

Pedo

OFFICE NATIONAL DES IRRIGATIONS
PERIMETRE DE LA BASSE MOULOUYA
MISSION D'ETUDES GENERALES
SERVICE DE PEDOLOGIE

Plaine du Zebra

CARTE PEDOLOGIQUE

1/ 20.000^e

DESCRIPTION ET MISE EN VALEUR DES TYPES DE

SOLS CARTOGRAPHIES

par

A. RUELLAN

Pédologue ORSTOM

NOTE PROVISOIRE

JUIN 1962
O. R. S. I. O. M.
Collection de Référence
n° B 11278 ex 1

La note qui va suivre doit être considérée comme un travail provisoire. Rédigée très rapidement à la demande de ceux qui ont besoin de nos résultats pour continuer la préparation de l'avant-projet de mise en valeur des périmètres rive gauche du périmètre de la Basse Moulouya, cette note n'a aucune prétention ni de style, ni de présentation. Nous avons cependant essayé d'être clairs et précis, ce qui n'est pas facile quand il faut écrire rapidement ; nous avons surtout cherché à être complet, à donner le maximum de renseignements, à préciser au mieux nos idées sur les problèmes posés par la mise en valeur des sols de la Plaine du Zebra. Nous espérons n'avoir rien oublié.

I.- CARACTERES GENERAUX

Tous les sols de la Plaine du Zebra appartiennent à la classe des sols steppiques isohumiques et dans cette classe à la sous-classe des sols steppiques à profil saturé ; et presque tous appartiennent au groupe des sols steppiques, sous-groupe des sols bruns-rouges steppiques.

Ceci signifie que les sols sont essentiellement dus à l'action de quatre processus d'évolution :

1°) La steppisation proprement dite, c'est à dire la répartition isohumique, profonde, d'une matière organique très évoluée : mull à rapport carbone sur azote faible, voisin de 10 en surface, encore plus faible en profondeur. Le taux de matière organique est assez fort en surface : il oscille en général entre 2 et 2,5 %, mais il peut atteindre et dépasser 3 %. A 50 cm de profondeur, il y en a en général encore de 0,5 à 0,7 %.

2°) Le lessivage du calcaire avec accumulation en profondeur : les sols sont presque toujours plus calcaires en profondeur qu'en surface. Mais, en dehors d'une zone réduite, due à la présence d'une roche mère non calcaire, les sols sont toujours fortement calcaires dès la surface : le plus souvent entre 15 et 25 %. Aussi bien en quantité que morphologiquement, l'accumulation du calcaire est très variable : simple blanchissement, tâches, granules, nodules, encroûtements plus ou moins puissants et plus ou moins tuffeux, croûtes, dalles, les résultats analytiques variant de 30 à 90 %. Cette accumulation commence en général vers 30 - 50 cm de profondeur. Signalons que cette accumulation dans sa profondeur, son taux et sa morphologie sont très liés à l'âge des dépôts et à la topographie. Quelques exemples essentiels : les collines, les abords amonts d'une rupture de pente, la partie haute de cette pente, ont toujours un niveau d'accumulation de calcaire plus forts que ceux des sols avoisinant ; par contre les fonds de vallée ont toujours un niveau d'accumulation plus faible.

3°) La rubéfaction des horizons de profondeur ; cette rubéfaction , si on la compare à celle des sols de la plaine des Triffa, n'est cependant presque jamais très forte.

4°) L'accumulation d'argile en profondeur : comme pour le calcaire, le taux d'argile augmente progressivement avec la profondeur, atteint un maximum vers 50 - 80 cm, puis en général rediminue. Le maximum atteint oscille le plus souvent entre 35 et 40 %.

Les autres caractères des sols de la Plaine du Zebra sont :

Texture : la somme argile plus limons dépasse souvent 60 % ; il y a toujours beaucoup de sables fins (20 à 40 %) et peu de sables grossiers (moins de 15 %, souvent moins de 10 %). Si en dehors de la zone Nord et Nord Est proche de la montagne, les sols sont en général peu ou non caillouteux, il faut cependant signaler la présence très fréquente de niveaux caillouteux à l'intérieur du sol ; ces niveaux ont des épaisseurs très variables, en général 5 à 30 cm ; il peut y en avoir plusieurs dans un même profil ; ils sont en général plus épais et plus nombreux près de la montagne.

Structure : elle est en général polyédrique à nuciforme en surface, polyédrique de plus en plus fine en profondeur. La stabilité de cette structure est toujours faible et même souvent extrêmement faible. En surface, les sols sont presque toujours "glacés", une faible pluie suffisant pour provoquer ce glaçage.

Porosité : elle est, actuellement avant irrigation, toujours très bonne, en particulier dans les 20 à 30 premiers centimètres du sol où il y a un intense travail animal.

Capacité de rétention : Malgré les taux d'argile souvent élevés, elle est toujours assez faible : 20 à 25 %. C'est surtout le taux de matière organique qui la fait varier : elle est donc souvent plus forte en surface qu'en profondeur.

Densité apparente : elle est en général de 1 à 1,1 en surface ; de 1,3 à 1,5 dans les horizons d'accumulation d'argile.

Perméabilité : elle est en général, actuellement avant irrigation, assez bonne. Mais nous manquons pour l'instant d'éléments précis sur ce point.

Azote : il y en a toujours très peu : 0,10 à 0,13 % en surface, beaucoup moins en profondeur ; cet azote est bien entendu en très grande partie sous forme organique, surtout dans les horizons de surface.

Phosphore : il y en a également toujours très peu, surtout en ce qui concerne le phosphore dit assimilable : P2 O5 total = 1 o/oo en moyenne ; P2 O5 assimilable = 0,10 à 0,15 o/oo en surface, moins en profondeur.

Potassium : il y en a en général beaucoup ; le taux de K2O total peut atteindre et dépasser 10 o/oo ; celui du K2O assimilable varie de 0,3 à 1 o/oo en surface ; il est plus faible en profondeur. Comme pour l'azote et le phosphore assimilable, le taux de potassium assimilable est très lié à celui de la matière organique.

Salure et alcalisation : presque tous les sols de la plaine sont alcalisés (pH eau supérieur à 9, pH KCL supérieur à 7) et beaucoup de sols sont très salés (plus de 3 o/oo), ceci à partir d'une profondeur variable : la surface est très rarement salée (en général moins de 1 o/oo) et rarement alcalisée. Le plus souvent l'alcalisation, qui semble être à la fois sodique et magnésienne, commence vers 30 - 40 cm de profondeur et la salure (plus de 1,5 o/oo) vers 50 cm. Les sols non salés et ceux, moins fréquents, non alcalisés, ne se trouvent qu'en bordure Nord et Nord-Est de la plaine et, dans le reste de la plaine, que dans les fonds de vallées sur une largeur souvent réduite à quelques mètres.

o o
o

Sur le plan de la mise en valeur, il faut retenir :

a) D'abord et avant tout la salure et l'alcalisation qui affectent la presque totalité des sols de la plaine du Zebra. Salure et alcalisation très dangereuses pour de nombreuses cultures, mais surtout alcalisation responsable de la mauvaise stabilité structurale des horizons de profondeur riches en argile : une mise en eau sans précaution risque de provoquer rapidement la dispersion de l'argile, donc l'imperméabilité du sous-sol, donc un drainage très défectueux dont les conséquences seraient extrêmement graves. Depuis Février 1960, et surtout depuis Juin 1961, date de la création de la Station Expérimentale de la Plaine du Zebra, nous nous attachons à résoudre les problèmes posés par ces sols : problèmes de dessalage, de désalcalisation, de stabilisation de la structure, de maintien des améliorations obtenues, tout ceci par des méthodes économiquement valables, c'est à dire rapides, peu coûteuses et permettant une rentabilisation immédiate du périmètre.

Ces problèmes ne sont pas encore résolus et ne le seront certainement pas avant deux ou trois années. Il est donc impossible à l'heure actuelle de dire avec précision ce qu'il sera possible de faire sur la plaine du Zebra : surfaces cultigables, cultures possibles, améliorations nécessaires, coût de ces améliorations, etc... ; un avant projet de mise en valeur est donc très délicat à rédiger : aucune décision importante ne peut être prise actuellement. Dans les pages qui vont suivre, après avoir rapidement parlé des autres problèmes que posent la mise en valeur des sols de la plaine du Zebra, nous décrirons succinctement les différents types de sols que nous avons cru devoir différencier, et, pour chacun d'entre eux, nous résumerons ce que nous pensons de leur fertilité : éléments favorables et défavorables pour une culture irriguée, aménagements à prévoir, précautions à prendre, cultures possibles ; mais tout ce que nous dirons sera presque toujours conditionné par la résolution des problèmes posés par la salure et l'alcalisation : c'est un point sur lequel nous tiendrons à insister fréquemment.

b) La richesse en calcaire : en dehors, des problèmes posés par la mise en valeur des sols peu épais sur croûtes calcaires (voir pages 34 à 40), presque tous les sols étant fortement calcaires, riches en calcaires fins, beaucoup de productions sensibles au calcaire seront impossibles, et en particulier celle des agrumes. Il sera d'autre part intéressant pour certaines productions, telle en particulier celle des plantes fourragères, de choisir, si possible par l'expérimentation, celles qui seront les mieux adaptées à un milieu calcaire. Enfin, cette richesse en calcaire, associée aux pH élevés, posera très probablement assez rapidement des problèmes de fertilisation assez graves : celui des oligo-éléments qui sont dans ces sols en grande partie inassimilables ; des carences risquent de se produire, en particulier sur les arbres fruitiers, carences toujours difficiles à étudier avec précision et difficiles à éliminer.

c) La pauvreté en matière organique : son taux diminuera encore sous irrigation en culture intensive. Or il est capital que les sols de la plaine du Zebra ne s'appauvrissent pas mais au contraire s'enrichissent en matière organique qui facilitera l'alimentation des plantes dans un milieu calcaire, augmentera la capacité de rétention, stabilisera la structure des horizons de surface, et surtout facilitera la désalcalisation des horizons de profondeur donc la stabilisation de leur structure. Les cultures fourragères devront donc être très abondantes dans la plaine du Zebra : cultures fourragères qui apporteront elles-mêmes de la matière organique mais surtout qui permettront un élevage producteur de fumier ; cultures fourragères qui auront bien d'autres avantages dont

celui, si elles sont bien choisies (enracinement profond mais fasciculé : mélanges graminées - légumineuses) et correctement cultivées (voir note sur les méthodes d'irrigation), d'améliorer la structure à la fois en surface et en profondeur. On pourra également essayer de développer les engrais verts : leur utilité sous un climat comme celui du Zebra est cependant très discutée.

d) L'accumulation d'argile : nous avons déjà parlé de la gravité des problèmes posés par cette accumulation d'argile localisée à structure très instable : l'ensemble de la mise en valeur des sols de la plaine du Zebra dépend de la résolution de ce problème. Cette accumulation d'argile, quand elle est brutale, ce qui est assez fréquent, présente un deuxième inconvénient : elle pourra être un obstacle physique à la pénétration des racines. Des sous-solages profonds (60 - 80 cm) seront donc peut être nécessaires, mais ceci seulement si la stabilité structurale a été préalablement améliorée.

e) La stabilité structurale : en ce qui concerne celles des horizons de profondeur, nous n'avons rien à ajouter : l'avenir nous dira si elle est améliorable, et par quels moyens. Si elle ne l'est pas, la périmètre est probablement condamné. Pour les horizons de surface, il suffit de regarder l'état actuel des sols irrigués dans la Plaine des Triffa pour se rendre compte des résultats d'une culture irriguée mal conduite sur des sols à structure superficielle instable : il y a d'une part destruction à peu près complète de la structure sur les 30 premiers centimètres du sol, d'autre part compactage et diminution de la porosité sur une dizaine de centimètres entre 20 et 30 cm de profondeur ; ce compactage s'accompagne presque toujours d'un noircissement (tirsification). Pour lutter contre cette dégradation de la structure, il faudra : -

- apporter de la matière organique
- développer les cultures fourragères à enracinement fasciculé -(graminées)
- intensifier les façons culturales : labours profonds plus fréquents (il faudrait un labour à 30- 35 cm tous les deux ans, ou plutôt, comme le suggère MAHLER des griffages profonds), binages beaucoup plus fréquents, si possible, tant que l'on peut entrer dans les cultures, après chaque irrigation, une fois le sol ressuyé mais non encore complètement sec et durci.
- modifier les méthodes d'irrigation (voir la note consacrée à ce sujet).

f) La capacité de rétention : elle est étonnement faible vue la richesse en argile des horizons de profondeur. Une série d'étude, que nous ne pouvons détailler ici, nous amène à penser que ceci est dû à une micro-structure particulière ; il est donc probable que la capacité de rétention

augmentera lentement quand les sols seront irrigués : ce phénomène semble déjà se produire sur des parcelles que nous irriguons depuis 2 ans. Elle augmentera également par l'apport de matière organique.

g) Les niveaux caillouteux : La présence de ces lits de cailloux sera à la fois bénéfique et néfaste. Bénéfique car, dans la mesure où ils sont continus, ces niveaux faciliteront le drainage; d'autre part, séparant généralement deux limons de granulométries différentes, ils peuvent faciliter la pénétration de l'eau dans l'horizon inférieur qui est en général le plus argileux. Néfaste pour deux raisons : il est fréquent que ces niveaux ne soient pas continus mais soient sous forme de lentilles plus ou moins proches les unes des autres mais non reliées entre elles ; ils ne peuvent alors assurer le drainage; bien au contraire ils peuvent favoriser, dans la mesure où l'horizon sous-jacent est assez imperméable, la formation de poches d'eau à faible profondeur. D'autre part, quand ils sont situés à faible profondeur, ce qui est fréquent (30, 40, 50 cm), ils constituent un obstacle certain pour le développement des racines, obstacle qu'il est impossible d'éliminer.

h) Les éléments fertilisants : si les engrais potassiques seront nécessaires sous forme d'une fumure d'entretien, par contre les apports réguliers d'azote et phosphore seront absolument indispensables ; azote sous forme ammoniacale, le sulfate d'ammoniaque étant particulièrement intéressant étant donné son action désalcalisante, en milieu calcaire, par son anion sulfate ; phosphore sous forme de superphosphate, ou peut-être, c'est à essayer, sous forme d'hyperphosphate. Les apports de matière organique contribueront également grandement à l'enrichissement du sol en azote, phosphore et potassium. En ce qui concerne les oligo-éléments, rappelons les difficultés qui risquent d'apparaître étant donnée la richesse en calcaire. Enfin, signalons que les carences en Bore que prévoient MAHLER dans l'Appendice de son rapport sur le Boarg, sont en effet très probables. Nous n'avons pas encore fait de dosage de Bore dans les sols mais nous en avons fait dans l'eau de la Moulouya : il n'y en a absolument pas. Les apports de Bore seront donc nécessaires pour certaines cultures

i) Rappelons pour terminer les problèmes posés par le relief (voir l'étude géologique et géomorphologique), relief qui pose des problèmes de pentes : ce relief est soit très mouvementé, soit assez régulier mais à pente forte (1 à 3 %) ; relief qui est responsable de la variabilité très grande des sols ce qui ne facilitera la mise en valeur, les travaux d'aménagement ; des cartes de tri détaillé des sols au 1/5.000^e seront souvent nécessaires.

D'après le type d'accumulation du calcaire, nous avons classé les sols en deux grandes catégories.:

- les sols profonds : sols ne présentant pas à moins de 50 cm de profondeur un horizon très fortement encroûté.

- les sols peu profonds : sols de moins de 50 cm d'épaisseur sur encroûtement tuffeux ou croûte calcaire.

II.- LES SOLS PROFONDS

A.- Les sols châtaîns rouges steppiques, à taches, granules et nodules calcaires

- a) Situation : ils forment une petite tache dans la zone Nord du périmètre, à l'Est de Zafo.
- b) Topographie : pentes variables, souvent assez fortes ; nombreux axes de drainage.
- c) Roches-mères : limon rharbien peu calcaire, sur limon soltanien peu ou non calcaire provenant de la décomposition des schistes et quartzites vert-olive de la nappe rifaine (roche mère n° II), sur limon tensiftien (roches-mère n° 9 ou 7 sur 5 ou 6). La présence insolite de ces sols dans la plaine du Zebra est donc due à une roche mère qui s'est déposée non calcaire.

d) Description d'un profil moyen :

0 à 10 - 30 cm : brun rouge ocre ; structure polyédrique à nuciforme ; surface un peu g'acée ; peu calcaire (1 à 3 %) ; assez fortement caillouteux : la surface est fortement caillouteuse ; terre fine à granulométrie essentiellement sableuse : 15 à 25 % d'argile, 50 à 60 % de sable (majorité de sables fins).

10-30 à 40-60 cm : brun-rouge foncé, souvent rouille ; structure prismatique très forte ; sous-structure grumeleuse au sommet, polyédrique fine à la base ; non ou très peu calcaire ; graveleux mais non ou peu caillouteux ; terre fine à granulométrie argilo-sableuse : 45 à 50 % d'argile, 35 à 40 % de sable (majorité de sables fins), donc très peu de limons.

40-60 à 70-90 cm : lit de cailloux de 5 - 10 cm, souvent absent, au sommet de cet horizon. Puis brun-rouge ; structure polyédro-cubique fine à facettes lissées ; taches et quelques granules calcaires ; taux de calcaire variable (5 à 20 %) ; graveleux et finement caillouteux ; quand le lit de cailloux supérieur est absent, c'est l'ensemble de l'horizon qui est assez fortement caillouteux ; granulométrie de la terre fine à peu près identique à celle de l'horizon précédent, quelquefois un peu moins argileuse.

70-90 à 150 cm : nouveau lit de cailloux identique au précédent. Puis limon
Tensiftien : moins rouge ; structure polyédro-cubique fine à facettes lissées, pouvant devenir plus large en profondeur ; taches et granules calcaires très nombreux ; des nodules peuvent apparaître en profondeur ; taux de calcaire variable : 20 à 50 % en surface, 20 à 40 % en profondeur (granules et nodules mis à part) ; localement, cet horizon peut devenir très tuffeux en surface et même s'encroûter en croûte ; graveleux et finement caillouteux ; granulométrie de la terre fine en général assez argileuse en surface (35 à 40 %) beaucoup moins en profondeur, au profit des limons et surtout des sables fins. Il peut y avoir d'autres niveaux caillouteux à l'intérieur de cet horizon, ou le limitant vers le bas avant 150 cm.

e) Porosité : porosité grossière très bonne, porosité fine bonne sauf dans l'horizon à structure prismatique.

f) Stabilité structurale : faible à très faible en surface (horizon cultivé) : $I_s = 3$ à 7 ; meilleure en profondeur : $I_s = 1,5$ à 3.

g) Capacité de rétention : dans l'horizon très argileux à structure prismatique elle est assez forte : en moyenne 30 % ; en surface et en profondeur elle est de 20 à 25 %.

h) Matière organique : 1,8 à 2,5 % en surface : 0,6 à 0,9 % à 50 cm de profondeur.

i) Éléments fertilisants : comme tous les sols de la plaine du Zebra, ces sols sont pauvres en azote et riches en potassium. Mais pour le phosphore ils sont particulièrement riches : il y a 1 à 2 o/oo de P₂ O₅ total, et jusqu'à 40 cm de profondeur, il y a 0,2 à 0,4 o/oo de P₂ O₅ assimilable.

j) Salure et alcalisation : ces sols ne sont jamais salés (salure toujours inférieure à 1 o/oo) et ne sont généralement pas alcalisés (ils ne sont quelque fois un peu dans le limon térsiftien).

Sur le plan de la mise en valeur, il faut retenir :

- D'abord que ces sols ne sont ni salés, ni alcalisés ; donc pas de problèmes de ce côté là.

- Ils sont toujours fortement caillouteux en surface et assez caillouteux dans l'ensemble du profil. Des travaux d'épierrage, à faire par le propriétaire, seront donc nécessaires et une culture comme la betterave ne pourra y être introduite, du moins pendant les premières années.

- Ils sont très fortement argileux entre 10 - 30 cm et 70 - 90 cm ; mais la stabilité structurale étant assez bonne, il n'y a probablement pas de grand danger d'hydromorphie par manque de drainage (une tirsification lente est cependant possible). Un problème existe cependant : la limite entre cet horizon très argileux et l'horizon supérieur sablo-caillouteux est toujours très brutale ; d'où possibilité d'engorgement de surface et difficultés de pénétration pour les racines. On pourra essayer de remédier à cet inconvénient en essayant, par un travail profond, de mélanger les horizons.

- Ces sols sont profondément non calcaires : c'est donc la seule zone du périmètre où on pourrait penser faire des cultures sensibles au calcaire actif. C'est également une zone où les problèmes de fertilisation seront les moins nombreux.

Nous classons ces sols en catégorie n° 2.

B.- Les sols bruns-rouges steppiques à tâches, granules et nodules calcaires, peu calcaires en surface

a) Situation : ils forment des tâches assez peu importantes dans le nord et le Nord - Ouest de la plaine.

b) Topographie : Idem sols châtaîns.

c) Roches-mères : limon rharbien peu calcaire (assez souvent absent) sur limon Soltanien peu calcaire en surface, calcaire en profondeur (roche mère n° 10 ou roche-mère n° 11 moins argileuse et recalcariifiée), sur limon tensiftien (roche-mère n° 7 sur roche mère n° 5 ou 6).

d) Calcaire : 3 à 10 % sur les 20 premiers cm de sol ; 10 à 20 % jusqu'à 40 cm ; 20 à 40 % en dessous (granules et nodules mis à part), avec un maximum situé à une profondeur très variable. Ce maximum, dans des zones de passage à des encroûtements peut atteindre et dépasser 50 %. Les taches, granules et nodules calcaires commencent en général vers 30 - 40 cm ; on a d'une façon très générale la succession suivante : taches, puis taches et petits granules, puis augmentation progressive de la taille des granules, puis taches et nodules de plus en plus gros avec la profondeur ; mais les variantes sont très nombreuses ; la zone la plus tachée se situe en général entre 40 et 80 cm ; c'est cette zone qui, latéralement, peut passer à des encroûtements plus ou moins tuffeux et à des croûtes.

e) Granulométrie : Sols souvent fortement caillouteux en surface. Dans le profil, ils sont toujours fortement graveleux et finement caillouteux à tous les horizons. Les niveaux entièrement ou presque entièrement caillouteux sont fréquents ; il y en a toujours 1 à 3 par profil de 1,50 mètre de profondeur ; souvent ces cailloutis sont assez épais et le sol peut devenir entièrement caillouteux à partir de 70 - 100 cm de profondeur. La terre fine est toujours assez riche en sables grossiers (10 à 20 %) ; le taux d'argile augmente progressivement avec la profondeur, puis rediminue : 15 à 20 % en surface, 35 à 40 % dans le niveau d'accumulation qui se situe en général entre 30 et 80 cm, 20 à 35 % au-dessous ; il y a presque toujours plus de sables fins que de limons.

f) Structure : elle est polyédrique à nuciforme en surface, dans l'horizon cultivé. (5 - 10 cm) ; puis polyédrique de plus en plus fin avec la profondeur : elle devient souvent polyédro-cubique à facettes lisses à partir de 40 - 50 cm de profondeur ; plus profondément, la structure peut redevenir plus large ; quelque fois elle disparaît. La stabilité structurale est toujours très faible en surface, dans l'horizon cultivé. Is de 3 à 8. En profondeur elle est en général meilleure : Is de 2 à 4 ; localement elle peut être cependant très faible : Is de 4 à 10.

g) Porosité : Bonne

- h) Capacité de rétention : elle est de 20 à 25 % à tous les horizons.
- i) Matière organique : elle est de 1,5 à 2,5 % en surface ; 0,4 à 0,6 à 50 cm ; il y en a donc moins que dans les sols châtaîns.
- j) Elements fertilisants : pauvres en azote et riches en potassium. Pour le phosphore, ils sont généralement pauvres, sauf quand on se rapproche des sols châtaîns ; ils ne sont cependant jamais aussi riches que ces derniers.
- k) Salure et alcalisation : ces sols ne sont jamais ou très rarement salés ; ils ne sont jamais très salés : salure presque toujours inférieure à 1,5 ‰, toujours inférieure à 3 ‰. Par contre ils sont souvent alcalisés à partir de 40 cm de profondeur.

Nous parlerons de la mise en valeur de ces sols après avoir décrit le type suivant.

C.- Les sols bruns-rouges steppiques à taches, granules et nodules calcaires, calcaires en surface

- a) Situation : ils couvrent des surfaces importantes dans la moitié Nord et Nord-Est du périmètre.
- b) Topographie : en général, pentes assez régulière de 1 à 3 % ; les pentes deviennent progressivement plus faibles quand on s'éloigne de la montagne.
- c) Roches-mères : limon rharbien calcaire généralement absent, sur limons Soltaniens calcaires (roche-mères n° 10, 12 ou 13), sur limon tensiftien (roche-mères n° 7, sur roche-mère n° 5 ou 6).
- d) Calcaire : 10 à 20 % de calcaire dès la surface ; 20 à 40 % en dessous (granules et nodules mis à part), avec un maximum situé à une profondeur très variable. Très souvent ces sols sont en mélange avec des sols peu épais de 40 - 50 cm sur encroûtement plus ou moins tuffeux (50 à 60 % de calcaire) granulaire et nodulaire ; il nous a semblé difficile de les séparer étant donné que l'on passe en permanence de l'un à l'autre. Pour la succession des taches, granules et nodules, voir type de sol précédent.

e) Granulométrie : ces sols sont fortement caillouteux en surface près de la montagne ; quand on s'éloigne de la montagne, ils deviennent progressivement moins caillouteux puis non caillouteux en surface. Dans le profil, ils sont toujours graveleux et finement caillouteux à tous les horizons, plus fortement près de la montagne. Pour les niveaux caillouteux, c'est comme pour le type de sol précédent ; ils sont cependant moins épais quand on s'éloigne de la montagne. Pour la granulométrie de la terre fine, c'est identique au type de sol précédent ; le niveau d'accumulation d'argile est cependant quelque fois plus épais, en particulier quand on s'éloigne de la montagne : on peut encore avoir 35 à 40 % d'argile à 100 cm de profondeur.

f) Structure : identique au type de sol précédent ; la structure polyédro-cubique est cependant souvent mieux développée, sur une épaisseur plus grande, ceci en particulier quand on s'éloigne de la montagne. La stabilité structurale est identique à celle du profil précédent ; elle est cependant quelque fois nettement meilleure tout à fait en profondeur, au-dessous de 100 cm : Is de 1,0 à 1,5.

g) Porosité : bonne

h) Capacité de rétention : elle est de 20 à 27 % à tous les horizons ; elle est toujours nettement plus forte en surface qu'en profondeur.

i) Matière organique : 1,8 à 2,5 % en surface ; 0,4 à 0,7 % à 50 cm ; ces sols sont donc intermédiaires entre les sols châtaîns et le type de sol précédent.

j) Éléments fertilisants : ces sols sont pauvres en azote et phosphore, riches en potassium.

k) Salure et alcalisation : ces sols sont très rarement non salés, non alcalisés (quelques axes de drainage). Près de la montagne ils sont généralement alcalisés non salés ; quand on descend vers le Sud, ils deviennent peu salés (1,5 à 3 o/oo) et alcalisés, puis très salés (plus de 3 o/oo) et alcalisés. Il s'agit bien entendu toujours d'une salure et alcalisation de profondeur, commençant vers 40 - 60 cm.

La mise en valeur des sols bruns-rouges steppiques à tâches, granules et nodules, qu'ils soient calcaires ou peu calcaires en surface, dépend avant tout, pour la plupart d'entre eux, de la résolution des problèmes posés par la salure et l'alcalisation. Nous croyons cependant pouvoir déjà avancer qu'une partie de ces sols seront très probablement faciles à améliorer

et même que l'on ne risque pas grand chose à les irriguer sans améliorations préalables. D'une façon générale, plus on s'éloigne de la montagne vers le Sud, plus les difficultés augmentent :

- Salure et alcalisation augmentent
- le niveau argileux à structure instable augmentent d'épaisseur
- la proportion de graviers et petits cailloux, qui doivent faciliter le drainage des horizons profonds diminue.

Nous avons donc classé ces sols en catégorie 2 quand ils ne sont qu'alcalisés ou alcalisés peu salés (moins de 3 o/oo de sels totaux) ; nous les avons classés en catégorie 3 a (sols qui seront irrigables comme ceux de la catégorie 2, après une amélioration probablement assez facile) quand ils sont très salés, ceci correspondant d'autre part à une augmentation des difficultés posées par l'horizon d'accumulation d'argile.

En dehors de ces problèmes posés par la salure et l'alcalisation, il faut souligner :

- ces sols auront souvent besoin d'un épierrage, à faire par le propriétaire, et une culture comme la betterave sera souvent impossible du moins pendant les premières années ; d'autre part les niveaux caillouteux sont souvent particulièrement développés.

- si une partie de ces sols est peu calcaires en surface, ceci n'intéresse qu'une faible épaisseur ; dès 40 cm de profondeur au maximum, il y a plus de 20 % de calcaire, et on atteint souvent les 40 % dès 50 - 60 cm (plus haut dans les zones de passage à des encroûtements). La culture de plantes à enracinement profond sensible au calcaire sera donc à proscrire. Pour beaucoup de cultures, en particulier celles à enracinement un peu profond, les sols peu calcaires en surface seront cependant probablement les plus productifs.

D.- Les sols bruns-rouges steppiques à tâches sur roche-mère complexe

a) Situation et topographie : ils se situent en général dans les fonds de vallées assez peu creusées ou sur les bords des vallées plus profondes, ceci dans l'ensemble de la plaine sauf dans la partie Nord du périmètre.

b) Roche-mères : limon soltanien (roche mère n° I2) sur limon amirien (roche-mère n° 4), tinsiftien (roche-mère n° 7 ou 8) ou villafranchien (roche-mère n° I ou 2).

c) Calcaire : toujours fortement calcaires dès la surface : 20 à 25 %. Par contre l'horizon d'accumulation qui se situe entre 30 et 70 cm est généralement moins calcaire que dans les types de sols précédents : 30 - 35 %. Les taches calcaires commencent généralement vers 30 - 40 cm de profondeur ; leur quantité diminue avec la profondeur. Il n'y a pas ou peu de granules.

d) Granulométrie : ces sols sont rarement caillouteux et finement graveleux. Les niveaux caillouteux sont peu nombreux et peu épais. En ce qui concerne la granulométrie de la terre fine, ces sols sont toujours fortement argileux à partir de 30 - 40 cm de profondeur, et le restent très profondément, jusqu'à plus de 1,50 m : 35 à 50 % d'argile, quelque fois plus (le plus souvent 40 à 45 %) ; 65 à 80 % d'argile plus limons, quelque fois plus : toujours très peu de sables grossiers : généralement moins de 10 % souvent moins de 5 %.

e) Structure : polyédrique à nuciforme en surface, puis polyédrique de plus en plus fin avec la profondeur : dès 40 cm et jusqu'à plus de 1,50 m, on a une fine structure polyédro-cubique à facettes lisses. La stabilité structurale est toujours très faible dans l'horizon cultivé. Is de 3 à 8 ; elle est faible à très faible en profondeur : Is généralement de 3 à 6, mais il n'est pas rare d'avoir des Is supérieur à 10.

f) Porosité : bonne

g) Capacité de rétention : elle est de 20 à 27 % à tous les horizons ; elle est presque toujours nettement plus forte en surface qu'en profondeur.

h) Matière organique : 1,4 à 2,1 % en surface ; 0,3 à 0,9 % à 50 cm de profondeur ; ces sols sont donc, par rapport aux autres, plus pauvres en surface, mais souvent plus riches en profondeur.

i) Éléments fertilisants : ces sols sont pauvres en azote, et phosphore, riches en potassium.

j) Salure et alcalisation : ces sols sont presque toujours très salés et très alcalisés ; on peut trouver jusqu'à plus de 10 o/oo de sels totaux. Ils ne sont dessalés que tout à fait au fond de certains talwegs, sur une largeur souvent incartographiable. Ils ne sont désalcalisés que tout à fait exceptionnellement.

Pour ces sols, c'est donc une fois encore la résolution des problèmes posés par la salure et l'alcalisation qui prédomine. Et nous pensons que cette résolution sera beaucoup plus délicate que pour les types de sols précédents, ceci étant donné l'épaisseur de l'horizon argileux à structure instable et l'absence de graviers et petits cailloux. Nous avons donc classé ces sols en catégorie 3 b (sols qui seront irrigables comme ceux de la catégorie 2, mais après une amélioration qui sera probablement assez difficile). Quand ils sont ni salés, ni alcalisés, ce qui est exceptionnel, nous les avons classés en catégorie 2 ; nous aurions pu les classer en catégorie I s'ils avaient été moins argileux, si la stabilité structurale avait été meilleure, et s'ils ne se situaient pas dans des axes de drainage soumis périodiquement à l'action des eaux ruisselantes (érosion et dépôt).

En dehors des problèmes posés par la salure et l'alcalisation, il faut souligner :

- Ces sols ne sont pas caillouteux et les lits de cailloux sont rares et peu épais ; donc pas de problème de ce côté là,

- Leur horizon d'accumulation du calcaire est plus faible que celui des types de sols précédents,

Sans salure ni alcalisation, ces sols seraient donc plus productifs que les précédents.

E.- Les sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche-mère assez argileuse, salés et alcalisés

- a) Situation : ces sols couvrent de petites surfaces le long de l'Oued Zebra et de son principal affluent orienté S SW - N NE.
- b) Topographie : terrasses souvent assez larges (100 à 300 mètres) ; pente assez faible ; micro relief régulier.
- c) Roche-mères : limon Soltanien (roche-mère n° I4).
- d) Calcaire : généralement assez peu calcaires en surface : I2 à 20 %

Le niveau d'accumulation, très fortement taché, est généralement très concentré : il commence vers 30 - 40 cm, il atteint son maximum vers 50 - 60 cm (20 à 30 % de calcaire), puis les taches diminuent très vite et disparaissent souvent en profondeur où le taux de calcaire se maintient à 15 - 25 %.

e) Granulométrie : ces sols ne sont pas caillouteux, sauf en bordure de la terrasse où ils peuvent être légèrement caillouteux en surface. Les niveaux caillouteux sont rares et peu épais. Ils présentent un niveau d'accumulation d'argile très marqué : dès 25 - 30 cm, le taux d'argile atteint 30 % ; il atteint 35 à 40 % vers 50 - 60 cm, puis il rediminue pour se maintenir à 25 à 30 %. Il est intéressant de noter que les taux d'argile plus limons dépassent rarement les 60 % ; par ailleurs il y a peu de sables grossiers : 5 à 10 %. Ce sont donc les sables fins qui dominent très nettement : 40 à plus de 50 %.

f) Structure : elle est polyédrique à nuciforme en surface ; polyédro-cubique à facettes lisses dans l'horizon d'accumulation d'argile ; polyédrique large ou inexistante en profondeur. La stabilité structurale est toujours extrêmement faible ; on peut même considérer qu'elle est nulle dès que l'accumulation d'argile commence et en profondeur : Is de 4 à 8 jusque vers 20 - 30 cm de profondeur, puis supérieurs à 10, puis oscillant entre 20 et 100.

g) Porosité : bonne.

h) Capacité de rétention : elle est d'une façon générale un peu plus faible que dans les types de sols précédents : 18 à 23 %.

i) Matière organique : ces sols sont particulièrement pauvres en matière organique : 1,3 à 1,8 % en surface 0,2 à 0,4 % à 50 cm de profondeur.

j) Éléments fertilisants : ces sols sont pauvres en azote et phosphore, riches en potassium.

k) Salure et alcalisation : ces sols sont toujours très salés et très alcalisés. Nous pensons cependant que leur dessalage et désalcalisation sera assez facile étant donné que l'horizon argileux, pouvant devenir imperméable, est peu épais. Et même si la désalcalisation se révèle difficile, si cet horizon argileux devait constituer un écran imperméable, étant donné qu'il est peu épais et proche de la surface on pourra plus facilement remédier à ces inconvénients (travail profond du sol à refaire tous les ans). Nous avons donc classé ces sols en catégorie 3 a.

Rappelons que ces sols ne sont pas caillouteux et que les lits de cailloux sont rares ; il n'y a donc pas de problèmes de ce côté là. Rappelons également qu'ils sont moins calcaires, en profondeur, que la majorité des sols de la plaine.

F.- Les sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche-mère assez argileuse, non salés

- a) Situation et topographie : ces sols couvrent de petites surfaces éparpillées dans l'ensemble de la plaine : fonds de vallée et terrasses le long de l'Oued Zebra et de ses 2 grands affluents. Le micro-relief est quelque fois assez accentué.
- b) Roche-mères : limon rharbien sur limon soltanien (roche-mère n° I3 ou I5).
- c) Calcaire : I5 à 20 % de calcaire en surface. Le niveau d'accumulation du calcaire, marqué par l'apparition de taches, commence généralement vers 30 - 50 cm de profondeur ; ces taches sont souvent peu nombreuses, diffuses, et peuvent disparaître en profondeur. Le taux de calcaire de cette accumulation est en général assez faible : il dépasse rarement 30 %. Il est d'autre part fréquent qu'il n'y ait pas vraiment accumulation de calcaire à un niveau déterminé, mais seulement augmentation progressive du taux de calcaire avec la profondeur, ce taux atteignant 25 à 30 % vers 1 mètre de profondeur.
- d) Granulométrie : si ces sols ne sont généralement pas ou peu caillouteux en surface, ils le sont par contre assez souvent en profondeur, en particulier le long de l'Oued Zebra où les lits de cailloux sont souvent très développés. La granulométrie de la terre fine est assez variable : il y a toujours un niveau d'accumulation d'argile, mais son taux et sa profondeur sont très variables (25 à 40 % d'argile à une profondeur qui peut-être aussi bien de 40 cm que d'1 mètre). Sur les terrasses du Zebra, l'accumulation d'argile est toujours beaucoup moins marquée (et souvent même inexistante) que celle des sols situés dans des talwegs. Il y a toujours beaucoup de sables fins : 30 à 50 % dans les sols situés dans les fonds de vallées, 40 à 60 % sur les terrasses du Zebra et de ses deux grands affluents. Signalons que dans les talwegs, il est fréquent que ces sols ne fassent qu'1 mètre à 1,20 m d'épaisseur et on retrouve alors en profondeur les limons amiriens, ou tensiftiens, beaucoup plus argileux, plus calcaires, fortement tachés.

e) Structure : elle est polyédrique à nuciforme en surface puis polyédrique généralement assez large ; elle peut disparaître, tout à fait en profondeur. La structure polyédro-cubique à facettes lisses n'existe jamais sauf quand on retrouve en profondeur le limon amirien ou tensiftien. La stabilité structurale faible dans l'horizon cultivé (Is de 4 à 8), s'améliore un peu entre 10 et 50 - 60 cm (Is de 2 à 4), puis redevient très faible en profondeur (Is de 4 à 10).

f) Porosité : Bonne

g) Capacité de rétention : elle est de 23 à 28 % en surface, de 19 à 23 % en profondeur.

h) Matière organique : ces sols sont nettement plus riches en matière organique dans les fonds de vallée (2,0 à 2,5 % en surface ; 0,6 à 0,9 % à 50 cm de profondeur) que sur les terrasses de l'Oued Zebra (1,5 à 2,0 % en surface ; 0,4 à 0,6 à 50 cm de profondeur).

i) Eléments fertilisants : pauvres en azote et phosphore, riches en potassium.

j) Salure et alcalisation : ces sols sont rarement salés ; par contre ils sont assez souvent alcalisés ; cependant il semble que cette alcalisation soit toujours assez faible (sauf en profondeur quand apparaissent les limons amiriens ou tensiftiens) ; d'autre part, l'accumulation d'argile étant généralement assez faible, nous ne pensons pas qu'il y ait des risques d'imperméabilisation du sous-sol, sauf peut-être tout à fait en profondeur quand apparaissent les limons amiriens ou tensiftiens.

Nous avons donc presque toujours classé ces sols en catégorie n° 2, même quand ils sont légèrement salés (plus de 1,5 o/oo, mais toujours moins de 3 o/oo). Quand ils ne sont ni salés, ni alcalisés, nous aurions pu les classer en catégorie 1 ; mais rappelons les points suivants :

- ils sont souvent fortement caillouteux, avec de nombreux niveaux caillouteux ;
- la stabilité structurale est faible à très faible ;
- il y a souvent à partir de 100 à 120 cm, un limon nettement plus argileux, salé et alcalisé ;
- ils ouvrent presque toujours des surfaces faibles, isolées au milieu de sols de catégorie 3 ;

- ils se situent dans des conditions topographiques généralement délicates : terrasses assez basses de l'Oued Zebra et de ces deux principaux affluents, pouvant subir de temps en temps l'action des très grosses crues ; ou bien fonds de vallées, souvent délicats à aller irriguer, et soumis périodiquement à l'action des eaux ruisselantes (érosion et dépôts) (quand ces vallées sont très étroites et profondes, nous avons même classé ces sols en catégorie 3).

G.- Les sols bruns-rouges steppiques et jeunes alluviaux

- a) Situation et topographie : ces sols couvrent de petites surfaces éparpillées dans l'ensemble de la plaine : fonds de vallées généralement très encaissées, basses terrasses le long de l'Oued Zebra et de son principal affluent orienté S SW - N NE, petits cônes de déjection près des montagnes. Le micro relief est toujours, très mouvementé.
- b) Roche-mères : Dépôts subactuels, rharbiens ou soltaniens jeunes.
- c) Calcaire : ces sols sont en général presque isocalcaires ; les taux de calcaire n'augmentent pas ou très peu avec la profondeur ; mais ces taux de calcaire sont assez variables d'un profil à l'autre : 20 à 30 %. Il n'y a jamais de taches calcaires, sauf tout à fait en profondeur, au delà d'1 mètre quand on trouve un limon plus ancien, soltanien, tensiftien ou amirien ; le taux de calcaire peut alors monter à plus de 40 %.
- d) Granulométrie : S'agissant de sols jeunes sur dépôts récents, la granulométrie est extrêmement variable d'un profil à l'autre et à l'intérieur même d'un profil. Près de la montagne et sur les basses terrasses, ces sols sont généralement composés d'une succession de niveaux entièrement caillouteux alternant avec des niveaux limono-caillouteux très faibles en argile (10 à 20 %). Dans les fonds de vallée, on peut également trouver cette succession mais avec des niveaux limoneux moins caillouteux, plus argileux (20 à 25 %) ; généralement on trouve des sols peu caillouteux, formés d'une succession de dépôts limoneux séparés par des lits de cailloux ayant 5 à 30 cm d'épaisseur (sur 1,50 m d'épaisseur il y a deux ou 3 lits de cailloux) ; les dépôts limoneux ont des granulométries assez variables

(20 à 40 % d'argile, 45 à 70 % d'argile + limon) ; ils sont généralement plus argileux en profondeur qu'en surface, mais il est fréquent de voir l'inverse ; en surface il y a souvent, par petites taches, des dépôts sablo-argileux (dépôts actuels). Signalons que dans les talwegs, comme pour le type de sol précédent, il arrive, mais moins fréquemment, que l'on retrouve à plus d'un mètre de profondeur les limons amiriens, tensiftiens, ou soltanien ancien.

e) Structure : elle est polyédrique à nuciforme en surface et inexistante en profondeur (sauf quand on retrouve un limon plus ancien). La stabilité structurale est très faible.

f) Porosité : bonne

g) Capacité de rétention : elle est souvent particulièrement forte (20 à 30 %), ceci étant dû à la richesse en matière organique et peut être à l'absence de la micro structure ;

h) Matière organique : ces sols sont particulièrement riches en matière organique dans les fonds de vallées : 2 à 3 % jusqu'à 10 à 15 cm de profondeur ; 1,5 à 2,3 % à 20 cm ; 1 % et même plus à 50 cm ; on peut encore souvent trouver des taux de 1 à 2 % à 80 - 90 cm de profondeur. Ceci s'explique pour deux raisons : ces sols situés dans des axes de drainage importants, sont les plus humides, d'où une végétation importante ; d'autre part ces sols conservent encore en profondeur la matière organique ancienne formée avant la mise en place des dépôts plus récents. Sur les basses terrasses, les sols sont nettement moins riches en matière organique : 0,8 à 1,4 % en surface ; 0,4 à 0,6 % à 50 cm.

i) Éléments fertilisants : pauvres en azote et phosphore, riches en potassium.

j) Salure et alcalisation : ces sols ne sont jamais salés ; ils sont rarement alcalisés.

Nous avons classé des sols en catégorie 2, 3 ou 4, d'après leur richesse en cailloux et leur position topographique.

H.- Cultures à faire sur l'ensemble des sols profonds

Rappelons une fois de plus que ce que nous dirons dans les pages qui vont suivre n'est applicable immédiatement qu'aux sols que nous avons classés en catégorie deux : pour ceux classés en catégorie 3 a et 3 b, nous supposons que ce sera également applicable, mais une fois seulement résolus les problèmes posés par la salure, l'alcalisation et leurs conséquences.

Nous devons souligner un 2^e point : étant donné d'une part la salure de l'eau de la Moulouya, d'autre part le climat très sec, très chaud, très venté de la plaine du Zebra, climat donc très évaporant, il ne faudra jamais introduire des cultures trop sensibles aux sels, en particulier celles ayant un enracinement peu profond : ces cultures donneront des productions, mais faibles, peu rentables. Nous pouvons citer des chiffres : sous calant (luzerne), dans la plaine du Zebra, avec des doses d'irrigation très fortes assurant un lessivage à chaque irrigation, la salure se maintient, après deux ans d'irrigation, à 1,5 - 2 o/oo en surface, 1 o/oo en profondeur. Sous billons (coton), dans la plaine du Zebra, avec des doses d'irrigation moins fortes mais assurant malgré tout un drainage à chaque irrigation, sur un sol non salé avant irrigation (1 o/oo), après 6 mois d'irrigation (Juin - Novembre 1962) la salure est de 3 à 10 o/oo sur le sommet du billon (profondeur 0 - 5 cm) ; elle est de 1 à 3 o/oo à 10 - 15 cm de profondeur ; elle est de 1 à 2 o/oo plus profondément. Toujours dans la plaine du Zebra, sur le même type de sol, sous billons (betterave) après 6 mois d'irrigation d'automne et d'hiver (Septembre à Mars), avec des doses assurant un drainage à chaque irrigation, la salure est également aussi forte.

Donc si on adopte, ce qui semble logique, l'idée de ne donner aux plantes, en particulier pendant l'été, que ce dont elles ont strictement besoin (Evapo-transpiration potentielle moins 2 mm/jour), et donc de ne procéder au lessivage des sels qu'une fois par an (voir note sur les méthodes d'irrigation), le taux de salure dans les sols augmentera progressivement toute l'année pour atteindre probablement un chiffre moyen de 1,5 o/oo sur l'ensemble du profil (100cm), soit probablement un minimum de 2 à 3 o/oo vers la surface sur les 30 à 40 premiers cm.

Soulignons que ces observations sur la salure par l'eau d'irrigation sont également valables pour les autres périmètres de la Basse Moulouya (Triffa, Boarg, Gareb) ; cependant les climats y étant moins arides, moins évaporants que dans la plaine du Zebra, la concentration des sels sera moins forte.

Rappelons enfin que les gelées sont fréquentes en hiver, en particulier dans le centre de la plaine ; c'est un point important dont il faut tenir compte pour les dates de semis de certaines cultures.

Voyons maintenant quelles sont les productions qui pourront être développées sur les sols profonds de la plaine du Zebra.

12) Les cultures fourragères

Ces cultures, sous forme de prairies temporaires de deux à trois ans, devront être pendant de nombreuses années la production essentielle. Ultérieurement, il sera peut être possible de les réduire, mais il sera toujours nécessaire de les maintenir en rotation sur tous les sols. Ces cultures fourragères auront pour but de fournir le fumier nécessaire aux autres cultures ; mais elles auront surtout pour but de lutter contre la dégradation de la structure, de contribuer à la stabilisation de la structure des horizons de surface et de profondeur : c'est essentiel.

Ces cultures fourragères ne pourront être la luzerne seule qui a un enracinement profond mais trop pivotant (son intérêt dans le sol étant d'autre part réduit vu le faible développement des nodosités). Il faut des plantes à enracinement fasciculé abondant et profond. Ce sont donc des mélanges de graminées, et des mélanges graminées - légumineuses qui devront être introduites, les espèces choisies devant être résistantes à la fois à une certaine salure et au calcaire actif. Nous ne saurions trop conseiller de développer au plus vite les essais culturaux.

2^e) Les cultures industrielles

Tous les sols profonds de la plaine du Zebra conviennent très bien à la culture du coton. C'est une culture qui doit être amplement développée.

Pour la betterave, il est plus délicat de donner un conseil précis. Nous pensons cependant :

a) que les sols châtains-rouges steppiques, les sols bruns-rouges steppiques à taches, granules et nodules calcaires, les sols de fonds de vallées et des basses terrasses, sont souvent trop caillouteux pour pouvoir donner une production de betteraves intéressante ;

b) que l'on ne pourra donc pas trouver, étant donnée par ailleurs l'étendue des sols peu épais sur croûtes calcaires qui ne pourront très probablement pas être cultivés en betteraves, une surface suffisamment grande permettant l'installation d'une usine. Or la plaine du Zebra est trop éloignée des autres zones susceptibles d'une production betteravière (région Est de la plaine des Triffa, plaine du Boarg, plaine du Gareb) pour que l'on puisse penser y envoyer sa production.

Nous conseillons cependant de procéder à des essais culturaux sur les différents types de sols, y compris les croûtes calcaires peu épaisses, défonçables, la betterave étant intéressante par sa résistance à la salure. Il est d'ailleurs possible que la betterave devienne plus intéressante d'ici plusieurs années : l'épierrage qui devra se faire en permanence, après chaque travail du sol, réussira peut-être à enlever un jour tous ou presque tous les cailloux.

Il serait intéressant d'essayer le ricin ; il existe des variétés résistantes à une certaine salure . En principe , il est assez sensible au calcaire actif : c'est à voir. Le point le plus important c'est la structure qui doit être maintenue parfaite pour assurer un excellent drainage : ce sera peut-être difficile sur la plaine du Zebra.

3°) Les cultures maraichères

Les sols conviennent à la plupart des cultures maraichères, sauf celles trop sensibles aux sels comme le haricot.

Comme le souligne MAHLER dans son rapport sur le Boarg, les cultures maraichères demandent un bon travail du sol et des apports de fumier importants : ce sont donc des cultures améliorantes. Il faut cependant souligner que le climat de la Plaine du Zebra n'est pas aussi favorable aux cultures maraichères que celui des Triffa et du Boarg.

4°) Les cultures céréalières

Elles sont intéressantes pour plusieurs raisons.:

- production de la paille
- enracinement dense et profond très améliorant de la structure et de la porosité
- ce sont des cultures peu exigeantes, pouvant profiter des reliquats de fumure.

Nous pensons cependant que ces cultures pauvres devront être réservées aux sols plus pauvres du périmètre (sols peu épais sur croûte calcaire).

5°) L'arboriculture

Les agrumes sont à proscrire de tous les sols, sauf les sols châtaîns-rouges steppiques, qui rappelons-le, couvrent une très faible surface. Tous les autres sols sont trop calcaires.

L'olivier doit être réservé aux sols peu épais sur croûte calcaire.

Nous pensons que des arbres comme le prunier, le pêcher, l'abricotier, doivent être essayés. Le climat de la plaine du Zebra doit leur convenir. Au point de vue sols, il faudra choisir des portes-greffes résistants au calcaire. D'autre part ce sont des arbres assez sensibles aux sels, mais pas très sensibles, moins que les agrumes.

En conclusion, sur l'ensemble des sols profonds de la plaine du Zebra, une fois les problèmes posés par la salure et l'alcalisation réglés, nous pensons que deux types de production pourront se développer côte à côte :

a) Un assolement comprenant une culture fourragère pendant deux ou 3 ans ; une culture industrielle qui sera le coton ou peut-être la betterave ou le ricin ; une ou deux cultures maraichères ; peut être une culture de céréale

b) Des vergers : pruniers, pêchers, abricotiers.

III.- LES SOLS PEU PROFONDS

Il y a essentiellement trois types de sols :

- les sols bruns-rouges steppiques à taches, calcaires en surface, ou bruns-calcaires rendziniformes sur encroûtement calcaire
- les mêmes sur croûte calcaire peu épaisse
- les mêmes sur croûte calcaire très épaisse avec dalle calcaire épaisse en surface de la croûte.

Il y a un 4^e type de sol, mais il est très peu répandu dans le futur périmètre irrigué : les sols bruns-rouges steppiques à taches, peu calcaires en surface, sur croûte calcaire peu épaisse.

Les sols situés au dessus des croûtes ont généralement 25 à 50 cm d'épaisseur ; le plus souvent, ils ont 30 à 40 cm d'épaisseur.

A.- Description des divers types de croûtes calcaires

Une croûte calcaire complète comprend, du haut vers le bas :

1^o) Une dalle rubannée, qui peut avoir quelques millimètres à plusieurs centimètres d'épaisseur ; cette dalle, très riche en calcaire (75 à 85 %) est très dure surtout quand elle est épaisse. Elle est de couleur saumon, avec des filets plus ou moins sombres, quelque fois bien noirs.

2^o) Une dalle compacte, qui peut avoir jusqu'à 20 cm d'épaisseur. Cette dalle, très riche en calcaire (70 - 80 %) est extrêmement dure. Elle est souvent très continue, non brisée. Elle est de couleur saumon. Elle peut être caillouteuse.

32) Une croûte feuilletée pouvant avoir un mètre et plus d'épaisseur.

cette croûte est constituée par la superposition de feuillets épais en surface, de plus en plus fins en profondeur. Ces feuillets ne sont pas continus, surtout ceux de surface : ils sont séparés par des fentes sub-horizontales s'anastomosant entre elles, les fentes étant de plus en plus fines quand on va du haut vers le bas : vers le haut ces fentes peuvent avoir quelques cm d'épaisseur, et être remplies de terre provenant du sol situé au-dessus de la croûte. Le durcissement de la croûte diminue toujours quand on va du haut vers le bas : elle est souvent très dure sur plusieurs dizaines de cm. Quand il n'y a pas de dalle compacte, le feuillet supérieur, qui peut avoir une dizaine de centimètres d'épaisseur, est généralement très brisé par des fentes verticales, la dalle rubannée qui le recouvre descendant dans ces fentes. La croûte est très riche en calcaire (70 à 75 %); elle est généralement blanche à blanc-crème, avec des taches noires ; quand elle est très durcie, elle a tendance à devenir plus rose. Elle est souvent caillouteuse.

42) Un encroûtement, qui peut également avoir 1 mètre et plus d'épaisseur. Dans sa zone supérieure où il est en tran-

sition avec la croûte supérieure, il est finement feuilleté, puis il devient assez compact. Les encroûtements sont soit tuffeux, soit granulaires et nodulaires. Quand ils sont tuffeux, ils passent généralement en profondeur, progressivement, à un limon à taches calcaires ; quand ils sont granulaires et nodulaires, le sommet de l'encroûtement peut être tuffeux (tuff entre les granules et les nodules), et ils passent en profondeur, progressivement, à un limon à granules et nodules. Les encroûtements sont généralement blanchâtres au sommet, de plus en plus jaunes, bruns, vers la profondeur. Ils peuvent être assez durs en surface, mais ne sont jamais très durs. Les encroûtements très tuffeux contiennent 60 à 70 % de calcaire en surface, le taux de calcaire diminuant progressivement avec la profondeur. Les encroûtements granulaires et nodulaires contiennent, mis à part les granules et nodules, 50 à 60 % de calcaire en surface. Les encroûtements peuvent être caillouteux, mais le sont généralement moins que les croûtes.

Nous parlons de :

a) Sol sur encroûtement, quand le sol repose directement sur un encroûtement : il n'y a ni croûte, ni dalle en surface de l'encroûtement. Cet encroûtement a généralement 20 à 50 cm d'épaisseur : sa limite supérieure est presque toujours bien marquée ; par contre sa limite inférieure est le plus souvent difficile à déterminer étant donné que le passage avec le limon sous-jacent est progressif. Sur le plan de la cartographie, nous n'avons pas cru pouvoir, à l'échelle du 1/20.000^e, individualiser avec suffisamment de précision les sols peu épais sur encroûtements ; nous avons préféré, ce qui est peut être facile mais honnête, faire deux complexes de sols :

- un complexe de sols bruns-rouges steppiques profonds à taches, granules et nodules calcaires, pouvant localement, sur des surfaces faibles, par accentuation de l'accumulation du calcaire, passer à des sols peu profonds sur encroûtement granulaire et nodulaire. Signalons que ce passage ne correspond pas à une augmentation très forte du taux de calcaire : ces encroûtements ont souvent même plus, mis à part les granules et nodules, de 50 % de calcaire, ; or l'horizon d'accumulation des sols bruns-rouges steppiques, granules et nodules mis à part, a souvent, dans ces zones de complexes de sols, 40 - 45 % et même plus de calcaire. C'est donc plus une raison de physique du sol qui nous a amené, très souvent, à séparer les sols profonds des sols sur encroûtements, ces derniers présentant un horizon d'accumulation du calcaire (l'encroûtement), plus dur, plus compact, commençant plus brutalement.

- un complexe de sols peu profonds sur croûte tendre peu épaisse ou sur encroûtement, dont nous parlerons un peu plus loin.

b) Sol sur croûte tendre peu épaisse, quand le sol repose sur une croûte ayant le plus souvent 10 à 25 cm d'épaisseur, quelque fois moins, quelque fois un peu plus ; croûte généralement pas très dure et qui n'est jamais surmontée par une dalle compacte. Elle est par contre assez souvent coiffée par une dalle rubannée mais qui n'est jamais très épaisse (2 cm maximum) et qui est généralement très brisée. La croûte elle même repose sur un encroûtement passant progressivement en profondeur à un limon à taches ou à granules et nodules. L'ensemble croûte plus encroûtement a une épaisseur très variable : 20 à 70 cm, le plus souvent 30 à 60 cm.

Signalons qu'il peut y avoir plusieurs croûtes superposées séparées par des zones non encroûtées : c'est ce que l'on trouve souvent très près des montagnes quand les dépôts qui sont encroûtés sont très caillouteux .

Les croûtes peuvent disparaître très rapidement localement ; de même les encroûtements peuvent localement et rapidement se coiffer d'une croûte. Il suffit d'un changement de relief souvent insignifiant, d'un changement de granulométrie, pour que l'on passe de l'un à l'autre. Il aurait donc été dans la plupart des cas très difficile de tracer des limites précises entre les sols sur croûtes et les sols sur encroûtements, et cela aurait beaucoup surchargé la carte : d'où le complexe de sol que nous avons déjà cité plus haut. Signalons que même dans les zones que nous avons cartographiées en croûte, il est probable qu'il existe de petites plages où il n'y a seulement que l'encroûtement.

c) Sol sur croûte dure épaisse, sur dalle épaisse en surface,
quand le sol repose sur une croûte ayant généralement 60 à plus d'1 mètre d'épaisseur. Cette croûte est très dure en surface et est surmontée soit d'une dalle rubannée très épaisse (plusieurs centimètres) généralement assez continue, soit d'une dalle compacte très dure, très continue, pouvant avoir jusqu'à 20 cm d'épaisseur. La croûte elle même repose sur un encroûtement pouvant avoir 30 cm à plus d'un mètre d'épaisseur.

Signalons qu'il est fréquent de trouver une croûte tendre de 20 à 50 cm d'épaisseur posée par dessus la dalle.

B.- Description des sols peu épais sur croûtes ou encroûtements calcaires

Ces sols ont donc 25 à 50 cm d'épaisseur, le plus souvent 30 à 40 cm. Signalons que sur les grands plateaux situés à l'Est que nous avons cartographiés en sols peu épais sur croûte dure épaisse avec dalle, les sols peuvent avoir localement, comme dans certains secteurs de la plaine des Triffa (Schouyayan Secteur I7) une épaisseur plus grande : 60 - 70 cm.

a) Calcaire : en dehors des rares sols peu calcaires que nous avons différenciés sur notre carte pédologique, ces sols sont toujours très calcaires dès la surface : 15 à 25 %. Le taux de calcaire augmente généralement progressivement avec la profondeur pour atteindre 30 à 40 % au contact de la croûte ou de l'encroûtement. Très souvent, en particulier dans les sols sur encroûtement, il y a des taches et même des granules calcaires à partir de 20 - 40 cm de profondeur. D'autre part, quand les sols sont sur encroûtement durci en surface, tuffeux, ou sur croûte calcaire tendre sans dalle ou à dalle brisée, il y a souvent une zone d'altération de la croûte ou de l'encroûtement, le sol superficiel pénétrant, digérant la croûte.

Les sols peu calcaires sur croûte tendre ont 4 à 10 % de calcaire en surface, 20 à 30 % de calcaire en profondeur au niveau de la croûte ; ils contiennent souvent des taches et granules en profondeur. Ils sont dus à la mise en place sur des croûtes tensiftiennes, des limons soltaniens provenant de la décomposition des schistes et quartzites vert-olive de la nappe rifaine des Kibdana.

b) Granulométrie : les sols sur encroûtements ne sont généralement pas ou peu caillouteux, sauf près de la montagne, là où ils sont en mélange avec des sols bruns-rouges step-piques profonds à taches, granules et nodules. Par contre, les sols sur croûtes sont presque toujours caillouteux, et généralement d'autant plus que la croûte est plus dure. Très souvent, en particulier ceux sur croûte dure épaisse avec dalle, les sols sont extrêmement caillouteux.

Dans la terre fine, il y a généralement, 10 à 25 % d'argile en surface, 20 à 30 % en profondeur ; 35 à 50 % d'argile plus limons en surface, 40 à 50 % en profondeur ; le reste est essentiellement composé de sables fins.

c) Structure : elle est nuciforme au polyédrique à nuciforme en surface, polyédrique assez fine en profondeur. Quelque fois, en particulier dans les sols sur encroûtement, une structure légèrement polyédro-cubique à facettes lisses apparaît en profondeur. La stabilité structurale est faible, surtout en surface, mais d'une façon générale elle est un peu meilleure que dans les sols profonds : Is de 2 à 5.

d) Porosité : elle est bonne jusqu'à la croûte. La porosité des dalles est nulle : l'eau ne peut pénétrer que par les zones où la dalle est brisée. La porosité des croûtes est également nulle ou très faible, l'eau ne pouvant pénétrer que par les fentes qui généralement, quand la croûte est assez épaisse, ne la traversent pas entièrement; l'eau ne peut donc circuler facilement que sub-horizontalement, entre les feuillets de croûte. La porosité des encroûtements est assez variable mais dans l'ensemble assez faible : nous pensons que sous irrigation, les encroûtements peuvent être un niveau d'engorgement.

e) Capacité de rétention : elle est de 20 à 25 % dans le sol situé au-dessus de la croûte ou encroûtement.

f) Matière organique : il y en a, le plus souvent, pas plus de 1,5 à 2 % en surface : c'est donc peu. En profondeur, au contact de la croûte ou de l'encroûtement, le taux est assez variable, mais le plus souvent il y en a encore beaucoup 0,7 à 1,0 % et plus. Puis c'est la chute brutale : même quand l'encroûtement est de faible puissance, la matière organique tombe le plus souvent à moins de 0,3 - 0,4 % ; ceci prouve bien que l'encroûtement, même quand il est faible, est un obstacle physique à la pénétration des racines.

g) Éléments fertilisants : les sols sont pauvres en azote et phosphore, riches en potassium sauf en potassium assimilable dans l'encroûtement.

C.- Les limons situés sous les croûtes et encroûtements

Ce sont des limons datant soit du Tensiftien, soit de l'Amirien, soit du Régézien, soit du Villafranchien. Ils sont donc assez variables.

a) Calcaire : son taux diminue avec la profondeur. Juste sous l'encroûtement, il est en général encore de 40 à 50 % ; puis il diminue rapidement à 20 - 30 %. Il y a toujours des taches et souvent des granules et nodules.

b) Granulométrie : ces limons sont assez souvent fortement caillouteux ; le plus souvent ils sont au moins graveleux et finement caillouteux. Les lits des cailloux sont assez fréquents. Dans la terre fine, il peut y avoir 20 à 40 % d'argile, 50 à 80 % d'argile plus limon. C'est donc très variable.

c) Structure : presque toujours polyédrique ; souvent polyédro-cubique à facettes lisses. La stabilité structurale est faible.

d) Porosité : bonne

e) Capacité de rétention : 20 à 25 %

D.- La salure et l'alcalisation des sols peu épais, des croûtes et des limons sous-jacents

Les sols peu épais situés sur croûte ou encroûtement, ne sont généralement pas salés ni alcalisés, sauf en profondeur, près de la croûte, où ils peuvent être, mais assez rarement, légèrement salés (2 à 2,5 o/oo), et où ils sont plus généralement alcalisés.

Par contre les croûtes, et surtout les encroûtements et les limons sous-jacents, sont toujours alcalisés et sont très souvent très fortement salés (plus de 3 o/oo ; souvent plus de 5 o/oo). Ce n'est que dans le secteur Nord de la Plaine, près de la chaîne des Kebdana, que l'on trouve des encroûtements et limons sous-jacents peu ou non salés.

E.- Aménagement des sols peu profonds

Avant d'entamer ce chapitre, nous voulons souligner la difficulté qu'il y a quelque fois à classer certaines croûtes calcaires soit dans la catégorie des croûtes tendres donc facilement défonçables, soit dans la catégorie des croûtes dures donc très difficilement

défonçables. Nous avons pensé faire une 3ème catégorie : croûtes difficilement défonçables mais que l'on pouvait quand même tenter de défoncer; cela aurait trop compliqué notre cartographie, n'aurait pas tellement facilité notre travail, et de toutes façons il n'y aurait pas eu tellement de croûtes à classer dans cette catégorie.

La mise en valeur des sols peu profonds sur encroûtement ou croûte, exige :

- a) le défoncement et l'épierrage
- b) le sous-solage
- c) le dessalage, la désalcalisation, la stabilisation de la structure.

a) Le défoncement et l'épierrage : ce travail n'est à effectuer que sur les croûtes tendres peu épaisses.

Sur les croûtes dures, ce travail n'est pas à entreprendre car, à moins d'utiliser des moyens énormes et très coûteux, il est impossible. Nous mettons en garde les responsables de la mise en valeur qui ont déjà tenté de défoncer de telles croûtes et qui croient avoir réussi. Le résultat du passage d'un roter dans des sols peu profonds sur croûte dure avec dalle, est en effet très impressionnant : l'engin sort du sol des blocs de dalle souvent énormes ce qui fait croire que la croûte est défoncée. Or il n'en est rien : les blocs sortis étaient dans le sol peu profond ; la dalle compacte et continue, n'a pas été touchée ; si cette dalle n'existe pas, la croûte très dure elle-même reste intacte (voir les observations que nous avons faites sur les défoncements de Schouyaya). La dalle ou la croûte dure a pu cependant être légèrement ébranlée, et on peut penser qu'en effectuant plusieurs passages croisés du roter on pourrait quand même réussir à percer la dalle et la croûte dure. Mais rappelons que ces croûtes ont un minimum de 60 cm d'épaisseur, et que généralement elles ont plus d'un mètre d'épaisseur. En comptant les 30 ou 40 cm de sols qui sont au dessus, il faudrait donc, pour traverser toute la croûte, utiliser des engins travaillant au minimum à 120 - 130 cm : c'est impensable dans un matériel aussi dur.

Le seul résultat important du passage du rooter est donc de faciliter l'épierrage du sol peu profond. Or nous déconseillons absolument cet épierrage qui amincira le sol, souvent de moitié, facilitera son tassement, rendra encore beaucoup plus difficile un drainage déjà problématique. Seul doit être effectué un épierrage superficiel afin de faciliter les façons culturales.

Sur les encroûtements, le défoncement avec un rooter ne devrait également pas être effectué ; en effet le résultat est souvent de remonter dans le sol superficiel des morceaux de l'encroûtement sous-jacent, ce qui serait à éviter. Cependant étant donné que latéralement les encroûtements et les croûtes tendres passent en permanence de l'un à l'autre, il n'est pas possible de conseiller de limiter les défoncements aux seules croûtes tendres ; cela exigerait d'abord une cartographie très précise, ensuite un travail du rooter extrêmement délicat. Nous conseillons cependant qu'une cartographie de tri des sols au 1/5.000^e soit effectuée dans tous les sols prévus pour le défoncement. Cette cartographie permettra de différencier des zones où les croûtes tendres sont majoritaires et des zones où au contraire les croûtes sont rares, les sols peu profonds étant le plus souvent directement sur encroûtement : le défoncement ne sera pas à effectuer dans ces zones à encroûtement majoritaire (zones qui seront probablement peu nombreuses étant donné que beaucoup d'encroûtements ont été cartographiés en complexe avec des sols profonds).

Sur les croûtes tendres le défoncement doit atteindre au minimum la profondeur de 70 cm, l'idéal étant 80 cm : c'est en effet entre 60 et 80 cm que se trouve la base de la plupart des croûtes (encroûtement non compris). Pour atteindre ces profondeurs, il faut travailler avec des engins très lourds : 6 à 7 tonnes, ayant au maximum 2 dents (et non 3) de 90 cm de long (pour tenir compte du fait que la terre est "soufflée" en surface par le passage de la dent) ; un essai vient d'être effectué à Schouyaya : il semble avoir donné de bons résultats. Par contre, le 1^{er} défoncement des sols de Schouyaya fait avec des engins de 3 - 4 tonnes et à trois dents , a donné des résultats très médiocres : la profondeur du défoncement a rarement dépassé 50 cm ; les croûtes n'ont donc été qu'effleurées, elles n'ont jamais été défoncées.

Le défoncement à 2 dents doit être fait "à cheval" afin de faire le travail de la 3^e dent qui manque ; d'autre part, afin de faire un travail vraiment efficace, nous conseillons deux passages croisés, le deuxième passage devant être fait parallèlement aux courbes de niveaux ; un premier épierrage doit être effectué entre les deux passages croisés.

Les défoncements doivent naturellement être suivis d'un travail d'épierrage. Ce travail sera très long : il sera à reprendre après chaque travail du sol, ceci pendant de nombreuses années.

b) Le sous-solage : ce travail doit suivre le défoncement ; sur les encroûtements, quand il n'y a pas de défoncement, c'est le seul travail à faire. Ce sous-solage doit descendre au minimum à 100 cm de profondeur ; l'idéal serait 120 cm. Ce sous-solage a pour but de fendre l'encroûtement afin de faciliter le drainage, et la pénétration des racines. Ce travail de sous-solage est à expérimenter avant de le généraliser ; il faut en effet voir s'il est vraiment indispensable (nos connaissances sur la perméabilité des encroûtements est assez vague, d'autre part nous ne savons pas s'il suffira pour faciliter la pénétration des racines, étant donné la pauvreté chimique de ces encroûtements). Si ce travail se révèle, comme nous le pensons, très utile, il sera probablement nécessaire de le refaire assez souvent, ceci étant donné l'instabilité structurale.

c) Le dessalage, la désalcalisation, la stabilisation de la structure : comme pour la plupart des sols de la plaine du Zebra, c'est le problème n° 1 à résoudre avant d'entreprendre quoique ce soit. Nous pensons que c'est sur les croûtes et les encroûtements qu'il sera le plus difficile à résoudre.

Nous avons classé en catégorie 3, les sols sur croûte tendre peu épaisse ou encroûtement : ce sont des sols qui, même non salés, ne sont pas aussi intéressants pour l'irrigation que ceux classés en catégorie n° 2 : ils demandent des aménagements importants et les cultures possibles sont plus limitées. Nous avons classé en catégorie 3 c, les sols sur croûte tendre ou encroûtement non salé ; nous les avons classés en catégorie 3 d quand ils sont salés.

Nous avons classé les sols sur croûte dure épaisse avec dalle, en catégorie 4 : Sols ne pouvant recevoir une mise en valeur irriguée intensive.

F.- Cultures à faire sur les sols peu profonds

a) Sols sur encroûtement : dans la mesure où il existe des zones où les encroûtements prédominent nettement sur les croûtes, zones que seul le tri des sols au 1/5000^e pourra faire apparaître mais qui seront probablement peu nombreuses, on pourra y faire les mêmes cultures que sur les sols profonds. Partout ailleurs, où les encroûtements couvrent d'assez faibles surfaces en mélange avec des croûtes, il faudra y prévoir les mêmes productions que sur ces dernières.

b) Sols sur croûte tendre peu épaisse : comme pour les sols profonds, il faut prévoir deux types de production :

- un assolement ayant pour base essentielle une culture fourragère pendant deux ou 3 ans et devant revenir, du moins pendant les 10 ou 20 premières années, tous les 6 ans ; dans cet assolement, il doit y avoir en outre une culture industrielle qui ne semble pouvoir être que le coton, et peut être le ricin (pour la betterave il faut faire des essais ; a priori, ces sols souvent très caillouteux, ne peuvent convenir ; mais les épierrages successifs arriveront peut être à les rendre utilisables pour cette culture) ; une ou deux cultures maraichères ; une culture de céréale.

- des vergers, l'arbre le mieux adapté à ces sols étant l'olivier : nous pensons que le climat presque aride de la plaine du Zebra lui conviendra très bien. On pourrait également penser faire de la vigne qui viendrait très bien sur ces sols.

c) Sols sur croûte dure épaisse avec dalle : en dehors de la salure et de l'alcalisation, la mise en valeur de ces sols est limitée par : - la profondeur,

- l'abondance des cailloux, qu'on ne peut pas enlever sans diminuer la profondeur ;

- le drainage : les croûtes et dalles sont très imperméables et leur surface a un micro-relief très accentué ; sous irrigation, un risque de voir se constituer rapidement, au contact de la dalle, des poches d'hydromorphie permanente. D'autre part, ce manque de drainage interdit toute possibilité de lessivage des sels et de désalcalisation.

Ces sols ne peuvent donc être consacrées qu'à des cultures à enracinement peu profond, adaptées à des sols caillouteux, peu exigeantes en eau et résistantes à la salure : étant donné que pour éviter l'hydromorphie en profondeur il faudra apporter des doses d'eau faibles, il y aura assez rapidement, l'eau de la Moulouya étant assez salée, augmentation de la salure des sols.

Par un travail de tri des sols à l'échelle du 1/5.000^e (un trou tous les 100 à 150 m), on pourra distinguer dans ces sols trois catégories :

1^{re}) les sols ayant moins de 30 cm d'épaisseur, ou ceux très caillouteux ayant 30 à 50 cm d'épaisseur ; ces sols doivent être consacrés aux arbres forestiers : Eucalyptus, Pin d'Alep qu'il faudra planter dans des trous creusés à l'explosif, la profondeur des trous dépendant de l'épaisseur de la croûte. Ces arbres devront être irrigués en hiver. On pourra également essayer certains arbres fruitiers comme l'amandier, le caroubier, le figuier, qu'il faudra planter, comme les arbres forestiers, dans des trous creusés à l'explosif, et qu'il faudra irriguer en hiver. On pourra également essayer de créer, entre les arbres, des prairies permanentes à base de plantes peu exigeantes en eau, à enracinement fasciculé peu profond ; dans son rapport sur la plaine des Triffa, HEUSH propose des espèces qu'il serait intéressant d'essayer : *Pennisetum Villosum*, *Oryzopsis miliacea*, *Dactylis glomerata*, *Cenchrus ciliata*.

2^e) Les sols ayant soit 30 à 50 cm d'épaisseur mais n'étant pas caillouteux ; soit 50 à 80 cm d'épaisseur (avec souvent une croûte tendre en profondeur), mais étant fortement caillouteux à partir d'une profondeur inférieure à 40 cm. Les sols peuvent recevoir en plus des arbres et des prairies permanentes des cultures de céréales et des plantations de vigne.

3^e) Les sols ayant 50 à 80 cm d'épaisseur et n'étant pas caillouteux sur les 40 premiers centimètres ; ces sols, assez peu nombreux, ont souvent un encroûtement ou une croûte tendre entre 40 et 80 cm. Ils pourraient être consacrés à une agriculture plus intensive : maraîchage, coton, betterave, prairies temporaires. Nous conseillons cependant une très grande prudence, les risques d'hydromorphie, d'augmentation de la salure, d'épuisement des sols, étant grands.

Il serait préférable de les cultiver comme les sols de la catégorie précédente.

L'ensemble de ces sols peu épais sur croûte dure épaisse avec dalle ne doit donc pas faire l'objet d'un équipement hydraulique coûteux, mais seulement d'un équipement sommaire permettant de faire quelques irrigations d'automne, d'hiver et de printemps, époques à laquelle on ne manque pas d'eau.

Rappelons pour conclure la façon dont nous avons classé les sols sur le plan tri des sols (classification identique à celle adoptée par MAHLER pour le Boarg, mais avec des subdivisions, vue l'échelle au 1/20.000^e).

Catégorie 2 :

- Sols châtaîns-rouges steppiques, à taches, granules et nodules calcaires,
- Sols bruns-rouges steppiques à taches, granules et nodules calcaires, peu calcaires en surface, qu'ils soient alcalisés ou non, salés ou non,
- Sols bruns-rouges steppiques à taches, granules et nodules calcaires, calcaires en surface, en mélange ou non avec des sols peu épais sur encroûtement: quand ils sont non alcalisés, ou alcalisés, ou alcalisés peu salés,
- Sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche mère complexe : quand ils sont non alcalisés, non salés,
- Sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche mère assez argileuse, non ou peu salés, qu'ils soient alcalisés ou non, quand ils ne sont pas dans des positions topographiques difficiles,
- Sols bruns-rouges steppiques et jeunes alluviaux non ou peu caillouteux.

Catégorie 3 a :

Sols qui pourront être cultivés comme ceux de la catégorie 2 après une amélioration (salure, alcalisation, structure) qui sera probablement assez facile:

- Sols bruns-rouges steppiques à taches, granules et nodules calcaires, calcaires en surface, en mélange ou non avec des sols peu épais sur encroûtement: quand ils sont alcalisés très salés.
- Sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche mère assez argileuse alcalisés et salés.

Catégorie 3 b :

Sols qui pourront être cultivés comme ceux de la catégorie 2 après une amélioration (salure, alcalisation, structure) qui sera probablement assez difficile:

- Sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche mère complexe : quand ils sont alcalisés, alcalisés peu salés ou alcalisés très salés.

Catégorie 3 c : Sols dont la mise en valeur exige des aménagements importants (défoncement, épierrage important) et sols situés dans des positions topographiques difficiles (fonds d'oueds encaissés, basses terrasses de l'Oued Zebra).

- Sols bruns-rouges steppiques à taches sur roche mère assez argileuse, non salés, situés dans des positions topographiques difficiles.

- Sols bruns-rouges steppiques et jeunes alluviaux, caillouteux ou situés dans des positions topographiques difficiles.

- Sols peu épais sur croûte calcaire tendre peu épaisse, en mélange ou non avec des sols peu épais sur encroûtement : quand ils sont non salés.

Catégorie 3 d :

- Sols peu épais sur croûte calcaire tendre peu épaisse, en mélange ou non avec des sols peu épais sur encroûtement : quand ils sont peu ou très salés.

Catégorie 4 : sols ne pouvant recevoir une agriculture irriguée intensive, ou ne pouvant pas être irrigués (positions topographiques très difficiles : pentes très fortes, fonds d'oueds très encaissés)

- Sols bruns-rouges steppiques et jeunes alluviaux, très caillouteux ou situés dans des positions topographiques très difficiles.

- Sols peu épais sur croûte dure épaisse avec dalle épaisse en surface

- Zones sans sols : fonds d'oueds, pentes fortement érodées.

Ne sont irrigables immédiatement, avec ou sans aménagements (défoncement, épierrage) que les sols des catégories 2 et 3 c.

Signalons pour terminer que sur la carte de tri des sols, nous avons un peu simplifié les limites ./.