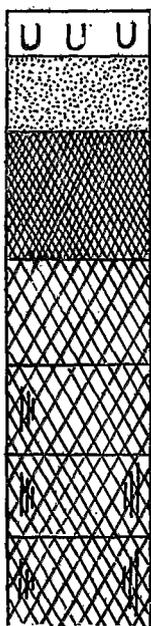
Sur milieu calcaire, les plantes fourragères donneront des résultats intéressants, et il faut y éviter les essences calcifuges.

2. LES SOLS BRUNS LESSIVES

21. - Caractéristiques morphologiques

Le sol brun lessivé est un sol à profil A/B/C, à horizon A2 caractérisé par sa faible décoloration (lessivage en fer), et sa teneur en argile inférieure à celle de l'horizon B sous-jacent également plus érodé.

Nous donnerons comme profil de référence, le profil n° 114 de Mouadjen Roumi (DIMANCHE, 1967) qui présente les horizons suivants :



- 0 - 3 cm : A₀ - litière non décomposée discontinuée.
- 0 - 10 cm : A₁ - Très humifère, noir (5 YR 2/1) texture équilibrée, structure grumeleuse à polyédrique.
- 10 - 20 cm : A₂ - Assez humifère, gris très foncé (7,5 YR 3/0), texture équilibrée, plus argileux, décoloré sur les faces des agrégats, structure finement polyédrique.
- 20 - 40 cm : B - Brun jaune (10 YR 5/6), texture équilibrée, plus argileux, trainées argileuses sur les faces d'agrégats, structure finement polyédrique.
- 40 - 60 cm : B - Brun jaunefoncé (10 YR 4/4), argileux, quelques trainées argilo-humiques sur les faces des agrégats, structure finement polyédrique et moyennement nuciforme, pseudogley faible.
- 60 - 80 cm : C - (g) Argilo-limoneux.
- 80 et plus : C - (g) Argilo-limoneux, taches grises et ocre abondantes jusque 120 cm, structure finement polyédrique, très abondants fragments de grès.

La roche-mère est le flysch oligocène et le couvert végétal un peuplement de chêne-liège.

Sur roche-mère triasique, le profil se distingue par la coloration souvent plus vive (brun rouge) du matériau (Belief, Nefza). D'autres part, il y a fréquemment individualisation de fer et de manganèse en taches diffuses ou en concrétions dans les horizons B et C, même en l'absence de pseudogley. Elles semblent alors d'origine ancienne.

Dans les stations fraîches (altitude) du chêne-liège, l'horizon A₁ est plus épais (20 centimètres ou plus), à fine structure grumeleuse. Il s'agit du Mull acide et non de Moder comme dans le profil décrit ci-dessus.

Sous chêne Zeen, le Mull typique se caractérise par son A₀ et son A₁ épais (20 à 30 centimètres) et riche en humus.

22. - Caractères physico-chimiques

Les sols bruns lessivés sont développés dans une roche-mère de texture moyenne à fine, généralement constituée par un remaniement colluvial des argiles de l'Oligocène. Ils ont aussi une certaine extension sur les limons de couverture du Trias.

L'horizon A2 est encore peu marqué et le contraste de texture entre le A2 et le B se traduit par un indice de lessivage de l'ordre de 1,5% à 2,0

Le type de matière organique varie du Mull typique du chêne Zeen, dont nous avons déjà donné les caractéristiques, au Moder plus ou moins acide de la forêt de chêne-liège. Sous cette essence la qualité de la matière organique varie avec l'altitude et les conditions microclimatiques créées par l'allure plus ou moins ouverte du peuplement. De plus, la composition et l'importance du maquis jouent également un grand rôle dans la nature de l'humus.

Le pH de l'horizon A1 est de l'ordre de 5,0 à 6,5, mais il décroît très rapidement avec la profondeur. La saturation en bases est plus faible que celle des sols bruns forestiers : de l'ordre de 70 % dans le A1, elle décroît dans le A2 (55 %) pour atteindre les valeurs les plus basses dans la roche-mère (30 %).

23. - Pédogenèse

La formation des sols bruns lessivés apparaît liée à l'influence d'un humus doux (Mull ou Moder) sur une roche-mère de texture moyenne à fine, dans un climat à précipitations hivernales.

La décomposition des produits d'une végétation de chêne Zeen, ou de chêne-liège non dégradée, fournit, par humification des débris, des composés facilement solubles, dont l'action sur les colloïdes argileux conduit à la formation de complexes argilo-humiques mobiles.

Sous l'effet des précipitations hivernales puis des dessiccations estivales, ces complexes subissent un entraînement en profondeur, puis une fixation. Ces entraînements et fixations sont le fait de nombreuses réactions où interviennent la nature des composés humiques, la nature de l'argile, le pH, la composition des solutions du sol, l'humidité du milieu, etc...

Dans le cas des sols bruns lessivés, la matière organique n'agit que comme agent dispersant et vecteur des colloïdes argilo-ferriques, et non comme destructeur de ces colloïdes.

24. - Extension

Les conditions de formation des sols bruns lessivés en font un sol abondamment représenté dans les forêts de chêne-liège et chêne Zeen du Nord du pays. On l'observe sur les colluvions argilo-gréseuses des versants de l'Oligocène, il est le sol le plus répandu sur le limon de couverture du Trias.

En dehors des faciès distingués suivant la nature de la matière organique (c'est-à-dire du groupement végétal), sur lesquels nous avons

déjà attiré l'attention plus haut, on y reconnaît de nombreux faciès suivant la qualité du drainage. Celui-ci est fonction de la pente et de l'épaisseur des colluvions, de texture moyenne, au-dessus du substrat argileux peu perméable généralement gleyifié.

Sur l'Oligocène, tous les sols bruns lessivés présentent des caractères d'hydromorphie. Sur pente suffisante pour assurer un drainage naturel, ils se limitent à l'horizon B ou au C. En bas de pente, en dépression, la zone de pseudogley (dû aux alternances d'engorgement et de dessiccation) peut remonter jusque dans le A1 et l'on a suivi tous les intermédiaires jusqu'au sol hydromorphe à pseudogley ou à gley.

Sur les colluvions plus légères, plus abondamment pourvues en grès, les sols bruns lessivés passent à des sols lessivés à caractères plus ou moins podzoliques suivant la sécheresse ou l'état de dégradation de la station.

25. - Classification

Les sols bruns lessivés font partie de la classe des sols à humus doux, groupe des sols lessivés. Les sous-groupes seront distingués par la qualité du drainage et les faciès par les types de matière organique. La roche-mère interviendra au niveau de la famille.

26. - Utilisation

Etant donné la topographie accidentée des massifs où on les observe ces sols sont principalement à destination fourragère (parcours) ou forestière. La production fourragère peut être intéressante avec les précautions qui s'imposent vis-à-vis de l'épuisement du sol et de l'érosion. Les forêts naturelles de chêne-liège y sont moyennes à belles, mais elles sont souvent très dégradées. Le reboisement exige de ne pas détruire le stock de matière organique, car l'horizon humifère concentre en surface toute la richesse chimique d'un sol par ailleurs très pauvre. Il faut aussi éviter de déséquilibrer le régime hydrique de ces sols surtout lorsqu'ils présentent des caractères hydromorphes, par un découvert brutal, l'augmentation du ruissellement, la réduction de leur perméabilité et la suppression totale du maquis consommateur d'eau.

Ces sols présentent donc au reboisement un ensemble de caractéristiques physiques qui demandent de les traiter avec prudence et d'y installer des essences bien adaptées.

Cela ne semble pas être le cas des sols développés sur Trias qui présentent un sol profond et filtrant, mais sensible à l'érosion.

3. - LES SOLS LESSIVÉS

31. - Caractères morphologiques

Dans les sols lessivés, le contraste entre les horizons A2 et B, décrit à propos des sols bruns lessivés, s'accroît nettement. L'horizon A2 apparaît très éclairci, grisâtre, et de texture beaucoup moins argileuse que le B, plus coloré. L'humus variable suivant les types de végétations, appar-

tient cependant toujours au Mull ou au Moder. On ne décèle pas de trace de destruction du matériau argileux dans les sols lessivés typiques. En cas de dégradation de la végétation et par suite du type de matière organique, l'humus évolue vers un Mor et le sol prend des caractères podzoliques : sol lessivé podzolique.

Le profil de référence est situé en forêt mélangée de chênes Zeen et liège, à Mouadjen Roumi : profil n° 47 (DIMANCHE, 1967).

	<p>5 - 0 cm - Ao - Litière de feuilles de Zeen, non décomposées.</p> <p>0 - 15 cm A1 - Humifère brun très foncé (10 YR 2/2) limono-sableux. Structure finement grumeleuse, racines et radicelles assez abondantes.</p> <p>15 - 30 cm - A21 - Peu humifère, brun foncé à brun (10 YR 4/3), sablo-limoneux.</p> <p>30 - 55 cm - A22 - Non humifère, brun jaune clair (10 YR 4/3), sablo-limoneux, fondu - cailloux et racines abondantes.</p> <p>55 - 90 cm - A3 - Brun jaune (10 YR 5/6), sablo-argileux, taches ocres vifs, nettes peu abondantes.</p> <p>90 - 120 cm - B - Brun vif (7,5 YR 5/8), argilo-sableux, structure nuciforme à polyédrique, peu développée, taches ocres assez abondantes nettes.</p> <p>120 - 160 cm - Cg - Argilo-sableux, structure finement polyédrique assez développée, taches de rubéfaction. Cailloux abondants, racines assez abondantes.</p> <p>160 cm et plus - Dg - Argile schisteuse. Taches abondantes grises et rouges.</p>
--	--

Dans les sols lessivés, l'horizon A2 est très net, peu structuré, souvent épais (10 cm environ) et généralement suivi d'un horizon de transition A3, plus argileux, plus structuré, décoloré par taches sur les faces des agrégats, l'intérieur de ceux-ci restant de couleur vive.

Comme nous l'avons noté à propos des sols bruns lessivés, les horizons de surface sont variables suivant le type de végétation, c'est-à-dire le type de matière organique (Mull typique sous chêne Zeen, Moder sous chêne-liège). Sous végétation dégradée, ouverte, ou en conditions microclimatiques particulièrement xériques (exposition sèche, substrat gréseux), la matière organique se décompose mal et fournit un humus intermédiaire avec les humus bruts : un Moder acide. Il se caractérise par sa texture sableuse, sa couleur grisâtre, sa friabilité et la présence de grains de sable délavés. Son épaisseur est faible (de l'ordre de 5 cm) et sa limite infé-

rieure est nette. Sous l'effet de cet humus à propriétés dégradantes, les caractères de lessivage s'accroissent, le fer reprécipite en B ou en B-C sous formes de taches rouges vifs dans l'argile, ou de trainées dans les diaclases de grès.

Ce type de A1 et de succession d'horizons caractérise les sols lessivés podzoliques.

32. - Caractères physico-chimiques

La texture de ces sols est légère (sablo-limoneuse ou limono-sableuse) dans les horizons de surface lorsqu'ils se développent sur roche colluviale d'origine oligocène. En profondeur la texture est généralement fine mais le plus souvent le matériel est riche en fragments de grès grossiers.

Sur roche miopliocène (Fernana, Souiniat) où ces sols sont très répandus, la roche-mère est beaucoup moins polluée de cailloux et de texture argilo-sableuse.

D'une manière générale, l'humus des sols lessivés apparaît moins minéralisé que ceux des types précédemment décrits. Il est probable que cela est dû au caractère édaphiquement plus sec des horizons de surface, de texture plus sableuse que les sols bruns forestiers ou bruns lessivés. L'humus varie des Mulls acides ou Moders, sous chêne Zeen, au Moder plus ou moins acide sous chêne-liège. Le C/N atteint les valeurs les plus élevées dans les sols lessivés podzoliques où il est compris entre 18 et 20. Les taux d'humification y sont également bas (MHT/C de l'ordre de 20).

Le taux de matière organique est généralement faible, de l'ordre de 5 % dans le A1).

Etant donné le complexe absorbant peu important (peu d'argile et de matière organique), la capacité d'échange est faible (10 à 20 me/100 gr). Le taux de saturation est nettement plus bas que dans les sols bruns lessivés, généralement de l'ordre de 60 % dans le A1, parfois plus dans les profils développés sous chêne Zeen, il est nettement inférieur à 50 % dans le A2.

Le pH, variable dans le A1 suivant le type de matière organique, décroît brutalement dans le A2 et les horizons sous-jacents.

33. - Pédogenèse

Les tendances, indiquées à propos des sols bruns lessivés, s'accroissent dans les sols lessivés, sous l'effet d'une matière organique moins bien minéralisée et par suite sans doute plus riche en composés solubles à action mobilisante sur les colloïdes argileux et ferriques.

L'origine de la végétation productrice de cette matière organique peut être soit climatique (zones particulièrement arrosées) soit édaphique (milieu sec), ou anthropique (dégradation, incendie). Le premier cas rencontré dans de très nombreux peuplements de chêne Zeen, sur roche-mère pas trop argileuse, donne naissance aux sols lessivés à Mull acide. Dans les deux autres cas, il s'agit de peuplements de chênes-lièges mal venants peu denses, avec un maquis très abondant d'Ericacées (Arbousiers, Bruyères). C'est généralement le cas des affleurements gréseux.

Dans le cas des sols lessivés podzoliques, le lessivage, simple migration des colloïdes argilo-ferriques, semble s'accompagner d'un début de destruction de ces colloïdes car on trouve du quartz résiduel dans le A1 et le A2.

34. - Extension

Les sols lessivés sont abondamment représentés dans l'aire du chêne Zeen et du chêne-liège sur matériau oligocène (Kroumirie, Mogods). Ils couvrent également de grandes surfaces sous chêne-liège, sur le Miocène des régions de Fernana et l'Oued Zeen (Zaouiet Madien). Sur les surfaces d'aplanissement finitertiaires de la région de Fernana, les sols lessivés passent à des sols lessivés hydromorphes puis hydromorphes lessivés à très abondantes concrétions ferromanganiques et enfin dans les « dayas » à des sols hydromorphes à croûte ferromanganique de nappe. Ce genre de chaînes de sols s'observe également dans les Mogods (vallée de l'Oued Sedjenane).

35. - Classification

Les sols lessivés appartiennent à la classe des sols à humus doux, groupe des sols lessivés. Si les manifestations de l'hydromorphie (pseudogley, concrétions) sont présentes dans le B, elles permettent de classer le sol dans le sous groupe hydromorphe. Si elles se développent dans l'ensemble du A2, elles le font ranger en sol hydromorphe.

36. - Utilisation

Chimiquement ces sols sont pauvres et ne conviennent qu'à quelques cultures (tabac, pomme de terre) aimant les sols légers en surface. Pour le reboisement, ce sont des sols favorables par leurs qualités physiques, mais délicates à traiter. Ils demandent des essences frugales et des méthodes de défrichement prudentes. La fertilisation chimique y serait sans doute très profitable.

CHAPITRE VI

LES SOLS A MOR *

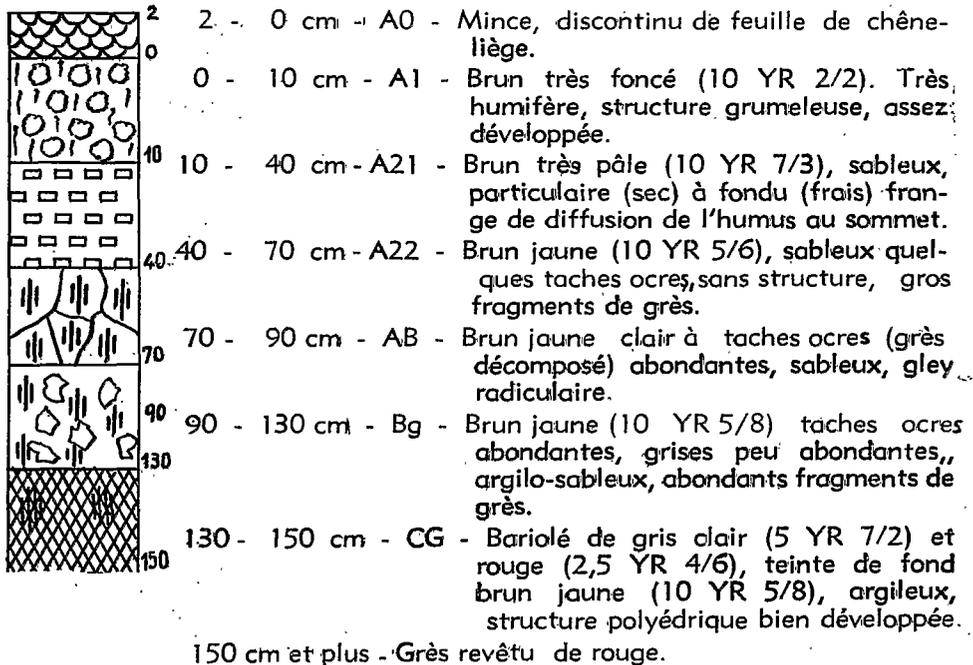
Les sols à humus brut, ou mor, sont particulièrement répandus dans le massif de Pins Maritimes naturels de la région de Tabarka. Ils apparaissent aussi sous forme de taches sporadiques dans les forêts de chêne-liège de la Kroumirie et des Mogods.

On ne les observe que sur la roche-mère de l'oligocène.

On n'y distingue que le groupe des sols podzoliques. Ils se différencient des podzols par l'absence d'un horizon d'accumulation d'humus ou de fer bien caractérisé.

1. - CARACTERES MORPHOLOGIQUES

Le profil de référence est situé dans le massif du Djebel Tegma, feuille de Fernana : profil n° 148 (DIMANCHE, carte non publiée). Il se trouve à l'altitude de 570 m., sur une petite crête gréseuse de l'oligocène, dans un peuplement de chênes-lièges très médiocres avec un abondant maquis à base d'*Erica Scoparia*, *Lavandula Stoechas*, *Arbutus Unedo*, *Halimium halimifolium*, *Erica arborea*, *Viburnum Tinus*, *Cytisus triflorus*.



(*) Par P. DIMANCHE (1966).

Les caractéristiques morphologiques principales sont donc :

- l'aspect du A1, sableux, riche en grains de sable non revêtus, très friable.
- le A2 très contrasté avec le A1 et le B par son allure blanche et sa texture sableuse.
- l'humus de type Mor ou Moder.

On remarque souvent une répartition caractéristique des racines, abondantes dans le A1, dispersées dans le A2, de nouveau abondantes dans le B.

Sous Pin Maritime, il s'accumule une épaisse litière mal décomposée. Sous ce Ao souvent divisé en un lit d'aiguilles non décomposées (L) et de débris plus ou moins fragmentés (F) on passe au A1 très colonisé par les racines et les radicelles.

2. - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES

Le contraste de texture entre le A2 et le B est important ; l'indice de lessivage atteint des valeurs de l'ordre de 5.

La minéralisation peu avancée de la matière organique, se traduit par un C/N du A1 supérieur à 20 (20 à 25) sous chêne-liège, et de l'ordre de 25 à 30 sous Pin Maritime. Le taux d'humification est faible, de l'ordre de 10 à 12 sous le chêne-liège, il est plus bas encore sous Pin Maritime : 5 à 10.

Le taux de matière organique est également faible et ne dépasse guère les 5 % dans le A1. Il en résulte que la capacité d'échange est particulièrement faible : 15 me/100g dans le A1, à 5 me/100g dans le A2.

Le pH est variable dans le A1 (4,5 à 6,0) et décroît rapidement dans le profil.

3. - PEDOGENESE

Les caractères physico-chimiques des horizons A1 des sols podzoliques montrent qu'il s'agit d'un humus mal minéralisé et peu humifié.

L'origine des qualités de cet humus est multiple : sous le Pin Maritime c'est la nature même des débris fournis par cette essence qui est responsable de la formation d'un humus brut. Sous le chêne-liège où les tachets de sols podzoliques sont plus sporadiques, c'est soit un milieu naturel particulièrement sec (grès, exposition sèche) soit l'effet de pratiques dégradantes pour la végétation (incendies) qui ont amené l'installation des formations végétales génératrices de cet humus. Son effet sur les colloïdes du sol en amène la destruction comme en témoigne la présence d'abondants grains de quartz résiduels, démunis de colloïdes argilo-humiques.

4. - EXTENSION

Les sols podzoliques sont répandus sous la forêt naturelle de Pins Maritimes de Tabarka en liaison avec des sols plus ou moins lessivés à Moder.

Ils sont particulièrement typiques sur les affleurements gréseux et les colluvions riches en grès.

5. - CLASSIFICATION

Les sols podzoliques appartiennent à la classe des sols à humus brut et leur groupe est caractérisé par la présence d'un horizon A2 bien différencié à tendance cendreuse (par opposition aux sols ocres podzoliques où cet horizon fait défaut). Ils se distinguent cependant des podzols par l'absence d'horizon d'accumulation de matière organique et par l'intensité faible de la structure cendreuse de leur horizon A2.

6. - UTILISATION

La pauvreté chimique de ces sols les restreint au domaine forestier. Il faut cependant y éviter la monoculture de résineux et y prévoir des pratiques améliorantes : essences secondaires améliorantes pour le sol, fertlisation, engrais verts.

BIBLIOGRAPHIE

(Sols à Mull et sols à Mor)

DIMANCHE (P.) - 1965 - Carte pédologique de Fernana - Echelle 1/50.000° (inéдите).

DIMANCHE (P.) - 1967 - Etude pédologique du périmètre de Mouadjen Roumi - Section Pédo, Tunis, n° 303, 1. carte, 5 tableaux, ronéo 47 pp.

DIMANCHE(P.) et al. - Carte phytoécologique de la Tunisie Septentrionale. Echelle 1/200.000° Ann, Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, Tunis Vol. 39, fasc. 5, vol. 40, fasc. 1 et 2. 5 cartes, tableaux, 213 + 340 + 426 pp.

CHAPITRE VII

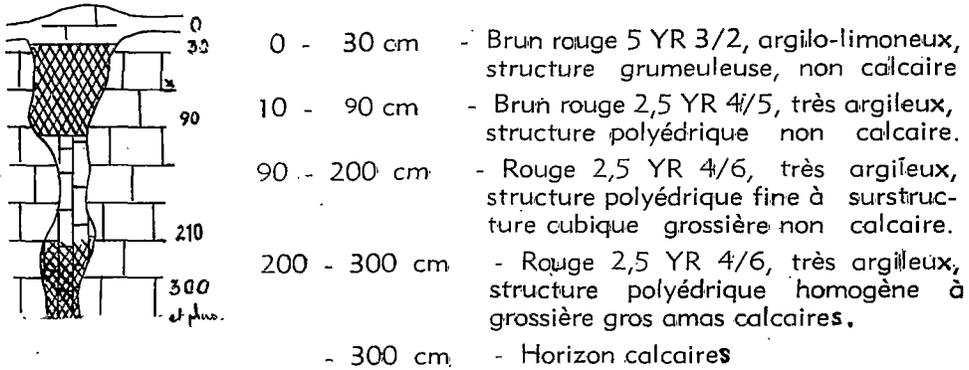
SOLS A SESQUIOXYDES *

1. - SOLS ROUGES ET BRUNS MEDITERRANEENS

11. - Caractères morphologiques

111. - Sol type

Un sol rouge ou brun méditerranéen typique a les caractéristiques suivantes que nous emprunterons à la description d'un profil sur calcaire jurassique dans le Djebel Bou Kornine :



Couleur rouge vif (5 YR ou 2,5 YR plus rarement 10 Y au code de couleur « Munsell Color Chart »).

- Texture moyenne à très fine.
- structure élémentaire polyédrique fine bien développée à face lissées.
- Surstructure souvent prismatique à cubique.
- Accumulation calcaire en profondeur.

L'influence de la roche-mère introduit quelques variations dans les caractères morphologiques de ces sols.

a. - Sols formés sur « Terra-Rossa ».

C'est l'exemple qui a été choisi comme sol type. La couleur est brun à brun rouge, abstraction faite de l'horizon de surface remanié par une évolution récente sous végétation forestière. La texture est très fine. La structure est bien développée, polyédrique fine avec agrégats lisses et brillants.

Il y a presque toujours une accumulation calcaire à la base du profil : taches diffuses, gros amas durcis de calcaire cristallisé recouverts d'une pellicule rouge très dure plus ou moins lissée. Sur les parois de la

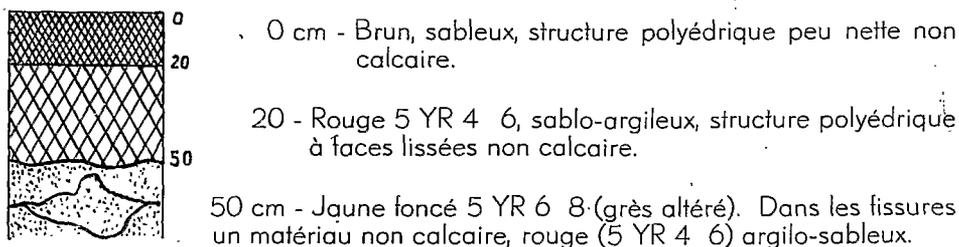
(*) Par J.P. COINTEPAS (1966).

roche calcaire tout au long de la fissure on note soit un revêtement de calcaire cristallé en choux fleurs (Béja) analogue aux formations des grottes. Soit au contraire une pellicule grise de calcaire plus poreux qui pouvait être la forme d'altération du calcaire cristallin.

Le développement du profil varie beaucoup avec la profondeur, des poches ou fissures karstiques qui le contiennent et le protègent de l'érosion.

b - sols formés sur grès peu calcaire.

Les sols formés sur grès ont un profil analogue. Le profil présenté en diagramme a été relevé par P. DIMANCHE dans la région de Medjez-El-Bab.



La couleur des sols rouges issus des grès tire d'avantage vers le jaune avec des chroma de 6 ou 8.

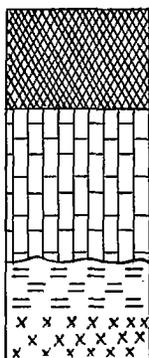
La structure est moins bien individualisée que dans les unités précédente; elle est polyédrique plus grossière ou prismatique peu développée. Les faces lissées sont moins fréquentes. L'accumulation calcaire ne semble pas être le cas général. Dans l'observation précédente qui a pu être renouvelée plusieurs fois on passe directement du sol rouge au grès. On observe cependant fréquemment une accumulation sous forme de feuillets calcaires dans les diaclases des massifs gréseux ou dans des poches entre les blocs de grès.

c - Sols issus des argiles du Trias.

Récemment L. GUYOT au cours d'une prospection a pu relever des traces de rubéfaction ancienne sur sable argileux du Trias. Sous un horizon peu épais remanié il a observé la présence d'un horizon argileux brun rougeâtre (5 YR 3/4), passant à un sable argileux gris clair 5 Y 7/1. La limite était très irrégulière et le matériau rouge pénétrait par langue à l'intérieur du matériau originel. Inversement dans le matériau rouge, on notait des fragments de roche en cours d'altération.

112. - Sols à profil voisins

Sur les glacis les dépôts quaternaires donnent naissance à des sols rouges qui se distinguent du sol type par les caractères morphologiques suivants :

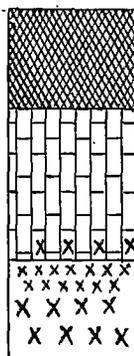


Brun rouge, humifère polyédrique fin, texture fine.

Brun rouge vif, moins humifère prismatique fin, texture fine, croûte zonée.

Croûte.

Encroûtement nodulaire.



Brun rouge humifère polyédrique fin, texture fine.

Brun rouge vif, moins humifère, texture fine.

Quelques nodules.

Très nombreux nodules formant encroûtement.

- Une accumulation calcaire brutale sous forme d'une croûte dure ou d'un encroûtement.

- Une accumulation calcaire progressive. On observe à la base du profil des nodules, des taches calcaires arrondies (ou une accumulation diffuse) dont la densité augmente avec la profondeur jusqu'à devenir presque coalescente formant ainsi un encroûtement. Parfois également l'accumulation calcaire prend la forme de petites chandelles allongées verticalement dans les fentes de retrait. Elles mesurent 1 ou 2 cm de diamètre et se cassent facilement en petits cylindres de 1 à 3 cm de hauteur. Elles sont constituées d'un calcaire rosé très finement cristallisé et très dur sans éléments clastiques. Ces formations prennent naissance dans le matériau rouge, lui-même peu ou pas calcaire.

A l'accumulation en taches et nodules, est associée en milieu sablo-argileux une accumulation sous forme de placages verticaux, épais de 1 ou 2 cm revêtant les grands prismes et dessinant, lorsque cet horizon est mis à nu, un pavage en polygones.

Ces deux types d'accumulation peuvent coexister sur un même glacis.

La première rapproche les sols des sols rouges typiques, l'autre au contraire en fait un sol morphologiquement voisin des sols isohumiques. Au dessus de l'accumulation calcaire, on note fréquemment la présence de petites taches ou de concrétions noirâtres de fer et manganèse.

a. - Sols hydromorphes :

Ils ont été abondamment décrits par P. BUREAU, P. DIMANCHE, A. CALO, A. CHAUVEL. Leur couleur est plus brune (10 YR 5/6 ou 5/8). La structure est prismatique à cubique grossière avec une porosité faible. Les racines se fauillent entre les prismes et n'y pénètrent pas. Le fer s'individualise sous forme d'un pseudogley radiculaire ou de concrétions noires ferromanganiques abondantes. L'accumulation calcaire prend l'aspect d'une croûte ou d'un encroûtement de nappe. La nappe est parfois encore présente (El-Haouaria).

b. - Sols rouges vertiques.

Les sols rouges vertiques ont une texture fine ou très fine. La structure grossière en surface passe en profondeur à des plaquettes à faces gauchies et lissées plus ou moins développées.

c. - Sols lessivés.

P. BUREAU, A. CALO et P. DIMANCHE ont décrit dans le Cap-Bon des sols rouges lessivés.

J. BOURALY (Bordj Toum) signale dans certains profils de sols un gradient d'argile qu'il attribue au lessivage.

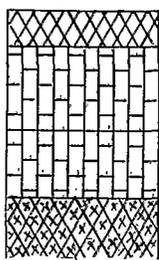
Plus récemment, L. GUYOT, M. SOUISSI ont relevé sur glacis adossés à des massifs triasiques des sols rouges présentant outre le gradient d'argile des revêtements (« Coating ») à la base du profil.

Ces sols ont cependant une extension limitée. De sorte que sur les cartes à échelles petites et même moyennes, il a été nécessaire de les confondre avec les sols typiques.

d. - Sols bruns méditerranéens.

Les sols bruns méditerranéens se distinguent des sols rouges par une couleur brun rouge 5 YR à 7,5 YR.

L. GUYOT décrit un profil sur le glacis du Djebel el Matria au Nord-Nord-Ouest de Téboursouk, profil que M. G. AUBERT considère comme typique des sols bruns méditerranéens (le profil décrit ci-dessous présentait en outre des caractères de lessivage : rapport de lessivage 1/1,5).



0 cm - Brun rouge argileux.

15 cm - Brun rougeâtre (7,5 YR 4/2), texture argileuse, structure prismatique.

60 cm - Brun (10 YR 5/6), argileux, structure prismatique non calcaire.

90 cm - Beige rougeâtre, calcaire (12 %).

Ce profil se distingue des profils de sols rouges par :

- une pénétration de la matière organique plus profonde que dans les sols rouges voisins.
- une couleur brune surtout en profondeur signe probable d'une hydratation plus grande des oxydes de fer.

12. - Caractères physico-chimiques.

La texture des sols rouges ou bruns méditerranéens est moyenne pour les sols issus des grès à fine et même très fine pour les sols issus des autres roches-mères (60 à 75 % d'argile, 15 % de limon fin).

Le pH mesuré dans l'eau est de l'ordre de 7,4 à 7,8. Le pH dans le chlorure de potassium normal est toujours inférieur à 7. Dans les sols isohumiques formés sur matériau rouge, ces deux caractéristiques sont respectivement de 7,8 à 8,8 et de 7,0 à 7,5.

L'analyse des bases échangeables fait ressortir une variation sensible des éléments Mg et K.

Les teneurs en Mg des horizons rubéfiés oscillent entre 16 et 20 % des bases échangeables et il y a un gradient croissant de la surface vers la profondeur. La roche-mère, là où elle a pu être analysée, présente des teneurs encore plus élevées.

Le potassium diminue considérablement passant de 3 à 10 % (1 à 3 me %) de la capacité d'échange à 1,3 ou 1,5 % (0,5 me %).

Le calcium présente 65 à 80 % des éléments échangeables. Il présente des variations anarchiques plus difficilement explicables. Disons simplement qu'il varie souvent en sens inverse du magnésium mais dans de plus faibles proportions.

L'ion sodium est assez constant et normalement peu abondant dans le complexe.

Si on compare ces résultats avec ceux qu'on obtient sur des sols isohumiques de couleur rouge, on constate que dans ces derniers le magnésium et le potassium varient peu tout au long du profil ou diminuent avec la profondeur.

Le rapport : Silice/sesquioxydes dans l'argile est inférieur à 2,4. Dans les sols isohumiques, il est voisin de 2,7. Dans certains vertisols il atteint ou dépasse 3,0.

La proportion de fer libre par rapport au fer total dépasse 55 % dans les sols rouges. Les valeurs observées sont :

- fer libre : 3 à 8 %
- fer total : 4 à 11 %.

La capacité d'échange de l'argile est de 45 à 50 me % dans les sols typiques. Elle passe de 65-70 me % dans les sols rouges vertiques, soit à peu près autant que pour les sols isohumiques.

A l'analyse minéralogique l'illite constitue la fraction argileuse dominante même dans les sols rouges vertiques. La kaolinite est également souvent présente mais semble être un héritage du matériau originel. Enfin l'analyse révèle la présence de goethite dans tous les sols fortement rubéfiés (fer libre > 3 %).

La matière organique ne semble pas présenter de caractères particuliers dans les sols rouges. Dans quelques cas nous avons pu relever un rapport C/N un peu plus élevé : 10 à 15 en sols rouges alors qu'en sols à caractères isohumiques, ce rapport est plutôt inférieur à 10. Des analyses ultérieures permettront peut-être de préciser l'évolution de l'humus dans ces deux types de sol.

13. - Les formes de transition avec les sols des autres classes

131. - Avec les calcimorphes

Lorsque le sol rouge n'a plus qu'un profil A C avec un horizon A peu épais de structure grumeleuse à grenue reposant sur l'horizon C calcaire, on le classe dans les sols calcimorphes, groupe des rendzines, sous groupe rendzines rouges. Ces rendzines dont un exemple a été décrit par R. GAD-DAS sur les pentes du Djebel Mhrila (Tunisie Centrale) semblent peu répandues. La roche-mère serait encore une Terra-Rossa.

Sur de nombreux glacis encroûtés, on observe toute une série de sols dont la couleur rouge ou brun rouge indique qu'ils ont subi à un moment quelconque de leur genèse une rubéfaction. Ces sols peuvent être très épais, peu calcaires (sols rouges colluvionnés). Le plus souvent ils sont fortement calcaires (J. BOURALY : Bordj Toum, Djebel Amar, A. FOURNET : Djebel Zaghouān). Ils se rapprochent alors des sols bruns calcaires encroûtés.

Lorsque l'érosion a été active le sol rouge est tronqué. La structure polyédrique à cubique ne s'observe plus qu'en profondeur. La recalcification est fréquente (J. BOURALY : Bordj Toum). Au stade ultime on passe à une rendzine de couleur brune sur croûte ou encroûtement calcaire.

132. - Avec les sols isohumiques

La limite sols rouges - sols isohumiques est plus difficile à définir. Elle a du reste quelque peu varié au cours des études pédologiques. En effet, les sols rouges sont anciens. Depuis leur formation au cours du quaternaire ils ont subi une évolution polygénique la dernière en date étant une évolution de type isohumique facilitée par une mise en culture très ancienne. Presque toujours la matière organique y est bien décomposée et se répartit sur une certaine profondeur : 40 à 50 cm, même dans les profils présentant des caractères de lessivage. Dans les profils à accumulation brusque de calcaire, il est assez fréquent d'observer une redistribution du calcaire sur les dix centimètres qui surmontent la croûte ou l'encroûtement. Cette accumulation prend la forme de pseudomycélium et de taches. Dans les fissures des calcaires massifs, à la base des sols rouges, on observe également des accumulations de calcaire de couleur rosée sous forme de taches ou de gros amas diffus. Cette redistribution du calcaire peut être considérée comme une forme de steppisation.

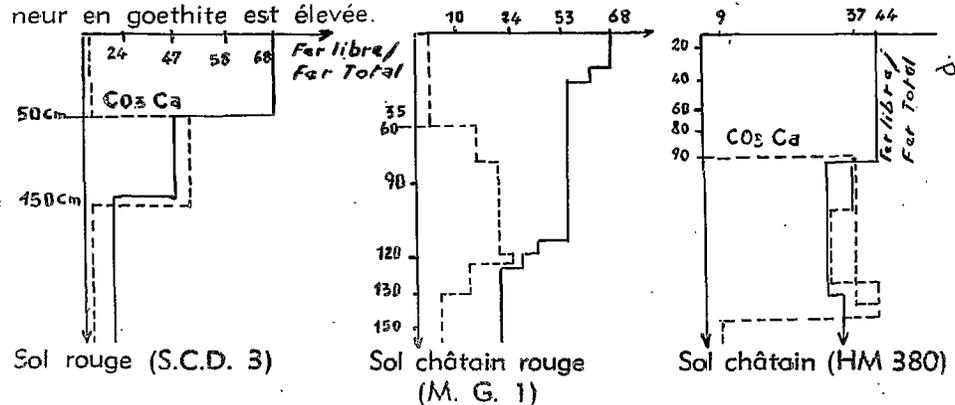
M. G. AUBERT définit la limite entre sols rouges et sols isohumiques de la manière suivante :

- lorsque le sol est constitué par des limons rouges peu ou pas calcaires à structure prismatique moyenne à grossière, à forte pénétration de matière organique bien mélangée au sol, à accumulation calcaire diffuse ou nodulaire généralement progressive le sol est dit châtain sur matériau rouge.

- lorsque le sol est formé sur limon peu ou pas calcaire avec structure prismatique moyenne, bonne pénétration de la matière organique et accumulation calcaire progressive avec une couleur rouge décroissant progressivement de la surface vers la profondeur ou disparaissant assez rapidement au passage du sol au matériau originel le sol est châtain-rouge.

- si le sol est formé sur limon rouge avec une structure prismatique à cubique fine, pénétration de matière organique parfois assez profonde, accumulation de calcaire brutale ou progressive, présence de taches ou concrétions ferrugineuses le sol est un sol rouge steppisé.

En fait ces règles sont assez difficiles à appliquer sur le terrain. Et dans bien des cas il faut avoir recours à l'analyse. Dans un sol châtain sur matériau rouge on retrouve un rapport fer libre/fer total constant jusque sous l'accumulation calcaire. Le sol châtain-rouge voit sa teneur en fer libre/fer total diminuer progressivement avec la profondeur. On note la présence de goéthite dans les horizons rubéfiés, présence qui cesse au voisinage de l'accumulation calcaire. Le sol rouge au contraire a un rapport fer libre/fer total assez constant jusqu'à l'accumulation calcaire. Sa teneur en goéthite est élevée.



Sur le terrain, il est fréquent de retrouver sur un même glacis des sols rouges steppisés et des sols châtaîns. De sorte que sur les cartes à petites échelles, (1/500.000^e et 1/1.000.000^e), il a été nécessaire de regrouper ces différentes unités en une seule.

14. - Répartition géographique - Conditions de formation

En Tunisie les sols rouges et bruns méditerranéens forment rarement de grandes surfaces continues. Ils se présentent comme des lambeaux de sols souvent très remaniés situés dans des positions très particulières où ils ont été protégés de l'érosion ce qui confirme leur caractère de paléosols.

Les sols rouges et bruns se situent dans la partie Nord de la Tunisie. Si on compare leur répartition à la répartition des précipitations, on constate qu'ils se localisent dans la zone à pluviométrie supérieure à 500 mm. Au-dessous de cette limite et à lithologie égale, les caractères de rubéfaction sont beaucoup moins accentués, les colorations sont moins vives, les caractères de texture et de structure sont peu accentués.

Il n'y a pas de limite supérieure de pluviométrie puisqu'on trouve des sols rouges ou des restes de sols rouges sous des pluviométries de l'ordre de 900 à 1.000 mm (Nefza, Cap Serrat, Sidi Mechrig).

La lithologie conditionne très étroitement la formation des sols rouges. Nous avons décrit les variations des caractères morphologiques de ces sols en fonction des roches-mères : « Terra Rossa* », grès peu calcaire, grès calcaire, roches triasiques. Ils suivent en cortège les affleurements de ces différentes roches.

Les sols rouges sur calcaire dur se localisent essentiellement dans des poches ou des fissures. Leur surface est donc très réduite. Les massifs où leur présence a été signalée sont :

- les massifs de calcaire gris ou de calcaire dolomitique du jurassique moyen et supérieur : Djebel Bou Kornine, Ressa, Zaghouan, Fkirine et Kef El Agab (Nord-Ouest de Souk El-Arba).

- les calcaires nummulitiques de l'éocène inférieur : Béjaoua, Hédil, Kessera.

- les calcaires optiens des djebels Serdj et Bargou.

Les sols rouges ou bruns méditerranéens issus de calcaire dur appartiennent généralement au sous-groupe modal. Ils sont souvent remaniés en surface sous l'influence de la végétation (olivier, caroubier, lentisque) qui les fait évoluer vers les sols bruns à Mull.

A. FOURNET a relevé dans le Djebel Zaghouan des teneurs en matière organique de 17 à 22 %; le taux d'humification est de 18 à 25 %; cette matière organique pénètre à plus d'un mètre de profondeur. Sur les versants ou les glacis on trouve parfois des sols steppisés (A. FOURNET : Dj. Bargou - EL AOUANI : Dj. Ressa). Le plus souvent cependant, les sols ont été recalcarifiés et on est en présence de sols bruns isohumiques ou brun calcaire sur matériau rouge (J. BOURALY : Dj. Amar près de Sidi Tabet A. FOURNET : Dj. Zaghouan). Leur couleur est brun rouge.

Aux dunes quaternaires consolidées sont également associés des sols rouges généralement modaux. On note leur présence dans les Nefzas où ces dunes ont été très développées et localement sur la côte Nord jusqu'à Bizerte. Mais c'est dans le Cap-Bon qu'ils sont particulièrement répandus,

les dunes ceinturant toute la côte de cette région et surtout la côte orientale de Kélibia jusqu'à Nabeul. Les sols rouges recouvrent une partie de cette dune. En arrière de la dune qui a bloqué l'écoulement des eaux sauf en quelques passages privilégiés, les phénomènes d'hydromorphie ont donné naissance à des sols rouges hydromorphes à pseudogley et concrétions.

On a signalé également sur ces dunes consolidées la présence de sols rouges lessivés. A. CALO et P. DIMANCHE tout en les décrivant avaient envisagé un remaniement de surface plus qu'un lessivage véritable. Une récente étude minéralogique sur un profil de ce type nous a montré que si les courbes granulométriques indiquent des matériaux éolisés de compositions très voisines, les minéraux lourds se classent un peu différemment dans l'horizon lessivé et dans l'horizon d'accumulation. Il s'agirait donc plutôt d'un sol brun recouvrant un paléosol rouge.

Les formations de grès calcaire miopliocène donnent également naissance à des sols rouges modaux (Menzel Bourguiba, Dj. Zarour), encroûtés (Cap Bon : Kélibia, El Haouaria, Menzel Heurr) et hydromorphes (sur le pourtour de la gara d'El Haouaria). La croûte dans ce dernier cas présente le faciès des croûtes de nappe : noyaux ou amas calcaires indurés enfermant des poches jaune ocre.

Les grès peu calcaires de l'oligocène ont été altérés en place. Les formations meubles ont ensuite été déblayées par l'érosion de sorte qu'il est difficile de retrouver des sols rouges modaux. Nous en avons cependant localisé au Dj. Abderrahmane et au Dj. Korbous dans le Cap Bon où l'évolution récente sous végétation d'olivier-caroubier les transforme en sol brun tempéré, brun lessivé et même localement en sols lessivés.

A l'intérieur, les Djebels Zit, Dj. Mendjour à Khlédia et Dj. Ed-Deridjah près de Ksar Tyr ont conservé des sols rouges modaux très dégradés. Plus au Sud, dans les Djebels Derhafila et El Farch près de Saouaf, l'érosion a complètement mis à nu les grès. Quelques taches de limon témoignent de la présence d'une rubéfaction mais les témoins sont insignifiants.

Aux massifs gréseux sont associés des glacis portant des sols rouges steppisés.

A Korba-Menzel Temime le glacis Villafranchien conserve des traces de sols rouges très dégradés, au point qu'ils sont étroitement associés à des sols calcimorphes brun-rouge sur croûte. A. CHAUVÉL dans son étude de l'Oued Chiba n'a pu les séparer ; même chose sur le glacis du Djebel El Behalit au-dessus de Bou-Arkoub.

Sur le versant Sud du Djebel Zit, A. FOURNET décrit des sols rouges steppisés avec accumulation calcaire diffuse sous forme de nodules et de placages sur les fentes de retrait.

Entre Saouaf et Djebibina le glacis des Djebels Derhafila, Bou Salem et Kmir porte des restes de sols rouges. Sur les massifs eux-mêmes très squelettiques, on retrouve quelques taches de limon rouge.

Les massifs montagneux du Trias constitués de roches meubles et ayant été soumis à une tectonique récente, n'ont guère conservé que des traces de sols rouges. Par contre, les glacis qui y sont associés portent de magnifi-

ques sols rouges ou bruns méditerranéens. L'accumulation calcaire y est brutale. Elle est fréquemment surmontée de petites concrétions de fer peu nombreuses. Dans les zones en dépression on passe facilement à des sols rouges vertiques et des vertisols ou à des sols rouges lessivés.

Il est intéressant de noter que dans les sols rouges issus du Trias l'évolution en milieu plus humide se traduit par la vertisolisation alors qu'en milieu gréseux moins argileux les concrétions et le pseudogley sont la forme la plus fréquente de l'hydromorphie.

15. - Classification

La classification française fait des sols rouges méditerranéens une sous-classe des sols à sesquioxydes, les rapprochant ainsi des sols ferrugineux tropicaux. Elle distingue deux groupes correspondant à deux pédogenèses secondaires :

- groupe rouge méditerranéen non lessivé
- groupe rouge méditerranéen lessivé

et un troisième groupe : brun méditerranéen rassemblant des sols ne se distinguant des sols rouges que par une couleur plus brune et des caractères chimiques un peu différents (d'après P. SEGALEN, absence d'oxydes de fer amorphes).

A l'intérieur des groupes certains caractères du profil permettent de séparer plusieurs sous-groupes :

- modal, où trouveraient place nos trois sols-types
- encroûté (présence d'une croûte ou d'un encroûtement important,
- hydromorphe à taches et concrétions de fer,
- vertique,
- steppisé, par pénétration profonde d'une matière organique bien décomposée.

Nous verrons au chapitre « pédogenèse » combien l'insertion de certains sols de Tunisie dans cette classification est délicate et ne peut être que provisoire en attendant une meilleure connaissance de la pédogenèse de ces sols.

16. - Utilisation

Les sols rouges méditerranéens ont des utilisations très variées suivant les caractéristiques du profil. Leur texture généralement fine, leur manque de profondeur en font assez rarement des sols à plantation. Par ailleurs, les courbes de pF montrent que leurs réserves en eau utilisable sont faibles. Ce sont des sols physiologiquement secs (surtout lorsqu'ils dérivent de matériaux triasiques) et les cultures peuvent y souffrir si la pluviométrie de printemps est déficitaire.

17. - La rubéfaction

L'étude de la pédogenèse des sols rouges en Tunisie n'en est qu'au stade préliminaire à savoir l'inventaire des formes naturelles rencontrées. La littérature étrangère par contre fait état de nombreux travaux analysant le phénomène de la rubéfaction.

Sous l'influence d'un climat à saisons alternées chaudes et humides puis sèches, il se produit une altération des minéraux. Le fer libéré se déshydrate en période sèche donnant au sol sa couleur rouge vif. Si la déshydratation est moins importante, la coloration est brun-rouge. De leur côté alumine et silice se recombinaient pour donner naissance à des minéraux argileux, kaolinite et surtout illite (1).

D'après KUBIENA (1953) la micro-structure montre que les oxydes de fer se présentent sous plusieurs formes, en mélange plus ou moins intime :

- un gel fer-silice, plus ou moins mobile,
- des oxydes ferriques précipités et flocculés en taches localisées,
- des concrétions arrondies.

J. DURAND assimile la formation des sols rouges méditerranéens d'Algérie à une altération latéritique ancienne. Les résultats d'analyse qu'il présente à l'appui de son hypothèse montrent une dominance de kaolinite dans la fraction argileuse. Il est vrai qu'il ne considère que les sols rouges sur Terra Rossa.

Pour MILLOT, l'illite est le minéral commun dans les sols rouges méditerranéens ainsi que les minéraux d'altération des micas, (interstratifiés et même vermiculite). Dans certaines Terra Rossa d'Italie la kaolinite au contraire est dominante.

La pédogenèse des sols rouges serait donc intermédiaire entre la pédogenèse des zones tempérées et la ferrallitisation. Le climat est suffisamment chaud et humide pour altérer les minéraux et libérer les oxydes de fer qui imprègnent le profil. Puis la saison sèche, très marquée, provoque la fixation irréversible de ces oxydes.

Pour ce qui est des sols de Tunisie, les recherches sont moins avancées et nous nous contenterons de présenter quelques observations :

1) L'altération des calcaires durs donne directement un matériau rouge. Ce limon peut être formé à partir de la fraction non calcaire, (10 % dans les calcaires jurassiques du Bou Kornine) de la roche après élimination du CO_3Ca . On passe sans transition de la roche au limon qui tapisse les moindres fissures de celle-ci.

Par contre, il est difficile de dire si la présence de taches ou nodules calcaires au fond de certaines poches de Terra Rossa fait partie de l'altération du calcaire ou d'un remaniement plus récent de type steppique ou hydromorphe.

(1) P. DUCHAUFOR : Précis de Pédologie, 2ème édition, p. 326.

Tous les sols rouges issus des calcaires durs ne sont pas nécessairement des Terra Rossa. Certains karsts peuvent être des pièges à sédiments (A. Monaco, 1964). La roche-mère du sol est alors un sédiment d'âge plus récent dont l'érosion a déblayé la plus grande partie ne laissant que des témoins dans les fissures mieux protégées. Il est donc important d'établir la parenté entre la « Terra Rossa » et le résidu non calcaire de la roche qui l'englobe.

2) Les grès peu calcaires s'altèrent et donnent naissance à un limon rouge. Dans le Cap-Bon, ces grès sont des arkoses dont les teneurs en feldspaths varient de 30 à 50 %. En lames minces on observe la présence d'un liseré argileux brun qui dentelle les feldspaths (1). Des accumulations calcaires existent soit dans les fissures sous forme de patine, soit dans les poches sous forme de taches et d'amas. Ce phénomène d'accumulation semble cependant distinct de la rubéfaction comme on a pu le voir dans le profil décrit par P. DIMANCHE.

En fait les dépôts de l'oligocène ne sont pas tous dépourvus de calcaire. Dans certains cas ils sont eux-mêmes surmontés par les grès et argiles calcaires du Miocène. Le calcaire a donc pu être déposé par les eaux carbonatées circulant dans les fissures du grès.

3) D'autres roches présentent également des possibilités de rubéfaction :

- les schistes gréseux du Djebel Hairech (Trias) présentent une altération des éléments ferromagnésiens.

- les argiles et quartzites du Néocomien et Barrémien conservent des traces de rubéfaction. On peut trouver associés à leur affleurement des sols rouges steppisés ou des sols châtaîns rouges (Cheylus, Djebel Chirich près de Pont du Fahs, Bir Halima près de Zaghouan). Ces sols sont souvent très dégradés.

Toutes ces roches ont en commun d'être peu calcaires. La rubéfaction se produit après élimination partielle ou totale du calcaire. Lorsque la roche originelle est elle-même peu calcaire, la rubéfaction est facilitée.

4) L'altération des roches s'accompagne d'une évolution des minéraux argileux. L'argile qui prend naissance est le plus généralement une illite.

A. MONACO a analysé trois échantillons de « Terra Rossa » deux sur calcaire burdigalien, le dernier sur calcaire récifal de l'Aptien. Les minéraux argileux : kaolinite, illite, montmorillonite, y sont présents. Les deux premiers sont nettement dominants surtout la kaolinite.

(1) Communication de J.P. PARROT, laboratoire de minéralogie de l'ORSTOM à Bondy.

Le petit nombre d'analyses dont nous disposons indique la présence fréquente mais pas générale de petites quantités de kaolinite. Il est impossible actuellement de dire s'il s'agit d'une argile de néoformation ou d'un héritage de la roche originelle.

Les roches du Trias ont un comportement un peu particulier. G. MILLOT (1964) signale la découverte récente dans le Trias d'Europe, d'un minéral la corrensite, interstratifié chlorite-montmorillonite. Dans le Trias du Maroc, J. LUCAS (1) (1962) distingue deux zones de sédimentation, l'une à sépiolite et attapulgite accompagnée de chlorite et montmorillonite, l'autre à illite et chlorite dominante.

Si le Trias de Tunisie présente la même composition minéralogique il constitue donc une source de minéraux ferromagnésiens qui seraient à l'origine de la rubéfaction particulièrement intense qu'on observe sur les matériaux triasiques. La seule analyse dont nous disposons pour ce type de roche indique en effet la présence d'illite et d'un peu de chlorite. La nature des minéraux argileux expliquerait en outre que la plupart des sols issus du Trias présentent des caractères vertiques assez développés.

5) La pédogenèse des sols rouges des grands glacis quaternaires pose, nous l'avons déjà vu, un problème ardu.

A. RUELLAN, étudiant les sols de la vallée de la Moulouya au Maroc considère que les véritables sols rouges n'existent qu'en montagne au contact des affleurements géologiques de roches. Ces sols, érodés au cours des périodes quaternaires, ont été étalés sur les piedmonts où ils ont évolué en sols isohumiques du type des sols châtaîns.

Nous avons déjà souligné que l'observation morphologique n'est pas toujours suffisante pour distinguer un sol rouge d'un sol châtain. Bien que nos résultats analytiques soient encore peu nombreux, il nous semble dangereux de nier l'existence d'une rubéfaction sur les sols de glacis. La présence de concrétions ferrugineuses à la base des profils de sols rouges sont la preuve d'une pédogenèse (Rubéfaction ou hydromorphie ou les deux à la fois) plus active que la seule steppisation.

Par contre, les sols rouges des glacis présentent à leur base une puissante accumulation calcaire : croûte, encroûtement, nodules et amas. Cette accumulation, comme le note A. RUELLAN, est sans rapport avec la faible épaisseur du sol qui la surmonte. Elle ne s'explique donc pas seulement par un lessivage vertical. Par ailleurs, les accumulations calcaires ne sont pas propres aux sols rouges. Sur les glacis on trouve également des sols isohumiques bruns. Avec A. RUELLAN nous pensons que l'accumulation calcaire est due non seulement au lessivage vertical mais surtout des apports latéraux par des eaux phréatiques qui circulaient dans le glacis après s'être chargées en CO_3Ca dans les massifs environnants.

(1) Cité par G. MILLOT : géologie des argiles p. 256.

Il nous paraît donc vraisemblable de dissocier le phénomène d'accumulation calcaire, phénomène proprement steppique, de la rubéfaction qui, elle, s'est déroulée sur un matériau privilégié. (Nous pourrions presque écrire prédestiné) au point de vue lithologique, peut être lui-même déjà partiellement rubéfié en montagne au cours d'une période antérieure. Les deux pédogenèses sont certainement contemporaines car elles exigent toutes deux un climat humide (Pluvial), le dessèchement climatique suivant (fin de Pluvial) ayant eu pour effet le remaniement et le durcissement de l'accumulation calcaire qui s'est ainsi transformée en une croûte.

6) Les sols rouges paraissent anciens. Les prospections au 1/50.000^e poursuivies ces dernières années, nous ont permis de les localiser sur les glacis du quaternaire ancien. Nous avons pu trouver des coupes naturelles profondes (vallées d'Oued) où l'on peut voir plusieurs sols rouges superposés. Il s'agissait de glacis polygéniques bordant des zones de subsidence. (Oued El-Ouhar, près de Sidi Smaïl - carte de Souk El-Khémis, Oued Lorbeus près du village des Salines). La coupe la plus intéressante est celle de l'Oued El-Ouhar à Souk El-Khémis. On peut y observer 4 ou 5 sols rouges superposés, le plus ancien s'appuyant sur un conglomérat grossier assez caractéristique de la fin du villafranchien.

Chaque sol rouge est associé à un limon à nodules ou à un encroûtement à l'exception du plus récent qui surmonte une croûte. Il est lui-même recouvert par un sol de couleur brun rouge à accumulation calcaire nodulaire (sol isohumique) qu'on attribue généralement au quaternaire récent. Fait intéressant : chaque sol rouge est peu calcaire bien qu'ayant été recouvert ensuite par un limon encroûté. La recalcification a donc peu touché le sol enterré. Par contre, les teneurs en matières organiques de ces sols fossiles sont très faibles malgré un léger noircissement de l'ancien horizon superficiel. A côté de Zaghouan, A. FOURNET a retrouvé des sols rouges sous la grosse croûte feuilletée généralement datée de villafranchien.

Les sols rouges des glacis sont donc des paléosols dont la pédogenèse va du Villafranchien (éventuellement du Pliocène) jusqu'à l'Amirien en utilisant la terminologie marocaine classique.

Au début du quaternaire récent (Tensiftien) les sols rouges sont plus rares et seraient plutôt des sols isohumiques chatain et chatain-rouge (Cheylus). Plus récemment (Soltanien, Rharbien) le climat n'est plus assez actif pour former des sols rouges. La végétation est clairsemée (maquis à olivier, caroubier et plus souvent encore à lentisque). En beaucoup d'endroits la mise en culture très ancienne a fait disparaître la végétation buissonnante, la remplaçant par une végétation annuelle à faible apport de matière organique et qui protège mal le sol contre les effets du climat. Les horizons superficiels du sol rouge évoluent alors dans le sens de la steppisation.

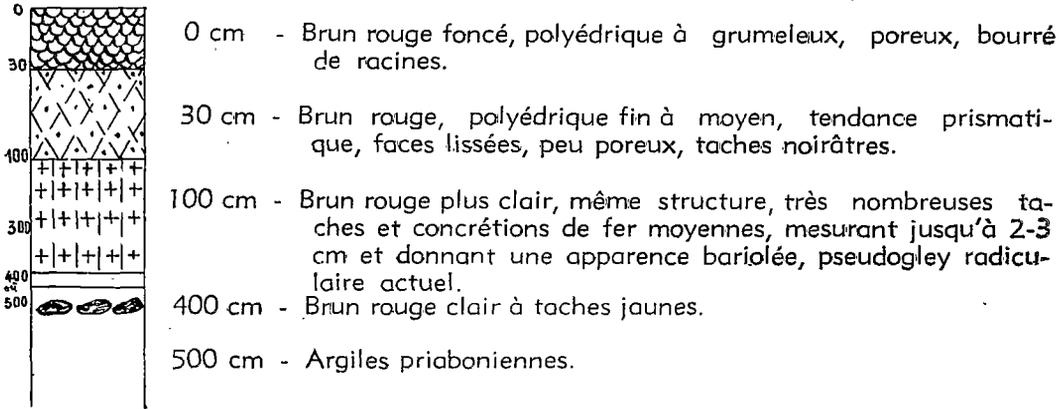
Sur les Djebels en altitude, le climat plus humide et plus froid, une végétation forestière plus ou moins bien conservée (Thuya de Berbérie, Pin d'Alep) ont fait réévoluer les sols vers des sols bruns tempérés (Djebel Zaghouan, Djebel Serdj).

2. - SOLS FERRALLITIQUES

Les sols ferrallitiques de Tunisie constituent une curiosité scientifique plutôt qu'une entité cartographique. Érodés, remaniés par une évolution pédologique récente, ils ont été remis à jour par l'exploitation d'une mine près de Tamera.

21. - Caractères morphologiques

La coupe suivante a été observée sur un front de taille.



La succession et la profondeur des horizons varient d'un point à un autre de la carrière. A noter les nombreuses taches et concrétions qui imprègnent le sol et lui donnent un aspect bariolé. Ces taches sont assez difficiles à séparer de la matrice rouge.

Le sol repose sur un affleurement d'argile et de grès de couleur jaune (Priabonien) dans lesquels on exploite le minerai de fer sous forme de noyaux très durs de couleur noire à cassure brillante (goethite et stilpnosidérite) constituant des filons dans la roche. On note également la présence de gros amas blancs farineux, probablement de la kaolinite.

Il s'agit d'un gisement hydrothermal de substitution lié à des épanchements volcaniques proches (Dacites et Dacitoïdes du Ragoubet Es-Seïd).

22. - Caractères physico-chimiques

Une analyse effectuée par P. ROEDERER sur un profil voisin permettait de dégager les caractères suivants :

- **La texture** du sol est sablo-limoneuse à équilibrée en surface pour devenir argilo-limoneuse en profondeur.

- **Le pH** voisin de la neutralité sur les 30 premiers centimètres devient acide et tombe à 5,7 dans la zone rubéfiée pour remonter à 6,2 dans la zone d'altération.

La saturation en base, assez élevée en surface (83 %) à cause de la matière organique, tombe à 75 % dans les horizons profonds.

- **La capacité d'échange** est faible (20 me % d'argile) et laisse présager la présence d'une argile de type kaolinite.

- La teneur en **matière organique** oscille autour de 4 % en surface et diminue très vite en profondeur.

- La teneur en **fer total** est élevée : 22 à 15 %.

Le dosage du fer libre effectué par la méthode DEMOLON (extraction à l'acide oxalique à 2 %) ne rend pas bien compte de la rubéfaction.

23. - Classification

Ce sol est un sol brun à Mull formé sur un paléosol qu'on peut ranger dans la sous-classe des sols ferrallitiques, groupe faiblement ferrallitique, modal (G. AUBERT et J. PIAS, Communication verbale).

24. - Condition de formation - Répartition géographique.

Ces sols bruns héritiers de sols ferrallitiques se limitent à de très petites surfaces sur les djebels entourant le petit village minier de Tamera dans les Nezas et le village de Sedjenane. Leur situation géographique est assez floue. Ils couronnent les hauteurs ou les flancs de ces montagnes qui sont peut-être les restes d'une ancienne surface. Cette surface est difficile à reconstituer.

A. JAUZEIN situe la période de formation de ces sols au Pliocène. Actuellement les caractères morphologiques, le pH indiquent une évolution du type sol brun forestier à Mull.

25. - Utilisation

Ces sols sont actuellement couverts de belles forêts de chêne-liège. Etant donné leur situation topographique aucune autre utilisation ne peut être envisagée pour l'instant.

BIBLIOGRAPHIE

DUCHAUFOUR (P.) - 1965 - Précis de Pédologie - Masson, Paris, 2nd ed.

DURAND (J.H.) - 1959 - Les sols rouges et les croûtes en Algérie. Service des Etudes Scientifiques, Clairbois, Birmandreïs (Algérie). Etude générale n° 7.

MILLOT (G.) - 1964 - Géologie des argiles.

Masson ed. Paris, 500 p.

GOTTIS (Ch.), SAINFELD (P.) - 1952 - Les gîtes métallifères tunisiens XIX Congrès géol. int., Alger, 2nd série - Tunisie, Vol. 2, 11 pl., 1 tab., 104 p.

MONACO (A.) - 1964 - Contribution à l'étude géologique et sédimentologique de la Terra Rossa du Nord de la Tunisie. Th. 3^o cycle Fac. Sc. Paris Ronéo, 90 p.

RUELLAN (A.) - 1966 - Sols isohumiques et accumulations du calcaire en Basse Moulouya et dans l'ensemble du Maroc. Description, Pédogenèse et classification. Ronéo, 178 p.

CHAPITRE VIII

LES SOLS HALOMORPHES *

1. - LES SOLS TRES SALES A ENCROUTEMENT SALIN SUPERFICIEL

Cette unité de sols a été observée dans la basse vallée de la Medjerdah (MORI, 1963); elle est présente dans la zone centrale de la Sebkhia Sedjoumi (FOURNET, 1958 et GUYOT, 1966); elle est fréquente dans les dépressions fermées et fortement salées (Chotts, Sebkhias) des régions arides de la Tunisie (NOVIKOFF, 1961, SABATHE, 1963).

11. - Caractères morphologiques et physico-chimiques

Cette unité est classée par G. NOVIKOFF dans les sols fortement salés ou sols de Sebkhias qui se caractérisent par :

- « une certaine amplitude de variation de la teneur en sels solubles, conductivité variant de 150 à 50 mmhos/cm ».

- la migration des sels les plus solubles vers la surface du sol ; ceci crée soit une pellicule croûtoïde, soit une croûte salée, compacte (Salt-pan chez les Anglo-saxons) où se distinguent les trémies de chlorure de sodium.

Parfois, ces sols passent à des sols très salés à alcali à horizon superficiel poudreux.

Si le sol est formé sur matériau sableux, on ne peut observer aucune structure nette. Sur matériau argileux, les phénomènes d'hydromorphie de gley se développent, souvent accompagnés d'accumulation de gypse (A. FOURNET et L. GUYOT).

12. - Formation

Une nappe d'eau très salée stagne dès 30 ou 40 cm de profondeur, elle affleure lors de la saison hivernale, sa salure diminue par apports d'eau douce dûs au ruissellement; en été, l'influence de l'évaporation accroît la salure et provoque une précipitation des sols sous forme d'une croûte saline. La forte salure qui existe en surface empêche le développement de toute végétation.

Les observations d'A. FOURNET (1961) dans la Sebkhia Sedjoumi montrent la présence, en hiver, de deux nappes phréatiques : l'une profonde très salée (164-233 g/l de résidu sec), l'autre superficielle, peu salée en hiver (5 à 6 g/l et très salée en été (103-289 g/l de résidu sec).

13. - Classification

Dans le cadre de la classification pédologique (G. AUBERT, 1965), cette unité de sols appartient : au sous-groupe des **sols salins à encroûtement salin superficiel** dans le groupe des **sols salins** appartenant à la sous-classe des sols **halomorphes à structure non dégradée**.

(*) Rédaction A. MORI (1966).

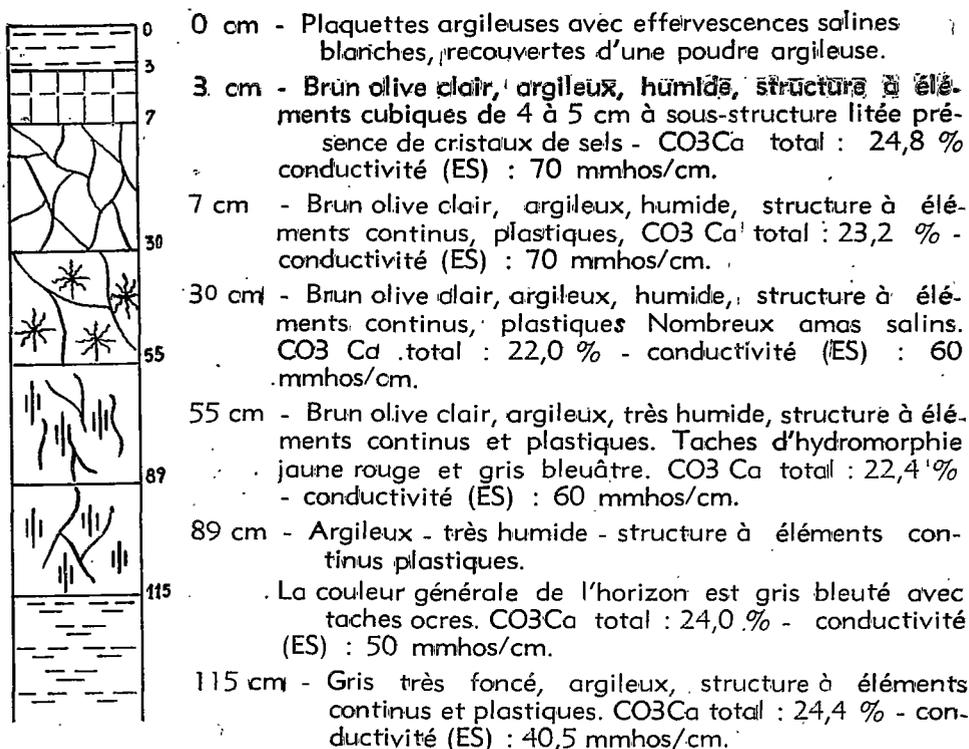
2. - LES SOLS TRES SALES A ALCALIS A HORIZON SUPERFICIEL POUFREUX

Cette unité a été observée et décrite dans la plaine de Mateur et dans la basse vallée de la Medjerdah ; elle existe à la périphérie de nombreuses dépressions salées ou de Sebkhas aussi bien au Nord de la Dorsale tunisienne qu'au Sud (Sebka Sedjourni, plaine d'El Alem - Kairouan etc...).

21. - Caractères morphologiques

Plaine de Cheggaga (Mateur) - profil 277 (MORI 1962).

Description de profil



21.1. - Horizon profond

Les horizons profonds de ce sol qui s'est formé sur une alluvion fluviale argileuse sont caractérisés par une structure à éléments compacts et la présence d'une hydromorphie à gley de forte intensité qui va croissant avec la profondeur.

BOULAINÉ (1957) signale, pour des sols appartenant à la même unité de sols (désignée par cet auteur : Solontchaks vifs) que « les horizons profonds à partir de 15 cm, sont formés d'une argile gris-bleuâtre bourrée de pseudomycélium gypso-salin formé de fins cristaux de sulfates et de chlorures occupant les fentes ou les pores du sol. Des traces noires accompagnent ces inclusions blanches et se développent autour des matières organiques. Plus bas, le sol devient gleyeux et la nappe phréatique y entretient toujours une humidité importante ».

21.2 - Horizon superficiel

Ce sont les caractères particuliers de l'horizon superficiel qui permettent l'identification de cette unité de sols. Cet horizon est en effet marqué par la présence d'une poudre de grains argileux et salés, apparaissant en début de saison sèche.

La particularité de l'horizon superficiel des sols de cette unité n'a pas échappé à l'observation des premiers pédologues travaillant en Tunisie.

BOURALY (1956) note la présence dans la plaine de Kairouan de « sols salins à alcalis, fortement salés, caractérisés par une structure squameuse en surface : ces squames recouvrent de petits agrégats ».

De même SABATHE (1963) observe que la partie centrale de la Sebha Kelbia est occupée par des sols à texture fine, argileux et argilo-limoneux, beige jaunâtre, à structure de surface battante et glacée en hiver, squameuse et craquelée en été, surmontant une couche poudreuse de petits agrégats qui dépose sur des argiles jaunâtres à structure diffuse ».

Pour BOULAINÉ (1957) « le sol est recouvert en surface d'un masque argileux ; sous ce masque ou en surface lorsqu'il a disparu, le sol, même très argileux, prend une structure micro-polyédrique sur quelques centimètres d'épaisseur. Les grains sont détachés les uns des autres : ils ont la structure d'un sable ».

22. - Caractéristiques physico-chimiques

- Le profil de référence révèle la présence d'une forte quantité de sels solubles avec un gradient dirigé vers la surface du sol où la conductivité de l'extrait saturé atteint 70 mmhos/cm. Il semble que ce soit une caractéristique commune des sols de cette unité. NOVIKOFF (1961) signale, pour des sols analogues, une conductivité de l'extrait saturé de 76 à 83 mmhos/cm avec gradient dirigé vers la surface du sol.

De même BOULAINÉ (1957) observe pour la même unité de sols (Solontchaks vifs) un gradient de sels solubles dirigé vers la surface (accumulation maximum) entre 0-2 cm et 2-10 cm) avec une teneur en Cl % de 30 à 70.

- Pour la plupart des profils observés des sols de cette unité, le chlorure de sodium est le sel le plus abondant ; les sulfates sont, contrairement aux bicarbonates, en assez forte quantité.

Dans le Centre et le Sud tunisien, le gypse est présent en forte quantité. Des accumulations de gypse sous forme d'encroûtements de nappe sont signalées dans les horizons profonds.

- L'accumulation des sels solubles entraîne, de façon constante, une accumulation de sodium sur le complexe absorbant qui est, en règle générale, saturé.

23. - Conditions de formation

23.1 - Matériau originel

Pour le profil de référence comme pour les autres profils observés de la même unité, le matériau originel est constitué par une alluvion fluviale.

La nature argileuse du matériau originel est un caractère constant des sols de cette unité ; la présence d'argile semble en effet indispensable à l'individualisation d'un horizon à « pseudo-sable ».

Sur matériau sableux ou sablo-limoneux, il semble que ce soit plutôt un horizon superficiel « friable » et non « poudreux » qui prenne naissance. Il ne semble pas avoir été observé dans les sols salés du Nord de la Dorsale.

23.2. - Climat

Les sols salés à horizon superficiel poudreux ont été observés aussi bien dans le Nord du pays (Pluviométrie annuelle de 500 à 600 mm, étages bioclimatiques méditerranéens subhumide et semi-aride) que dans le Centre et le Sud où la pluviométrie est inférieure à 300 mm ou 200 mm (étages bioclimatiques semi-aride et aride).

23.3. - Site

Les sols salés à horizon superficiel friable se trouvent de manière quasi-constante associés aux sols salés à encroûtement salin superficiel ; dans certaines zones les deux unités de sols sont très étroitement mêlées mais il est évident que l'une ou l'autre des deux unités peut manquer : c'est ainsi que la dépression salée située autour du Lac Ichkeul ne comporte que des sols à horizon superficiel poudreux, alors que les sols salés à encroûtement salin superficiel dominent dans la Sebkhâ Sedjourni.

Lorsque les deux unités se trouvent associées, les sols à encroûtement salin superficiel sont localisés dans la partie centrale des Sebkhâs pendant que les sols salés à horizon superficiel friable se situent à la périphérie de la dépression où ils se disposent suivant une auréole, souvent marquée par l'apparition de la première bande de végétation halophile : Salicorne, Arthrocnemum, Halocnemum.

La présence d'un plan d'eau salé paraît constituer un facteur fondamental dans la formation des sols de cette unité. Ce plan d'eau peut être très proche de la surface ou même à la surface du sol lors de la saison hivernale ; en revanche lors de la saison estivale, il se situe à des profondeurs très variables depuis 1 m jusqu'à 2 m approximativement.

La submersion est toujours présente, de plus ou moins longue durée, en hiver, c'est une submersion d'eau presque douce qui se produit ; elle cesse dès le début de la saison sèche. La sursalure et la concentration des sels y sont insuffisantes pour l'apparition d'un encroûtement salin superficiel.

Il semble que ce soit la vitesse de variation de l'humidité en début de saison sèche qui détermine une sursalure importante ou non et partant détermine la formation soit d'une croûte saline soit d'un « pseudosable ».

La Garaet Ichkeul est un exemple de variation rapide d'humidité (cessation brusque de la submersion due à la topographie et à un écoulement assuré vers un lac et vers la mer) et de formation exclusive de « pseudo-sable » alors que dans la Sebkhâ Sedjourni, l'auréole à « pseudo-sable » est extrêmement réduite. Dans cette dernière, la topographie extrêmement plate entraîne une variation très lente et très progressive de l'humidité, la submersion dure longtemps en début de saison sèche, ce qui permet une sursalure et la formation d'une croûte saline sur une très grande surface (GUYOT, comm. verbale).

24. - Processus de formation

24.1 - Origine de la salure

La genèse des sols de cette unité et l'ensemble des propriétés morphologiques et physico-chimiques qui en découlent sont marqués par une dynamique des sels solubles qui est en étroite relation avec les variations du plan d'eau et de la submersion.

La localisation des sols fortement salés à horizon superficiel poudreux, associés aux sols très salés à encroûtement salin superficiel, dans les secteurs les plus salés des dépressions halomorphes, qui se trouvent être des secteurs où le niveau de la nappe phréatique d'eau salée est relativement proche de la surface pendant une partie de l'année tendrait à montrer que l'origine de la salure de ces sols est surtout liée à la présence d'une nappe phréatique d'eau chargée en sels solubles.

Il n'en reste pas moins vrai, comme le signale BOULAINÉ (1957) et GAUCHER (1947) pour les sols d'Oranie, que les alluvions sont déjà souvent salées lors de leur dépôt.

24.2. - Dynamique des sels solubles

Il est généralement observé, dans les profils de sols de cette unité, et le profil de référence en est un exemple, une accumulation de sels solubles dans les horizons superficiels. Il y a décroissance de la salure depuis l'horizon de surface jusqu'aux horizons profonds gorgés par l'eau de la nappe phréatique (C'est un caractère commun aux sols de cette unité et aux sols salés à encroûtement salin superficiel).

La concentration des sels à la surface est vraisemblablement due à une forte évaporation s'exerçant sur une nappe phréatique d'eau salée et sur sa frange capillaire, proches de la surface

BOULAIN (1957) distingue des sols salés où les mouvements importants de sels sont dûs à une nappe phréatique « qui entretient l'évaporation » (Solontchaks vifs) et des sols salés où les mouvements des sels sont réduits parce qu'ils sont desséchés dès le début de l'été et les sels sont bloqués à l'intérieur du sol, presque toujours très argileux » (Solontchaks inertes).

Les Solontchaks vifs correspondent, d'après les descriptions de profils qui en sont données par l'auteur aux sols à horizon superficiel poudreux.

Cette interprétation postule, pour BOULAIN, « une migration parallèle de l'eau et des sels qu'elle contient ».

Les observations effectuées sur des profils de sols salés à horizon superficiel encroûté révèlent une humidité des horizons subsuperficiels, qui persiste durant la saison chaude ; de plus si l'on compare les profondeurs des nappes phréatiques entre sols très salés à horizon superficiel poudreux et sols salés à alcalis, on remarque de façon générale que les oscillations de la nappe phréatique se situent toujours à une profondeur moindre dans les sols très salés à horizon superficiel poudreux.

24.3. - Formation du « pseudo-sable » ou de l'horizon superficiel poudreux

Le terme de « pseudo-sable » est parfois utilisé pour désigner l'horizon superficiel poudreux ; en effet, le tamisage à sec, montre que les éléments constitutifs ont les dimensions d'un sable grossier. NOVIKOFF (1961) note que 87 à 88 % des éléments sont d'une taille comprise entre 100 et 1.000 μ ; BOULAIN (1957) signale que la majorité des éléments présente une taille de 2 à 0,5 mm.

TRICART (cité par NOVIKOFF, 1961) pense que l'origine de ce « pseudo-sable » pourrait être recherchée dans la cristallisation des sels, les cristaux grossissant provoqueraient à l'intérieur de la vase qui se dessèche un véritable labourage ».

BOULAIN (1957), en revanche, attribue, à l'action conjointe de la floculation de l'argile par les sels et à la cristallisation d'une partie de ces sels la formation de la structure micro-polyédrique.

S'il y a cristallisation, c'est une microcristallisation qui a lieu dans l'horizon superficiel, la microcristallisation ayant lieu dans l'horizon subsuperficiel où les gros cristaux sont signalés (NOVIKOFF, BOULAIN).

25. - Classification

- En Tunisie, les pédologues ont d'abord cartographié les sols halomorphes en utilisant la classification française de G. AUBERT qui a été récemment modifiée (1962) en ce qui concerne les sols de cette classe.

C'est ainsi que BOURALY (1956) classait les sols de l'unité considérée dans les « sols salins à alcalis fortement salés ».

De même, NOVIKOFF qui utilisait la classification de G. AUBERT classait cette unité dans les sols à alcalis fortement salés.

Dans la classification actuelle où la classe des sols halomorphes a été remaniée, l'unité étudiée est à inclure dans le sous-groupe des sols salés à alcalis à horizon superficiel poudreux, appartenant au groupe des sols salés à alcalis non lessivés dans la sous-classe des sols salés à structure dégradée.

La nouvelle terminologie met l'accent pour la définition du sous-groupe sur la présence d'un horizon superficiel particulier. Il semble que l'existence de cet horizon soit à rattacher à la présence d'une assez forte salure et peut-être à une certaine dynamique des sels solubles et de l'eau.

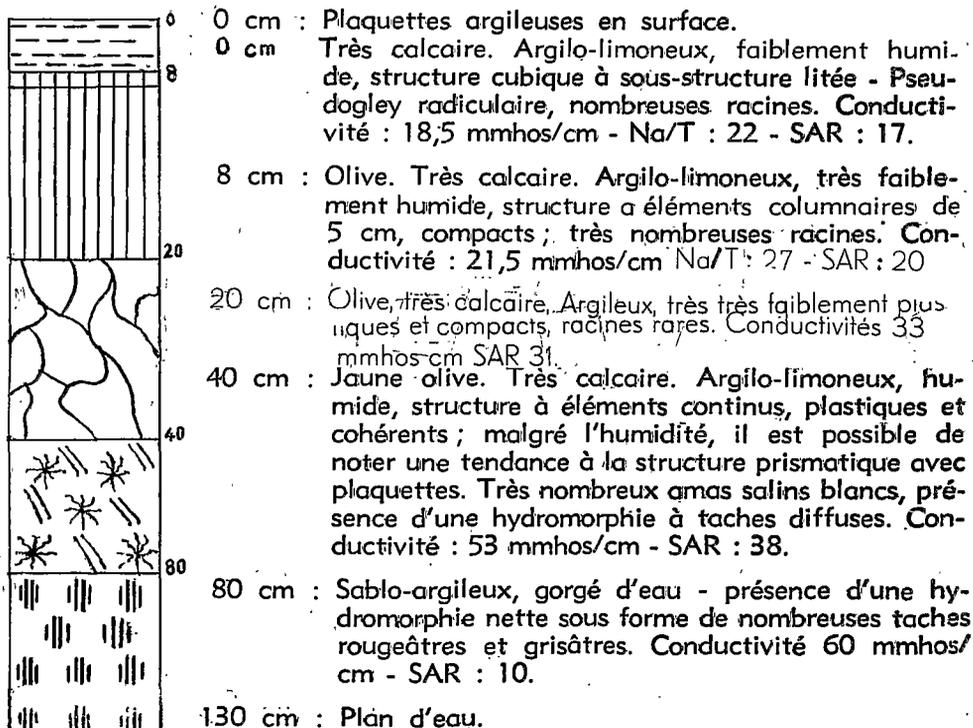
3. - LES SOLS SALES A ALCALIS

Le profil n° 253 situé dans la basse vallée de la Medjerdah (carte de l'Ariana) et le n° 38 situé dans la plaine de Mateur nous serviront à illustrer cette unité de sols qui a été également cartographiée dans les plaines de Mateur, de Rohia, etc... Au Sud de la Dorsale tunisienne, cette unité est visible dans la plaine de Kairouan, et probablement à la périphérie des Sebkhias Chérifa et Sidi El Hani.

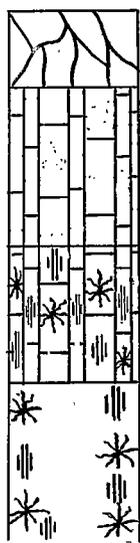
31. - Caractères morphologiques

31.1 - Profil n° 253 de la carte de l'Ariana (MORI, 1964)

Description du profil :



31.2 - Description du profil n° 38 de la plaine de Mateur (MORI, 1963).



0 cm : Olive. Argileux. humide-plastique-calcaire. Conductivité ES : 29 mmhos/cm - Cl % : 9,67.

5 cm : Olive pâle. Argileux - sec - structure à éléments prismatiques à forte consistance et forte compacité - efflorescences salines. Très nombreuses racines, noirâtres par endroits - calcaire. Conductivité ES : 24 mmhos/cm - Cl % : 7,54.

20 cm : Olive. Argileux - faiblement humide, structure à éléments prismatiques ; efflorescences salines et amas salins. Présence d'une hydromorphie à taches rougeâtres diffuses - calcaire. Conductivité ES : 30 mmhos/cm - Cl % : 9,67.

40 cm : Olive. Argileux - humide - structure à éléments continus et plastiques - hydromorphie plus nette, indiquée par la présence de taches rougeâtres mêlées à des taches grisâtres. Nombreux amas salins - calcaire. Conductivité ES : 43 mmhos/cm - Cl % : 15.

90 cm : Gris bleuâtre. Argileux - nombreux amas salins-calcaire.

Les sols salés à alcalis sont souvent de texture fine, au moins dans les horizons supérieurs mais beaucoup de sols cartographiés en sols salés à alcalis se sont développés sur des alluvions à texture hétérogène.

La structure qui est à éléments cubiques devient à éléments prismatiques, généralement de taille fine à moyenne, ou colonnaires dans les horizons subsuperficiels. Les horizons profonds sont à structure massive à plaquettes, on y note parfois la présence d'une hydromorphie de type pseudogley ou gley.

La surface du sol est très fréquemment marquée par des plaquettes argileuses.

BOULAIN signale pour les sols salés à alcalis (désignés par cet auteur sous le terme de solontchak inerte) développés sur matériau argileux une structure prismatique, parfois squameuse dans les premiers centimètres. Les descriptions de profils appartenant à cette unité montrent la présence d'une structure massive avec, parfois, amas gypso-salins et gley.

32. - Caractéristiques physico-chimiques :

32.1. - Gradient des sels solubles et degré de salure de l'horizon de surface.

Les résultats d'analyses relatifs aux profils de référence révèlent une augmentation de la salure depuis l'horizon de surface jusqu'à l'horizon de profondeur. La conductivité (ES) de l'horizon de surface est respectivement de 18,5 mmhos/cm (0-8 cm) et 29 mmhos/cm (0-5 cm).

De même, BOURALY signale, dans la plaine de Kairouan et dans la haute vallée de la Medjerdah, des « sols salés à alcalis complexes » : salins moyennement à fortement salés sur sols salins à alcalis fortement salés. En fait, il s'agit de sols salés à alcalis montrant une accumulation de sels solubles en profondeur : il note, pour cette unité de sols, une conductivité de 12 mmhos/cm en surface et de 50 mmhos/cm de 100 à 150 cm.

Les sols salés à alcalis (ou fortement salés à alcalis) se caractérisent, pour G. NOVIKOFF qui distingue deux sous-unités selon le degré de salure, par une certaine amplitude de variation de la teneur en sels solubles : 30 à 50 mmhos/cm pour un sol salé.

Les unités de sols salés à alcalis semblent correspondre aux unités désignées par BOULAINÉ (1957) sous le terme de « Solontchaks inertes ».

Ces sols sont caractérisés par une teneur en chlorures de l'horizon de surface de plus de 1,8 % (cette teneur en sels solubles semblerait correspondre à une conductivité de 7 à 10 mmhos/cm). Dans l'ensemble de ces sols, BOULAINÉ distingue les Solontchaks inertes qui présentent une accumulation de chlorures en surface et ceux pour lesquels cette accumulation a lieu en profondeur. Dans ces deux catégories, il est distingué les sols à plus de 1,8 % de chlore dans l'horizon de surface et ceux à plus de 5 % de chlore.

32.2 - Sels solubles et complexe absorbant

Les chlorures sont dans ces sols, comme dans la plupart des sols salés de Tunisie, les sels les mieux représentés dans les solutions du sol ; les sulfates sont présents en quantité plus faible ; il y a très peu de bicarbonates et jamais de carbonates dans les conditions de l'analyse.

L'accumulation de sels dans les solutions du sol entraîne quasi-constamment une accumulation corrélative de sodium sur le complexe absorbant : le taux de sodium échangeable dépasse 12 % de la capacité d'échange. Dans le profil de référence le rapport Na/T dosé atteint 22,2 dans l'horizon de surface. NOVIKOFF signale une amplitude de 40 à 20 pour les sols fortement salés et de 20 à 15 pour les sols salés.

BOULAINÉ, en revanche, écrit que « la présence de sels solubles n'entraîne pas ipso-facto la saturation du complexe par les ions sodium ».

33. - Condition de formation

Les sols de cette unité se développent sur des matériaux originels d'origine alluviale, le plus souvent à texture argileuse, au moins pour les horizons de surface.

Les sols salés à alcalis, tels que nous les avons définis, sont présents tant au Nord qu'au Sud de la Dorsale tunisienne, soit dans les étages bioclimatiques subhumide, semi-aride et aride.

La végétation de ces sols influencée par la présence d'une forte salure (et souvent d'un plan d'eau en profondeur), est constituée de plantes halophiles : *Salsola*, *Salicornes*, *Arthrocnemum*, *Halocnemum*.

Les sols salés à alcalis sont très souvent associés, dans les dépressions fermées de type Sebkha, aux sols salés à horizon superficiel poudreux ; dans ces dépressions, ils paraissent occuper les secteurs les plus périphériques, là où la salure y est moins forte et les profondeurs d'oscillations saisonnières de la nappe phréatique plus grandes. Ce caractère est surtout applicable aux sols salés à alcalis des régions situées au Nord de la Dorsale.

Des solontchaks inertes à accumulation de chlorures en surface sont signalés par BOULAINÉ. Dans ces sols, le stock de sels solubles est, évidemment, peu élevé.

Quelques profils de sols de cette unité semblent avoir été relevés en Tunisie du Nord : LOBERT (1962) a observé des sols salés à alcalis (Rohia) qui présentaient une salure décroissante en fonction de la profondeur : conductivité de l'extrait saturé : 8 mmhos/cm, dans les horizons profonds, engorgés par une nappe de salure comparable, 20 mmhos/cm entre 60-80 cm et 30 mmhos/cm entre 10-40 cm ; le pédologue attribue ce gradient à l'évaporation de la frange capillaire d'une nappe phréatique qui, s'écoulant depuis le piémont bordant la plaine, est encore peu salée en lisière de la plaine où est localisé le profil observé.

Dans la plaine de Mateur, des sols salés à alcalis (peu salés à alcalis) à accumulation de sels en surface paraissaient localisés dans les zones de débordement de rivières où la salure semblait la conséquence d'une action d'inondation.

34. - Classification

Cette unité de sols s'intègre dans le cadre de la classification française (1965) dans la sous-classe des sols **halomorphes non lessivés**, groupe des sols à **structure dégradée**, sous-groupe des **sols salés à alcalis**.

BOURALY distingue parmi l'ensemble des sols salés, des sols salins à alcalis fortement salés, correspondant aux sols salés à encroûtement salin superficiel et à horizon superficiel poudreux et des sols salés complexes où, selon la salure étaient distingués :

- les sols salins moyennement à fortement salés sur sol salin à alcalis fortement salé.
- les sols salins légèrement salés sur sol salin à alcalis moyennement salé.

Les sols salés à alcalis de l'unité précédemment décrite correspondraient à la première catégorie des sols salins considérée par BOURALY.

Dans l'ancienne classification utilisée par G. NOVIKOFF qui était très proche de l'actuelle classification, les sols de cette unité étaient placés dans le groupe des sols salés à alcalis.

BOULAINÉ adopte, pour les halomorphes, une classification proche de la classification russe où sont distingués solontchaks (à accumulation de sels solubles) et solonetz. Parmi les solontchaks, il est distingué les solontchaks vifs (à horizon superficiel poudreux) des solontchaks inertes qui semblent correspondre à nos unités de sols salés à alcalis.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULAINE (J.) - 1957 - Etude des sols de la plaine du Chélif.
SES. Alger, Etude régionale n° 7.
- BOURALY (J.) - 1956 - Etude générale de la plaine de Kairouan.
Tunis, SSEPH, n° 132, 2 cartes, 10 tableaux, rapport ronéo
29 pp.
- FOURNET (A.) - 1958 - Note provisoire sur l'étude de la Sebkhia Sedjoumi.
Tunis, SSEPH, n° 1038 E, 2 cartes, 4 pp.
- GUYOT (L.) - 1966 - Carte Pédologique de l'URD de Mornaghia échelle
1/50.000e (n° 415 D.S.).
- MORI (A.) - 1963 - Etude pédologique de la plaine de Mateur (Oued Tine)
Tunis, SSEPH, n° 225 A, 3 cartes, Annexes, rapport ronéo
78 pp.
- MORI (A.) - 1963 - Etude pédologique de la plaine de Mateur (Oued Mel-
lah et Oued Sedjenane). Tunis, SSEPH, n° 225 C, 3 cartes an-
nexes, rapport ronéo, 53 pp.
- MORI (A.) - 1964 - Etude de la Basse vallée de la Medjerdah - Echelle
1/20.000°, Tunis, Serv. Pédo., 8 cartes, pas de rapport.
- NOVIKOFF (G.) - 1961 - Contribution à l'étude des relations entre le sol
et la végétation halophile de Tunisie, Tunis, Ann. Inst. Nat.
Rech. Agron. Tunis, vol. 34, 339 pp.
- SABATHE (R.) - 1959 - Etude pédologique du périmètre d'Enfida. Tunis,
SSEPH, n° 212, 3 cartes, rapport ronéo, 93 pp.

CHAPITRE IX

SOLS HYDROMORPHES (*)

Il peut paraître étrange de parler d'hydromorphie en zone aride et cependant il existe des zones particulières où se trouvent réunies les conditions propres à créer un engorgement même temporaire du sol se traduisant par des caractères d'hydromorphie dans le profil pédologique. Si, en Tunisie, les phénomènes d'hydromorphie ne sont pas rares, ils se doublent le plus souvent de phénomènes de salure, ce qui nous amène à considérer ces sols comme halomorphes. Les sols hydromorphes non salés sont localisés aux zones à forte pluviométrie (Bioclimats humide et subhumide) ou ils peuvent, en association avec les sols lessivés hydromorphes, occuper d'importantes surfaces. Dans les Magods DIMANCHE (1971) estime qu'ils couvrent 70 à 80 % de la région.

Selon le type de régime, on peut distinguer (ROEDERER, 1963).

- sols à submersion totale ou presque totale
- sols à engorgement temporaire.

I. — SOLS HYDROMORPHES A SUBMERSION TOTALE

11. — Submersion permanente

Ils sont représentés par les tourbes dont il existe en Tunisie de rares exemples. Le premier décrit fut signalé par P. ROEDERER en 1960 à Dar Fatma à 15 km à l'est d'Aïn Draham, à une altitude de 780 m.

Le site est constitué par une cuvette dominée par les bancs gréseux du flysch oligocène. Au centre de la cuvette de petits monticules de quelques mètres de diamètre et d'un mètre de haut environ attirent l'attention de l'observateur. De l'eau s'en écoule mais cet écoulement semble freiné par l'existence d'un seuil à l'extrémité de la cuvette. La végétation au sommet de la touffe se compose de :

- *Nasturtium officinale*
- *Agrastis alba*
- *Lotus corniculatus*

On note aussi la présence de Sphaignes, de *Scirpus* et *Potamogeton*. A la périphérie des buttes on trouve :

- *Carex halleriana divisa*
- *Mentha aquatica*
- *Juncus funtanesii*
- *Juncus conglomeratus*.

(*) Rédigé par J.-P. Cointepas (1971) avec la collaboration de P. Dimanche.

111. — Caractères morphologiques

- 0 cm : noir, texture sablo-limoneuse à sable grossier
- 1 cm : brun rougeâtre très foncé, plus sableux, plus humifère
- 40 cm : brun, sableux, très humifère, odeur de sulfures
- 80 cm : brun grisâtre, texture sablo-limoneuse, sulfures
- 140 cm : brun gris, texture sablo-limoneuse, structure continue
- 160 cm : gris texture argilo-limoneuse, compact.
- 200 cm

112. Caractère physico-chimique

La teneur en matière organique est très élevée : 37 % en surface puis 46 % jusqu'à 40 cm pour décroître progressivement en profondeur. Mais elle est encore de 17 % à 160 cm. Le C/N passe de 12 ou 13 en surface à 20 en profondeur. Ces valeurs sont faibles comparées aux chiffres obtenus en Europe, mais compte tenu du fait que tous les C/N des sols de Tunisie sont systématiquement plus faibles qu'en zone tempérée, ce résultat n'est peut-être pas totalement inexplicable. La teneur en matières humiques varie un peu suivant le lieu de prélèvement : acides fulviques 0,9 à 1,7 %, acides humiques 2 à 2,3 % dont 64 % d'acides humiques bruns et 26 % d'acides gris.

Le fer total est abondant : 4 à 6 %.

Le phénomène le plus curieux est la présence d'une certaine salure (conductivité passant de 5 à 9 mmhos/cm entre 0 et 140 cm). Une partie de cette salure est due à des sulfures (jusqu'à 3 % de S) auxquels on peut attribuer le changement de couleur de l'horizon brun qui vire au gris foncé par exposition à l'air. De même les pH très bas, 2,7 à 3,0, sont peut-être le résultat d'une oxydation analogue à celle qui se produit dans certaines mangroves tropicales.

113. — Conditions de formation

M. Ph. Duchaufour a donné de cette tourbière le diagnostic suivant : « Tourbe oligotrophe, évoluant vers l'hydromorphie en surface avec humification poussée. Rapport C/N anormalement bas pour ce type de tourbe ». Le fait que la matière organique n'évolue pas en anmoor peut s'expliquer par des alternances de submersion et de drainage introduisant un régime d'aérobiose.

Pour J. Raynal, qui a visité le site, la tourbière de Dar Fatma ressemble à certaines tourbières marocaines qui sont le résultat de phénomènes périglaciaires.

114. — Classification

Dans la classification française, ce sol s'apparenterait aux sols de la sous-classe des sols hydromorphes, groupe des sols tourbeux, sous-groupe des tourbes oligotrophes.

Il n'en demeure pas moins que, par suite de sa faible extension, ce type de sol constitue en Tunisie une curiosité scientifique (1).

12. — Submersion temporaire

Les sols de cette catégorie occupent des dépressions inondées chaque hiver ou même à intervalles plus espacés. Ces dépressions portent dans la toponymie tunisienne le nom de « Garaa » ou de « Sebkhass ». Cependant au phénomène de submersion se superpose très souvent des phénomènes de salure (Garaet Ichkeul) qui nous amènent à considérer les sols de ces bas fonds comme des sols halomorphes. La Garaa Sedjenane (LE FLOCH 1959) semble faire exception, comme le prouve la description du profil 60 reproduite ci-dessous :



0 gris foncé, marbré, texture argileuse, structure en gros prismes, grosses fentes de retrait.

60 Gris foncé, marbrures brunes, texture argileuse, très plastique.

La teneur en matière organique passe de 2,2 % en surface à 0,9 % en profondeur. La conductivité est peu élevée (4 mmhos/cm puis 9,4 mmhos/cm). Il y a une faible teneur en calcaire (2,1 %).

Dans les sols de ce type submergés pendant six mois de l'année, l'hydromorphie se traduit par un pseudogley, parfois par des concrétions ferrugineuses (région de Fernana, DIMANCHE 1965).

Fournet (1962) a décrit, en bordure de la Garaet Ichkeul sur le cône alluvial de l'oued Joumine, un sol hydromorphe relativement peu salé au moment de l'observation et dont l'hydromorphie se révélait sous forme de gley à partir de 55 cm. Dans ce cas particulier, il existait une nappe phréatique peu profonde en hiver.

De tels sols sont donc plus particulièrement limités à la région de la Tunisie (Kroumirie, Mogods) où la pluviométrie est élevée et les phénomènes de lessivage intense. L'évolution du sol se traduit par une individualisation de fer réduit (pseudogley ou gley) dont l'importance varie avec la durée de la submersion et la présence ou l'absence de nappe.

A noter que la teneur en matière organique est relativement peu élevée. Dans la classification française de 1963, ces sols ont donc été rangés dans la sous-classe des sols peu humifères, groupe à pseudogley ou à gley selon l'importance du phénomène de réduction.

(1) K. Belkhdja a retrouvé une tourbière asséchée mais bien reconnaissable près l'El Alia.

Dès qu'apparaît une certaine salure, ils deviennent plus difficiles à passer et les auteurs sur ce point sont partagés. Certains en ont fait des sols à gley (ou pseudogley) salé. D'autres les ont rangés dans la classe des sols halomorphes. Enfin quand la salure devient très élevée avec dépôts de pseudomycélium ou cristaux de sel, on est sans aucun doute possible en présence de sols halomorphes (cas des Sebkhass).

L'utilisation de ces sols est liée à un drainage énergique. Lorsque cette amélioration a été réalisée, les seules cultures recommandées sont dans la plupart des cas des cultures fourragères et parfois des céréales (maïs...), comme ce fut le cas dans la garaâ Sedjenane aujourd'hui entièrement cultivée.

2. — SOLS HYDROMORPHES A SATURATION PARTIELLE TOTALE

Dans les profils de cette catégorie, le régime hydrique se caractérise par une saturation en eau temporaire ou permanente, qu'il y ait ou non nappe libre circulante au sens où l'entendent les hydrogéologues. Ce phénomène se traduit du point de vue morphologique de trois manières :

- individualisation de fer
- précipitation de calcaire ou de gypse
- noircissement des horizons superficiels et gonflement des argiles.

Dans le dernier cas nous retrouvons les phénomènes de vertisolisation et de « tirsification » (ou « noircissement ») déjà étudiés au chapitre III. Nous n'y reviendrons donc pas. Signalons cependant que jusqu'en 1963 date de l'introduction des vertisols dans la classification française, sols noirs et vertisols constituaient le groupe des sols noirs hydromorphes dans la classe des sols hydromorphes, sous classe à hydromorphie partielle de surface. C'est à la suite d'une meilleure caractérisation de leurs critères de définition qu'on a été amené à en faire une classe à part, proche des classes calcomagnésimorphe et isohumique (AUBERT, 1965, p. 33).

21. — Sols à individualisation de fer

21. 1. — Caractères morphologiques

Les descriptions suivantes sont empruntées à P. DIMANCHE (1967) et A. LE COCQ (1967).

Les profils 39 et 66 sont en position de bas de pente ou de vallée. En profondeur une nappe permanente se maintient une grande partie de l'année. La réduction du fer se manifeste par des tâches grises associées à des tâches ocres très abondantes (pseudogley) ou au contraire une coloration gris bleuté envahissant l'horizon ou subsiste encore des tâches ocres ou rougeâtres plus ou moins nombreuses (gley).

Le profil 39 apparaît en outre très humifère sur 60 cm de profondeur.

21. 2. — Caractères physico-chimiques

Les textures sont variables et en relation avec la roche-mère. Le profil de LE COCQ est sableux parce qu'il est développé sur un sable d'origine léolienne. Les profils de DIMANCHE, et ce sera le cas le plus fréquent, présentent une texture fine héritée de la roche-mère, une argile du flysch oligocène. La teneur en matière organique, également variable, dépend de la végétation se développant au voisinage du profil. Le profil 39 est un exemple de sol très humifère : matière organique 8,19 % en surface (C/N 17,8) passant à 6,5 entre 25 et 60 cm (C/N : 15) et à 3,3 % au dessous. L'humus est du type Moder hydromorphe.

Le profil 66 contient 8,5 % de matière organique en surface avec un C/N de 16,5 et un taux d'humification de 11,4. Il s'agit encore d'un Moder hydromorphe.

Le pH varie entre 5 et 6. LE COCQ a décrit dans la région de Sedjenane de nombreux profils de sols à gley ou pseudogley à pH voisin de 7 et matière organique de type Mull. DIMANCHE (1967) indique que les variations du type de matière organique sont fonction de la végétation (chêne-Zéen, chêne liège, maquis), de l'altitude et de l'exposition. LE COCQ note également « que les caractères de la matière organique sont liés à la couverture végétale actuelle ».

21. 3. — Formes de transition

Les formes d'individualisation du fer présentent des variations considérables d'aspect.

Au début ce sont des taches diffuses plus brunes dans les matériaux sableux de la région de Sedjenane (LE COCQ, 1967) ou plus jaune ocre dans les sols lourds (Mateur, MORI et FOURNET, 1963). Certaines taches semblent liées aux racines, mais le plus souvent la répartition ne semble liée à aucun caractère particulier.

Le phénomène s'accroissant, le contraste des tâches augmente, allant du gris au jaune rouge et même au rouge. Leur intensité, leur densité augmente également. Localisées en profondeur, elles remontent vers la surface et à la limite peuvent envahir l'horizon humifère (DIMANCHE, 1967, profil 75). LE COCQ et DIMANCHE signalent fréquemment la présence de concrétions ferrugineuses ou ferro-manganésifères. Ils ont également trouvé des fragments de cuirasse. Mais cette formation ne semble pas avoir eu une grande extension. Elle correspondrait plutôt à des zones de sources (LE COCQ, communication verbale).

En Tunisie lorsque l'importance des tâches jaune rouge l'emporte sur celle des tâches grises l'horizon intéressé est appelé horizon à pseudogley.

Dans les zones de nappe permanente peu profonde les tâches grises peuvent devenir dominantes; une coloration grise ou gris bleuté peut envahir tout l'horizon. Le passage des racines y trace fréquemment des canalicu-

les ocres ou rouges. Un tel horizon est appelé horizon de gley. En milieu calcaire il semble que la coloration du gley s'exprime moins bien ne dépassant pas le gris clair ou le gris alors que sur les argiles non calcaires du flysch le gley est gris bleu ou gris verdâtre.

Un horizon de gley est fréquemment surmonté d'un pseudogley.

21. 4. — Répartition géographique

L'individualisation du fer par hydromorphie est un phénomène très répandu. Tous les sols des plaines de Tunisie présentent dans la zone la moins bien drainée un pseudogley même diffus : Mateur, Basse Vallée de la Medjerda, Le Kef, Le Sers...

Mais c'est sur le flysch oligocène que ce type de sol atteint son extension maximum, extension qui est sans rapport avec le relief. Dans cette région en effet lithologie et climat s'associent pour créer des conditions particulièrement favorables à l'existence d'une nappe ou d'un engorgement une grande partie de l'année.

21. 5. — Conditions de formation

On a encore assez peu de données en Tunisie sur les conditions de formation des sols à hydromorphie de gley ou pseudogley.

On admet généralement que l'hydromorphie ne dépasse pas le stade pseudogley lorsque l'engorgement de l'horizon ne dure qu'une partie de l'année, la formation des gleys nécessitant la présence d'une nappe permanente et à oscillations faibles.

Le phénomène semble, en fait très complexe. Si le régime hydrique des profils (qui est encore localement très mal connu faute d'un réseau de mesure suffisamment dense) joue un rôle fondamental, d'autres facteurs entrent en ligne de compte : topographie, matériau originel, âge du sol qui font varier à l'infini, les caractères morphologiques de l'hydromorphie. Il faut en effet, dans le Nord de la Tunisie, distinguer :

— une hydromorphie pédrographique localisée sur les produits d'altération de l'argile oligocène ou sur cette argile elle-même. Les contrastes de couleur entre taches réduites ou oxydées sont très accentués passant du gris au rouge vif. Le pH est nettement acide : 4,5 à 6.

— une hydromorphie topographique située sur les terrasses, fonds de vallée, zones d'épandages etc... Le matériau est de texture très variable, grossier à fin. La couleur est brun jaune, l'hydromorphie se manifestant sous forme de petites taches grises ou ocres d'allure ponctuelle, on veinées. Le pH est moins acide : 5,5 à 7.

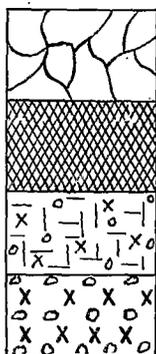
Au point de vue matériau originel il existe une différence considérable entre les sols à texture fine, où l'hydromorphie s'exprime le mieux et les sols sableux d'origine dunaire de Sidi Mechrig ou de l'Oued Ziatine (LE COCQ, 1967) où l'hydromorphie marque les profils de façon fugace (pseudogley peu accentué, concrétions ferrugineuses tendres) malgré la présence

d'une nappe permanente. Plus au Sud où le milieu est calcaire la réduction du fer semble limitée par la présence de l'ion Ca bien que les résultats analytiques nous manquent encore dans ce domaine. L'âge enfin du sol, les pédogenèses successives auxquelles il a été soumis, peuvent introduire des variations importantes.

Dans les Mogods les sols hydromorphes les plus développés se localisent sur les sommets des reliefs ou sur les versants. Dans les vallées au contraire les sols sont de type peu évolué hydromorphe. Cette situation paradoxale s'explique si on considère que les sols hydromorphes correspondent à de vieilles surfaces quaternaires. LE COCQ (1967) a montré que, à l'origine, les sols hydromorphes étaient des horizons à pseudogley de sols lessivés qui avaient été exhumés par l'érosion à la suite de défrichements intempêtifs et avaient évolué en sols hydromorphes.

22. — Sols à redistribution du calcaire ou du gypse

Le profil type est emprunté à MORI qui l'a relevé dans la dépression d'El Mahrine près de la Mornaghia (Profil N. 14, relations sol végétation).



- 0 cm Brun foncé, calcaire, argilo-limoneux, très humide, pas de structure visible.
- 25 cm Brun gris très foncé, calcaire, argileux, humide, structure polyédrique peu nette
- 47 cm Brun olive clair, à taches et marbrures foncées, argilo-limoneux, structure polyédrique à cubique, accumulation calcaire diffuse et en amas mal individualisés.
- 90 cm Brun olive clair, argilo-limoneux, accumulation calcaire en amas et en poupées à contours mamelonnés.
- 160 cm Nappe.

A la limite l'horizon de surface peut être noir. La structure y est fréquemment polyédro-cubique ou prismatique. Dans l'horizon d'accumulation calcaire elle est massive mais on peut y observer un début de schistosité horizontale.

MORI a remarqué que cette schistosité est inexistante dans la partie centrale de la dépression où la nappe est proche de la surface. Elle devient de plus en plus nette vers les bords de la dépression et on passe progressivement à une croûte feuilletée dans les zones mieux drainées.

Enfin on distingue fréquemment au milieu de l'accumulation calcaire des marbrures jaunés ou jaunes rougeâtres et parfois même des tâches ou des concrétions noires de fer et de manganèse.

Les sols à accumulation gypseuse du Centre présentent une grande analogie. La coloration de l'horizon humifère varie du gris au brun clair, celle de l'accumulation du gris blanc au jaune grisâtre. La structure est

polyédrique ou plus souvent massive (la texture étant plus grossière). Le gypse précipite à l'état diffus ou en pseudomycélium gris blanc. Avec une certaine habitude on le distingue du calcaire par son aspect finement cristallisé qui le rend plus brillant. Le pseudomycélium est moins ramifié. A la loupe on distingue les cristaux comme une bourre très fine.

22. 2. — Caractères physico-chimiques

Le début du phénomène d'hydromorphie se présente (au moins dans les sols très calcaires) comme une redistribution de calcaire en amas et en tâches sans enrichissement notable de la teneur en CO_3Ca . Le phénomène s'accroît, la teneur en calcaire augmente jusqu'à 40-50 % sans atteindre cependant les teneurs relevées dans les encroûtements ou croûtes des sols isohumiques. Elle décroît en profondeur.

La teneur en matière organique est variable : 1 à 4 %. Le C/N est compris entre 9 et 11.

Le pH est voisin de 8,0.

La conductivité est variable. Dans le Nord de la Tunisie les sols ne sont pas salés.

Les accumulations gypseuses varient de 30 à 50 % de gypse (SO_4Ca , $2\text{H}_2\text{O}$). Il est fréquent que les teneurs en CO_3Ca et en gypse varient en sens inverse dans le profil. Les teneurs en matières organiques sont plus faibles que dans les sols à encroûtement calcaire mais ces sols sont situés en climat plus aride ou végétation de steppe très clairsemée. Le pH varie entre 8,0 et 9,0. La conductivité est souvent élevée, de sorte qu'on considère souvent ces sols comme des sols halomorphes hydromorphes.

22. 3. — Formes de transition - Localisation

Les sols à encroûtement calcaire ou gypseux de nappe constituent une catégorie assez homogène. Les variations enregistrées sont essentiellement des variations de l'horizon de surface, dues aux caractères du matériau originel dans lequel s'est redistribué le calcaire.

Dans le paysage les sols à accumulations de calcaires passent à des sols bruns calcaires hydromorphes ou chatains hydromorphes caractérisés par une structure plus grossière de l'horizon B. On les localise dans les dépressions de la Tunisie : la Soukra près de Tunis (BOURALY, 1954), El Alia (LE FLOCH, 1960), plaine des Zouarines (LE FOCH, 1961), El Mahrine près de la Mornaghia et Ferme St Antoine près de Bordj El Hamri (MORI, 1966) ou dans la Dorsale plaine du Krib (HUNZINGER, 1965). Les surfaces les plus importantes se situent cependant au Cap-Bon où ont eu lieu au quaternaire d'importants épandages de matériaux rubéfiés; les sols hydromorphes passent latéralement à des sols rouges hydromorphes à taches ou concrétions de fer dans l'horizon B surmontant un encroûtement morphologiquement très semblable à celui des sols hydromorphes situés plus bas. La région d'El-Haouaria est le site d'une très belle séquence allant du sol rouge sur grès au sol brun méditerranéen hydromorphe, puis hydromorphe à encroûtement calcaire et enfin halomorphe peu salé à alcali.

Les sols à encroûtements gypseux de nappe se localisent dans les régions ou affleurent des roches-mères gypseuses. Les surfaces les plus importantes se trouvent dans la plaine de Kairouan notamment autour de la Sebkhah Mechertate et dans les Souassis (Le Floch, 1963 - Belkhodja, 1970).

Ils forment une auréole autour des sebkhas du Centre et passent progressivement à des sols très salés à accumulation de nappe. Vers l'amont l'accumulation gypseuse disparaît sous des sols isohumiques bruns.

22. 4. — Conditions de formations

La redistribution du calcaire ou du gypse est liée à l'existence d'une nappe phréatique qui par suite d'un déséquilibre physico-chimique a déposé le calcaire ou le gypse qu'elle transportait en solution. L'encroûtement semble atteindre son maximum dans la zone de frange capillaire au dessus de la nappe et décroît au dessous.

L'étude du phénomène de précipitation n'a pas encore été abordée en Tunisie. Divers facteurs semblent devoir être pris en compte : variations annuelles des éléments solubles, présence en certaines périodes d'ions Cl et Na qui augmentent par leur présence la solubilité du calcaire et surtout du gypse, variations de la température de l'eau, de sa vitesse de circulation etc...

Le phénomène en tout cas paraît lent et dans nombre de cas le sol est un paléosol. Les seuls témoins de l'hydromorphie sont alors la coloration noire et la présence de coquilles d'escargots. Car la disparition de la nappe a pour corollaire un changement assez net de la structure de l'horizon humifère (qui devient très comparable à celle des sols calcimorphes) et une cohésion élevée de l'horizon d'accumulation calcaire (MECHAL, 1967). A la limite l'encroûtement devient une croûte feuilletée ou massive où les caractères d'hydromorphie ont presque totalement disparu. Une telle continuité dans les phénomènes d'encroûtement calcaire a attiré l'attention de nombreux pédologues, qui estiment que, dans bien des cas, les croûtes ou encroûtements des glaciés seraient dus à un engorgement aujourd'hui disparu par suite du changement de climat. Ils apportent pour preuve de leur hypothèse la présence fréquente dans le limon situé sous les croûtes quaternaires anciennes de tâches ou de marbrures grises ou jeune rougeâtre et de tâches, dendrites et parfois même concrétions noires ferromanganésifères.

3. — CLASSIFICATION DES SOLS HYDROMORPHES

Les descriptions de profil présentées au début de ce chapitre nous permettent de constater qu'il n'y a pas, à l'exception des tourbes, de manifestations caractéristiques de l'hydromorphie susceptibles de nous aider à distinguer les différents régimes hydriques. C'est pourquoi la classification française se basant sur des critères morphogénétiques, sépare les différentes unités d'après leur richesse en matière organique. Aux niveaux inférieurs, elle s'appuie sur la distinction entre individualisation du fer ou du calcaire, la présence de tâches ou concrétions, d'encroûtement, croûte ou de cuirasse

En Tunisie les sols hydromorphes organiques se limitent à un ou deux cas de tourbes oligotrophes.

Quelques sols appartiennent à la sous-classe des **sols moyennement organiques** groupe des sols **humiques à gley**, sous groupe à **Anmoor acide**, bien que leur humus soit plutôt de type Moder. Ils sont limités à des vallées étroites et pourraient provenir du recouvrement de sols hydromorphes par des colluvions très humifères provenant de rankers organiques situés sur les pentes dominant les vallées (DIMANCHE, 1967, profil 39).

La majeure partie des sols hydromorphes observés en Tunisie se range dans le sous classe des sols peu humifères. Les sols à individualisation de fer, gley ou pseudogley se répartissent en deux groupes :

— les sols à pseudogley, **caractérisés par un pseudogley remontant** dans l'horizon humifère. Le pseudogley se manifeste par des tâches (sous groupe des **sols à tâche**) ou plus rarement par des concrétions (sous groupe des **sols à concrétions**). Dans cette catégorie on rangera aussi bien le sol submergé de la Garaa Sedjenane que le profil 290 de LE COCQ.

— les **sols à gley** parmi lesquels trois sous-groupes ont été décrits en Tunisie :

— sols à **gley de profondeur**. Le gley apparaît entre 80 et 150 cm (DIMANCHE, 1967, profil 66). A plus de 150 cm le gley est considéré comme une formation de profondeur, sans influence sur le profil.

— sols à **gley salé** formé sous l'influence d'une nappe peu chargée (conductivité comprise entre 4 et 10 mmhos/cm au dessous de 60 cm). La salure ne remonte pas jusqu'à la surface.

— sols à **gley lessivés**. (DIMANCHE, 1967 à Mauadjen Roumi). Le quatrième sous groupe prévu dans la classification, celui des sols à **gley de surface** ou d'ensemble, n'a pas été décrit en Tunisie.

Sur le terrain le pédologue éprouve cependant des difficultés à trouver une limite entre les sols rouges et bruns méditerranéens ou les sols isohumiques. Cela tient à l'apparition très progressive des manifestations de l'hydromorphie.

De même l'hydromorphie ancienne rend également la distinction délicate entre sols bruns calcaires encroûtés et sols hydromorphes à encroûtement calcaire, l'horizon de surface du sol hydromorphe prenant très progressivement les caractères d'un sol calcimorphe.

4. — UTILISATION DES SOLS HYDROMORPHES

La mise en valeur des sols hydromorphes suppose d'une manière générale une parfaite connaissance du régime hydrique qui leur a donné naissance, et ceci tant au niveau du paysage qu'à celui du profil.

Si en effet comme on l'a vu à propos des sols submergés la mise en valeur est conditionnée par un drainage efficace, le problème des sols à engorgement est plus complexe. Dans les sols à gley dû à une nappe un drainage ou un simple assainissement peut résoudre le problème.

Les sols à pseudogley par contre ne présentent pas toujours une nappe au sens hydrogéologique du terme. Le drainage y est totalement inefficace et inversement en été ils sont extrêmement secs. En Tunisie la forêt où certaines cultures fourragères constituent la meilleure utilisation de ces sols. Le choix des espèces doit être fait en parfaite connaissance des alternances de sécheresse et d'engorgement.

L'utilisation des sols hydromorphes à redistribution du calcaire et du gypse est commandée par la possibilité du drainage de la nappe. On prendra garde cependant qu'après disparition de la nappe l'encroûtement qui était très meuble lorsqu'il était gorgé d'eau va durcir créant un obstacle à la croissance des racines (El Haouaria). On veillera donc par l'irrigation ou un épandage de crue à le maintenir humide.

Si l'hydromorphie est fossile la mise en valeur sera la même que pour les sols calcimorphes voisins.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.) - 1965 La classification pédologique utilisée en France. Pédologie, classification des sols, pp. 25-56.
- BELKHODJA (K.) - 1970. Origine, évolution et caractère de la salinité dans les sols de la plaine de Kairouan (Tunisie Centrale). Contribution à l'étude de leur mise en valeur. Thèse, fac. Sc. Toulouse.
- DIMANCHE (P.) - 1965 Carte pédologique de Fernana. Ech. 1/50.000^e (inédiée)
- DIMANCHE (P.) - 1967 Etude pédologique du périmètre de Mouadjen Roumi Section Pédo., Tunis, N. 303, 1 carte, 5 tableaux, ronéo 47 pp.
- DIMANCHE (P.) - 1966 Carte phytoécologique de la Tunisie Septentrionale. Echelle 1/200.000^e. Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, Tunis, Vol. 39, fasc. 5, 40, fasc. 1 et 2. 5 cartes, tableaux, 213 + 340 + 426 pp.
- DIMANCHE (P.) - 1971 Région des Mogods. Carte de Répartition des milieux Ech. 1/200.000^e in rapport FAO-IRT à paraître.
- FOURNET (A.) - 1962 Etude pédologique de la plaine de Mateur, Oued Djoumine, M'Saken et Rhézala. SSEPH, Tunis, N. 225 B.
- LE FLOCH (J.) - 1959 Etude pédologique de la plaine de Sedjenane et de ses abords. SSEPH, Tunis, N. 161, 4 cartes, 9 graph. 19 tableaux, rapport ronéo 47 pp.
- LE COCQ (A.) - 1967 Etude pédologique de l'URD de Sedjenane. (Périmètre Nord). Serv. Pédo., Tunis, N. 330, 3 cartes, 12 tableaux, rapport ronéo 96 pp.
- ROEDERER (P.) - 1963 Sols peu évolués. Sols hydromorphes Subd. Et. Pédo., Tunis, Es 46, ronéo 7 pp.
Etudes pédologiques réalisées au Service Pédologique de Tunis et parmi lesquelles nous avons cité plus particulièrement.
- BOURALY (J.) - 1954 Note sur les sols et les eaux de la région Nord de la Soukra (Complément à l'étude pédologique du périmètre de l'Ariana Soukra N. 114). SSEPH, Tunis, 2 cartes, rapport ronéo.
- HUNZINGER (J.) - 1965 Etude pédologique de l'URD du Krib. Serv. Pédo., Tunis, N. 319, 2 cartes, rapport ronéo.
- LEFLOCH (J.) - 1963 Etude pédologique du périmètre de Souassi. El Djem - Sebket el Rharra - Sebket Sidi El Hani et Sebket Chérta. Serv. Pédo. Tunis, N. 253, 15 cartes, annexes, rapport ronéo.
- MECHAI (N.) - 1967 Etude pédologique de la Région d'Ebba-Ksour Tadjérouine. Serv. Pédo. Tunis, N. 334, 3 cartes, annexes, rapport ronéo.

CONCLUSION

Les sols de Tunisie présentent une grande diversité. Cette diversité est liée à la fois à la diversité des climats et à la grande variabilité de la lithologie et de la morphologie.

A) - A l'exclusion de la région du flysch oligocène au Nord où la pédogenèse se rapproche beaucoup de celle des régions tempérées la grande majorité des sols de la République a son évolution dominée par les mouvements du calcium. Comme nous l'avons vu au début de cette notice, la majorité des affleurements se compose de roches sédimentaires essentiellement calciques à l'exclusion de roches éruptives ou métamorphiques. La présence de roches à carbonates ou sulfates, soumises à un climat relativement peu actif ou moins une partie de l'année a entraîné une évolution de caractère relativement limité.

Cette évolution se caractérise principalement par une migration du calcaire, les horizons supérieurs ou les sols des niveaux les plus élevés tendant à se décalcarifier au profit d'horizons ou de niveaux inférieurs. Nous avons pu constater que cette migration obéit à certaines lois :

1°) - Le mouvement du calcaire est plus intense au Nord qu'au Sud. Les sols de la vallée de la Medjerdah présentent de puissantes accumulations calcaires dont l'importance est sans mesure avec les accumulations en nodules du Centre Tunisien.

2°) - Dans une même région l'accumulation varie en intensité d'un niveau morphologique à l'autre. Les niveaux les plus anciens présentent les horizons calciques les plus développés qu'on se rapproche de la période actuelle les accumulations calcaires deviennent moins importantes telles que nodules puis pseudomycélium. Cette constatation est aussi valable au Nord qu'au Sud de la Tunisie. Mais dans cette dernière région les croûtes constituent de véritables affleurements rocheux. Par analogie avec les croûtes du Nord il est logique de penser que ces croûtes du Centre et du Sud sont en fait les horizons d'accumulation de sols aujourd'hui disparus sous l'influence d'une érosion particulièrement intense.

On peut donc brosser le tableau schématique suivant de l'évolution des sols en Tunisie.

Sur roches calcaires tendres se forment des sols peu épais à caractère de rendzine. Si la végétation est un maquis ou une forêt bien installée les caractères de structure et de matière organique permettent de les considérer comme des rendzines typiques. Dès que le manteau alluvial ou colluvial s'épaissit on note malgré un gradient de calcaire faible ou nul, l'apparition de pseudomycélium ou d'accumulations diffuses qui sont les signes d'un faible mouvement de calcaire lié aux alternances climatiques de sécheresse et d'humidité. Or la formation de ces sols est manifestement récente. A l'autre extrémité de la chaîne évolutive, un horizon calcique dégagé par l'érosion et repris par la pédogenèse actuelle donne naissance soit

à une rendzine soit à un sol brun calcaire. Dans ces sols qu'on peut considérer comme polygéniques le calcaire tend encore à migrer. Si donc on admet comme certains géomorphologues une continuité dans l'action des climats au cours du quaternaire, et en supposant que les types d'humus ne sont pas différents, on en vient à rapprocher les sols calcimorphes des sols à accumulation calcaire peut développée isohumique : Leur structure est souvent différente des sols isohumiques typiques mais pour bien des sols la structure des horizons superficiels reflète d'avantage le type de végétation actuelle (naturelle ou sous culture) que le type de sol qu'il soit isohumique ou calcimorphe. Il suffit pour s'en convaincre de voir la rapidité avec laquelle les rendzines se dégradent par mise en culture.

A un stade plus avancé, la différenciation entre les horizons A, B et l'horizon d'accumulation calcaire (Cca) s'accroît. On observe la formation de nodules et même d'encroûtements, presque toujours associés à des pseudomycéliums et des accumulations diffuses. Ces sols sont considérés comme des sols isohumiques bruns. Lorsque la décalcarification de l'horizon A, B est à peu près totale le sol est appelé sol isohumique chatain.

Enfin lorsque le sol n'est plus calcaire et le climat suffisamment actif la rubéfaction constitue le dernier stade de l'évolution.

Il y a donc une continuité dans les phénomènes d'évolution des sols. Plus un sol est calcaire au départ plus les phénomènes devront s'exercer longtemps et intenses pour arriver au stade ultime c'est-à-dire au sol rouge. C'est le cas des Terra Rossa qui semblent fort anciennes. Au contraire un matériau non calcaire manifestera beaucoup plus vite des signes de steppisation et même de rubéfaction. C'est le cas des dunes sableuses de la plaine de Kairouan qui se steppisent rapidement ou des argiles non calcaires du crétacé inférieur qui ont évolué en sol rouge ou chatain rouge depuis le soltanien.

Cette esquisse schématique nous amène à soulever quelques problèmes importants de classification :

a) - La limite entre sols calcimorphes et sols isohumiques telle qu'elle existe dans la classification française est très imprécise. La distinction se fera sans doute grâce à une connaissance analytique plus fine de la matière organique. Mais il semble que dans l'une et l'autre classe, le type de matière organique soit d'avantage lié à un type de végétation qu'à un type pédogénétique

Le gradient de calcaire est lui aussi un critère d'interprétation délicat. Certains profils du Nord et du Centre présentent des horizons A et B de sols calcimorphes associés à des horizons d'accumulation très importants, identiques à ceux des sols isohumiques.

Il embrerait donc plus conforme à la réalité de regrouper une partie au moins des sols calcimorphes avec les sols isohumiques.

b) - Dans la classe des sols isohumiques la distinction sol brun, sol chatain soulève quelques difficultés. Cette distinction est basée, on l'a vu, sur des caractères de structure et de teneur en calcaire des horizons de surface. Or ces deux caractères ne sont pas toujours présents à la fois.

La structure de sol peut être liée à la nature du matériau originel. Quant au profil calcaire, là encore, il peut être lié à des facteurs très localisés : roche mère plus ou moins calcaire, pédoclimat plus sec, recalcarification ultérieure.

Par conséquent il nous semble préférable de ne faire qu'un seul groupe de tous ces sols du Nord de la Tunisie présentant en commun :

- une texture bien développée généralement prismatique,
- une accumulation calcaire puissante.

On pourra les appeler d'un même nom : sol chatain ou sol marron ou tel autre nom qu'on voudra mais on les séparera des sols du Centre à texture généralement plus grossière, à structure mal individualisée et à accumulation calcaire peu importante (limons à nodules). La distinction entre sol brun et sol chatain serait supprimée ou ramenée à un échelon inférieure de la classification.

c) - Entre sols isohumiques et sols à sesquioxydes rouges méditerranéens, la limite soulève des problèmes non résolus. C'est, là encore, une meilleure connaissance des deux pédogenèses qui permettra de séparer les deux classes de sol. La pédogenèse des sols rouges formés sur roches mère géologique semble assez caractéristique. Par contre sur roche mère colluviale ou alluviale les horizons rouges sont associés à une accumulation calcaire identique à celle des sols isohumiques. Dans ce cas les sols rouges sont-ils des sols isohumiques lithochromes comme le prétendent les pédologues du Maroc (A. Ruellan, 1966) ? Ou bien la rubéfaction est-elle contemporaine de l'accumulation calcaire, auquel cas on serait en présence de sols chatain-rouge ? Ou bien enfin la rubéfaction s'est-elle superposée à la steppisation ce qui en ferait un sol rouge, héritier de sol isohumique (ou sol rouge isohumique) ? Les trois hypothèses sont également possibles. Elles existent en fait et nous avons proposé au cours de l'étude des sols rouges des critères provisoires de distinction. Mais le problème n'est pas résolu dans son fond. L'existence des sous groupes steppisés et encroûtés dans la classification actuelle nous semble en tout cas prêter à confusion. La plupart des sols rouges de Tunisie présentent des horizons encroûtés et tous les sols rouges sont plus ou moins steppisés sous l'influence du climat et de la mise en culture. Il faudrait pouvoir connaître le type de matière organique sous lequel se produit la rubéfaction et vérifier qu'il est distinct de celui des sols isohumiques. Nous n'en sommes pas encore à ce stade.

B) - L'hydromorphie est un autre facteur de pédogenèse également très important en milieu méditerranéen. Elle se manifeste sous trois formes :

- l'individualisation du fer, en milieu plus tempéré,
- l'accumulation de calcaire en nodules ou en encroûtement,
- le noircissement ou « tirsification ».

Au cours des dernières années on avait été tenté de rapprocher le phénomène de vertisolisation de l'hydromorphie. Les études de A. MORI (1966) tendent à montrer maintenant que, seuls les vertisols forcés présentent les caractères d'hydromorphie, la structure des vertisols étant plutôt liée à un pédo-climat humide, certes, mais aussi à la présence d'une argile gonflante.

On retrouve donc une forme d'hydromorphie que la classification française de 1959 rangeait dans un groupe à engorgement temporaire de surface ou d'ensemble. Or cette forme d'hydromorphie est très courante. Outre les vertisols topolithomorphes elle affecte nombre de sols dépourvus de caractères vertiques au sens étymologique du terme mais plus proches des sols isohumiques auxquels ils sont associés dans le paysage.

Il sera donc intéressant de réintroduire les caractères de tirsification ou de noircissement au niveau du sous groupe, soit dans la classe des sols isohumiques, soit dans la classe des vertisols.

C) - L'halomorphie est le troisième phénomène pédologique très répandu en Tunisie. Elle se surimpose à l'hydromorphie à laquelle elle est souvent associée. Son action se caractérise de deux manières :

- accroissement du résidu sec de la solution du sol qui a pour corollaire une augmentation de sa pression osmotique et une action toxique sur la végétation.
- dégradation de la structure par fixation de sodium sur le complexe absorbant.

La classification française de 1962 reflète bien les différentes unités morphologiques rencontrées en Tunisie. Elle est d'utilisation facile sur le terrain. Ses limites avec les autres classes posent cependant quelques problèmes. On a essayé aux Etats-Unis de prendre pour limite des sols halomorphes une teneur en sels solubles telle que les rendements culturels moyens subissent une réduction sensible. Or cette teneur varie non seulement suivant la nature des cultures mais encore suivant les variétés utilisées. Les pédologues et les agronomes ont pu constater lorsqu'ils ont voulu appliquer les normes américaines aux sols de Tunisie que ceux-ci, quoique salés aux regards des pédologues américains, portent encore des rendements satisfaisants. Le phénomène de salure du sol est du reste éminemment variable. La teneur en sels solubles d'un profil varie avec les saisons et avec les méthodes culturales. Suivant les conditions d'observation on pourra donc le classer sol halomorphe ou sol à caractère secondaire d'halomorphie. Ce qui peut entraîner de graves erreurs dans la mise en valeur de ce sol. La 7^e approximation de la classification US a résolu cette difficulté en supprimant la classe des sols halomorphes pour les répartir dans les différentes classes voisines. Cette mesure peut se justifier pour les sols où la salure de la solution du sol est le seul résultat de l'halomorphie. La dégradation de la structure par contre est un phénomène pédogénétique dont les résultats sont visibles et durables, entraînant des conséquences sur la dynamique de l'eau et probablement de la matière organique. Une expérimentation actuellement en cours en Tunisie sous l'égide de l'Unesco permettra sans doute d'étudier de manière rigoureuse cette pédogénèse et son action sur la végétation.

La classification française de G. AUBERT permet un classement simple, logique et cohérent des unités de sols cartographiées en Tunisie. Son utilisation a soulevé des difficultés dues, la plupart du temps, à notre connaissance insuffisante des phénomènes d'évolution des sols. La principale

difficulté à laquelle se sont heurtés les pédologues provient, en fait, de ce que la plupart des sols sont polygéniques. Chaque période du quaternaire a été marquée par un climat qui a conditionné une pédogenèse, cette pédogenèse pouvant masquer ou effacer les caractères de la pédogenèse précédente. Certains auteurs ont cru à de grosses variations climatiques d'une période à l'autre, allant du climat très froid au subtropical. D'autres au contraire ont été frappés par la concordance entre la répartition de certains sols même anciens et des climats actuels. Ils en ont déduit qu'au cours du quaternaire les moyennes climatiques avaient peu varié, seules les valeurs extrêmes avaient pu s'écarter ou se rapprocher.

Dans ces conditions l'évolution des sols a pu s'effectuer de manière continue et suivant la même pédogenèse mais avec une vitesse d'évolution variable; c'est probablement le cas de la rubéfaction ou de la migration du calcaire, phénomène très lent. Au contraire sous l'influence des oscillations climatiques d'autres phénomènes tels que le durcissement d'une croûte ou la nature de la matière organique ont pu évoluer plus rapidement. La matière organique en particulier serait en équilibre avec le climat actuel, reflétant mal (sauf peut être en milieu hydromorphe) les pédogenèses anciennes.

Dans beaucoup de cas aussi la pédogenèse interfère avec la sédimentation des matériaux. Lorsque pédogenèse et sédimentation ont alterné les sols sont superposés avec une limite nette et le profil ne présente pas de difficultés. Lorsque pédogenèse et Sédimentation sont contemporaines la pédogenèse a pu marquer les sédiments, au fur et à mesure de leurs dépôts. Les limites dues aux différentes phases de sédimentation, disparaissent alors complètement ou se confondent avec les limites d'horizons. Actuellement encore la plupart des profils sont remaniés sur 20 à 40 cm. Les horizons de surface sont généralement plus riches en sables grossiers, plus pauvres en argile.

On ne pourra donc classer valablement les sols d'après leur pédogenèse que lorsqu'on connaîtra cette pédogenèse et les facteurs qui lui ont donné naissance. Nos recherches feront donc un grand progrès lorsque nous aurons acquis une parfaite de sédimentation et d'évolution des matériaux sous ces climats. Pour acquérir une telle connaissance, l'étude morphologique ou physicochimique des profils ne suffit plus. Il faut une étroite coopération avec d'autres sciences telle que géomorphologie (dont les études en Tunisie ont déjà commencé), sédimentologie, palynologie, écologie et même radiologie dont les données partielles peuvent concourir à la reconstitution des phases de la pédogenèse au cours du quaternaire.

SOL PEU EVOLUE NON CLIMATIQUE D'APPORT HYDROMORPHE

A. MORI - Profil N. 73 dans étude 225 C

Situation géomorphologique : Plainé alluviale

Topographie : Zone de diffluence et d'inondation de l'Oued Mellah.

Végétation : Phalaris.

Régime agronomique : cultures annuelles sur billons

Matériau originel : alluvions fines de l'Oued Mellah

Description du profil

- 0 - 40 cm : Argilo-limoneux - olive - motteux - horizon de culture remanié par l'aménagement de billons - calcaire - conductivité = 2,2 mmhos/cm - CI = 0,5 %.
- 40 - 80 cm : Argilo-limoneux - olive - structure en gros blocs de consistance et de compacité très fortes - calcaires - conductivité = 4,5 mmhos/cm - CI = 1,2 %
- 80 - 120 cm : Argilo-limoneux - brun-olive - structure à éléments continus, plastiques amas et nodules salins - des taches d'hydromorphie rougeâtres sont visibles par endroits - calcaire - conductivité = 10,3 mmhos/cm - CI = 2,4 %
- 120 - 160 cm : Argilo-sableux - brun-olive - structure à éléments continus - rares taches d'hydromorphie - calcaire - conductivité = 9,5 mmhos/cm - CI = 2,6 %

Profondeur	A	L	STP	SF	SG	Chlore en mg%	Satur. pâte%	Cond. mmhos/cm
0 - 40cm	37	40	22,0	1,0	trac.	0,53	56,0	2,2
40 - 80cm	42	36	17,5	3,0	0,5	1,15	58,0	4,5
80 - 120cm	46	31	10,5	6,5	2,5	2,4	60,0	10,3
120 - 160cm	28	16	11,5	23,0	21,5	2,57	46,0	9,5

**SOL PEU EVOLUE NON CLIMATIQUE
D'APPORT HYDROMORPHE**

E. ELIZECHEA - Profil N. 28 dans étude 269

Coordonnées X = 538,100 Y = 298,600 H - 14 m

Topographie : pente 3 %

Roche-mère : alluvions-colluvions

Cultures : blé tendre - Florence aurore.

Description du profil :

- 9 - 10 cm : Sable argileux - brun-foncé à brun jaune foncé (0 YR 4/3,5) - sec - structure nuciforme - porosité bonne - cohésion faible - horizon de labour - racines nombreuses - peu calcaire.
- 10 - 40 cm : Argile sableuse - brun jaune (10 YR 5/4) - sec - structure polyédrique fine bonne porosité - cohésion moyenne - galeries de vers-grains de silice - peu calcaire - pH 8,4 - capacité de rétention : 19 % - racines nombreuses.
- 40 - 70 cm : Argilo-limoneux - brun jaune (10 YR 5/4) - sec - structure cubique - porosité moyenne - nombreux nodules de torba - grains de silice - calcaire 28,3 % de calcaire total) - 0,60 % de matière organique - pH 8,9 - conductivité 0,97 mmhos/cm - racines peu nombreuses.
- 70 - 115 cm : Argilo-limoneux - brun jaune claire (10 YR 6/4) - frais structure cubique à tendance prismatique - quelques radicelles - non poreux - cohésion forte - compact - légers coatings - taches calcaires - calcaires (20,4 % de calcaire total) - 0,24 % de matière organique - pH 8,8 - conductivité : 3,0 mmhos/cm.
- 115 - 145 cm : Argilo-sableux - humide - structure à tendance polyédrique fine - non poreux - couleur marmorisée - taches de pseudogley et taches rouillées de fer - 15 % de calcaire total - conductivité : 7,5 mmhos/cm - pH : 8,5.
- 145 - 200 cm : Sable argileux - brun vif (7,5 YR 5/6) - humide - structure polyédrique - taches de pseudogley et de fer grains de silice - 2,9 % de calcaire total - conductivité : 16 mmhos/cm - pH : 8,3.

Résultats d'analyses

Profondeur en cm	A %	L %	STF %	SF %	SG %	pH 1/2,5	CO3Ca total %	SO4Ca 2H2O	Mat. Org.	Sat. de la pâte %	C. mmhos/cm 25 %	Cap. de rétention
10 - 40 cm	28	17	6,5	20,5	28	8,4						19 %
40 - 70 cm	38	22	5,5	16,0	18,5	8,9	28,3	0,60		46,8	0,93	25
70 - 115 cm	13	23	6	15,5	12,5	8,8	20,4	0,24		62	3	28
115 - 145 cm	28	15	6,5	24,5	25,5	8,5	15,0	0,16		49,6	7,5	
145 - 200 cm	17	11	5	36	-29	8,3	2,9	0,16		36,8	16	
	Extrait de saturation (me/l)											
	Cl	CO3H	Ca	Mg	Na							
40 - 70 cm	6											
70 - 115 cm	17,5	2,5	2,5	2,7	30							
115 - 145 cm	8											
145 - 200 cm	11,25	2,25	49,1	37,9	120							

SOL PEU EVOLUE NON CLIMATIQUE D'APPORT VERTIQUE

A. MORI - Profil N. 104 dans étude 225 A.

Situation morphologique : bourrelet de l'Oued Kloufi - Plaine alluviale de l'Oued Tine.

Topographie : Plane.

Cultures : Céréales

Matériau originel : Alluvions de texture fine.

Description du profil :

- 0 - 10 cm : Argilo-limoneux, brun olive, structure élément polyédrique 3 à 4 cm, cohésion et consistance fortes, calcaires.
- 10 - 50 cm : Argilo-limoneux - brun olive - structure continue avec fentes de retrait délimitant des blocs (10 cm) à cohésion et consistance élevées - racines très fines jusqu'à 45 cm - calcaire.
- 50 - 90 cm : Argileux - brun olive - structure identique - calcaire.
- 90 - 120 cm : Argileux - brun olive clair - structure à éléments continus - cohésion consistance et compacité très élevées - calcaire.
- 120 - 170 cm : Argileux - brun olive clair - structure à éléments continus - consistance moins élevée - compacité forte - pas de fente de retrait - calcaire. Conductivité : 8 mmhos/cm.

N.B. — Profil observé humide.

Résultats d'analyses

profondeur	Granulométrie %					pH	CO3Ca total %	SO4 %	Gypse %	Mat. Org. %	Carbone %	Sat. %	Cond. mmhos /cm	Cl me/l	Ca me/l	pM l\em	Na me/l	SO4 me/l	SAR	Na/T %
	A	L	STF	SF	SG															
0 - 10		49	10,5	4,0	0,5	8,3	25,4	0,25	0,44	1,76	1,03	56,8	1,3	10						
0 - 50	46	38	1,5	10,0	0,5	8,3	25,8	0,29	0,51	1,19	0,69	54,8	1,15	10						
50 - 90	52	33	6,0	4,9	1,0	8,4	16,2	0,29	0,51	1,19	0,69	59,2	2,13	15	3,5	4,5	8,75	—	4,35	5
90 - 120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120 - 170									1,09	—	—	58,4	8,2	40	27,5	22,5	35,0	38	7	8

**SOL PEU EVOLUE NON CLIMATIQUE
D'APPORT VERTIQUE**

L. GUYOT - Profil N. 123 dans étude N. 173

Coordonnées : 39G64 9G32

Topographie : Pente faible et régulière

Régime agronomique : Quelques oliviers médiocres isolés et céréales

Description du profil :

- 0 - 50 cm : Marron-limono-argileux à argilo-limoneux sur structure prismatique très grossière à très larges fentes. La structure est cubique moyenne (4 cm) - très cohérent, non poreux. Lissage de quelques faces horizontales. Un léger gauchissement, peu calcaire.
- 50 - 100 cm : Idem, mais plus massif - le lissage est plus important, le gauchissement un peu plus accentué. Aucune porosité-calcaire.
- 100 - 160 cm : Marron sombre - limono-argileux - la structure prismatique moyenne se défait en polyèdres moyens bien développés - très cohérent.
- 160 - 180 cm : Brun sombre - argilo-sableux - peu calcaire.

**SOL PEU EVOLUE NON CLIMATIQUE
D'APPORT MODAL (CALCIMORPHE)
SOGETHA - (A. CALO) - Profil 407 dans étude N. 305**

Situation morphologique :

Topographie :

Végétation :

Matériau originel : Colluvions de sol calcimorphe descendues du Djebel Rebia.

Description du profil :

- 0 - 25 cm : Limon argileux, poreux, frais, calcaire-brun foncé, polyédrique moyen, à fin bien développé plus ou moins émoussé quelques petits cailloux calcaires, racines.
- 25 - 65 cm : Argilo-limoneux, poreux, frais, calcaire, brun, polyédrique moyen très bien développé, racines, vague tendance à une structure prismatique grossière.
- 65 - 115 cm : Humide nette, argilo-limoneux, peu poreux, frais, calcaire plus ou moins, brun gris sombre, structure prismatique moyenne se débitant en prismatico-cubique fine, racines.
- 115 - 150 cm : Argilo-limoneux, peu poreux, frais, calcaire, brun gris plus clair que le précédent, lissage des agrégats, cubique à prismatique moyen bien développé, nombreux pseudomycéliums calcaires, quelques amas.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	Calcaire	Matière Organique
	A	L	STF	SF	SG			
0 - 25	28	32	11	19	11	8,1	18 %	2,28 %
25 - 65	34	30	11	19	6	8,4	27	1,34
65 - 115	41	27	7	13	9	8,3	14	1,66
115 - 150	36	32	4	15	10	8,3	10	1,48

**SOL PEU EVOLUE NON CLIMATIQUE
D'APPORT MODAL (STEPPIQUE)**

J. LE FLOCH - Profil N. 29 étude N. 253

Situation géomorphologique : glacis quaternaire

Topographie : Mi-pente

Cultures : Céréales - localement plantations arbustives - oliviers

Matériau originel : Alluvions colluvions remaniant des apports éoliens, gypseux.

Description du profil :

- 0 - 40 cm : Texture équilibrée, couleur brun-jaune, structure à tendance polyédrique moyenne, horizon humifère, calcaire, 20 % CO₃Ca, pH 8,5.
- 40 - 60 cm : Argilo-limoneux, couleur brun jaune, structure à tendance cubique, cohésion moyenne à forte, quelques taches plus calcaires humifères, calcaire.
- 60 - 200 cm : Sablo-argileux, couleur beige jaune, structure massive-fentes de retrait étroites profondes délimitant de grands prismes, compacité moyenne à forte.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie					pH	CO ₃ Ca %	Mat Org. %	Sat p %	Cl mmhos	CL- me/L
	A	L	STF	SF	SG						
0 - 40	30	11	16,0	38,5	3,0	8,5	20,0	0,88	—	—	—
40 - 60	42	11	13,0	26,5	4,5	8,5	30,4	0,83	42	1,5	3

RENZINE HUMIFERE DE MONTAGNE
P. DIMANCHE - Etude d'Oum Djeddour N. 302

Situation morphologique : glacis

Topographie : Pente moyenne

Végétation naturelle : Chêne vert - Erinacée anthyllis

Description du profil :

- 0 - 15 cm : Brun foncé, texture équilibrée, structure finement granulaire (micropolyèdres accolés), calcaire, abondants fragments d'encroûtement calcaire, racines et radicelles très abondantes.
- 15 - 45 cm : Blanc, encroûtement calcaire à très abondants cailloux, très calcaire, sans structure, consistant.
- 45 - 85 cm : Brun pâle, encroûtement calcaire à cailloutis et pseudomycélium calcaire, très calcaire.
- 85 - 125 cm : Marnes en voie d'encroûtement par larges plages de torba, sans structure, très consistant.
- 125 cm et plus : Marnes altérées se divisant en plaquettes ou en boules.

Résultats d'analyse

Profondeur	Ganulométrie %						CO3Ca total %	CO3Ca actif	Mat. Org. %	C/N
	A	L	STF	SF	SG	pH				
0 - 15	16	14	14,5	14,1	21,4	8,5	77,8	27,0	4,8	16
15 - 45	14	18	19	25,5	15,5	8,8	85,2	20,5	0,82	12,3
45 - 85	18	21	14	25,5	12	8,8	82,3	17,5	—	—

Humus %

GHNT	HA	AE	GHNT HT	HA THM
8,28	4,35	3,93	10,6	52,3

SOL BRUN CALCAIRE HUMIFERE
P. DIMANCHE - Etude d'Oum Djeddour N. 302

Situation morphologique : Butte témoin

Topographie : Pente faible

Végétation : Association du Pin d'Alep.

Description du Profil N. 72 :

- 0 - 15 cm : Brun jaune foncé, humifère, texture limono-argileuse, structure particulière à grumeleuse faiblement développée, moyennement nuciforme, friable, cailloux et racines abondantes, calcaire.
- 15 - 40 cm : Brun jaune foncé, assez humifère, texture limono-argileuse, structure finement grumeleuse et moyennement nuciforme bien développée, cohérent, meuble, racines assez abondantes - cailloux abondants.
- 40 - 80 cm : Jaune pâle, texture limono-argileuse, encroûtement très calcaire, sans structure (poussièreux), peu de racines, cailloux abondants.
- 80 - 130 cm : Jaune pâle, colluvions argilo-limoneuses caillouteuses, encroûtées, structure polyédrique à nuciforme bien développées, racines peu abondantes.
- 130 - 170 cm : Brun très pâle, cailloutis avec limon argileux calcaire, quelques racines.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Mat. Org.	C/N
	A	L	STF	SF	SG					
0 - 5	22	21	15,5	20,5	7	7,8	53,2 %	19 %	7,44 %	16
15 - 15	34	22	16	16	7	7,8	64,3	25,5	2,58	13,4
15 - 40	25	25	14,5	19,5	9,5	7,8	76,6	28,5	1,55	11,6
40 - 80	35	25	14	18,5	4,5	8,7	62,2	25		
80 - 130	26,5	27	19,5	14,5	6	8,2	54,9	17,5		
130 - 170	36,5	24	15	15,5	6	8,7	46,3	16		

Humus %

Profondeur	MHT	AH	AF	MHT HT	AH MHT
0 - 5	5,60	2,97	2,63	7,5	53
5 - 15	3	1,80	1,20	11,6	59,8
15 - 55	1,74	0,92	0,82	11,2	53

SOL CALCAIRE HYDROMORPHE CULTIVE

A. FOURNET - Etude pédologique de l'U.R.D. de Béja

Situation morphologique : versant marneux colluvionné

Topographie : Pente moyenne à forte

Régime agronomique : Céréales

Matériau originel : Grès argileux du miocène inférieur

Description du Profil N. 16 :

- 0 - 35 cm : Brun foncé, argilo-sableux, à sable fin, structure motteuse, grossièrement nuciforme, calcaire, compacité moyenne, bonne porosité radiculaire.
- 35 - 95 cm : Brun jaune à beige jaune, argilo-sableux à sable fin, surstructure en prismes de 5 à 10 cm de diamètre tendant à se pulvériser au sommet et à la base de l'horizon sous forme de petits prismes irréguliers, structure en petits polyèdres, calcaire, compacité moyenne, bonne porosité. Présence de taches calcaires à partir de 35 cm, groupées en essais nombreux à partir de 65 cm.
- 95 - 135 cm : Ocre jaune, sableux à sable grossier, sans structure, quelques blocs de grès argileux burdigalien.
- 135 - 200 cm : Substrat jaune grise de gley, marne vindobonienne altérée et remaniée à surstructure prismatique et structure en éclats à cassure conchoïdale. Accumulation d'amas calcaires pulvérulents au sommet de la couche.

SOL BRUN CALCAIRE ENCROUTE

A. FOURNET - Profil N. 58 - Oued Zit

Situation morphologique : glacis

Topographie : Pente régulière, faible

Régime agronomique : Céréales

Matériau originel : Limon quaternaire.

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Brun (10 YR 5/3), texture équilibrée, structure polyédrique émoussée dans une surstructure en grands éléments peu développés de 10 cm de diamètre, calcaire fort, meuble, poreux.
- 30 - 70 cm : Jaune brun (10 YR 7/6), limoneux, structure prismatique se défaisant en plaquettes cubiques de 1 cm d'épaisseur, très calcaire, bonne macroporosité.
- 70 - 120 cm : Jaune brun (10 YR 5/6), argilo-limoneux, structure prismatique cubique fine, agrégats revêtus d'argile, taches calcaires blanches de 1 cm de diamètre, piquetures ferro-manganiques, calcaire, compact, très peu poreux.
- 120 cm et plus : Jaune-rouge, argileux, structure en gros prismes cubiques déformés, faces horizontales des agrégats lisses, brillantes à slickensides, revêtement en nappe de calcaire sur les faces verticales des agrégats, calcaire.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie					CO ₃ Ca %	pH	M. O. %	Conductivité mmhos/cm
	A	L	STF	SF	SG				
0 - 30	23,5	11	9	35	19	18,8	8,4	1,19	0,82
30 - 70	34,5	29	8	19	7	34,8	8,3	1,03	2,13
70 - 120	37	30	22	16	4	40,9	8,5	0,21	—
120 et plus	46	15	15	21	3	48,8	8,7	0,21	

SOL BRUN CALCAIRE ENCROUTE

A. FOURNET - Profil N. 75 bis - Oued Zarga

Situation morphologique : Glacis résiduel ancien

Topographie : Pente forte

égétation naturelle : Association végétale à *Pinus halépnensis* et *Rosmarinus officinalis*, forme dégradée à *Stipa tenacissima*.

Matériau originel : Limon quaternaire.

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Couleur brune 7,5 YR 5/4, texture équilibrée, structure-nuciforme moyenne à fine, taiblement calcaire (horizon A1).
- 20 - 50 cm : Couleur brun 7,5 YR 5/4, texture équilibrée structure nuciforme moyenne à fine, calcaire, pseudomycélium calcaire tubulaire et sur les faces d'agrégats.
- 50 - 90 cm : Couleur brun très pâle 10 YR 7/4, texture équilibrée, structure polyédrique émoussée au sommet en éclats à la base, fortement calcaire, (horizon B.).
- 90 cm et plus : Couleur brun très pâle 10 YR 7/4, texture limono-sableuse, structure en éclats, fortement calcaire, (horizon C).

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca total %	M. O. %	C/N
	A	L	STF	SF	SG				
0 - 20	18,5	17,5	12,0	23,0	27	7,9	27,5	3,36	11,1
20 - 50	22,0	19,5	13,0	22,0	23	8,05	37,5	1,08	10,0
50 - 50	20,0	20,5	14,0	20,0	23	8,10	48,0	—	—
90 et plus	14,5	24,5	13,0	19,0	29	8,15	50,0		

RENDZINE SUR CROUTE

A. FOURNET - Profil S-8 - Ousseltia

Situation morphologique : Glacis sur cône alluvial ancien

Topographie : Pente faible à moyenne régulière

Régime agronomique : Culture en sec des céréales

Matériau originel : Limon quaternaire.

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Brun foncé, texture équilibrée, structure nuciforme à grumelleuse, sans cohésion, calcaire, bonne porosité, bien colonisé par les racelles.
- 30 - 60 cm : Beige rosé, texture sablo-limoneuse, structure polyédrique fine émoussée, calcaire, bien colonisé par les racines, emballe une croûte calcaire beige rosée à pellicule zonaire disloquée en miches soulevées.
- 60 cm et plus : Encroûtement calcaire feuilleté au sommet, diftus à la base, beige rosé, texture sablo-limoneuse..

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total %	M. O. %
	A	L	STF	SF	SG		
0 - 30	23	19	13	28	13	48	3,6
30 - 60	10	9	12	30	35	72,8	3,5
60 et plus	7	8	7	41	34	86,4	1,0

RENDZINE SUR CROUTE

A. FOURNET - Profil 75 a - Béja

Situation morphologique : Glacis de piedmont ancien

Topographie : Zone plane à pente moyenne

Végétation naturelle : Absente

Régime agronomique : Culture de céréales

Matériau originel, grès oligocène

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Couleur brun rouge foncé 5 YR 3/3, texture équilibrée, structure motteuse, sous structure finement nuciforme, calcaire (horizon A1).
- 30 - 50 cm : Couleur blanc jaunâtre 5 YR 8/2, texture sablo-argileuse, structure fondue, encroûtement calcaire (Horizon B).
- 50 cm et plus : Couleur blanc jaunâtre 5 YR 8/2, texture sablo-argileuse, structure feuilletée, encroûtement calcaire (horizon Cca).

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO3 Ca Total %	M.O. %	C/N
	A	L	STF	SF	SG				
0 - 30 cm	29	15	12	16	25	8,0	26,4	3,05	9
30 - 50 cm	19	8	9	18	42	—	87,3	—	—
50 et plus	13	11	10	17	44	—	89,3	—	—

SOL BRUN CALCAIRE A ACCUMULATION CALCAIRE

A. FOURNET - Profil - P 11 - Ousseltia

(Non publié)

Situation morphologique : Vallon alluvial ancien

Topographie : Plane régulière à pente faible

Régime agronomique : Céréales

Matériau originel : Limon quaternaire

Description du profil :

- 0 - 35 cm : Couleur brun foncé, texture limono-argileuse, structure nuciforme à faible cohésion, calcaire, porosité radiculaire, bien colonisé par les radicules.
- 35 - 55 cm : Couleur brune, texture limon-argileuse, structure polyédrique émoussée à faible cohésion, compacité nette, calcaire avec léger pseudomycélium calcaire, porosité radiculaire, bien colonisé par les radicules.
- 55 - 100 cm : Couleur beige rosée, texture équilibrée, structure polyédrique émoussée fine à cohésion moyenne, encroûtement calcaire.
- 100 - 200 cm : Couleur rosée beige, texture limono-sableuse, structure polyédrique émoussée fine à cohésion moyenne avec agrégats enrobés de calcaire.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total %	CO ₃ Ca actif %	M. O. %
	A	L	STF	SF	SG			
0 - 35	30	28	8,5	22,5	9,5	34,2	20,0	2,24
35 - 55	32	33	3,5	20,0	9,0	46,2	35,5	1,29
55 - 100	27	20	13,5	28,5	10,0	65,8	48,5	0,65
100 - 200	14	22	10,5	34,0	20,5	59,6	33,5	—

SOL BRUN CALCAIRE SUR LIMON A NODULES CALCAIRES A. FOURNET - Ousseltia

Situation morphologique : Ravinement de glaciis remblayé

Topographie : Pente faible autour d'une petite dépression

Régime agronomique : Céréales

Matériau originel : Limon quaternaire

Description du profil S-17 :

- 0 - 35 cm : Brun foncé limono-argileux, structure nuciforme à granulaire, calcaire, cohérent, porosité moyenne radulaire.
- 35 - 70 cm : Ocre-rosé, limono-argileux, structure polyédrique émoussée à faible tendance prismatique, calcaire, compacité moyenne, porosité faible.
- 70 - 135 cm : Ocre-rosé, limono-argileux, structure polyédrique émoussée, calcaire, présence croissante en profondeur de nodules bosselés, indurés de couleur rosé, très compact porosité nulle.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total %	Mat. Org. %
	A	L	STF	SF	SG		
0 - 35	25	27	12,5	23,5	9	19	1,84
35 - 70	23	30	13	23	8,5	34,7	0,62
70 - 135	24	29	10	24	11	26	—

SOL BRUN CALCAIRE TIRSIFIE SUR ACCUMULATION CALCAIRE

A. FOURNET - Profil Canal du Chafrou

(Non publié)

Situation morphologique : Glacis bordant une dépression alluviale

Topographie : Plane

Régime agronomique : Céréales

Matériau originel : Limon quaternaire

Description du profil

- 0 - 30 cm : Gris brun foncé (humide), noir (sec), argileux, structure polyédrique émoussée, sous structure finement polyédrique Moyennement calcaire.
- 30 - 70 cm : Jaune brun foncé (humide), brun beige (sec), argilo-limo-neux, structure prismatique polyédrique fine à cubique fine Sous structure polyédrique moyenne. Calcaire.
- 70 - 105 cm : Jaune brun (humide), beige rosé (sec), encroûtement calcaire de nappe à structure en amas in durés dans la masse, feuilleté à sa surface.

Résultats analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total %	Mat. Org %
	A	L	STF	SF	SG		
0 - 30	48,5	14	8	15	11	14,5	0,83
30 - 70	39	17	8	14	19	35,5	0,46
70 - 105	31	17,5	8	16	27	50	—

SOL CALCIMORPHE SUR ACCUMULATION GYPSEUSE

P. DIMANCHE - Profil 27 - Carte du Kef

(Non publié)

Situation morphologique : Colluvion de pente sur roche gypsifère

Végétation naturelle : Association du Pin d'Alep.

Description du profil :

- 0 - 3 cm : A0 : litière peu décomposée d'aiguilles de Pin.
- 3 - 13 cm : A1 : Gris-brun, humifère, limoneux, structure poudreuse, meuble, peu calcaire, très gypseux, racines abondantes.
- 13 - 50 cm : Blanc, encroûtement gypseux peu humifère, matière organique peu minéralisée, structure particulière, friable, non calcaire, racines abondantes.
- 50 et plus : Roche triasique en masse bréchique à matrice argileuse verte incluant des macro-cristaux de gypse avec, localement, un encroûtement gypseux. Non calcaire.

Résultats analyses

Profondeur	CO-3Ca total %	SO4Ca total %	Mat. Org. %	C/N	pH
3 - 13	2	82,3	3,1	29,3	7,8
13 - 50	0	89,1	2,5	28,5	7,6
50 -	0	91,6	—	—	6,6

SOL CALCIMORPHE

Sol à encroûtement gypseux

J. LE FLOCH - Profil N. 7 - Etude 253

Situation géomorphologique : sur croûte gypseuse

Topographie : Plate - sommet de butte

Végétation : nulle.

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Argilo-sableux, couleur brun-jaune, structure large, massive, porosité moyenne pseudomycélium gypseux, humifère, calcaire.
- 20 - 200 cm : Marnes gypseuses compactes à nombreux cristaux de gypse.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO3Ca	Mat.Org.
	A	L	STF	SF	SG			
0 - 20	26	7	6,5	50,5	7,5	8,0	22,4	1,19
20 - 200	non		analysé					

SOL CALCIMORPHE

Sol à encroûtement gypseux

J. LE FLOCH - Profil - 5 - Etude N. 296

Situation géographique : A proximité d'Hadjeb El Aioun (S.W.)

Topographie : Pente nulle

Situation géomorphologique : Dépression correspondant à une ancienne lagune

Végétation Groupement à *Artémisia campestris* et *Lygeum spartum*, groupement à *Zigophyllum album* et *Anarrhinum brevifolium*.

Description du profil :

- 0 - 25 cm : Limono-sableux, gris (10 YR 6/1), structure poudreuse calcaire, gypseux, rares radicules.
- 25 - 60 cm : Limono-sableux, gris (10 YR 6/1), structure massive se brisant difficilement, calcaire, gypseux, dégagement de H₂S à l'HCl, nombreuses petites limnées.
- 60 - 110 cm : Sableux, gris-clair (10 YR 7/1), nombreuses traînées gypseuses, calcaire, gypseux.
- 110 - 200 cm : Sablo-argileux, vert olive avec tâches ferrugineuses, calcaire, gypseux.

Analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca	Gypse %
	A	L	STF	SF	SG			
0 - 25	5	24	15,5	16,0	18,5	8,15	16,5	68,5
25 - 60	4	25	15,0	24,0	18,0	8,25	18,1	59,0
60 - 110	11	1	4,0	33,5	48,0	8,0	0,7	6,2
110 - 200	17	7	9,0	50,5	11,5	8,5	9,8	2,5

Profondeur	Sels solubles							Complexe			
	Sat. %	Cond. mmhos/cm	Cl me/l	CO ₃	Ca	Mg	Na	SAR	Na/T cal.	T me %	Na/T Dosé
0 - 25	49,6	2,9	5	1,6	19,0	23,0	6,25	1,36	0,75		
25 - 60	50,0	3,45	5	1,7	22	24,5	3,75	0,78	0		
60 - 110	27,6	3,55	5	1,5	21,5	25,0	3,75	0,78	0	6,6	21,20
110 - 200	44,8	4,4	10		19,5	38,0	7,50	1,39	0,75	11,1	8,28

SOL BRUN CALCAIRE HYDROMORPHE SUR ACCUMULATION GYPSEUSE

A. FOURNET - Kasserine - 1966

Situation morphologique : Merdja asséchée sur grès du miocène continental au pied Sud-Est du Djebel Chambi

Topographie : Plane

Régime agronomique : Céréales

Matériau originel : Limon quaternaire.

Description du profil :

- 0 - 70 cm : Brun foncé (10 YR 5/3), humifère, argilo-limoneux, structure nuciforme à polyédrique dans une surstructure prismatique grossière, calcaire.
- 70 - 110 cm : Brun jaune foncé (10 YR 6/4), argilo-limoneux, structure prismatique, calcaire.
- 110 - 200 cm : Blanc (10 YR 8/1), argilo-limoneux, encroûtement gypseux massif à surstructure prismatique. Peu calcaire.

Résultats analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total %	SO ₄ Ca total %	M. O. %
	A	L	STF	SF	SG			
0 - 70	41	34,5	11	10	4	25	—	1,79
70 - 110	48,5	27,5	9	16	5	24,2	27,1	0,69
110 - 200	19,5	16,5	16	31	12	9,9	72,1	

SOL CALCIMORPHE

Sol à encroûtement gypseux

J. LE FLOCH - Profil 46 - Etude N. 253

Situation morphologique : Bourrelet éolien de bordure de Sebkh

Topographie : Pente faible.

Végétation naturelle : Cynodon dactylon

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Jaune pâle, sableux, structure particulaire, agglomérée en éclats peu consistants, peu calcaire, radicules, bonne porosité.
- 20 - 40 cm : Jaune pâle, sableux, structure en éclats plats, larges, calcaire, présence de gros pseudomycéliums gypseux.
- 40 - 60 cm : Brun très pâle, sablo-limoneux, structure en éclats petits à arêtes vives, peu calcaire, fortement gypseux et légèrement encroûté.
- 60 - 100 cm : Brun pâle, sableux, structure particulaire grossière, peu calcaire, gypseux, petits cristaux de gypse dénudés microlenticulaires, stratifications entrecroisées.
- 100 - 170 cm : Brun très pâle, sablo-limoneux, structure particulaire grossière, peu calcaire, peu gypseux, petits cristaux de gypse dénudés micro-lenticulaires, stratifications entrecroisées.

Résultats analyses

Profondeur	CO ₃ Ca total %	SO ₄ Ca total %	Mat. Org. %	Conductivité mmhos/cm
0 - 20	13	—	0,6	3,1
20 - 40	15,1	—	0,4	4
40 - 60	8,7	24,63	0,2	2,4
60 - 100	8,8	19,7	—	3,2
100 - 170	7,5	1,46	—	2,9

SOL CALCIMORPHE

Sol à encroûtement gypseux

J. LE FLOCH - Profil 101 - Etude N. 253

Situation géomorphologique : bourrelet de Sebkhia

Topographie : Sommet de butte

Cultures : Céréales localement

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Couleur brune jaune claire, sablo-limoneux, structure à tendance nuciforme, gypseux, faiblement salé, légèrement encroûté.
- 30 - 70 cm : Couleur jaune pâle, sablo-limoneux, structure particulaire à éléments grossiers, légèrement encroûté.
- 70 - 100 cm : Couleur jaune pâle, sablo-limoneux, structure particulaire à éléments grossiers, strates bien individualisées, gypseux, horizon consistant encroûté, légèrement salé.
- 100 - 130 cm : Couleur brun jaune-clair, sablo-limoneux, structure en éclats à particulaire fin, gypseux, légèrement salé.
- 130 - 170 cm : Couleur brun jaune, sablo-limoneux, structure en éclats à particulaire grossière, léger encroûtement gypseux, horizon salé.
- 170 - 220 cm : Couleur brune jaune clair, sablo-argileux, structure particulaire grossière, horizon salé.
- 220 - 260 cm : Couleur brun, sablo-argileux, structure nuciforme finement polyédrique, calcaire, humide, zone de battement de la nappe.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca %	M.O. %	Sat. %	Cond. mmhos/cm
	A	L	STF	SF	SG					
0 — 30 cm	8	8	13,0	39,5	27,5	8,0	10,0	25	2,55	2
70 — 100 cm	11	9	11,5	33,5	32,0	7,9	11,2	34	2,9	2
100 — 130 cm	6	6	8,5	51,5	22,0	7,9	11,2	32	3,25	6
130 — 170 cm	11	9	10,0	41,0	26,5	7,9	11,2	31	4,6	10
170 — 220 cm	14	5	5,0	37,0	35,0	8,0	9,2	28	6,5	22
220 — 260 cm	20	5	0	53,5	14,0	8,5	19,6	28	1,6	5

VERTISOL

A. MORI - Relations sol x végétation

Profil Be 23

Situation géomorphologique : Terrasse récente de l'Oued Béja
 Topographie : Plate, pente très faible
 Drainage : Bien drainée mais il peut y avoir des mouillères certains hivers.
 Végétation : Horménis, Chrysanthémum
 Régime agronomique : Cultures annuelles
 Surface : il n'y a pas d'horizon soufflé
 Matériau originel : Alluvion issue de vertisols foncés typiques

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Argileux - 2,5 Y 2/ - humide, très plastique, très adhésif et cohérent, la porosité est très diminuée, l'horizon de surface est surmonté d'une fine croûte blanchie parsemée d'agrégats, seuls « rescapés » de la battance - racines. Matière organique 2,6 %.
- 20 - 60 cm : Argileux, même couleur, humide, très plastique, très adhésif, pas de structure visible, seules quelques linéations apparaissent mais sans feuilletage visible, inclusions rares : quelques débris de coquilles.
- 60 - 140 cm : Argileux, la couleur paraît à l'œil à peine un peu plus claire (due probablement à une plus grande humidité ou plutôt à la présence d'eau « libre »). L'horizon se débite déjà en pans obliques limités par des faces brillantes, lissées, fortement inclinées et d'un bon développement, les mêmes inclusions subsistent, débris de coquilles, racines.
- 140 - 180 cm : Argileux, mêmes caractéristiques.
- 200 - ———> Plan d'eau.

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca %	Bases échangeables me%				
	A	L	STF	SF	SG			Ca	Mg	K	Na	T
0 — 20 cm	54	18	13	11	2	8,10	18,4	25,9	3,10	1,96	1,36	32,4
20 — 60 cm	57	17	12	10	2	8,15	23,4	26,6	4,10	0,86	1,78	34,0
60 — 140 cm	54,5	20	12		1	8,40	24,2	18,3	6,50	0,72	3,26	28,8
140 — 180 cm	57,0	18,5	13	8	1	8,50	25,4	16,0	8,80	0,52	3,48	28,8

VERTISOL

Vertisol lithomorphe

A. MORI - Relation sol x végétation

Profil Be 77 (Béja)

Situation géomorphologique : Groupe marneuse près Oued el Boul (Béja)

Topographie : Partie concave - Pente moyenne

Drainage : Zone bien drainée

Végétation : *Silène tunetana*, *Ridolfia Segestum*.

Régime agronomique : Cultures annuelles

Matériau originel : Marnes - Miocènes.

Description du profil :

- 0 - 3 cm : Pellicule craquelée donnant des petits polyèdres de 1/2 cms secs consistants et peu poreux. Des fentes apparaissent.
- 3 - 18 cm : Pris en masse, argileux, gris très foncé, 2,5 Y 3/1, fentes de retrait sec au sommet, faiblement humide à la base Racines. nombreuses. Matière organique 2,0 %
- 18 - 55 cm : Passage très progressif, argileux, gris très foncé, 5 Y 3/1, humide, faiblement adhésif linéations très lisibles mais pas de feuilletage, structure plutôt continue, compacité forte, 1 ou 2 taches blanches superficielles. Mat. Org. 1,6 %.
- 55 - 87 cm : Argileux, même couleur, plus humide, plus adhésif, miroirs de glissement nombreux et bien développés ne se recoupant pas, racines moins nombreuses.
- 87 - 150 cm : Horizon bizarre, argileux, couleur de fond; 5 Y 6/8 jaune olivâtre, mêlée à de nombreux filonnets, marbrures, coulées de plus en plus abondants vers le haut, très humide, très adhésif, miroirs de glissement nombreux, se recoupant, bien développés.
- 150 - 200 cm : Passage progressif à une marne jaune où la structure caractéristique en nodules n'apparaît que faiblement, taches grisâtres apparaissant, traces de gypse.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca %	Bases échangeables me%				
	A	L	STF	SF	SG			Ca	Mg	K	Na	T
0 — 3 cm	52,5	34	8	3		8,10	5,0	44,6	7,10	3,10	1,12	56,0
3 — 18 cm	73,0	13	7	3		8,10	4,4	40,7	8,70	2,08	2,50	54,0
18 — 55 cm	73	13	7	2		8,85	5,0	30,6	0,0	2,02	5,70	48,4
55 — 87 cm	60,5	21,5	7	4	2	8,00	13,6					
87 — 150 cm	52	20,5	14	5	4	8,05	23,0					

VERTISOLS

Sol vertique topolithomorphe

A. MORI - Relations sol x végétation

Profil Me 24

Situation géomorphologique : Cône alluvial de la terrasse récente (Michaud)

Topographie : Plat, pente faible

Drainage : Bien drainée

Végétation : Raphanus Raphanistrum, galactites tomentosa.

Régime agronomique : Cultures annuelles

Matériau originel : Marnes, Miocènes

Description du profil :

- 0 - 60 cm : Argileux, gris-olive 5 Y 4/2, humide, faiblement plastique, structure continue, compacité moyenne, quelques inclusions, nombreuses racines.
- 60 - 160 cm : Argileux, même couleur, très faiblement humide, faible tendance à la structure prismatique fine avec faces peu développées inclinées et lissées. Racines à pénétration verticale peu aisée.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca %	M.O. %	Bases échangeables me%				
	A	L	STF	SF	SG				Cl	Mg	Ca	Na	T
0 — 20 cm	50	18	13	15	2	7,9	34,3	18,0					
20 — 40 cm	50	19	13	15	2	8,0	35,6	15,8	26,0	2,90	1,16	0,74	30,8
60 — 100 cm	49	20	13	15	2	8,0	39,6		27,2	3,10	1,00	0,62	32,0

SOL ISOHUMIQUE

Sol isohumique subtropical chatain modal

R. GADDAS - Profil 493 - Etude 245

Topographie : Pente comprise entre 3 et 7 =

Végétation : *Hypéricum crispum* - *Carlino corymbosa* - *Cichorium
Mentibus* - *Asteriscus aquaticus* - *Linaria Lanigera* - *Rhapuncti-
cum Acaule* - *Convolvulus althaeoides*.

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Brun-rouge, texture limoneuse, structure nuciforme, friable, effervescence forte, riche en matière organique. Racines nombreuses, pH : 8,3.
- 30 - 70 cm : Rouge-brun, texture limono-argileuse, structure nuciforme à polyédrique. Effervescence forte. Faces lissées, quelques petits grains de silice.
- 70 cm : Rouge-brun, texture argilo-limoneuse, structure polyédrique à prismatique, porosité faible, très compact, très riche en nodules et tâches calcaires friables.

Analyses :

Profondeur	Granulométrie %					CO3 Ca %	Mat. Org. %	pH	Fer libre %	Fer total %	Fer l. Fer t.
	A	L	STF	SF	SG						
0 — 30 cm	18	31	11	26	14	10	2,9	8,3	0,42	3,5	0,12
> — 70 cm	29	28	8	22	14	12	1,1	8,5	0,34	3,5	0,09
30 — 70 cm	41	23	8	16	14	27	0,6	8,9	0,56	3,5	0,16

SOL ISOHUMIQUE

Sol isohumique subtropical brun modal

K. BELKHODJA - Profil 44 - Etude N. 272

Situation géomorphologique : En bas d'une colline dont le sommet est encroûté.

Matériau originel : Sable et argiles du Miopliocène

Régime agronomique : Non cultivé.

Description du profil :

- 0 - 25 cm : Frais brun, limono-sableux, structure nuciforme, friable, nombreux pores, racines et radicelles, petits granules calcaires.
- 25 - 70 cm : Brun beige clair, limono-sableux, structure massive se débite en éclats polyédriques, porosité moyenne, nombreux nodules calcaires de diamètre variable, certains friables crayeux d'autres durcis. Consistance et cohésion moyenne.
- 70 - 160 cm : Beige jaune, limono-sableux, structure massive se débite en éclats polyédriques, porosité moyenne, nombreux mycéliums calcaires et nodules blancs friables de 0,5 à 2 cm de diamètre, certains arrondis d'autres allongés avec des apophyses.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca %	M.O. %
	A	L	STF	SF	SG		
0 — 25 cm	19	11	8	43	19	12	1,2
25 — 50 cm	15	10	7	44	23	15	0,8
50 — 70 cm	19	7	5	46	22	10	0,5
70 — 100 cm	16	11	5	45	22	21,6	0,05

SOL ISOHUMIQUE

Sol isohumique subtropical chatain vertique

A. MORI - Relations sol x végétation - profil N. 18 SK

Situation géomorphologique : Terrasse de l'Oued Thibar

Topographie : Pente très faible

Drainage : Bon

Matériau original : Limon rouge quaternaire

Végétation : Hypericum crispum - Euphorbia

Régime agronomique : Cultures annuelles

surface : Des petites fentes de retrait apparaissent à la surface du sol.

Description du profil

- 0 - 10 cm : Limono-argileux, 7,5 YR 3/2, brun foncé, frais, faiblement plastique, faiblement adhésif, structure polyédrique peu nette, cohésion moyenne, porosité moyenne, racines, non calcaire, passage progressif.
- 10 - 40 cm : Limoneux, argileux, idem, frais, faiblement plastique, faiblement adhésif, structure polyédrique grossière (sur parois desséchée) à cohésion forte et porosité faible, racines, non calcaire, passage peu progressif.
- 40 - 85 cm : Argileux, 10 YR 3/2, noir, (grs brun foncé), faiblement plastique, faiblement adhésif, sur la paroi desséchée, apparaît une structure prismatique (7 cm) à sous-structure polyédrique nette, 2 à 3 cm à cohésion forte et porosité faible, la structure s'élargit vers la base où des miroirs de glissement peu développés apparaissent, la structure devient plus cubique. Racines Non calcaire
- 85 - 110 cm : Argileux, jaune-brun foncé 10 YR 4/4, structure prismatique à surstructure cubique de 3 à 4 cm, faces lissées, plus nettes mais moyennement développées, amas calcaires de 1 cm, durcis au centre, blanchâtres, quelques nodules, racines à pénétration difficile.
- 110 - 140 cm : Plus jaune, plus sec, la structure prismatique est plus effilée et se débite en petits cubes bruns individualisés de 2 à 4 cm, les amas calcaires sont plus nombreux, des coulées et des marbrures apparaissent çà et là. Pas de racines.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca %	M.O. %	Bases échangeables me%			
	A	L	STF	SF	SG				Mg	K	Na	T
0 — 10 cm	53	15	15	12	3	7,45	0	2,09	4,0	2,3	0,8	29,6
10 — 40 cm	52	16	15	12	3	7,30	0	1,78	4,0	1,7	0,7	34,0
40 — 85 cm	58	15	11	8	5	8,15	4,8		4,1	1,0	0,7	28,4
85 — 110 cm	50	27	11	7	3	8,15	23,4		3,2	1	0,7	26,0
110 — 140 cm	46	27	11	8	6	8,30	29,7		2,4	0,7	0,6	22,8

SOL ISOHUMIQUE

Sol isohumique subtropical noircis

A. MORI - Profil N. Be 60 dans l'étude des relations sol x végét. (Béja)

Situation géomorphologique : Glacis à croûte - profil sur la rupture de pente

Topographie : Pente moyenne

Drainage . Plan d'eau à 1,50 m

Matériau original : Marnes de transition Crétacé-éocène

Végétation : Rudérales et messicoles (Silène tunétana).

Régime agronomique : Cultures de betteraves.

Description du profil :

- 9 - 25 cm : Argilo-limoneux, brun gris foncé, humide, adhésif, structure en blocs avec fentes de retrait, inclusions, calcaire, racines.
- 25 - 45 cm : Argileux, brun gris foncé, structure polyédrique avec petites faces d'arrachement planes, inclusions plus nombreuses, calcaire, racines.
- 45 - 70 cm : Argileux, même couleur, structure polyédrique grossière avec faces lissées, après dessiccation produira une structure prismatique, inclusions plus nombreuses, calcaire, racines rares.
- 70 - → Argilo-caillouteux, jaune, très humide, plastique nombreux amas de calcaire pulvérulent, marmorisations de faible intensité par endroits.
Plan d'eau : à 1m,60

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO3 Ca %	M.O. %	Bases échangeables me%				
	A	L	STF	SF	SG				Ca	Mg	K	Na	T
5 — 25 cm	46	17	10	12	10	8,05	11,6	2,56	16,0	1,90	2,22	0,59	20,8
25 — 45 cm	67,5	18,5	5	4	0,5	8,25	15,2	2,06	27,4	5,50	1,20	1,01	35,2
45 — 70 cm	5,0	18,5	13	12	2	8,35	23,4		18,3	1,80	0,60	0,47	21,2
70 — →	28	28,5	13	18	12	8,55	52,7			1,70	0,40	0,95	3,0

SOL ISOHUMIQUE

Sol isohumique subtropical brun non calcaire

F.A.O. - Profil N. 138 - Etude 322

Situation géographique : Rive droite de l'oued El-Hassi à Henchir Djelouba.

Situation géomorphologique : Extrémité avale du plateau de Bled Zelfane.

Topographie : Plate à microrelief mamelonné

Végétation : Groupement à *Artémisia campestris* et *Plantago albica*

Renseignements agronomiques : Pâturages, localement cultures annuelles et plantations d'oliviers et abricotiers

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Sableux, brun rougeâtre foncé (5 YR 3/2), structure particulaire, porosité bonne, cohésion nulle, nombreux grains de quatre racines et radicelles nombreuses.
- 20 - 40 cm : Sableux, brun foncé (7,5 YR 4/2), structure particulaire, porosité bonne, cohésion faible, réaction H Cl nulle.
- 40 - 60 cm : Sableux, brun foncé (7,5 YR 4/2), structure particulaire, porosité bonne, cohésion faible, réaction H Cl nulle.
- 60 - 95 cm : Sablo-limoneux, brun foncé (7,5 YR 4/2) avec des taches plus claires, structure particulaire, porosité bonne, cohésion faible, réaction H Cl nulle. Dragées de quartz, racines et radicelles.
- 95 - 120 cm : Sableux à sablo-limoneux, brun rougeâtre (5 YR 4/4), structure en éclats, porosité bonne, cohésion faible dans l'ensemble avec quelques éléments de la structure (éclats) à cohésion moyenne à forte, matière organique faible, réaction H Cl nulle, quelques dragées de quartz, quelques radicelles.
- 120 et plus : Grès non calcaire durci en surface et contenant de nombreux grains et dragées de quartz, diaclasses (fentes) enrichies en calcaire provenant d'un lessivage oblique.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total	Mat. Org.	pH
	A	L	STF	SF	SG			
0 — 20 cm	7	3	2	14	73	0 %	2,1 %	8,6
20 — 40 cm	10	1	2	13	72	0	1,3	8,1
40 — 60 cm	10	2	1	15	71	0,8	0,9	8,3
60 — 95 cm	12	1	21	42	22	0,8	0,9	8,3
75 — 120 cm	7	1	12	8	70	0	—	

SOL ISOHUMIQUE

Sol isohumique subtropical châtain-rouge

P. MARTINI - Ph. GRAFFIN - Profil N. - Cheylus

(Non publié)

Situation géomorphologique : Glacis aux pieds d'une barre calcaire

Topographie : Pente faible

Matériau originel : Marnes grises du crétacé inférieur

Végétation :

Régime agronomique : Céréales.

Description du profil :

- 0 - 15 cm : Brun 7,5 YR 4/4 argilo-limoneux, structure grumeleuse à nuciforme, porosité moyenne, consistance et cohésion faible, calcaire faible, quelques petits cailloux calcaires, assez nombreuses racines.
- 15 - 40 cm : Brun 7,5 YR 4/4, argilo-limoneux, structure nuciforme porosité moyenne à assez forte, cohésion et consistance moyenne, quelques petits cailloux (plus rares que dans l'horizon précédent), calcaire moyen, bon enracinement.
- 40 - 65 cm : Brun rouge, 5 YR 4/4, argileux, structure polyédrique grossière (5 cm) se défaisant en polyèdres fins, quelques faces luisantes, porosité tubulaire moyenne à faible, cohésion moyenne à forte, consistance forte, quelques petites taches calcaires arrondies (0,5 cm), calcaire, racines.
- 65 - 95 cm : Brun rouge, 5 YR 4/4, argileux, structure prismatique moyenne (10 cm) se défaisant en cube à faces subhorizontales lissées puis en polyèdres fins, porosité tubulaire moyenne à faible, cohésion et consistance fortes, quelques petits granules et taches calcaires, calcaire, racines peu nombreuses.
- 95 - 115 cm : Brun rouge, 5 YR 4/4, argileux, structure cubique, quelques plaquettes à faces lissées, miroirs de glissement, petits granules et taches calcaires, calcaire moyen à fort, quelques racines.
- 115 - 150 cm : Brun rouge 5 YR 4/4 panachures grises et plages blanches (calcaire), argilo-limoneux, structure polyédrique moyenne bien individualisée, porosité faible, consistance et cohésion forte, amas calcaires pulvérulents plus ou moins consolidés concrétions moyennes (1 à 2 cm) très peu de racines, calcaire fort.
- 150 - 175 cm : Gris à taches brun rougeâtre et quelques taches bleutées (couleur de l'altération de la marne), limono-argileux, structure polyédrique mal définie, on retrouve le litage de la marne, filons de calcite, petites taches noires ferro-manganeuses, calcaire fort, peu de racines.
- 175 et plus : Gris, horizon d'altération de la marne, fragmentation en éléments de forme polyédrique vaguement arrondie par pellicules de desquamation, cassure plus ou moins conchoïdale.

Résultats d'analyses

ANNEXE - XXXII bis -

Profondeur	Granulométrie %					pH	M.O. %	Bases échangeables me%					Fer libre %
	A	L	STF	SF	SG			Ca	Mg	K	Na	T	
0 — 15 cm	45,5	27,0	11,5	6,5	4,2	8,1	1,8	29,4	2,94	1,16	0,23	34,1	2,6
15 — 35 cm	43,0	27,0	11,0	9,5	4,4	8,2	1,8	27,9	3,68	0,81	0,35	32,1	2,6
35 — 60 cm	50,5	29,0	9,0	4,0	3,3	8,5	0,8	28,9	2,94	0,63	0,53	32,8	2,5
60 — 87 cm	50,5	32,0	6,5	4,0	3,6	8,5	0,5	25,9	4,51	0,51	0,73	31,0	2,3
87 — 115 cm	47,0	39,0	5,5	3,0	2,5	8,8	tr.	23,5	2,84	0,52	0,96	27,5	2,0
115 — 140 cm	42,5	48,5	4,5	1,5	0,8	8,6	tr.	22,1	2,21	0,37	1,14	26,1	1,5
140 — 180 cm	42,5	48,5	5,0	1,5	0,5	8,7	tr.	19,8	4,31	0,33	1,42	26,0	1,85

SOL A MULL

Sol brun forestier

P. DIMANCHE - Profil 147 - Carte Fernana (non publié)

Végétation : Chêne Zeen - Agrimonia Eupatoria

Matériau originel : Argiles de l'oligocène

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Humifère, gris très foncé, argilo-limoneux, structure bien développée finement grumelleuse, moyennement nuciforme, à tendance polyédrique. Très colonisé par les racines et radicelles, cohésion à sec, cailloux peu abondants, limite inférieure nette.
- 20 - 50 cm : Peu humifère, argileux, structure finement polyédrique, bien développée, colonisé par les racines abondantes, limite inférieure assez nette.
- 50 - 100 cm : Non humifère, très argileux, structure finement et moyennement polyédrique bien développée, pseudogley moyen, taches grises et ocres assez abondantes, racines assez abondantes, limite inférieure progressive.
- 100 et plus : Argile oligocène peu altérée, schisteuse, à très fort pseudogley taches grises abondantes, rares racines.

SOL A MULL

Sols bruns lessivés

P. DIMANCHE - Profil 114 - Etude N. 303

Végétation ; Peuplement de chêne-liège

Matériau originel : Argiles et grès de l'oligocène

Description du profil :

- 0 - 10 cm : Limono-sableux. Très humifère. Noir (5 YR 2/1). Racines et radicules très abondantes. Meuble. Friable, Sec.
- 10 - 20 cm : Argilo-sableux. Assez humifère. Brun foncé (7,5 YR 3/2). Faiblement décoloré par taches. Racines assez abondantes.
- 20 - 40 cm : Argileux. Diffusion de l'humus par traînées le long des faces de structure. Brun jaune (10 YR 5/6) Racines peu abondantes.
- 40 - 60 cm : Argileux. Brun jaune foncé (10 YR 4/4). Quelques taches ocre et grises de pseudogley à la base. Racines peu abondantes.
- 60 - 80 cm : Argileux, tacheté fortement de gris et d'ocre, racines abondantes.
- 80 et plus : Argileux, tacheté fortement de gris et d'ocre.

SOL A MULL

Sol lessivé hydromorphe

P. DIMANCHE - Profil 47 - Etude N. 303

Végétation .. Forêt de chêne-liège

Matériau originel : Argiles schisteuses de l'oligocène

Description du profil :

- 0 - 15 cm : Sablo-limoneux (argile 10 %), brun très foncé (10 YR 2/2) humifère (4,9 %), C/N : 18,0, pH 5,2 (H2O) 4,3 (K Cl) structure finement grumeleuse, moyennement nuciforme assez développé, meuble, friable, frais, quelques cailloux, racines et radicelles assez abondantes.
- 15 - 30 cm : Sablo-limoneux (argile : 6 %), brun foncé à brun (10 YR 4/3), assez humifère (1,43 %), C/N : 7,4, pH : 5,3 (H2O), 4,3 (K Cl)
- 30 - 55 cm : Sablo-limoneux (argile : 9 %), brun jaune clair (10 YR 6/4), très peu humifère (0,52 %), C/N 6,2, pH 5,2 (H2O), 5,3 (K Cl) sans structure : fondu à l'état frais-cailloux abondants-racines abondantes.
- 55 - 90 cm : Sablo-limoneux (argile 6 %), brun jaune (10 YR 5/6) non humifère (0,28 %), C/N 3,3, pH 5,2 (H Cl), 4,6 (K Cl), faible pseudogley, taches de réoxydation du fer nettes mais peu abondantes.
- 90 - 120 cm : Argilo-sableux, texture équilibrée (argile 25 %), brun vif (7,5 YR 5/8) pH 4,8 (H2O), 4,1 (K Cl), structure moyennement nuciforme à polyédrique peu développée, meuble assez friable, pseudogley moyen, taches de réoxydation du fer nettes et assez abondantes, cailloux abondants, racines assez abondantes.
- 120 - 160 cm : Argilo-sableux (argile 34 %), structure finement polyédrique assez développée, assez meuble, assez cohérent, pseudogley moyen, cailloux abondants, racines assez abondantes.
- 160 et plus : Argile schisteuse, bigarrée de rouge et de gris.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %						pH	C/N	M.O. %
	A	L	STF	SF	SG	Grav.			
0 — 15 cm	10	15	8,0	21,0	43,0	5,158	5,2	18,0	4,81
15 — 30 cm	6	18	7,5	24,5	44,0	0,112	5,3	7,4	1,43
30 — 55 cm	9	13	6,5	20,5	48,0	0,049	5,8	6,2	0,52
55 — 90 cm	6	11	3,5	16,0	62,0	0,049	5,2	3,3	0,28
90 — 120 cm	25	15	2,5	14,5	43,0		4,8		
120 — 160 cm	34	13	2,0	11,4	39,5		4,9		

PODZOLS ET SOLS PODZOLIQUES

Sol podzolique à pseudogley

P. DIMANCHE - Profil 148 - Carte de Fernand (Non publié)

Topographie : Petite crête de grès

Végétation : Chênes-lièges médiocres - maquis à Erica Scoparia -
Lavandula Stoechas - Arbutus Unedo - Halimium halimifolium -
Erica Arborea - Viburnum Tinus - Cytisus triflorus.

Description du profil :

- 2 - 0 cm : AO : Mince, discontinu de feuille de chêne-liège.
- 0 - 10 cm : A1 : Brun très foncé (10 YR 2/2). Très humifère, structure grumeleuse, assez développée, très friable, très abondants grains de silice non revêtus, racines et radicelles très abondantes, limite inférieure nette.
- 10 - 40 cm : A21 : Sableux, brun très pâle (10 YR 7/3), particulière (sec) à fondu (frais) frange de diffusion de l'humus au sommet, gros fragments de grès assez abondants, racines assez abondantes.
- 40 - 70 cm : A22 : Sableux, brun jaune (10 YR 5/6), quelques taches ocres, sans structure, racines peu abondantes, gros fragments de grès.
- 70 - 90 cm : AB : Sableux, brun jaune clair à taches ocres (grès décomposés) abondantes, gley radicaire (peu abondant), racines peu abondantes.
- 90 - 130 cm : Bg : Argilo-sableux, brun jaune (10 YR 5/8), taches ocres abondantes, grises peu abondantes, racines assez abondantes, abondants fragments de grès.
- 130 - 150 cm : Cg : Argileux, bariolé de gris clair (5 YR 7/2) et rouge (2,5 YR 4/6) teinte de fond (brun jaune 10 YR 5/8), peu abondante structure polyédrique bien développée, racines assez abondantes.
- 150 et plus : Grès revêtu de rouge.

SOL A SESQUIOXYDES

Rouge méditerranéen non lessivé modal

J.-P. COINTEPAS - CG 1 (non publié)

Coordonnées : X : 538,9 et Y : 378,6 altitude 500 m environ

Topographie : Pente très forte

Végétation : Forêt à callitris articulata

Matériau originel : Terra Rossa dans un calcaire jurassique

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Brun rouge foncé 5 YR 3/2 (humide) humifère, grumeleux cohésion faible, porosité forte, non calcaire. Passage très progressif.
- 30 - 90 cm : Brun rougeâtre, 5 YR ou 2,5 YR 4/5 polyédrique à grumeleux cohésion faible, nombreux débris de calcaire mais la masse rouge ne fait pas effervescence. Horizon inclus dans une fissure plus ou moins large. Passage progressif.
- 90 - 210 cm : Rouge jaunâtre, 2,5 YR 4/6, polyédrique sur-structure polyédrique grossière à cubique, porosité très faible, cohésion et consistance moyenne non calcaire.
- 210 - 300 cm : Rouge jaunâtre, 2,5 YR 4/6, polyédrique bien développé, surstructure polyédrique moyenne à grossière. Porosité très faible, cohésion forte, consistance moyenne quand est sec, quelques gros nodules calcaires peu durcis, calcaire. Très nombreuses racines sur tout le profil.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO3 Ca %	Rét. %
	A	L	STF	SF	SG		
0 — 30 cm	47	29	8	6	2	0	27,8
30 — 90 cm	61	20	6	5	1	0	
90 — 210 cm	68	15	8	5	1	0	30,7
210 — 300 cm	74	15	5	2	1	2,6	30,6

SOL A SESQUIOXYDES

Sol rouge méditerranéen non lessivé modal

J.-P. COINTEPAS et P. DIMANCHE - CMB 3 (non publié)

Topographie : Glacis à forte pente 7 %

Végétation : Jachère

Matériau originel : Grès oligocène

Description du profil :

- 0 - 20 cm : Sableux, polyédrique mal individualisé, porosité moyenne cohésion faible, non calcaire.
- 20 - 50 cm : 5 YR 4/6 humide et sec sablo-argileux, polyédrique moyen, tendance à un léger lissage des faces, porosité forte, humide collant, quelques veinules rouges plus foncées (5 YR 3/6 ?).
- < 50 cm : Grès altéré jaune foncé humide, altération en boue 5 YR 4/6, localement 5 YR 3/4, porosité faible, humide collant.

Racines nombreuses jusqu'à 5 cm, quelques racines rares dans les fissures du grès jusqu'à 80 cm. Autour de ces racines (pseudogley radiculaire).

(CMB 21 5 YR 6/8 à 5/8 suivant degré d'oxydation et humide 5/8 → 4/8).

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					CO ₃ Ca total %
	A	L	STF	SF	SG	
25 — 50 cm	30	3	4	29	29	0
< 50 cm	7	0	2	51	41	0
Argile < 50 cm	40	2	3	22	19	0

SOL A SESQUIOXYDES FAIBLEMENT FERRALLITIQUE

J.-P. COINTEPAS et P. ROEDERER : carrière de Taméra (non publié)

Situation géomorphologique : versant

Topographie : Pente forte

Végétation : Forêt de chêne-liège

Matériau originel : Grès et argiles miocènes avec intrusions (dacites ?)

Description du profil :

- 0 - 30 cm : Brun-rouge foncé humifère, polyédrique émoussé à grumeleux, poreux, très humide, racines très nombreuses.
- 30 - 100 cm : Rouge, polyédrique fin à moyen bien développé, légère structure prismatique, agrégats très lissés, compact, taches noirâtres de fer.
- 100 - 300 cm : Rouge s'éclaircit progressivement, concrétions de fer et manganèse de plus en plus nombreuses.
- < 300 cm : Rouge plus clair, taches jaunes. Léger pseudo-gley au niveau des racines.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca total %	SO ₄ %	Mat. Org. %
	A	L	STF	SF	SG				
0 — 15 cm	5	21	14,5	27	29,5	7,0	2,4	0,65	4,33
15 — 25 cm	15	21	16	25,5	19,5	6,8	2,4	0,65	3,61
25 — 100 cm	40	12	8,5	14,5	21,5	6,5	2,4	0,60	0,88
100 — 145 cm	44	13	11,5	16,5	11,0	5,9	2,4	0,75	0,36
145 — 190 cm	44	14	10,5	16,5	8	5,7	2,4	0,80	0,60
190 et +	38	13	12	22,5	12,5	6,2	2,8	0,70	0,46

Profondeur	Ca me %	Mg me %	K me %	Na me %	T me %	Na/T %	Fer libre %	Fer total %
0 — 15 cm	14,5	1	0,37	0,62	19,8	3,14	0,67	25,3
15 — 25 cm	12,6	0,4	0,67	0,75	17,5	4,3	0,56	25,1
25 — 100 cm	5,4	3	0,25	0,37	10,1	3,7	0,67	21,9
100 — 145 cm	5,4	0,6	0,10	0,25	8,6	2,9	1,54	22,2
145 — 190 cm	5	0,8	0,10	0,25	8,6	2,9	1,37	19,65
190 et +	4,6	0,4	0,12	0,25	6,6	3,8	1,9	28,3

SOLS HYDROMORPHES - HUMIFÈRE

(Tourbière)

P. RÆDERER - Profil RDF 5 (inédit)

Situation : à 10 km à l'Est d'Ain Draham

Géomorphologie : Cuvette entre des bancs de grès

Matériau original : Argiles et grès de l'oligocène (numidien)

Végétation : Heleocharis

Quelques sphaignes beaucoup de mousses.

Description du profil

- 0 - 1 cm : Très noir, riche en matière organique, sablo-limoneux, riche en sable grossier, humide, collant.
- 1 - 40 cm : Plus rougeâtre, plus sableux, humide, plus riche en matière organique.
- 40 - 80 cm : Brunâtre, sableux, riche en matière organique, odeur de sulfure, riche en fer.
- 80 - 100 cm : Plus gris, sablo-limoneux, argile plus marquée, moins de matière organique, sulfures, moins riche en fer.
- 140 - 160 cm :
- 160 - 200 cm : Gris, argilo-limoneux, compacts, très humide, peu de matière organique.

Résultats d'analyses

	A %	L %	STF %	SF %	SG %	pH	SO4 %	C %	M.O.	N %	C/N
0 — 1 cm	8	13	3,5	14,0	48,0	4,8	0,9	21,4	37,0	1,74	12,3
1 — 40 cm	4	7	1,5	13,5	60,0	3,0	2,4	26,9	46,4	1,87	13,6
40 — 80 cm	4	9	3,5	17,0	53,0	2,9	4,8	24,2	41,8	1,44	16,8
80 — 100 cm	10	14	4,5	14,5	46,0	3,5	5,9	20,0	34,5	1,33	15,0
100 — 140 cm	10	20	7,0	16,5	37,0	2,7	0,4	15,8	27,5	1,40	11,3
140 — 160 cm	16	20	9,5	20,0	28,0	3,3	5,6	10,0	17,2	0,49	20,4
160 — 200 cm	32	25	13	16,0	13,5	3,6	0,6	1,9	3,4	0,42	4,5

Extrait saturés

	Cond. mmhos/cm	Cl me/l	CO3 H me/l	Ca me/l	Mg	Na me/l	SAR	Na/T calculé	Fe libre %	Fe total %
0 — 1 cm	4,7	36	1,8	7	8	25	9,3	11	1,2	3,7
1 — 40 cm	7,2	20	0,5	13	34	20	4,2	4,5	0,8	4,2
40 — 80 cm	6,7	13	0	13	36	15	3	3	0,8	6,1
80 — 100 cm	6,3	16	0,5	17	15	20	4,3	4,7	0,6	4,4
100 — 140 cm	9,8	102	0,4	19	38	26	5	5,7	0,8	6,6
140 — 160 cm	8,7	37	0,7	12,5	37	26	5,4	6,1	0,5	4
160 — 200 cm	3,3	25	0,8	7	5	12	4,6	5,5	0,7	1,4

SOL HYDROMORPHE HUMIQUE A GLEY

P. DIMANCHE.- Profil N. 39 - Etude 303

Situation : Thalweg en pente très forte (60 %) gros blocs de grès en surface.

Végétation : Beaux chênes zeen. Maquis clairsemé, Pteridium aquilinum, Rubus, Dryopteris.

Sol : Litière très épaisse (5 à 10 cm) de feuilles non décomposées (L) et partiellement décomposées (F) : teneur en matière organique : 26,89 % - C/N : 78

Description du profil :

- 0 - 25 cm : Sablo-limoneux (argile 9 %), très humifère (8,19 %), C/N : 17,8, pH : 4,9 (H₂O), 4,1 (K Cl), structure finement grumeleuse, moyennement nuciforme, abondants grains de sable décapés, fragments organiques non décomposés, cailloux assez abondants, meuble, friable, racines et radicelles très abondantes.
- 25 - 60 cm : Texture équilibrée, brun très foncé (10 YR 2/2), très humifère (6,55 %), C/N : 15,0, pH : 4,5 (H₂O), 3,9 (K Cl), structure moyennement nuciforme à polyédrique peu définie (frais), cailloux abondants, meuble, friable, racines très abondantes.
- 60 - 85 cm : Sablo-argileux, gris très foncé (10 YR 3/1), humifère (3,27 %), C/N : 16,9, pH : 4,5 (H₂O), 4,2 (K Cl), taches rouilles abondantes pseudogley assez fort, cailloux abondants, structure finement polyédrique et moyennement polyédrique à nuciforme bien développée, racines assez abondantes.
- 85 et plus : Presque complètement réduit (gley) gris bleuté à taches rouilles, quelques racines, cailloux abondants, suintement permanent.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					Graviers	pH	C/N	M.O. %
	A	L	STF	SF	SG				
Litière	9	17	10,0	35,5	29,5	0,2	5,9	78	26,89
0 — 25 cm	14	18	11,5	30,0	27,5	0,3	4,9	17,8	8,19
25 — 70 cm	20	19	10,5	27,5	24,0	0,3	4,5	15,0	6,55
70 — 90 cm	16	15	11,5	33,5	25,0	0,1	4,5	16,9	3,27

SOL HYDROMORPHE A PSEUDIGLEY

A. LE COQ - Profil 290 dans étude 330

Sol peu humifère à pseudogley, à taches et concrétions sur sable éolien remanié.

Situation : Terrasse de l'Oued El Herka dans l'Henchir Mouaden.

Pente : 3 %.

Végétation : *Ormenis mixta* - *Trifolium arvense*

Description du profil :

- 0 - 15 cm : Horizon frais, bariolé de gris et de gris-beige, texture sableuse, structure particulière, très poreux, peu cohérent, quelques graviers de grès, racines fines très nombreuses.
Passage ondulé et graduel.
- 15 - 25 cm : Horizon humide, beige tacheté de brun, se débitant en éclats anguleux, 2 éclats de silex noir Ibéro-Morusien, semblable pour le reste à l'horizon précédent.
Passage interrompu et graduel.
- 25 - 40 cm : Horizon mouillé, beige-clair tacheté de brun quelques cailloux de grès et quelques concrétions brunes.
- 40 - 45 cm : Horizon trempé, lit de concrétions, quelques gros galets de grès, exutoire des horizons supérieurs.
Passage régulier et tranché
- 45 - 100 cm : Horizon, humide, bariolé de brun et de brun-rouge quelques taches grises, texture sablo-argileuse à équilibrée, structure massive, poreux, cohérent.
Passage régulier et diffus
- 100 - 150 cm : Horizon humide, bariolé de gris, de brun et de brun-rouge, texture sablo-argileuse, structure massive, poreux, cohérent (les déblais secs sont très cohérents)

SOL HYDROMORPHE A REMISE EN MOUVEMENT DU CALCAIRE

A. MORI - Relations Sol - Végétation (inédit) - Profil N. 14

Topographie : Pente nulle

Drainage : Plan d'eau en profondeur

Matériau originel : Limon issu de limons rouges eux-mêmes issus de grès.

Végétation : Rudérales et Messicoles.

Description du profil :

- 0 - 25 cm : Limono-argileux, 7,5 YR 4/2, brun sombre, très humide, plastique, adhésif, pas de structure visible, compacité moyenne, inclusions de cailloux, racines abondantes. Passage peu progressif.
- 25 - 47 cm : Argileux, 10 YR 3/2, gris brun sombre, humide, très plastique, très adhésif, polyédrique peu nette, compacité moyenne, racines moins nombreuses. Passage progressif.
- 47 - 90 cm : Argilo-limoneux, 2,5 Y 5/6, jaune olive, humide, non plastique, non adhésif, polyédrique, compacité forte, taches et marbrures plus foncées, accumulation calcaire forte et diffuse, amas mal individualisés.
- 90 - 160 cm : Limoneux, très humide, très plastique, très adhésif, compacité forte, accumulation calcaire sous forme d'amas et de grosses poupées mame-lonnées et agglomérées de 4 à 5 cm. Racines rares.
- 160 cm : Plan d'eau.

Résultats d'analyses

Profondeur	Granulométrie %					pH	CO ₃ Ca %	M.O. %
	A	L	STF	SF	SG			
0 — 25 cm	37	27,5	16	12	6	8,30	7,1	19,3
25 — 47 cm	57	10	14	12	5,0	8,50	4,4	14,9
47 — 90 cm	41	23,5	11	13	10	8,30	26,1	
90 — 160 cm	34	19	19	10	26	8,35	35,7	

CARTE PEDOLOGIQUE DE LA TUNISIE

ECHELLE : 1 500.000



Procédé et Impression - Division des Sols - TUNIS 1973

LEGENDE

- SOLS MINERAUX BRUTS D'ORIGINE CLIMATIQUE**
- Reg de roche ou de croûte
 - Erg, dunes, nekhas
- D'ORIGINE NON CLIMATIQUE**
- Sols d'apport éolien
 - Sols d'apport fluvial
 - Lithosols (et sols lithologiques)
 - Régosols (et sols régosoliques)
 - Lithosols, régosols (éventuellement sols lithologiques et régosoliques, associés à de rares sols calcimorphes)
- SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ORIGINE CLIMATIQUE D'APPORT**
- Sols peu évolués d'apport ou sols gris subdésertiques
 - Sols peu évolués ou sols gris subdésertiques associés à des sols à croûte ou encroûtement gypseux
- D'ORIGINE NON CLIMATIQUE D'APPORT**
- Sols d'apport modaux sur sable éolien
 - Sols d'apport modaux sur apport fluvial
 - Sols d'apport vertiques sur apport fluvial ou bournet éolien de sabkha
 - Sols d'apport hydromorphes
 - Sols d'apport faiblement salés
 - Sols d'apport modaux, vertiques et salés (localement verticaux sols ou sols halomorphes peu salés à alcalis)
 - Sols d'apport modaux associés à des lithosols sur croûte calcaire ou gypseuse
- SOLS CALCIMORPHES MORPHES RENDZINIFORMES**
- rendzines et sols bruns calcaires sur croûte ou conglomérat
 - Lithosols et rendzines sur croûte ou conglomérat
 - Sols calcimorphes et lithosols, régosols (en association avec des sols lithologiques et régosoliques)
 - Sols calcimorphes, lithosols et (ou) régosols sur roche géologique et localement sur croûte calcaire
 - Sols calcimorphes et sols rouges méditerranéens s. l. en association avec des lithosols et sols lithologiques
 - Sols calcimorphes et sols vertiques (ou verticaux) en association avec des régosols et sols régosoliques
 - Sols calcimorphes et sols à mull en association avec des lithosols et régosols
 - Sols bruns calcaires (ou sols châtains polyphosés)
 - Sols bruns calcaires "tirés" (ou sols châtains "tirés" polyphosés)
- A ACCUMULATION GYPSEUSE**
- Sols à croûte ou encroûtement gypseux
 - Sols gypseux associés à des régosols
 - Sols calcimorphes calcaires et gypseux
 - Sols à encroûtement gypseux et sols peu évolués d'apport

- VERTISOLS TOPOLITHOMORPHES**
- Vertisols topolithomorphes modaux
 - Vertisols topolithomorphes à caractères de salure
- LITHOMORPHES**
- Vertisols lithomorphes modaux et à caractères moyennement accentués
- SOLS ISOHUMIQUES SUBTROPICAUX**
- Sols châtains, chatain-rouge et châtains encroûtés
 - Sols bruns et brun-rouge
 - Sols bruns encroûtés
 - Sols bruns associés à des régosols ou des lithosols
 - Sols bruns jeunes, sols bruns et sols peu évolués d'apport à faciès isohumiques
 - Sols bruns associés à des sols à croûte ou à encroûtement gypseux
 - Sols bruns associés à des sols calcimorphes ou des lithosols sur croûte ou encroûtement calcaire
 - Sols bruns jeunes (ou sierozeims)
 - Sols bruns jeunes (ou sierozeims) associés à des lithosols sur croûte calcaire
- SOLS A MULL DES PAYS TEMPÉRÉS**
- Sols bruns associés à des lithosols, régosols, sols lithologiques et régosoliques
 - Sols bruns et bruns faiblement lessivés
 - Sols bruns, sols lessivés, généralement hydromorphes (associés à des lithosols, régosols, sols lithologiques et régosoliques)
 - Sols lessivés, et localement sols lessivés podzolitiques (associés à des lithosols et régosols)
- SOLS A SESQUIOXYDES**
- Sols rouges méditerranéens modaux
 - Sols rouges hydromorphes
- SOLS HALOMORPHES**
- Sols très salés à encroûtement salin superficiel
 - Sols très salés à horizon superficiel poudreux
 - Association des deux unités précédentes
 - Sols très salés (sodins ou solons à alcalis) à encroûtement gypseux de nappe
 - Sols salés à horizon superficiel friable
 - Sols à alcalis très salés
 - Sols à alcalis peu ou moyennement salés
- SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX**
- Sols à gley d'ensemble
 - Sols à gley salés
 - Sols à pseudogley
 - Sols à redistribution du calcaire
 - Sols à encroûtement gypseux très souvent à caractère de salure

- SIGNES COMPLÉMENTAIRES**
- ÉROSION**
- Lithosols ou régosols dominant sur les sols évolués
- ROCHES - MÈRES**
- (Unités lithostratigraphiques d'après P. F. BIZOLLET, G. CASTANY, A. JAUZEIN...)
- a - Calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies (formations Nora, Bireno, Annaba, Abiad, Mellouli)
 - b - Grès peu ou non calcaires (grès continentaux de l'oligocène)
 - c - Grès calcaires (formation Porto-Farina, dunes quaternaires...)
 - d - Roches meubles : sables, argiles, éboulis ou conglomérats (formation Ségué...)
 - e - Marnes (formations El Horra, Souar...)
 - f - Marnes, marno-calcaires et calcaires (formations Fahdene, Aleg...)
 - g - Marnes sableuses et grès calcaires, localement calcaires et dolomies (formations Oum Daouil, grès du Trias...)
- FORMATIONS PÉDOLOGIQUES**
- Crôte calcaire
 - Accumulation de gypse (croûte, encroûtement, gypse microcristallisé)

