

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Division de la mise en valeur et du Génie Rural

GÉNIE RURAL

circonscription du Sud

OFFICE DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

OUTRE MER

ROYAUME DU MAROC

ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DE LA ZONE DE L'OUED R'DAT

PAR PH. MAHLER

- RAPPORT
- CARTE PÉDOLOGIQUE au 1/50.000^e
- CARTE DES POSSIBILITÉS ACTUELLES D'UTILISATION - 1/50.000^e
- CARTE DES POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES SOLS SOUS IRRIGATION PERENNE - 1/50.000^e

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

DIVISION DE LA MISE EN VALEUR
ET DU GENIE RURAL

Office de la Recherche
Scientifique & Technique
Outre Mer

GENIE RURAL

CIRCONSCRIPTION SUD
MARRAKECH

ETUDE PEDOLOGIQUE DE LA ZONE DE L'OUED R'DAT

par Ph. MAHLER

Pédologue de l'O.R.S.T.O.M.



EIC
MAH

3807 Ex 2

1ère PARTIE : ETUDE DU MILIEU

INTRODUCTION -

Lorsque ce travail a été entrepris, sur la demande de Monsieur le Chef du Service des Sols Outre-Mer, pour servir de rapport de fin de deuxième année d'études, la carte de tri des sols utilisables de l'Est du HAOUZ était en voie d'achèvement. L'établissement de cette carte n'avait pas permis d'aborder certains problèmes pédologiques de portée pratique moins immédiate.

Cette étude a été l'occasion, non seulement de faire une monographie détaillée des sols d'un petit périmètre, mais aussi d'essayer de résoudre, localement, ces problèmes généraux, pour faciliter d'autres travaux pédologiques dans l'Est du HAOU.

Localisation de la zone étudiée.

La zone a une superficie de 8.000 hectares environ. Les schémas ci-joints précisent sa situation dans la plaine de Marrakech.

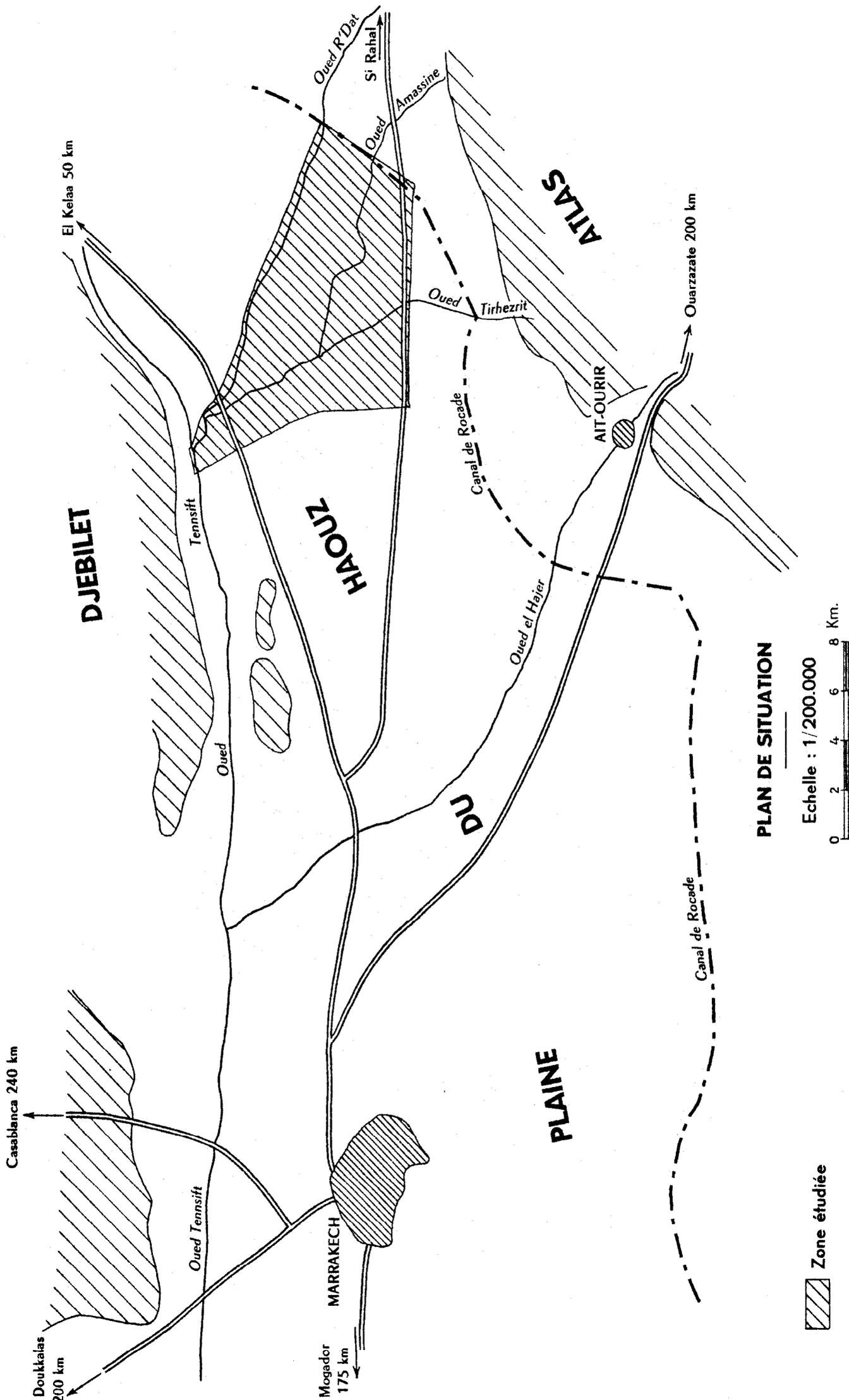
Raisons du choix de cette zone.

Il est difficile de trouver dans la plaine du HAOUZ un périmètre s'individualisant naturellement par rapport au reste de la plaine.

Cette zone a été choisie pour les raisons suivantes :

- Elle semblait présenter une assez grande variété de sols.
- Elle était apparue, au cours de la reconnaissance générale du HAOUZ, comme une des régions les plus intéressantes à mettre en valeur.
- Sa morphologie se prêtait à une étude assez complète des dépôts quaternaires. Cette étude avait semblé particulièrement nécessaire pour la cartographie des sols de l'Est du HAOUZ.

...



PLAN GENERAL -1ère Partie - Etude du milieu

- Le climat
- La morphologie et les dépôts quaternaires
- La végétation
- La nappe phréatique
- L'action de l'homme
- L'érosion

2ème Partie - Etude des sols

- Classification
- Etude des différents types de sols
- Conclusion de l'étude des sols

Remarques -

L'étude du milieu déborde parfois le cadre de la zone pour permettre, par des comparaisons, une meilleure analyse des conditions de milieu.

Les vocations culturales et les possibilités de mise en valeur varient avec chaque type de sol. Elles sont la conséquence de ses caractères morphologiques et analytiques. Elles seront donc précisées en conclusion de l'étude de chaque type de sol. La conclusion de la deuxième partie donnera un aperçu général des possibilités de mise en valeur de l'ensemble de la zone.

Une carte pédologique au 1/50.000ème est jointe à ce rapport.

LE CLIMAT

Le climat du Haouz a fait l'objet d'une étude détaillée dans le rapport de G. BRYSSINE. Il n'existe pas de relevés sur la zone étudiée. Les stations les plus voisines sont : MARRAKECH, à 30 km à l'Est et AIT-OURIR, à 10 km au Sud.

Par sa position topographique, la zone étudiée a vraisemblablement le climat de la plaine, c'est-à-dire, très voisin de celui de Marrakech, sauf peut-être au Sud-Est, où l'on se rapproche un peu des conditions climatiques des Aït-Ourir.

Les relevés de ces deux stations sont donnés par les graphiques et les tableaux ci-joints. Après les avoir étudiés, nous les comparerons à ceux d'autres stations du Maroc, pour préciser les caractères d'aridité qui individualisent le climat du Haouz.

LA PLUVIOMETRIE -

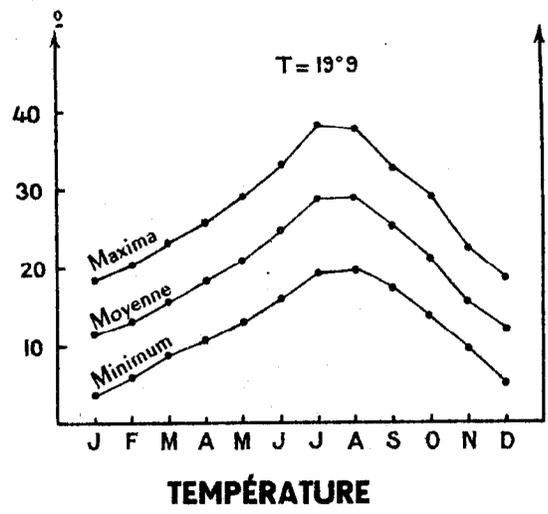
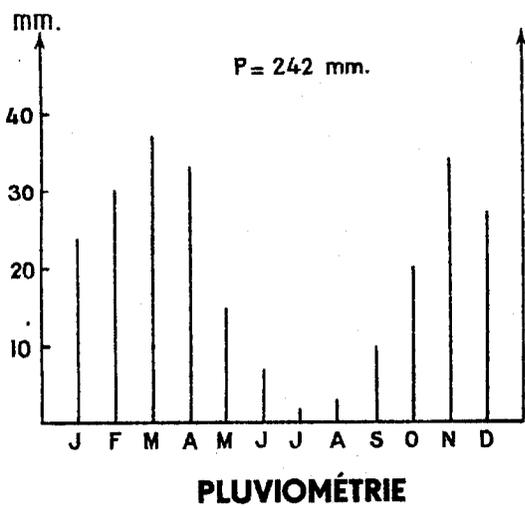
Rappelons qu'elle augmente lorsqu'on se dirige vers l'Est et de la plaine vers l'Atlas. Les valeurs moyennes sont assez peu significatives, les écarts étant importants d'une année à l'autre. Par exemple, l'écart moyen de la pluviométrie annuelle d'AIT OURIR est de 84 mm.

Les deux maxima ont lieu en Mars-Avril et Novembre. Sensiblement égaux dans la plaine, ils diffèrent légèrement dans le piémont où les pluies de printemps sont les plus fortes.

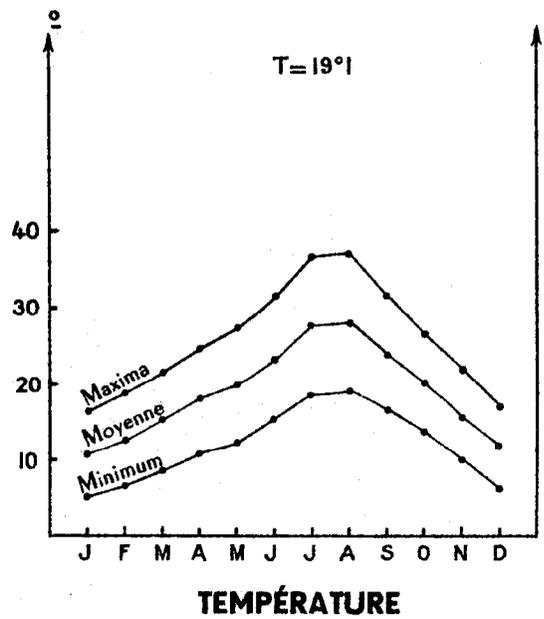
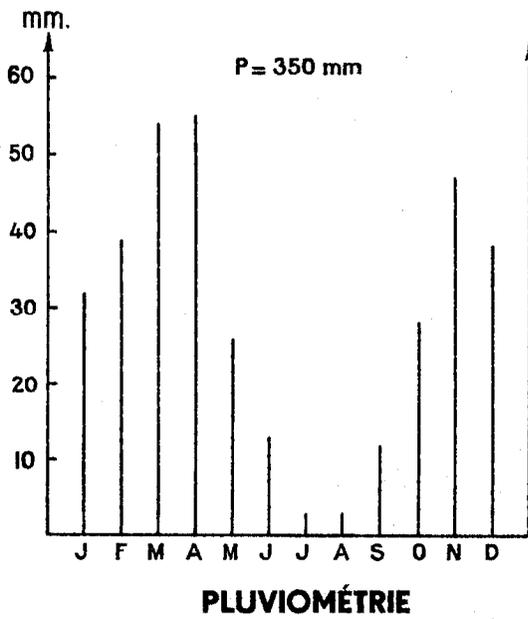
Le minimum d'été est très accusé. Le minimum relatif d'hiver crée en Janvier une demi-sècheresse passagère.

Les précipitations tombent sous forme de pluies abondantes, de caractère orageux (38 jours de pluies par an à MARRAKECH en moyenne pendant la décade 1922-32 ; 100 m/m en 4 jours environ, en Novembre 1957). Elles sont très inégalement réparties dans le temps et dans l'espace. Des chutes de grêle sont à craindre au printemps.

MARRAKECH

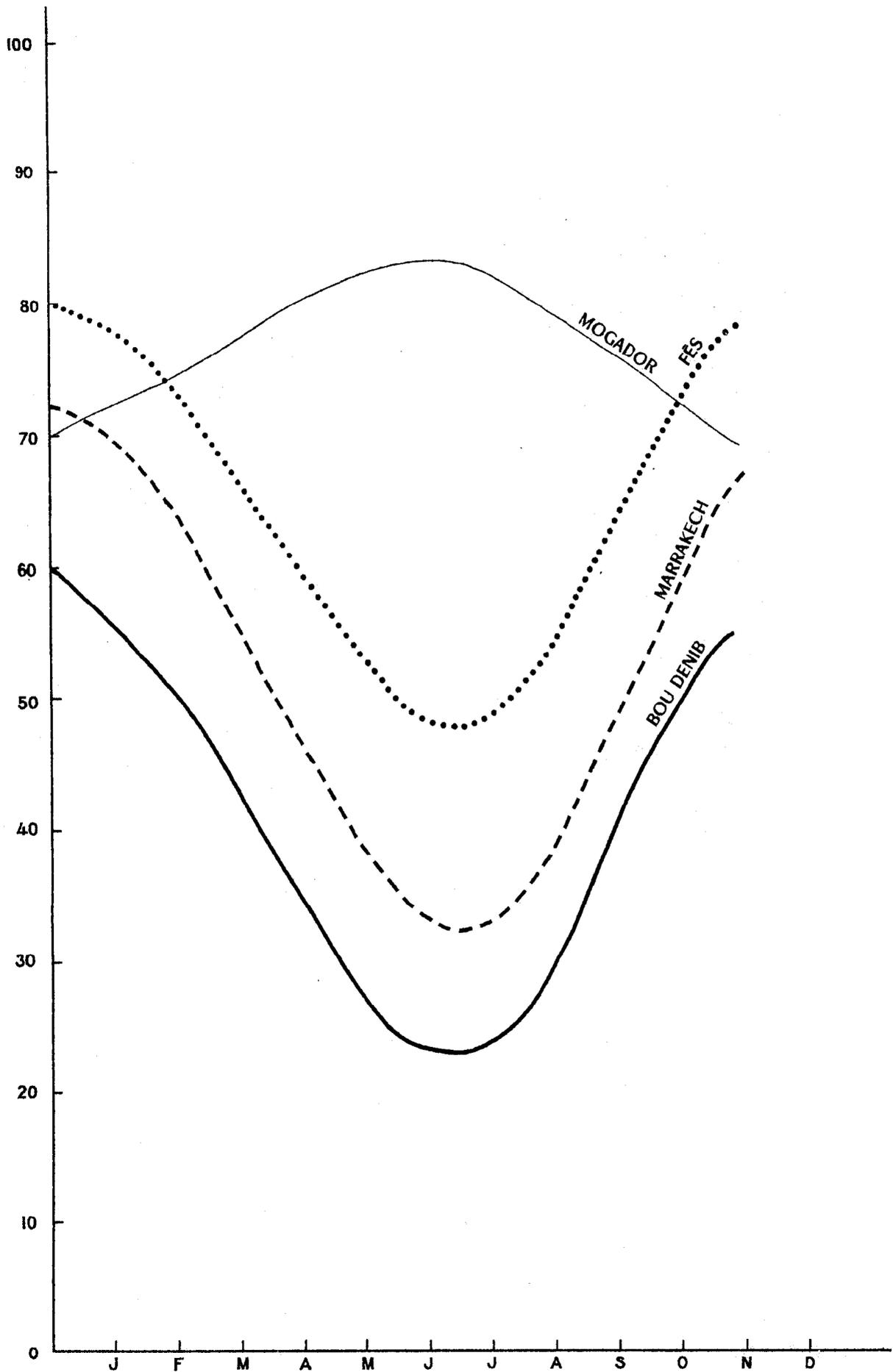


AIT-OURIR



HUMIDITÉ RELATIVE

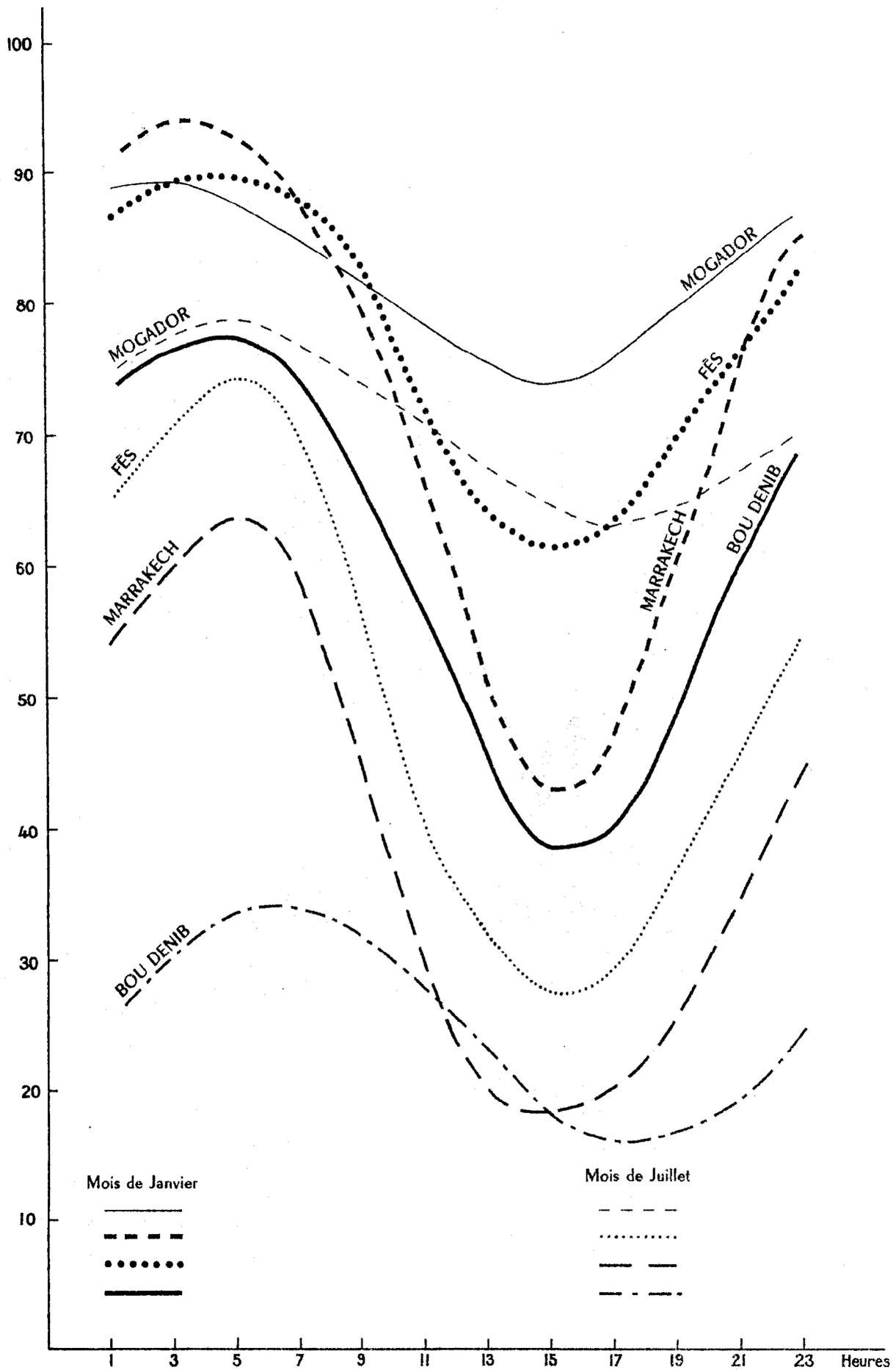
Variation annuelle



D'après Dedehaut

HUMIDITÉ RELATIVE

Variation diurne



LA TEMPERATURE -

L'écart entre les températures annuelles et mensuelles d'AIT OURIR et de MARRAKECH est de 1°.

Les écarts diurnes sont importants : 15° environ en hiver en hiver et près de 20° en été à MARRAKECH ; ceux d'AIT OURIR sont un peu plus faibles (de 2 à 3 degrés environ). Cette amplitude thermique journalière permet des rosées matinales fréquentes pendant six mois de l'année.

Les températures minima les plus basses sont enregistrées dans la plaine et non dans le piémont. Cependant les gelées sont rares. Le minimum absolu est de moins un degré à MARRAKECH.

En été lorsque les vents du S-E soufflent, la température peut atteindre 45 à 50°.

LES VENTS -

Ils sont faibles en général (60% de calme). En fin de journée le vent se lève fréquemment, occasionnant des vents de sable passagers.

Le vent de "chergui", venant des Hauts-Plateaux et du Sahara, vient parfois en été provoquer une sécheresse brutale, le degré hygrométrique tombant pratiquement à zéro.

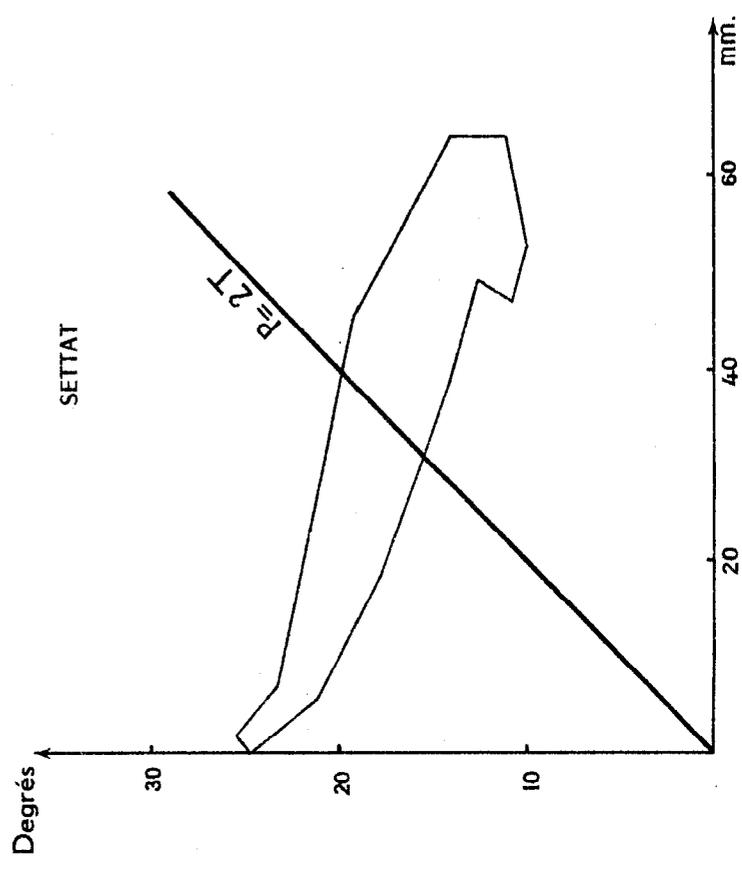
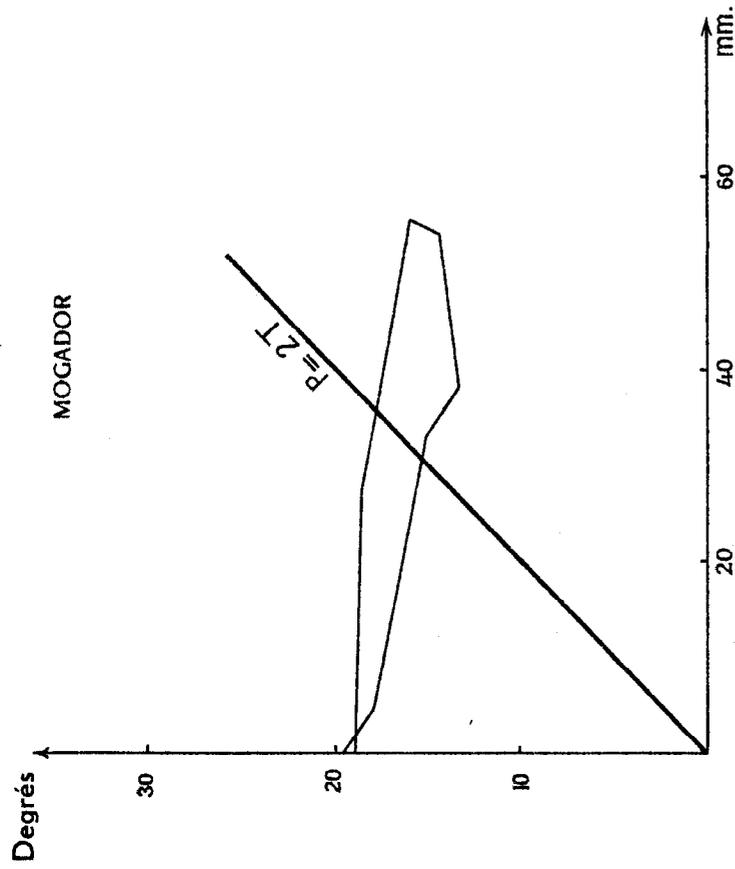
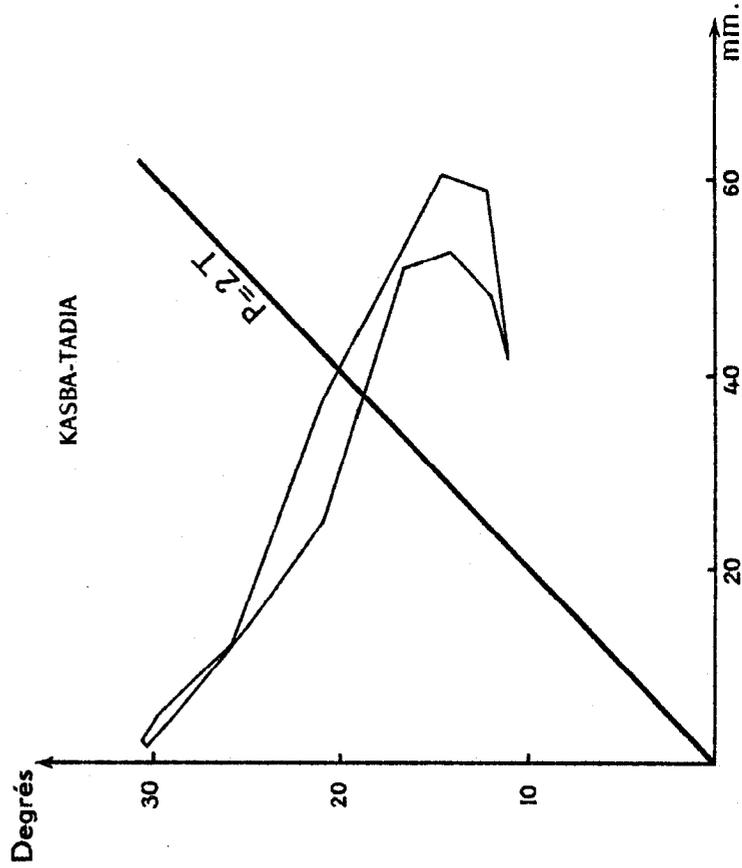
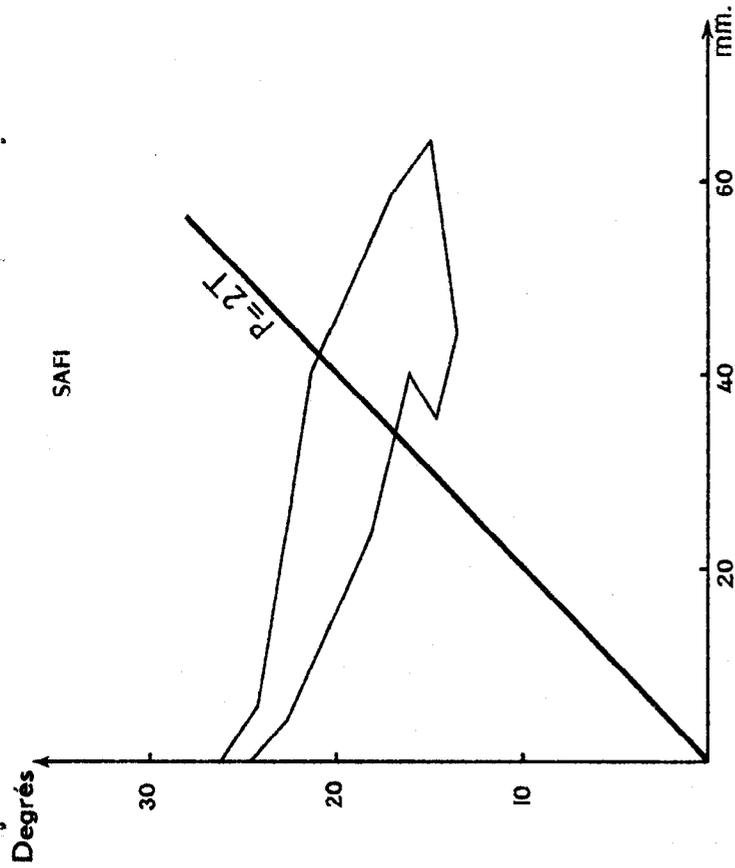
L'HUMIDITE RELATIVE -

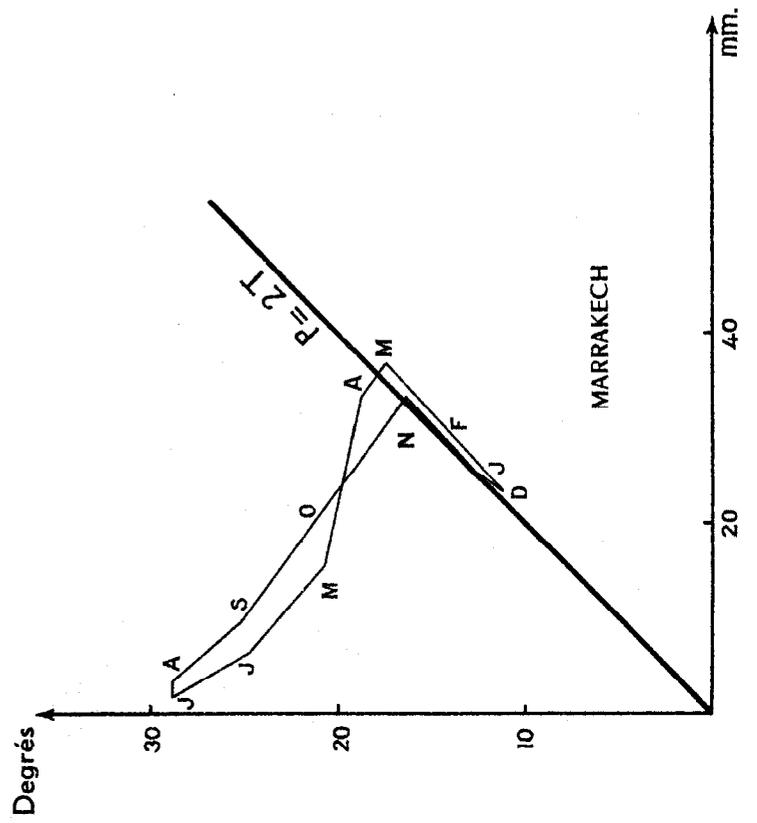
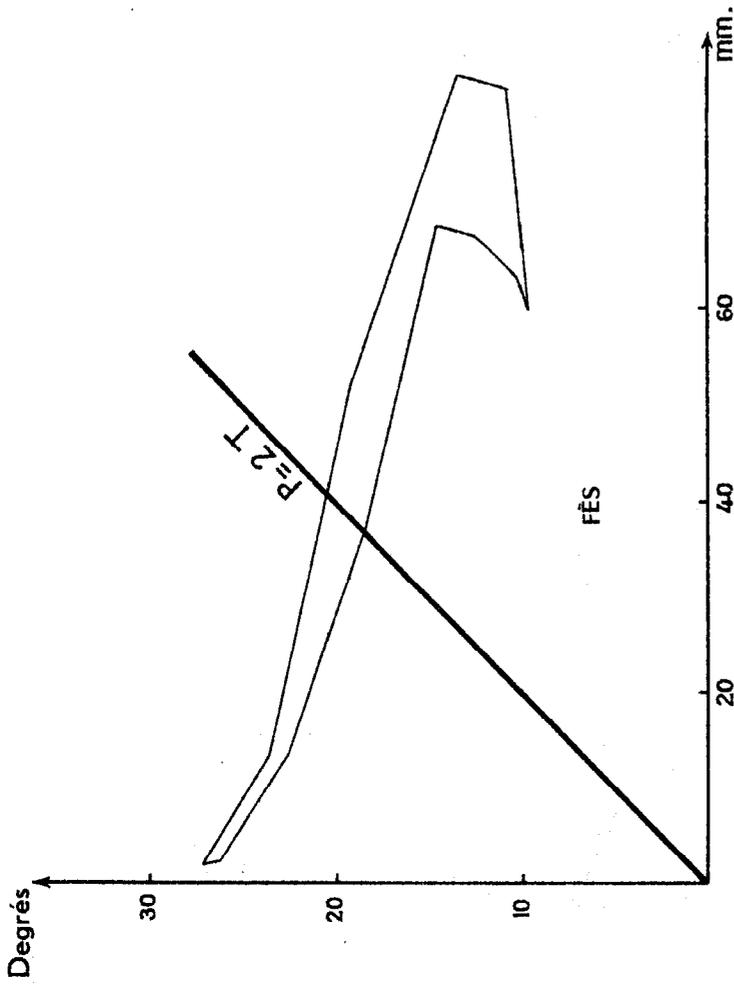
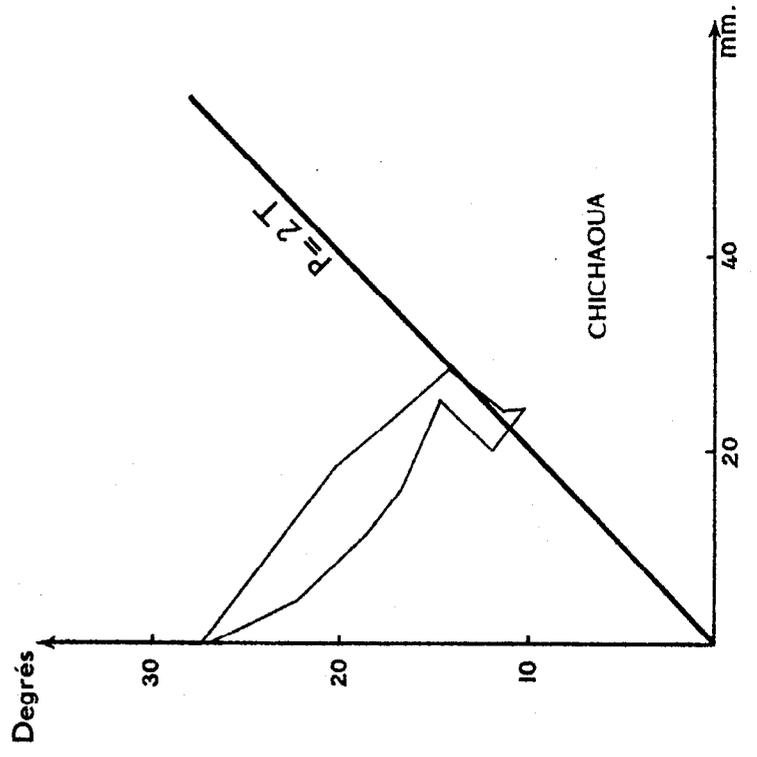
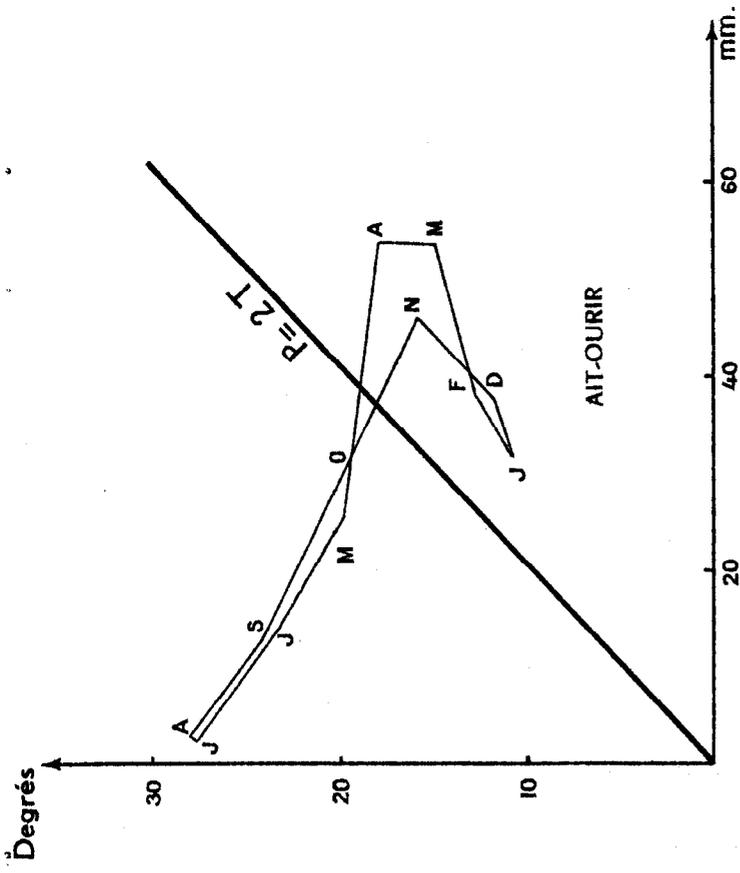
Les valeurs de l'humidité confirment l'aridité du climat.

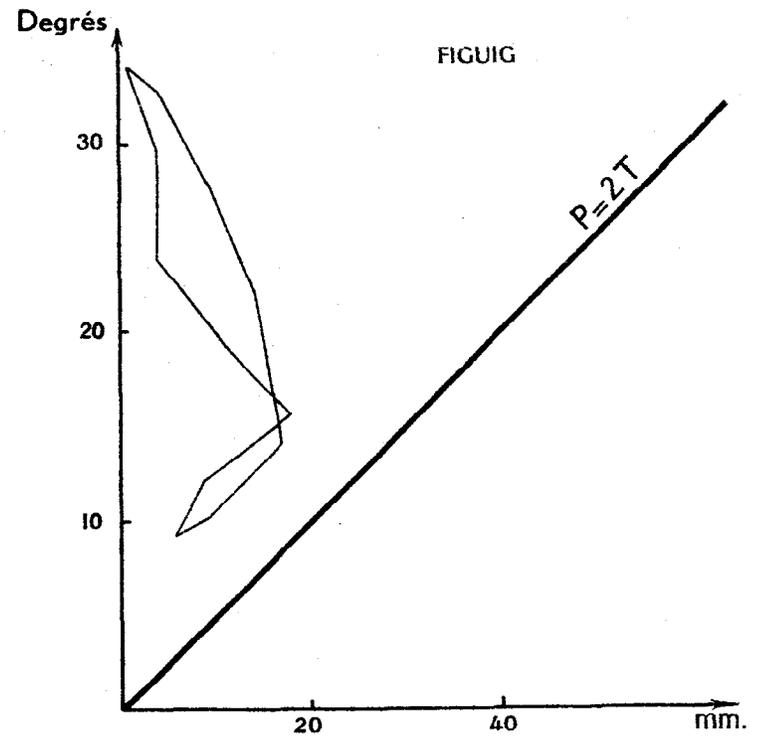
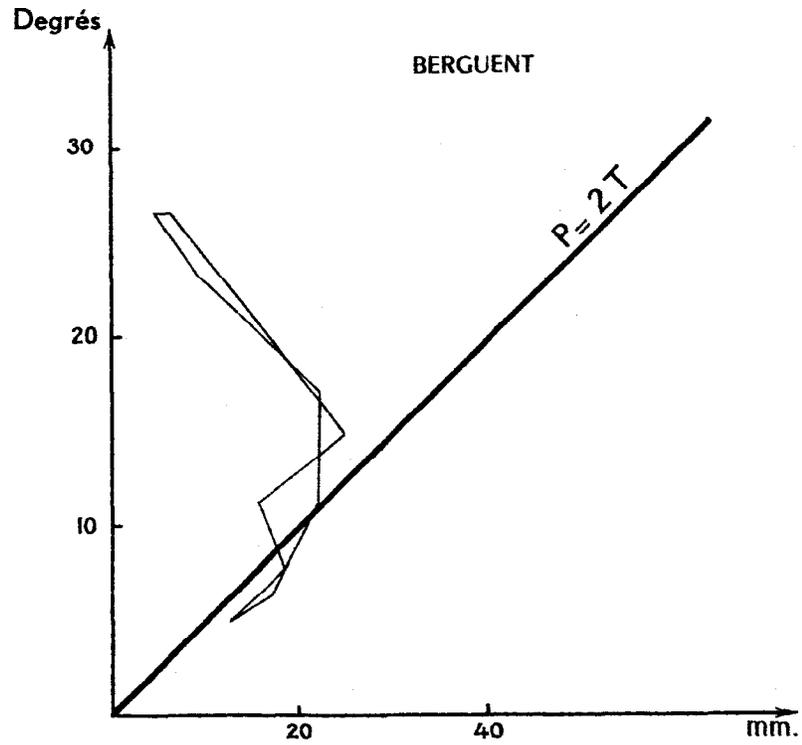
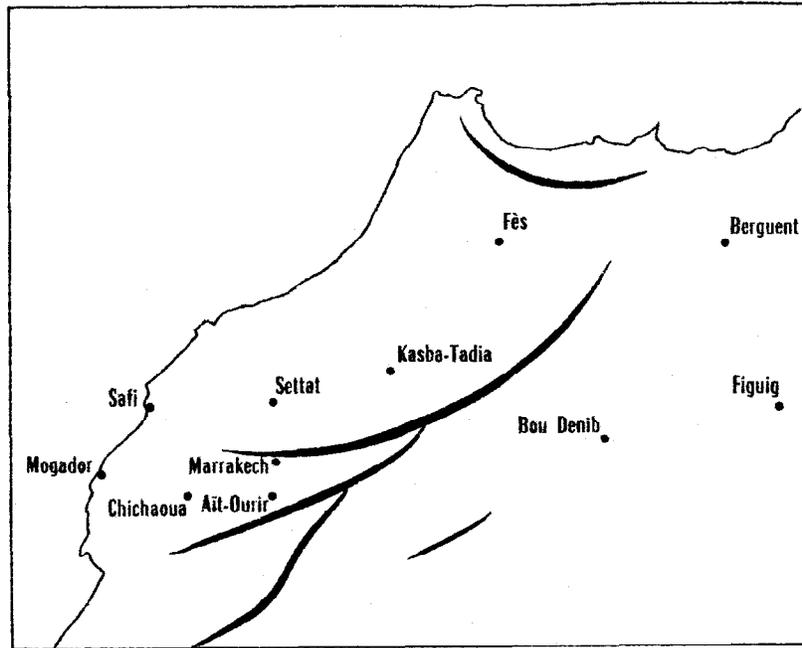
Les variations diurnes de Janvier révèlent par leur amplitude, la sécheresse relative des journées d'hiver, malgré les condensations nocturnes.

Les variations diurnes de Juillet montrent que l'humidité relative descend au-dessous de 20 entre 13 heures et 17 heures.

Les évaporations sont donc particulièrement importantes même pendant la saison "humide".







INDICES CLIMATIQUES -

L'indice de MARTONNE est de 8 à MARRAKECH, 11 aux AIT OURIR.

L'indice d'EMBERGER est de 16 à MARRAKECH et 26 aux AIT OURIR.

D'après ces deux indices, MARRAKECH aurait un climat "méditerranéen aride", AIT OURIR serait à la limite entre ce dernier climat et le climat "méditerranéen semi-aride".

L'évaluation du nombre de jours "secs" à MARRAKECH donne un indice xérothermique compris entre 200 et 250. D'après la classification de GAUSSEN, le climat de MARRAKECH serait "subdésertique".

L'indice d'HENIN est de 5 mm à MARRAKECH de 16 mm aux AIT OURIR. Ces valeurs sont très inférieures à celles habituellement trouvées pour les sols châtains et bruns steppiques. D'autre part, nous sommes à la limite de température séparant les sols steppiques proprement dits des sols steppiques rouges.

Ces deux derniers indices soulignent l'aridité accentuée du climat étudié.

COMPARAISON AVEC D'AUTRES CLIMATS ARIDES -

Nous avons utilisé la méthode de Griffith Taylor, mais avec un système de coordonnées tel que la première bissectrice des axes soit la droite $P = 2 T$, P étant exprimé en millimètres et T en degrés. La valeur $P = 2 T$ est admise par BAGNOULS et GAUSSEN comme limite entre les mois "secs" et les mois "humides". Chaque mois est représenté par un point.

Sur le climatogramme de MARRAKECH, on peut remarquer que les points représentatifs des mois humides sont très voisins de la bissectrice.

Pour AIT OURIR ces mêmes points s'en écartent sensiblement mais beaucoup moins que ceux de KASBA-TADLA, SETTAT et FEZ.

La comparaison des climatogrammes ci-joints met en évidence le rôle joué par l'Atlas sur les influences océaniques. Après CHICHAOUA, MARRAKECH est la station qui semble se rapprocher le plus, par son climat, des stations des Hauts-Plateaux et des stations présahariennes. Elle est très peu marquée par les influences atlantiques.

AIT OURIR se placerait à la limite de l'étage aride et de l'étage semi-aride.

Signalons enfin que A. METRO dans son étude sur l'écologie de l'eucalyptus assimile le climat de Marrakech à ceux de BROCKEN-HILL, COOLGARLIE et KALGOORLIE en Australie.

Ces villes sont situées sur la carte des sols d'AUSTRALIE, de PRESCOTT, en bordure de la zone des sols "désertiques steppiques".

Cet ensemble de comparaisons nous permet donc de conclure que le climat de Marrakech, qui est pratiquement celui du périmètre étudié, tout en conservant un régime méditerranéen, semble très proche des climats subdésertiques.

Influence du climat sur les sols -

Ce climat ne semble pas capable de provoquer des phénomènes d'altération et des pédogénèses très accentués. Il ne permet pas un lessivage important dans les sols. Par contre, les évaporations intenses en saison sèche peuvent probablement provoquer des mouvements ascendants de certains éléments du sol. L'étude des sols permettra de savoir s'il y a équilibre entre ces deux tendances, ou si l'une est légèrement prépondérante. Toutefois, lorsqu'on observera des accumulations importantes dans un profil, il conviendra de chercher les conditions particulières qui les ont rendues possibles (paléoclimat, roche-mère, topographie, etc...)

L'action du climat sur l'érosion sera étudiée plus loin, dans le chapitre consacré à ce phénomène.

Influence du climat sur les possibilités de mise en valeur

Les pluies sont rares, mais violentes. Les sols les absorbent mal, car les pertes par évaporation et par ruissellement sont importantes. L'irrigation est nécessaire à la plupart des cultures et des plantations. L'irrégularité du climat, le "chergui" soufflant par intermittence en été, obligent les exploitants à avoir des possibilités en eau pour l'irrigation nettement supérieures à celles que l'on pourrait évaluer en fonction des conditions climatiques moyennes, celles-ci étant rarement réalisées. La fréquence des irrigations est très variable d'une année à l'autre.

Si le Haouz ne manquait pas de réserves en eau pour l'irrigation, on pourrait craindre que des irrigations mal conduites n'entraînent pas des remontées locales de la nappe.

Signalons enfin que les hivers sont trop frais pour permettre comme sur la côte la culture des primeurs.

A/ GENERALITES ET RAPPELS -

La plaine du Haouz est une cuvette allongée entre les deux chaînes parallèles de l'Atlas et des Djebilets. Le socle primaire de cette dépression a été comblé pendant le tertiaire et le quaternaire, par des matériaux arrachés à ces montagnes. Les formations primaires et tertiaires affleurent très rarement ; les roches-mères des sols du Haouz sont presque toujours des dépôts quaternaires.

Origine des dépôts -

La majorité des dépôts viennent de l'Atlas qui est beaucoup plus développé en superficie et en altitude que les Djebilets. On peut distinguer schématiquement dans l'Atlas :

1°) Les chaînes de piémont, "le Pré-Atlas", formées principalement de marnes permo-triasiques, gypso-salines, souvent injectées de coulées de basalte, et de calcaires secondaires, très durs, parfois dolomitiques.

2°) Les hauts massifs constitués en majorité par des granites, des schistes et des grès.

En face de chaque grande vallée de l'Atlas, on trouve, dans la plaine, des cônes d'épandage de cailloux roulés, formés essentiellement par ces dernières roches plus ou moins altérées.

Les petites vallées du piémont ont étalé dans la plaine des matériaux plus fins et assez peu caillouteux provenant surtout des marnes du Permo-Trias. C'est notamment le cas dans le périmètre que nous avons à étudier.

Les grands cônes de déjection caillouteux semblent avoir parfois "barré" la plaine: celui de l'oued El Hajer à l'Ouest de la zone étudiée, celui de la Tessaout aux Freitas et à Temalelt. Leur influence sur l'orientation du réseau hydrographique et sur le relief de la plaine a été primordiale.

Mode de dépôt -

Le phénomène de subsidence semble très affirmé puisque les seuls emboîtements remarquables sont les terrasses du Tensift en aval de Marrakech. Les terrasses que l'on observe dans

les vallées de l'Atlas disparaissent lorsqu'on arrive dans la plaine. On peut alors noter la présence d'une terrasse subactuelle le long des oueds qui se dirigent vers le Tensift. Les dépôts quaternaires que l'on rencontre dans le Haouz, semblent être des colluvions superposées, répandues en nappe, par des écoulements divagants.

Cependant, l'observation des bouches dans la tranchée du canal de Rocade, révèle que le phénomène de subsidence n'est pas absolument total. On remarque que, souvent, un dépôt est plus ou moins tronqué, entaillé, "raviné" par un autre. On est obligé de penser qu'une période de creusement précède l'épandage d'un dépôt. Mais ce creusement n'est jamais assez important, semble-t-il, pour avoir provoqué des étagements remarquables.

Périodes de dépôts -

Rappelons que, pendant le quaternaire, à chaque glaciation en Europe correspond au Maroc un "pluvial" et à chaque interglaciaire, un "interpluvial". Le Haouz n'a pas été affecté par des oscillations du niveau de la mer, du fait de son éloignement du littoral et de son isolement presque total par les reliefs qui l'entourent. Ce sont les variations du climat du quaternaire qui ont provoqué les alternances d'alluvionnement et de creusement. Les pluviaux sont les époques de dépôt ; les interpluviaux, celles de creusement.

Faciès des dépôts -

Le climat a eu une action directe sur la texture du dépôt au moment où celui-ci s'est constitué. Par la suite, chaque dépôt a subi plus ou moins l'influence des climats ultérieurs, de l'érosion, de la nappe, etc... L'aspect primitif des dépôts a pu être ainsi modifié. On trouve notamment des traces de pédogénèse anciennes sur ces dépôts. Dans le Haouz, comme un peu partout au Maroc, ces phénomènes ont été parfois assez généraux pour que l'on puisse parler de sols zonaux fossiles, témoins des climats des périodes du quaternaire les plus récentes. Mais de même que l'on observe actuellement, des conditions locales de roche-mère ou de topographie, peuvent avoir empêché, autrefois, la formation des sols climatiques (C'est une des raisons qui individualisent notamment la zone que nous avons à étudier). Le climat actuel ne semble pas avoir provoqué des pédogénèses très intenses qui puissent effacer complètement la

morphologie de ces anciens sols et même ceux-ci sont assez évolués parfois pour paraître conserver actuellement la même évolution.

Cet ensemble de remarques générales justifie une étude préalable assez détaillée des dépôts quaternaires sur le périmètre qui nous intéresse.

o
o o

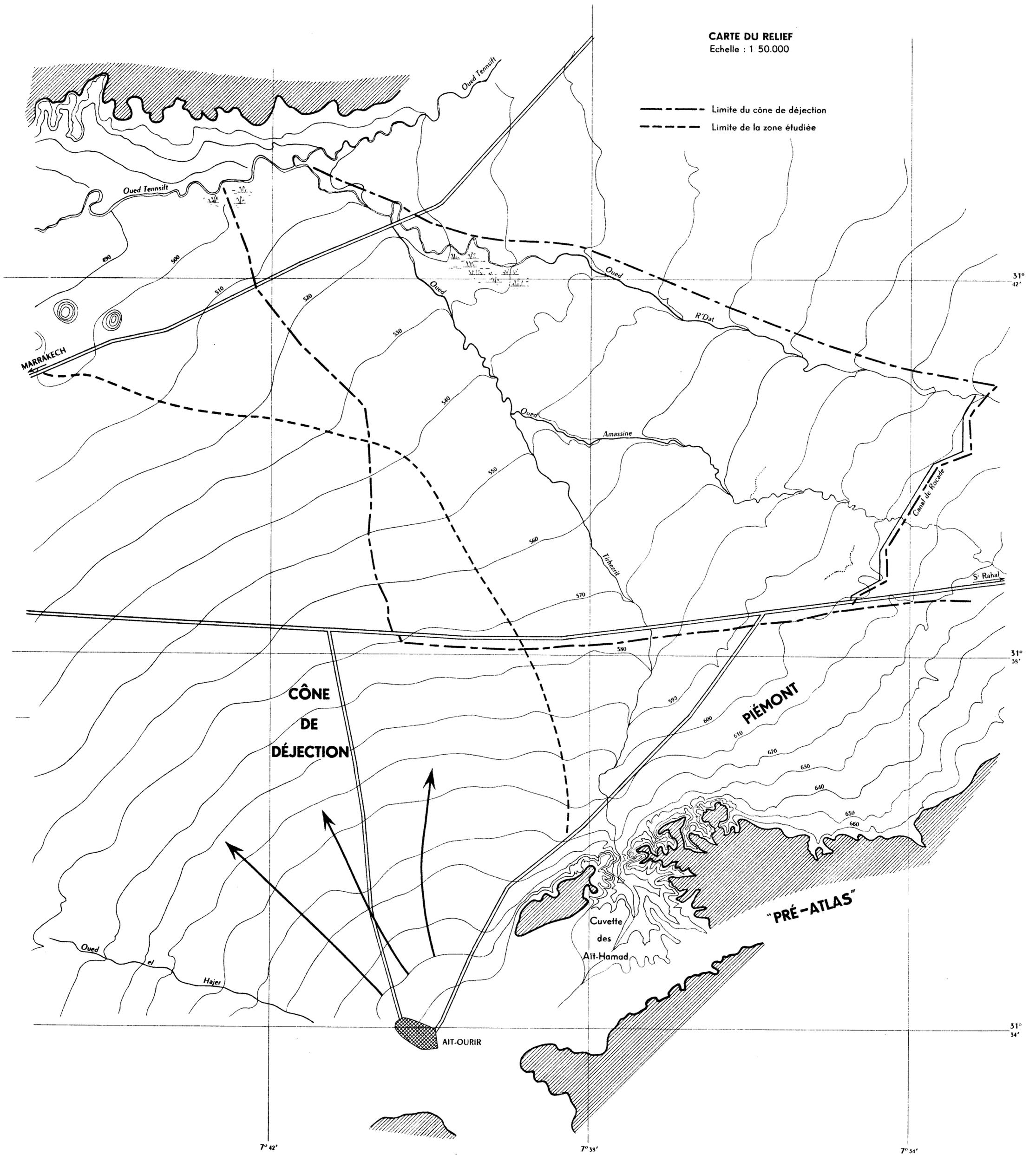
TABLEAU DE LA STRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE CONTINENTAL AU
MAROC

: Villafranchien	: Moulouyen	: Croûtes	:
: récent	:	: calcaires	:
: 1° Pluvial	: Salétien	: Dépôts fluvio-	:
: (Günz)	:	: glaciaires à rañas	:
: 2° Pluvial	: Amirien	: Limons anciens	:
: (Mindel)	:	:	:
: 3° Pluvial	: Tensiftien	: Encroûtements	:
: (Riss)	:	: (en fin de pluvial)	:
: 4° Pluvial	: Soltanien	: Limons "rouges"	:
: (Würm)	: (Grimaldien)	:	:
: Post-Würm	: Rharbien	: Limons "gris"	:
:	: (Flandrien)	:	:

o
o o

CARTE DU RELIEF
Echelle : 1 50.000

- Limite du cône de déjection
- - - Limite de la zone étudiée



B/ MORPHOLOGIE DE LA ZONE ETUDIEE -

1°) Le relief -

La pente générale est orientée S.E./N.W. ; elle est faible : 1 % vers le piémont, 0,6 % vers le Tensift.

Le tracé des courbes de niveau met en évidence :

- le cône de déjection de l'oued El Hajer ;
- le verrou formé par ce cône venant ennoyer au Nord les premiers pointements du soubassement primaire sur la rive gauche du Tensift ;
- le comblement d'une dépression entre le piémont au S.E. et le cône à l'ouest ;
- la dissymétrie des versants de la vallée de l'oued Tirzrit due à un changement d'orientation des premières chaînes de l'Atlas ;
- les anciens trajets de petites vallées mortes ou capturées par les écoulements actuels.

2°) Rapports entre la morphologie et la stratigraphie des dépôts quaternaires.

L'étalement du cône de déjection dans la plaine semble contemporain de la formation de la haute terrasse de la vallée de l'oued El Hajer dans l'Atlas. L'épaisseur (20 m environ), et l'étendue du dépôt (125 km²), la taille des cailloux transportés et leur état d'altération avancé prouvent l'ancienneté de cette formation (Salétien).

Ce cône emboîte au Nord des limons encroûtés qui peuvent être suivis sur les deux rives du Tensift dans tout le Haouz. Cette formation a servi à définir au Maroc "le Tensiftien" correspondant au Pluvial Riss.

Un limon sableux est venu recouvrir les cailloux de l'oued El Hajer. L'observation des coupes offertes par le canal de Rocade montre qu'il y a eu un ravinement préalable du cône de déjection avant le dépôt du limon sableux. La surface de séparation de ces deux formations est en effet nettement ondulée. Le limon superficiel est un produit de l'altération et du remaniement des cailloux granitiques et gréseux sous-jacents.

Il y a passage latéral, vers l'Est, de ce limon sableux à des colluvions de texture plus fine, alors que les cailloux roulés du cône de déjection disparaissent brutalement en profondeur. Ces colluvions recouvrent les encroûtements tensif-

tiens et moulouyens qui affleurent au Nord, mais que l'on suit en profondeur sur presque toute la zone jusqu'aux premières pentes du piémont où ils affleurent de nouveau. Elles sont en général superposées et on peut différencier plusieurs dépôts souvent séparés par des lentilles de cailloux et de graviers, l'ensemble pouvant atteindre 4 mètres d'épaisseur. Les étagements et les "décrochements" observés au niveau des oueds permettent de distinguer les limons soltaniens, des limons rharbiens.

Cette chronologie des dépôts quaternaires correspond dans son ensemble à celle qui est admise pour le Haouz et d'autres régions du Maroc. Cependant les faciès se rapprocheraient légèrement plus de ceux des Doukkalas que de ceux du Haouz. Nous en verrons les raisons en étudiant plus précisément les dépôts superficiels qui sont les roches-mères des sols. Nous utiliserons encore parfois des observations faites immédiatement en amont de la zone.

C/ ETUDES DES DEPOTS QUATERNAIRES SUPERFICIELS -

1°) Les croûtes et les encroûtements tensiftiens -

a) Description

On les rencontre surtout au Sud-Est et au Nord-Ouest de la zone. On observe la succession suivante : de haut en bas, sur trois mètres d'épaisseur environ :

- La dalle calcaire compacte ;
- Un limon tuffeux très calcaire ;
- Un limon bigarré à amas farineux ;
- Un limon calcaire dans la masse.

Lorsque l'encroûtement est peu développé, le limon bigarré passe vers le haut à un limon à granules et nodules ou même parfois à amas mieux individualisés. Les amas sont plus fréquents dans les limons à texture fine, les granules dans les dépôts sablo-limoneux.

Les croûtes compactes sontrares, on les rencontre seulement au Sud-Est de la zone sur les premières pentes du piémont. Chaque fois qu'un ancien relief a été "fossilisé" par l'encroûtement et conservé intact sous d'autres dépôts, on peut remarquer que ce sont les parties les plus surélevées de ce relief qui sont les plus encroûtées. (De la même façon, les remontées de sel sont les plus importantes actuellement sur les

petites buttes du microrelief de la plaine).

Le dépôt qui a subi l'encroûtement est, soit un limon ancien (probablement amirien) argilo-sableux, au centre et au sud du périmètre, soit un limon à texture sablo-limoneuse, au Nord-Ouest. Ce dernier dépôt semble avoir été étalé latéralement par le Tensift puisqu'il vient se terminer en biseau sur la bordure nord du cône de l'oued El Hajer (qui n'est pas encroûté, ni même calcaire).

b) Hypothèse sur leur formation

Si on fait l'inventaire des roches que l'on trouve dans l'Atlas en amont de la zone, on rencontre :

- Des marnes rouges gypso-salines, assez peu calcaire (5 % environ), facilement érodées ;
- Des calcaires durs, peu solubles et résistant à l'érosion ;
- Un grand nombre de roches non calcaires : grès, granites, schistes, etc...

Pour créer les accumulations importantes de calcaire des encroûtements, il a fallu :

- soit que le dépôt qui a subi ce phénomène contienne initialement une quantité importante de calcaire ;
- soit que les dépôts aient été enrichis en calcaire par une circulation de nappe.

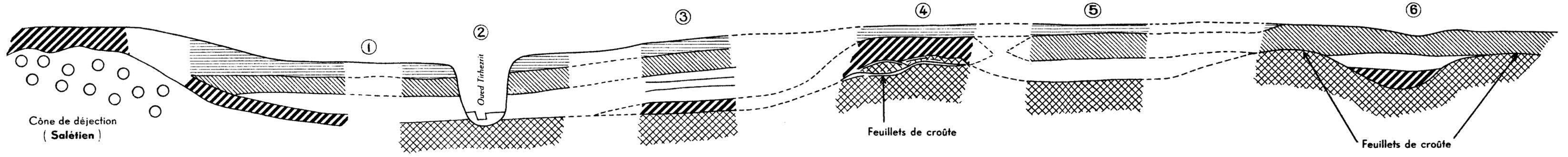
Or les dépôts qui se forment actuellement ont une teneur moyenne en calcaire de 5 %, et la nappe est très peu chargée en bicarbonates. Des conditions particulières auraient donc été nécessaires pour provoquer un entraînement important du calcaire de l'Atlas. Ces conditions ne sont plus réalisées à notre époque. Elles sont compatibles avec le climat d'un pluvial.

L'épaisseur et l'importance des accumulations rencontrées et l'absence de limons superficiels decalcarifiés, semblent écarter la possibilité d'une formation par lessivage. On est conduit à proposer l'explication suivante pour la formation des encroûtements observés sur le périmètre :

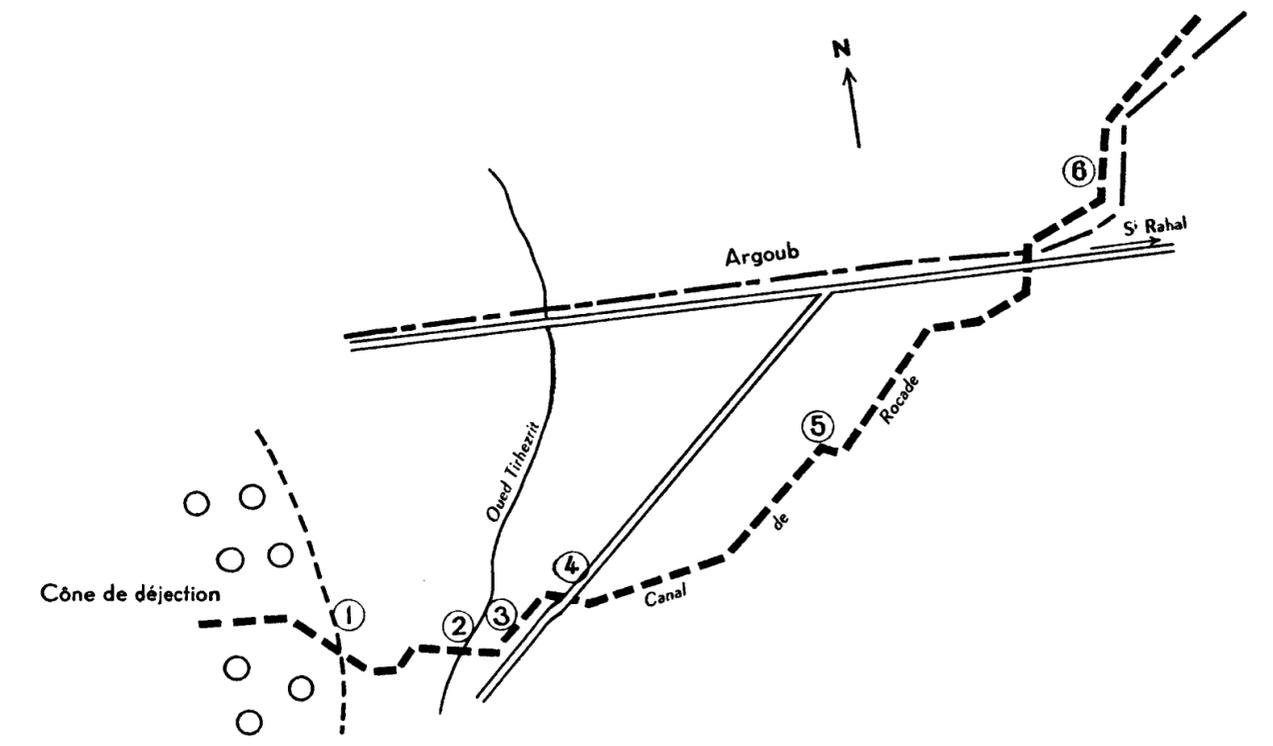
Pendant l'interpluvial Riss-Würm, un climat très aride aurait provoqué des évaporations importantes. La nappe, à faible profondeur, aurait permis grâce à sa teneur en chlorures une dissolution importante du calcaire des dépôts dans lesquels elle circulait. Les solutions chargées en calcaire seraient remontées à cause de l'évaporation. Au niveau de rupture des veines liquides dans le sol par un appel d'eau trop intense, le calcaire se

COUPES OBSERVÉES DANS LE CANAL DE ROCADE

Limon sableux rubéfié



- Soltanien**
 - Limon récent
 - Limon brun-rouge foncé
 - Limon beige
- Amirien**
 - Limon rubéfié
- Moulouyen**
 - Encroûtement



serait accumulé. Ce phénomène aurait eu lieu pendant un nombre de millénaires suffisant pour donner lieu à des concentrations importantes de calcaire.

Cette hypothèse est appuyée sur les faits suivants :

- On trouve sur les surfaces encroûtées de la cuvette des Aït Hamad, des cailloux semblant avoir subi les effets d'un climat très aride : pâtine de couleur foncée, guillochage, écailles, etc...
- La morphologie montre que le niveau de base de la plaine ne s'est abaissé que très récemment. Il est probable que le niveau de la nappe était autrefois également plus élevé.
- Dans les puits du Douar Ayadi, on observe un encroûtement de plusieurs mètres, limono-sableux ; on trouve au-dessous un dépôt très rouge, sableux, non calcaire, qui semble contemporain du cône de déjection de l'oued El Hajer où immédiatement postérieur. Ce limon contient de nombreuses accumulations noires d'oxydes de fer en amas, ou en pellicules sur des cailloux. Ces amas sont particulièrement fréquents dans les niveaux à texture plus grossière et dans les lentilles de cailloux. Ils existent également à la base de l'encroûtement. Ce sont probablement les traces d'une ancienne circulation de la nappe - (la nappe actuelle circule à 5 ou 6 mètres au-dessous)

2°) Les accumulations de calcaire postérieures au Tensiftien.

Dans un niveau caillouteux séparant deux limons encroûtés, nous avons trouvé un silex taillé de type probablement mousteroiïde, c'est-à-dire, datant sans doute du début du Soltanien.

- Les falaises de l'oued Amassine montrent au-dessus d'un encroûtement puissant, un niveau calcaire dans la masse, non encroûté surmonté d'un horizon de plus d'un mètre cinquante d'épaisseur, riche en amas calcaires. Cet horizon passe progressivement au-dessus à un limon brun-rouge foncé argileux. Au Sud de la zone cette succession est au contraire séparée par des lits de cailloux.
- Les accumulations de calcaire liées aux sols rouges enterrés que l'on observe dans la tranchée du canal de Rocade, semblent devoir être distinctes des encroûtements sous-jacents. On les a trouvées, en effet, indifféremment sur des croûtes très anciennes à Tamelelt, des croûtes tensiftiennes, et même en l'absence de tout encroûtement.

- Des feuilletts de calcaire dur surmontent souvent les encroûtements et les croûtes. Ces feuilletts de quelques centimètres d'épaisseur ont une surface assez ondulée. Il y a parfois un passage assez brutal d'un limon bigarré ou granulaire à cette croûte lamellaire. On peut voir localement deux feuilletts superposés. Ils ont été souvent observés à la surface des poches de dissolution dans les dunes anciennes de sable calcaire consolidé (Bou Laouane, Doukkalas).
- Certains granules, dans les profils de sols bruns, sont des débris de croûte plus ou moins roulés. Le niveau d'accumulation des granules est parfois riche en graviers siliceux. Cette correspondance entre l'accumulation des graviers et celle des granules n'est toutefois pas générale.

Ces observations révèlent qu'après le Tensiftien, des phénomènes de remaniement, de redissolution des encroûtements ont eu lieu indépendamment des accumulations de calcaire dues au lessivage actuel ou ancien dans les sols.

Les encroûtements dus à la nappe se sont peut-être poursuivis très localement près des oueds, en bordure du Tensift notamment.

Cette interprétation des phénomènes d'encroûtement accordant une prépondérance aux processus "per ascensum" à une époque interpluviale, aux remaniements et aux lessivages au Pluvial suivant, ne prétend pas être générale. Elle a semblé la plus valable, ici, sur la zone étudiée.

3°) Les phénomènes d'hydromorphie pendant le Soltanien -

Le cône de déjection de l'oued El Hajer, en "barrant" la plaine, a créé en amont une légère dépression d'où les eaux s'évacuaient, semble-t-il, assez difficilement. Pendant le Pluvial Würm, les dépôts paraissent avoir fréquemment subi des phénomènes d'hydromorphie alors que, dans le reste du Haouz, des sols rouges dans le piémont et des sols chatains dans la plaine (cf. le rapport de J. CONCARET sur SOUEILAH), se sont formés en majorité à cette époque.

On peut observer, près de l'oued Tirzrit, dans la tranchée du canal de Rocade, une double superposition de limons beiges calcaires, sablo-limoneux et de limons plus argileux de couleur foncée, parfois presque noire. Ces niveaux sont souvent séparés par des lentilles de sables et de cailloux (voir la photo n° 3). On trouve en particulier un horizon "noirci" contenant 0,8 % de matière organique sous un dépôt n'en contenant pratiquement pas (0,2 %).

Au débouché de la cuvette des Aït Hamad, l'oued Tirz-rit s'enfonce dans les limons brun clair sous lesquels on a trouvé un horizon de couleur gris très foncé (0,9 % de matière organique à 1,20 m).

Dans un puits du douar Bel Khalifa, on peut observer une triple superposition alternant des niveaux de couleur foncée et des niveaux beiges rougeâtres plus sableux et plus calcaires que les précédents.

Si ces successions complexes ont toujours été rencontrées dans des dépressions, on peut suivre sur presque toute la zone (sauf le cône de déjection de l'oued El Hajer), un dépôt de couleur brun rouge foncé, argileux ou argilo-sableux, très peu poreux, surmontant un horizon enrichi en calcaire. On le rencontre même sur les premières pentes du piémont. Nous verrons en étudiant les sols, que ce dépôt présente certains caractères d'hydromorphie. Il se raccorderait au niveau supérieur des successions observées dans les zones basses. Il emboîte localement un limon récent sablo-limoneux, brun clair qui ne présente aucun caractère d'hydromorphie.

Il semble donc, qu'à la fin de l'époque soltanienne, l'hydromorphie s'est généralisée à la quasi-totalité de la zone étudiée, probablement pour des raisons de climat et de mauvais drainage. Les sols ainsi formés, lorsqu'ils n'ont pas été profondément enterrés sous des limons néolithiques, conservent actuellement une certaine tendance à l'engorgement temporaire (cf. le chapitre des sols).

4°) Les limons récents -

Ces limons argileux déposés au soltanien ont été remaniés et recouverts d'autres dépôts. On observe tous les intermédiaires entre le simple remaniement donnant un dépôt de nature très peu différente de celle du limon sous-jacent (quoique souvent plus poreux), et l'apport de matériaux sablo-limoneux de couleur brun clair.

Ces phénomènes semblent avoir été assez progressifs et réguliers pour que la séparation des deux dépôts soit souvent difficile à établir sur le terrain (on observe très rarement un cailloutis à la base du dépôt récent). Parfois, la limite n'apparaît même pas à l'analyse.

Les remaniements et les "enlimonages" se poursuivent encore actuellement par le jeu de l'érosion et des irrigations. Il est particulièrement net, par exemple, qu'à la périphérie du

cône de déjection de l'oued El Hajer, l'érosion a provoqué le dépôt d'une mince couche de nature très sableuse et très peu calcaire sur les sols voisins.

D/ C O N C L U S I O N S -
LES ROCHES-MERES ET LEUR REPARTITION -

L'étude des dépôts quaternaires met en évidence la complexité des roches-mères des sols. Cette complexité est due d'une part, à des phénomènes "horizontaux" d'apport et de remaniement qui ont superposé des formations de nature différente, et d'autre part, à des phénomènes "verticaux" d'évolution pédologique qui ont eux-même varié dans leur nature et leur intensité pendant les dernières périodes du quaternaire. Il arrive souvent que, sur 1,50 m d'épaisseur, on trouve deux et même trois dépôts distincts, ayant chacun conservé plus ou moins les traces de pédogénèses anciennes. Des troncatures et des recouvrements actuels ou anciens viennent modifier localement l'épaisseur relative des dépôts.

La roche-mère géologique de ces colluvions est principalement une marne rouge gypso-saline, excepté pour le cône de déjection de l'oued El Hajer. Les éléments de la granulométrie de ces colluvions ont été répartis et classés en fonction de l'intensité variable des écoulements dans le temps et dans l'espace. Il en résulte encore une grande hétérogénéité dans ce domaine. De plus la faible épaisseur des dépôts successifs et les pédogénèses anciennes ne permettent pas de définir exactement les caractères initiaux des roches-mères des sols. Toutefois, leur origine commune leur confère une bonne richesse en bases, une texture généralement fine, et une tendance à la salure et l'alcalisation.

Si une carte précise des roches-mères est difficile à établir, on peut cependant distinguer les ensembles suivants :

Au Sud-Est de la zone, les sables et les cailloux altérés, non calcaires, assez pauvres en bases du cône de déjection de l'oued El Hajer.

Le pourtour du cône où l'on observe le passage des sédiments sablo-caillouteux aux sédiments plus argileux.

Le Nord de la zone où les encroûtements sont à faible profondeur sous des limons de nature diverse.

L'Argoub, au Sud, où prédomine un limon soltanien argileux à argilo-sableux, calcaire (5 à 10 %) de 0,50 m à 2 m d'épaisseur, sur un limon souvent plus calcaire, sablo-limoneux avec des lentilles de cailloux vers le piémont, et plus argileux vers l'oued Amassine.

Le Nord-Est, entre l'oued R'Dat et l'oued Amassine, où les limons récents assez épais recouvrent les dépôts soltaniens à l'Est et les encroûtements à l'ouest. Leur texture est très variable. Ils ont une teneur moyenne en calcaire de l'ordre de 5 à 10 %.

Signalons enfin que, le long des oueds, les encroûtements sont plus importants, les ablations partielles des dépôts anciens fréquentes, et les recouvrements de limons récents plus épais.

L'étude des sols cherchera à mettre en évidence le rôle de ces différentes roches-mères dans l'orientation des pédogénèses anciennes et actuelles.

o

o •

LA VÉGÉTATION

La végétation naturelle du Haouz était probablement autrefois une brousse à épineux (jubarbiens, acacias et peut-être arganiers). La dégradation de cette végétation semble avoir eu plusieurs causes :

- le Défrichement (à part quelques bas-fonds salés, tout le périmètre étudié est cultivé) ;
- l'utilisation des jubarbiens comme bois de chauffage et pour constituer des haies mortes autour des champs et des habitations ;
- le surpâturage ;
- l'aridité et l'érosion qui ont accéléré le phénomène.

Les arbres, témoins de cette ancienne végétation, sont très rares. Les jubarbiens très tenaces ont donné des rejets qui forment des touffes de faible hauteur. Ils ont été souvent remplacés par des eucalyptus et des cannes de Provence qui, par leur croissance rapide, permettent des tailles fréquentes et sont utilisés de multiple façon (construction, chauffage, vannerie, etc...). Ils constituent des brise-vents pour les plantations.

Le palmier-dattier, introduit depuis plusieurs siècles, a pris une assez grande extension sur les limons encroutés, souvent salés, où la nappe est à faible profondeur. Il produit ici des dattes de mauvaise qualité, mais son feuillage est utilisé pour la fabrication de **nattes**.

La végétation herbacée a également été très modifiée par la culture, l'irrigation et le pâturage. L'assolement le plus fréquent est bi-annuel : culture-jachère pâturée. Il n'y a pas de pâturage permanent.

Les céréales occupent la quasi-totalité des surfaces cultivées. Les rendements sont faibles (3 à 4 Qx en moyenne). Les autres cultures, fèves, pois, et autres légumes sont très secondaires. On trouve localement quelques plantations d'agrumes, d'amandiers, d'abricotiers et d'oliviers. Seuls les oliviers semblent donner des rendements intéressants sur la zone étudiée.

Les adventices sont nombreuses : liserons, grands chardons et crucifères. Dans les zones très irriguées, le cynodon, et le carex à bulbe envahissent les cultures.

Le bétail trouve dans les jachères une herbe peu abondante, pauvre en légumineuses et en graminées. Les espèces qui ne sont pas mangées par le bétail y ont pris une place prépondérante.

La Végétation et les Sols -

Certaines plantes des jachères et des adventices se sont révélées assez caractéristiques de textures et de pédoclimats assez bien définis. On a trouvé également quelques espèces halophiles. On étudiera, avec chaque type de sol, les plantes qui lui semblent associées.

La végétation très clairsemée des jachères protège mal les sols contre l'érosion, notamment dans certaines zones où le glaçage superficiel des sols semble empêcher le maintien ou l'installation de la végétation herbacée.

La végétation spontanée est très réduite, le bétail manque d'herbe, les populations, de bois de chauffage et de construction. Un programme de mise en valeur devra prévoir un effort de reboisement et d'améliorations pastorales qui aurait aussi peut-être l'avantage de diminuer localement l'aridité du climat et l'érosion.

LA NAPPE PHREATIQUE

Le Service Hydrogéologique de Marrakech nous a fourni la carte ci-jointe et les renseignements suivants :

La nappe est principalement alimentée par des infiltrations dans le piémont. La couverture de dépôts quaternaires vient limiter par sa mauvaise perméabilité les infiltrations dans la plaine.

La direction générale des écoulements est Sud-Est/Nord-Ouest. Elle devient Est-Ouest, à l'Est de la zone où l'on s'approche de la ligne de partage des eaux drainées par le Tensift à l'ouest, par la Tessaout au Nord-Est.

La pente de la nappe est inférieure à 1 %. Elle affleure presque au niveau du Tensift, elle circule à plus de 40 mètres de profondeur au Sud de la zone.

La salure qui augmente du Sud vers le Nord, est assez faible au pied de l'Atlas. La nappe circule assez rapidement dans les cailloutis du cône de déjection de l'oued El Hajer. Les phénomènes de dissolution y sont donc moins importants (d'autant moins, d'ailleurs, que cette formation est assez peu salée). La dépression située à l'Est de ce cône a été comblée par des matériaux fins arrachés aux marnes gypso-salines du piémont. La nappe circule assez lentement dans ces dépôts. Elle se charge progressivement de quantités croissantes de sels.

Au Sud de la zone la salure est voisine de 0,5 g/litre. Elle est presque constituée uniquement par du ClNa. A proximité du Tensift, elle atteint plus de 2 g/litre (résidu sec). L'analyse de l'eau du puits du douar Mansouri a donné les résultats suivants (exprimés en mg/litre) : Cl : 1.200 - Na : 445 - SO₄ : 580 - Mg : 231 - Ca : 180. Le pH est compris entre 7,5 et 8,0.

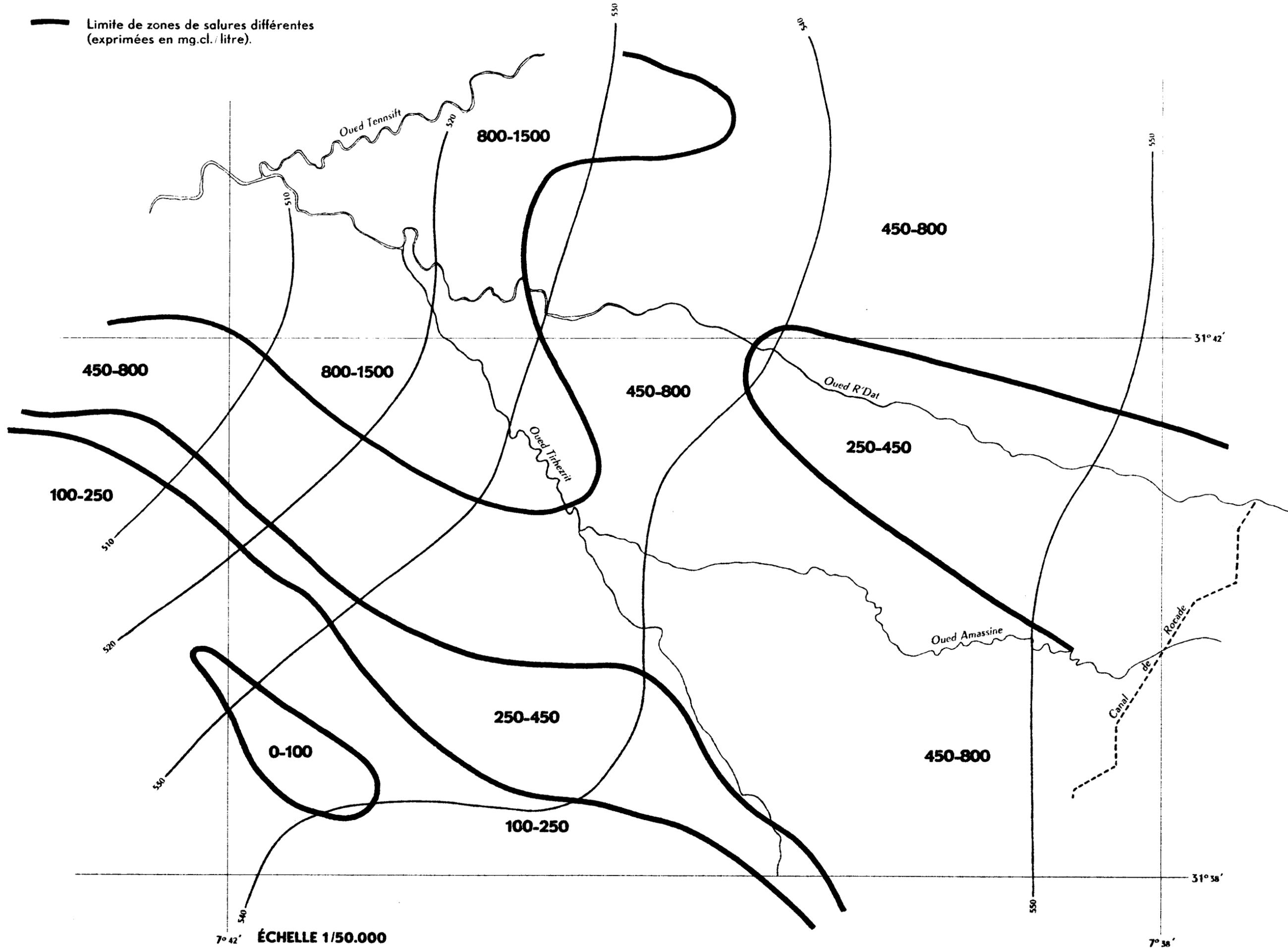
La nappe peut être difficilement utilisée pour les irrigations. En effet, lorsqu'elle circule à faible profondeur, elle est généralement salée.

Elle est cependant utilisée au Nord de la zone à l'aide de pompes et de rehtaras. C'est la raison principale de la salure des sols dans cette région.

La présence de sols à alcalis en bordure du Tensift et du R'Dat semble due essentiellement à la nappe. En étudiant ce type de sol, nous verrons comment son alcalisation est provoquée par la présence de la nappe à faible profondeur.

CARTE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE

- Courbe de niveau
- Limite de zones de salures différentes (exprimées en mg.cl./litre).



Si, en général, la nappe ne semble pas influencer directement l'évolution actuelle des sols de la zone, nous avons vu qu'elle a probablement joué un rôle pendant le quaternaire. On peut d'ailleurs remarquer que les encroûtements observés sur la zone sont plus importants là où la nappe est actuellement très chargée en sels.

En dehors des variations saisonnières le niveau de la nappe phréatique semble rester constant. Le Tensift et les rhetaras assurent un drainage suffisant. Mais il serait très important de contrôler le niveau de la nappe au Nord de la zone, si on venait à augmenter le volume des irrigations. Il y aurait en effet un risque de salure des sols par remontée de la nappe. La nappe devient rapidement très profonde vers le Sud, ce risque est pratiquement nul pour le reste de la zone.

o

o o

ACTION DE L'HOMME SUR LE MILIEU

La zone est depuis très longtemps habitée. On trouve des traces de la présence de l'homme dans les dépôts soltaniens (cendres et industries atériennes).

L'action principale de l'homme sur le milieu a été la mise en culture de toutes les terres de la zone. Le défrichement a été total. Si l'absence de sols vierges ne permet pas d'analyser avec précision l'influence de la culture sur l'évolution actuelle de chaque type de sols, on peut néanmoins remarquer certaines modifications apportées généralement à la morphologie des sols par la pratique de l'assolement traditionnel (céréale irriguée - jachère pâturée).

a) La matière organique -

La partie aérienne des plantes est presque complètement récoltée ou broutée. Du fait de la faible densité des semis de céréales et de la végétation des jachères, la quantité de matière organique susceptible de se décomposer à la surface des sols est très réduite. L'irrigation crée, vers un mètre de profondeur environ, un niveau où l'humidité se maintient relativement constante et assez élevée pendant la période de végétation de la céréale. Les racines seraient ainsi presque aussi nombreuses en profondeur qu'en surface. Les racines des plantes en jachères vont chercher encore plus profondément l'humidité : on les a suivies jusqu'à 2 mètres de la surface.

On pourrait expliquer ainsi, dans de nombreux profils, une répartition beaucoup plus homogène de la matière organique que dans les sols steppiques "normaux" (décroissance presque nulle entre 40 cm et 1 mètre).

b) La structure -

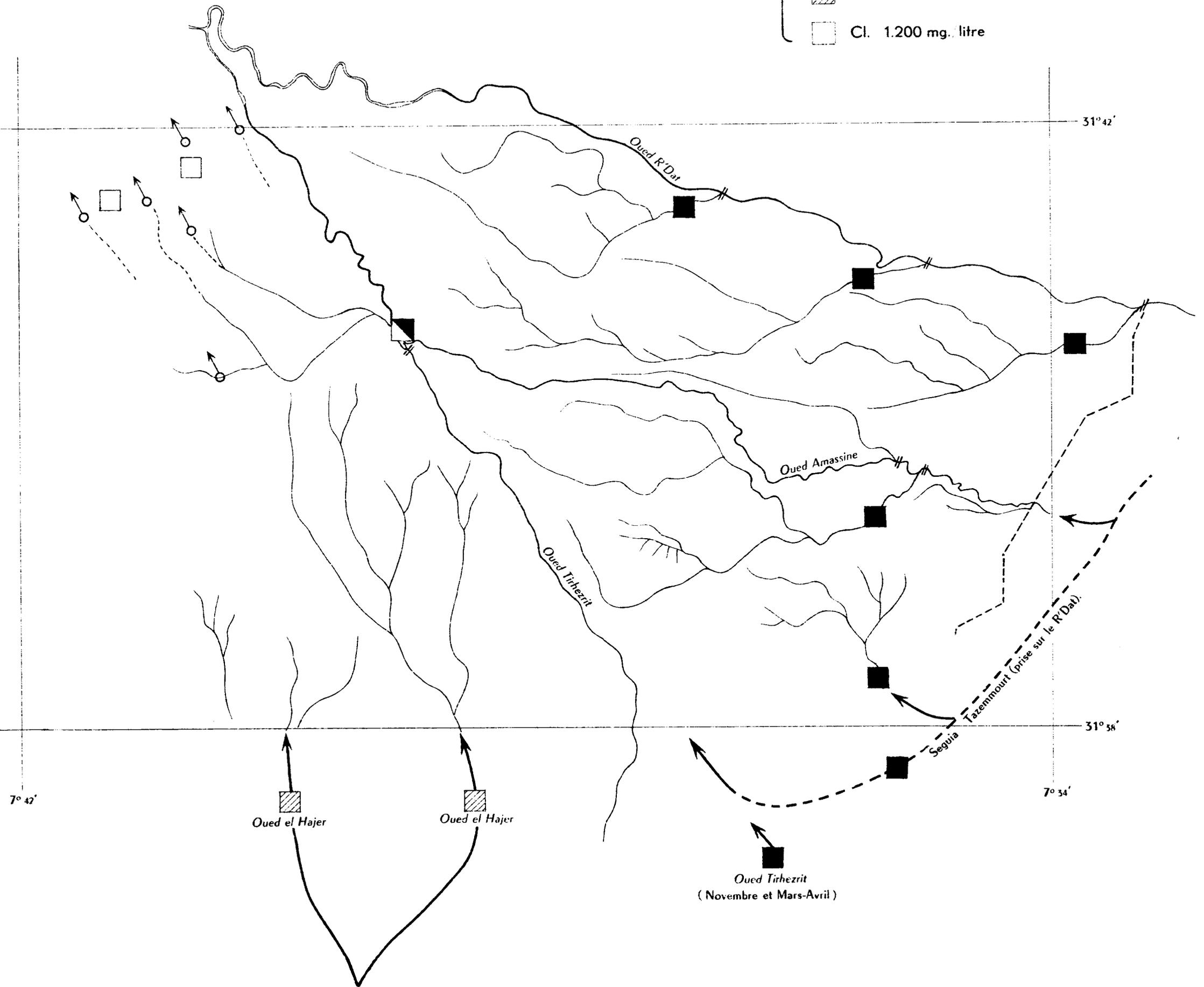
La mauvaise structure des sols est certainement due en partie à l'irrigation. Cette dégradation a été accélérée par l'alcalisation des sols. On observe souvent un glaçage superficiel et une structure massive en profondeur.

c) La salure -

L'irrigation est certainement responsable des accumulations importantes de sel que l'on trouve dans presque tous les types de sols de la zone. Ces accumulations ont lieu entre 1 m et 2 m de profondeur, parfois plus profondément si le sol est perméable.

SÉGUIAS_ RHETTARAS_ POMPAGES_

- Salure des eaux utilisées
- Cl. 500 mg. litre
 - ▨ Cl. 300 mg./litre
 - Cl. 1.200 mg./litre



d) L'érosion et le colmatage²

Les séguias amenant l'eau d'irrigation ne sont pas bétonnées. Elles ont un débit solide important. Elles s'encaissent et deviennent difficilement utilisables.

La sole en jachère conserve les traces des rigoles ayant servi à irriguer les cultures de l'année précédente. Ces rigoles favorisent l'érosion ravinante.

L'assolement actuel ne réalise une couverture convenable du sol que pendant 6 mois sur 24. Les colmatages sablo-limoneux dus aux irrigations sont souvent entraînés pendant les périodes de jachère par le ruissellement et l'érosion éolienne. Le pâturage du bétail provoque la formation d'une pellicule poudreuse que l'eau ou le vent enlèvent facilement.

L'assolement actuel semble donc assez mal conserver la fertilité des sols, et leur aptitude à l'irrigation. Il les protège insuffisamment de l'érosion.

Signalons enfin que l'on trouve souvent des profils très modifiés révélant les traces d'anciennes rhattaras actuellement comblées, ou de douars importants dont les ruines ont été nivelées par l'érosion.

L'action de l'homme a donc modifié profondément le milieu, notamment l'aspect primitif des sols.

o
o o

² Le terme de "colmatage" désigne ici un recouvrement superficiel par un matériau de texture limono-sableuse. Ce dépôt donne à certains sols une structure assez fondue en surface.

L'ÉROSION

Le climat favorise l'érosion par son irrégularité. La violence des précipitations permet des ruissellements importants malgré une pluviométrie annuelle assez faible.

Les autres facteurs favorisant l'érosion ont été signalés dans les chapitres consacrés à l'étude de la végétation et de l'action de l'homme. L'alcalisation superficielle des sols est un facteur supplémentaire important. Elle cause, en effet, une imperméabilisation des sols qui augmente les ruissellements.

Les sols formés sur limons argileux soltaniens sont assez peu sensibles à l'érosion. leur cohésion vient en effet limiter ce phénomène. On peut remarquer parfois sur ces sols un mode d'érosion assez particulier. L'eau, en s'infiltrant dans des fissures et dans des galeries creusées par de petits animaux, provoque la formation de petits tunnels. Cette circulation souterraine aboutit généralement sur la paroi verticale d'un fossé ou d'un ravin.

Les sols formés sur les limons récents sont très sensibles à l'érosion. L'érosion en "nappe" est fréquente. Elle fait parfois apparaître en surface de nombreux cailloux. La présence de ces cailloux montre l'importance de l'érosion sur ces sols qui sont assez peu caillouteux en profondeur. Cette érosion est très intense sur les siérozems.

Lorsque les écoulements se rassemblent, il se forme sur ces sols, très rapidement, des fossés profonds à parois verticales.

L'érosion éolienne est assez active sur ces sols formés sur les limons récents. Les sables transportés sont fixés par les touffes de jujubiers.

L'augmentation de la densité de la végétation (reboisements, améliorations pastorales, suppression des jachères annuelles) semblerait suffire pour diminuer l'érosion.

Le ravinement dans les fossés d'irrigations pourrait être également supprimé par l'installation de séguias en béton.

2ème PARTIE : ETUDE DES SOLS

CLASSIFICATION DES SOLS

1) Choix de la classification -

La caractérisation des types de sols de la zone se heurte à plusieurs difficultés :

- La présence de sols complexes par leur roche-mère ou par leur pédogénèse ;
- La modification de l'aspect primitif des sols par la culture et l'irrigation ;
- l'existence de sols tronqués ou colmatés.

Pour une cartographie au 1/50.000ème, nous avons adopté une classification qui ne tient compte que des processus principaux d'évolution des sols. Chaque fois que la distinction entre des pédogénèses anciennes et actuelles a été difficile à établir avec certitude on n'apportait aucun élément supplémentaire d'appréciation, nous avons cherché à assimiler, autant que possible, le sol complexe à un sol simple "virtuel" ayant les mêmes caractères.

Lorsque le sol complexe n'était pas "réductible" à un sol simple, il a été classé de la manière suivante : la pédogénèse qui a marqué le plus profondément le sol définit le groupe et le sous-groupe auxquels il appartient ; la pédogénèse la moins affirmée est signalée en précisant la nature de la roche-mère (ou des roches-mères).

La légende de la carte pédologique a été ainsi simplifiée. Les chapitres consacrés à l'étude de ces différents types de sols chercheront à donner les raisons du choix de leur dénomination. Ils indiqueront les variantes observées pour chaque catégorie. Certains caractères généraux responsables de ces variantes (salure, alcalisation superficielle, profondeur, ...) sont signalés par des surcharges sur la carte pédologique.

11) Classification adoptée -

A/- Sols bruns steppiques :

- 1- Sols bruns à granules : sur encroûtement
- 2- Sols bruns à amas calcaires :
 - : sur limon soltanien remanié
 - : - typique
 - : - ensablé
- 3- Sols bruns peu évolués : de limon récent, sur ancien sol châtain tirsifié
- 4- Sols bruns-rouges : de limon sableux non calcaire sur galets altérés

B/- Sols steppiques subdésertiques

Siérozems : sur limon récent

C/- Sols hydromorphes à engorgement total et temporaire :

Sols tirsifiés : sur limon soltanien argileux.

D/- Sols à alcalis :

Sols à alcalis salés des basses terrasses : sur alluvions récentes, complexes.

E/- Sols alluviaux :

Sols d'alluvions fluviales récentes : sur alluvions limono-sableuses.

SOLS BRUNS GRANULAIRES SUR ENCROUTEMENT

Description d'un profil typique :

Profil n° 21 - Coordonnées LAMBERT : 2838 E - 1256 N.

- 0-1 cm Brun très clair , limoneux à finement sableux en plaquettes (glaçage superficiel), calcaire.
- 1-10 cm Brun clair, limono - finement sableux - fondu particulaire, friable, poreux, calcaire.
- 10-30 cm Brun, idem - très faiblement polyédrique.
- 30-60 cm Beige rosé, sableux, faiblement polyédrique, à granules, très calcaire.
- 60 cm et plus, Limon ancien encroûté.

Caractéristiques morphologiques essentielles -

- Couleur brun à brun-clair.
- Texture limono-sableuse, graviers et cailloux fréquents.
- Structure peu développée.
- Calcaire dès la surface (10 % environ) très calcaire en profondeur, granules vers 50 cm.
- Glaçage superficiel.
- Passage en profondeur à un limon encroûté de plusieurs mètres d'épaisseur.

Localisation -

Bords de thalwegs au Nord-Ouest de la zone.

Végétation -

Sa densité est très faible. On a remarqué comme plantes fréquemment associées à ce type de sol : *Limonium thouini* - (thermophile). *Diploaxis tenuisiliqua* (calcarophile), *Anacyclus valentinus*, *Asparagus stipularis*, *Reseda lutea* et *alba*, *Scolymus hispanicus*. Lorsque ces sols sont salés, on trouve *Atriplex halimus* et sur les petites buttes, *Mesembryanthemum nodiflorum*.

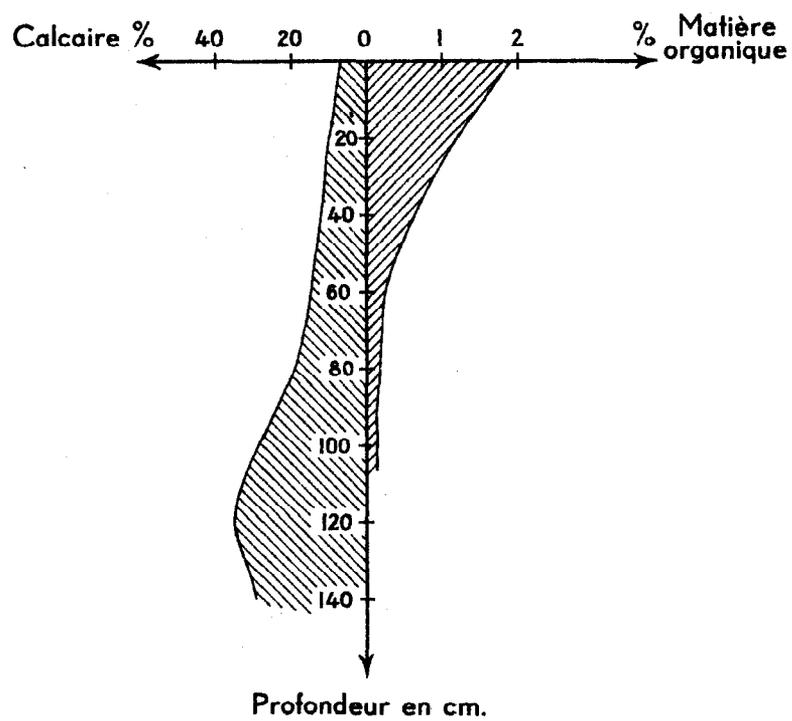
La céréale cultivée sur ces sols est habituellement l'orge. Il donne des rendements très faibles (2 à 3 Qx).

Les plantations d'oliviers y sont assez productives, ces arbres semblent s'accommoder de ces terres très calcaires, souvent un peu salées, à faible capacité de rétention.

Caractères analytiques essentiels -

(Voir les tableaux et les graphiques ci-joints).

**Profils du calcaire et de la matière organique
dans les sols bruns granulaires**



(1) - Les méthodes d'analyses utilisées sont précisées à la fin du rapport

a) - La matière organique (1)

Le taux de la matière organique diminue très rapidement avec la profondeur (1,5 % à 10 cm, 0,8 % à 30 cm, 0,4 % à 50 cm, moins de 0,3 % au-dessous de 60 cm - moyenne de 7 profils). Il semble que la teneur en matière organique décroît brutalement dès que l'on arrive aux horizons très riches en calcaire. Après cette décroissance brutale dans les premiers horizons, on observe parfois que le pourcentage de matière organique se maintient entre 0,2 et 0,3 % jusque vers 1,20 m de profondeur (5 profils).

Le C/N est très voisin de 10 dans les horizons superficiels, de 5 environ au-dessous de 50 cm.

b) - Le calcaire

Il y a environ trois fois plus de calcaire à 1 m qu'à 10 cm de profondeur. Au-dessous de 1,20m, la teneur en calcaire décroît très lentement. Ces sols sont très calcaires (en moyenne 10 à 15 % à 20 cm).

Le calcaire des granules représente 10 % environ du calcaire total (rarement plus de 20 %). À part quelques rares amas farineux, le calcaire de la fraction fine est réparti d'une façon homogène dans le sol.

On peut distinguer deux sortes de granules :

- des granules très durs, de couleur rosée à l'intérieur, avec parfois quelques taches noires ;
- des granules plus friables, plus arrondis, de couleur brun clair à l'intérieur.

Les premiers contiennent environ 75 % de calcaire. On a trouvé dans certains profils une correspondance entre leur accumulation et celle de petits graviers au-dessus d'un limon bigarré. Il est possible que ces granules soient des débits de croûte transportée.

Les autres granules sont moins riches en calcaire (55 % environ). Ils ont l'aspect d'amas farineux durcis. Leur niveau d'accumulation est en général situé au sommet de l'horizon d'accumulation calcaire.

c) - La granulométrie

Les premiers centimètres sont souvent appauvris en argile. Ils contiennent parfois de nombreux graviers et cailloux, l'érosion ayant enlevé la terre fine.

L'analyse confirme la texture limono-sableuse des horizons supérieurs. Les horizons d'accumulation de calcaire sont limono-argileux. L'augmentation progressive du taux d'argile avec la profondeur cesse vers 50 cm.

d) - La nature

Elle est faible en général et croît très lentement avec la profondeur. Les remontées de sel en été provoquent une variation saisonnière de la salure en surface.

e) - Le complexe absorbant et l'alcalisation

La capacité d'échange de bases est de 15 m.eq. pour 100 gr environ. Le complexe est saturé.

Le sol étant très calcaire, la tendance à l'alcalisation que l'on observe généralement dans la plupart des sols de la zone est ici très faible. L'argile du sol ne se disperse pas dans l'eau distillée, sauf dans l'horizon superficiel.

f) - Les propriétés hydriques

Ces sols sont perméables ($k = 3.10^{-5}$).

La vitesse d'infiltration décroît très faiblement au fur et à mesure que le sol s'humidifie.

La capacité de rétention est de 22 % dans les horizons supérieurs, de 25 % dans les horizons d'accumulation de calcaire (moyenne de 5 profils).

Interprétation

La plupart des résultats analytiques mettent en évidence une discontinuité vers 50 cm de profondeur dans ces sols. Ce changement des propriétés physiques et chimiques du sol à ce niveau est souvent important et assez peu progressif. Il paraît difficile d'en attribuer uniquement la cause à un phénomène d'accumulation de calcaire dû au lessivage. L'observation des granules, l'épaisseur de l'encroûtement sous-jacent, la variation de la texture dans la plupart des profils font supposer qu'un remaniement préalable de l'encroûtement aurait eu lieu avant la formation du sol brun. Ce produit de remaniement passe latéralement d'ailleurs à un limon argilo-sableux qui a donné naissance à des sols bruns profonds à amas calcaires.

Ces sols paraissent avoir été plus ou moins tronqués (les granules sont toutefois rarement visibles en surface). On peut penser que le phénomène d'érosion a été assez progressif

pour être responsable de l'allure anormale du profil de la matière organique. L'accumulation de l'humus se serait faite sur un volume de terre, au-dessus du niveau très enrichi en calcaire, de plus en plus réduit. On peut également justifier ainsi la teneur en calcaire très élevée dès la surface.

La position topographique habituelle de ces sols expliquerait les encroûtements granulaires, la possibilité de remaniement, la texture limono-sableuse, et l'érosion. La proximité d'un écoulement peut rendre compte en effet, de l'ensemble de ces faits.

Malgré la formation probablement complexe de ces sols l'appellation "sol brun granulaire sur encroûtement" a été choisie parce qu'elle traduit, le plus clairement et le plus brièvement, leurs caractères morphologiques essentiels et leur tendance évolutive principale actuelle. Ces sols sont relativement peu érodés, ils sont très voisins des sols bruns granulaires décrits par S. TOUJAN, dans la note pédologique sur le périmètre d'El Kelaa des Sraghna (cartographié également au 1/50.000 ème).

Possibilité de mise en valeur

Les caractères favorables de ces sols sont leur bonne perméabilité et leur salure assez faible.

Par contre, ces sols perdent facilement leur eau, leur structure est mauvaise et leur teneur en calcaire est souvent excessive. Ils sont pauvres en éléments fertilisants et de plus l'excès de calcaire gêne probablement l'assimilation du phosphore et de la potasse par les plantes.

Ces sols sont très sensibles à la sécheresse ; c'est leur défaut principal sous ce climat.

Les céréales sont peu rentables sur ces terres. Il est préférable d'y faire des plantations d'oliviers et d'amandiers. On peut profiter de leur réchauffement rapide pour faire quelques primeurs en saison humide (pois, fèves, etc...).

LES SOLS BRUNS A AMAS CALCAIRES

Exemple : n° 40 (Coordonnées Lambert 2843 E- 1241 N.)

0-15 cm : Brun, sablo-argileux, faiblement ~~grumeleux~~, friable, poreux, calcaire (horizon labouré)

15-30 cm: Brun rouge, argilo-sableux, nuciforme, calcaire.

30-60 cm: Brun rouge, argilo-sableux, structure polyédrique moyenne à forte, moins poreux, plus cohérent, calcaire.

60-80 cm: Brun rouge assez clair, argilo-sableux, polyédrique, porosité moyenne, amas calcaires peu nombreux.

80-105cm: Brun rouge clair, sablo-argileux, faiblement polyédrique, poreux, calcaire pulvérulent et nombreux amas.

105-140cm: Beige rosé, sableux, fondu, friable, très calcaire (aspect tuffeux).

Caractéristiques morphologiques essentielles

↳ Couleur brun rouge s'éclaircissant en profondeur.

- Texture argilo-sableuse.
- Structure grumeleuse à nuciforme en surface, polyédrique en profondeur.
- Sol franchement calcaire dès la surface.
- Horizon à amas calcaires vers 70 cm, au-dessus d'un horizon très calcaire.

Topographie

Plans (pente de l'ordre de 0,7 %)

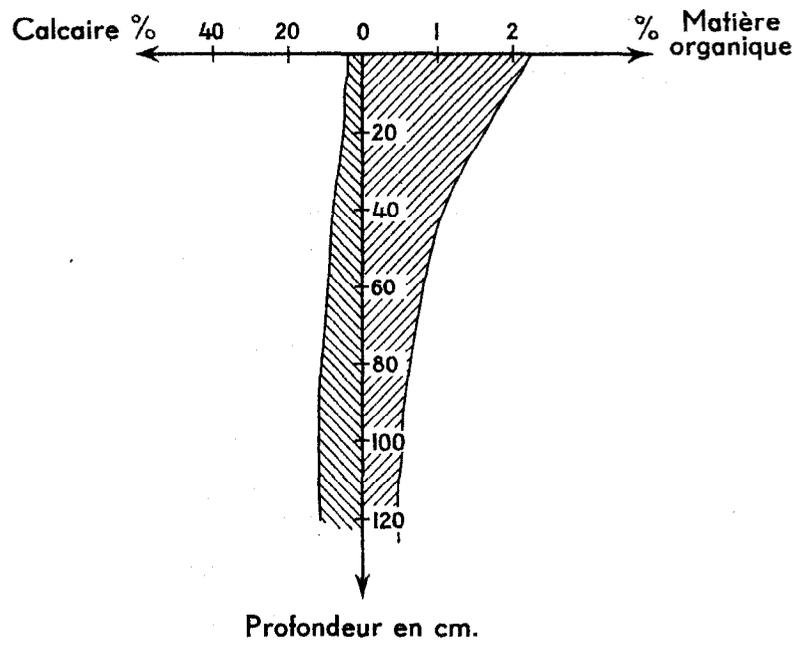
Végétation

La végétation est un peu plus dense que celle des sols bruns granulaires.

Les plantes le plus fréquemment associées à ce type de sols sont : Anacyclus radiatus, Carthamus lanatus, Scolymus maculatus. D'après T. IONESCO, elles caractérisent une mésophilie en terrain argileux bien drainé.

On cultive sur ces sols l'orge et le blé avec des rendements légèrement supérieurs à ceux donnés par les sols bruns granulaires.

**Profils du calcaire et de la matière organique
dans les sols bruns à amas calcaires**



Caractères analytiques principaux

a) - Matière organique

Ces sols sont riches en matière organique par rapport aux autres sols du Haouz. Le profil moyen est le suivant : 1,8 % à 10 cm, 1,07 % à 40 cm, 0,65 % à 60 cm (moyennes établies sur 15 profils, les écarts maxima sont inférieurs à 20 %).

La répartition est steppique. Le C/N est très voisin de 10 en général.

b) - Calcaire

L'augmentation de la teneur en calcaire avec la profondeur est assez progressive : 5,3 % à 10 cm, 8,8 % à 40 cm, 11,3 % à 80 cm, 11,2 % à 1,20 mètre - (moyenne de 12 profils). L'horizon contenant du calcaire pulvérulent n'est pas plus riche en calcaire, semble-t-il, que l'horizon à amas farineux.

c) - La salure

La teneur en sels solubles est très faible dans les horizons supérieurs. Elle augmente régulièrement en profondeur pour atteindre fréquemment vers 1,50 m une valeur correspondant à une conductivité de l'extrait de saturation voisine de 4 mmhos/cm (8 profils). Lorsque cette concentration des sels solubles en profondeur n'est pas apparue à l'analyse, l'observation de certaines coupes a montré que l'accumulation avait lieu plus profondément vers 2 m environ. Signalons enfin que la salure de ces sols augmente dangereusement vers le Nord, avec la salure de la nappe utilisée, par pompage, pour les irrigations. Au voisinage de la route de Tamelelt, elle dépasse 1 g/kg en surface et atteint 4 g/kg vers 60 cm de profondeur.

La quasi-totalité des sels totaux est constituée par du chlorure de sodium.

d) - Le complexe absorbant

La capacité d'échange de bases est de l'ordre de 25 mé/100 g. Le complexe est saturé (le pH est en effet élevé : 8,5 environ).

Les proportions moyennes des cations échangeables semblent être les suivantes : Ca : 65 % - Mg : 25 % - Na : 6 % - K : 4 %. Il y a une quantité assez importante de magnésium échangeable. La teneur en sodium fixé sur le complexe n'est pas

négligeable sans qu'on puisse toutefois parler de sols à alcalis, même au Nord de la zone où on atteindrait la valeur $Na/T = 10 \%$.

e) - Stabilité de la structure

L'argile des horizons supérieurs se disperse partiellement dans l'eau distillée, et peut rester en suspension pendant plus de 24 heures. Cette mauvaise stabilité de la structure est probablement due au sodium échangeable du complexe.

f) - Texture

L'analyse mécanique confirme la texture argilo-sableuse de ces sols. Cependant on atteint souvent 30 % à 35 % d'argile vers 50 cm.

g) - Propriétés hydriques

La capacité de rétention est comprise entre 25 et 30 %.

La perméabilité est moyenne ($k = 1,10^{-5}$)

La présence d'un horizon assez compact vers 60 cm semble freiner l'infiltration.

Interprétation

Rappelons que ces sols se sont formés sur un limon soltanien ayant subi quelques remaniements superficiels (colmatage récent, mise en culture, érosion...). Ces sols évoluent donc depuis plusieurs millénaires. Ils ont actuellement des caractères assez typiques des sols bruns. Il est toutefois assez difficile de mettre en évidence la superposition de deux pédogénèses successives ("l'ancien sol châtain tronqué évoluant actuellement comme un sol brun"). L'âge de ces sols et leur bonne capacité de rétention expliqueraient leur richesse en matière organique.

Les sols bruns observés sont beaucoup plus lessivés en calcaire et moins argileux que les sols tirsifiés auxquels ils passent latéralement au Sud-Est de la zone. Ces deux types de sols se sont formés sur un même dépôt d'âge soltanien, leur comparaison éclaire les problèmes de leur pédogénèse.

Dans la zone étudiée, l'individualisation du calcaire sous forme d'amas ou de granules dans la partie supérieure de l'horizon d'accumulation des sols bruns semble liée à la texture et à la plus ou moins grande sensibilité de cet horizon,

aux alternances de dessiccation et de réhumectation. Si cette hypothèse basée sur un nombre insuffisant d'observations et de résultats d'analyses se vérifiait pour d'autres régions du Haouz ou du Maroc, la distinction entre les sols bruns granulaires et les sols bruns à amas calcaires ne préciserait pas seulement un caractère morphologique du sol.

Possibilités de mise en valeur

Ces sols sont particulièrement aptes à l'irrigation, à condition de veiller au maintien d'une bonne structure. Des labours profonds remplaceraient avantageusement les façons trop superficielles que les fellahs exécutent avant le semis des céréales.

La richesse en éléments fertilisants de ces sols montre qu'ils sont actuellement cultivés d'une façon très extensive. La cause en est certainement le manque d'eau pour les irrigations. Si ce problème était résolu, on pourrait peut-être préconiser une rotation de deux céréales et d'un fourrage artificiel (blé dur, orge, luzerne).

Les luzernières permettraient l'amélioration de la structure.

On peut envisager également dans ces sols des cultures maraîchères, telles que artichauts, tomates, fèves, etc... et des cultures fruitières telles que l'abricotier. Les agrumes préfèrent en général des terres plus légères, elles donnent cependant des rendements satisfaisants dans ces sols. Enfin, l'olivier peut y être probablement planté avec succès.

Ces sols s'étendent principalement sur une zone où la nappe est assez proche de la surface et salée (2 g de ClNa/litre). L'utilisation de l'eau de la nappe pour l'irrigation par les pompages et les rhattaras actuels semble avoir déjà diminué sérieusement la fertilité des sols au nord de la zone. Ailleurs, on observe une accumulation importante de sels en profondeur. Il y a donc un risque général de salure, si on entreprend des irrigations plus importantes, sans prévoir l'installation d'un réseau de drainage fait avec soin, et l'apport d'eau moins salée par des séguias (venant de l'oued El Hajer, par exemple). La qualité de ces terres leur permet de supporter ces frais d'aménagement.

Signalons qu'actuellement, la nappe ne semble pas remonter (elle est d'environ à 4 ou 5 mètres de profondeur). Les nombreuses rhattaras assurent probablement son drainage au sud de la zone occupée par ces sols.

Variante du type de sol précédent

SOL BRUN A AMAS CALAIRES ENSABLES

Ce sol ne se différencie du précédent que par son horizon supérieur :

- La surface du sol est très peu fendillée pendant la saison sèche.
- Les premiers centimètres sont riches en sables et très faiblement calcaires.
- L'horizon supérieur est rouge brun ; il a un aspect fondu, assez massif.

Localisation

Périphérie du cône de déjection de l'Oued El Hajer.

Végétation

On trouve sensiblement les mêmes plantes, sauf *Scolymus maculatus* qui devient de plus en plus rare au fur et à mesure qu'on s'approche du cône de déjection. *Gladiolus segetum* est assez fréquent sur ce type de sol.

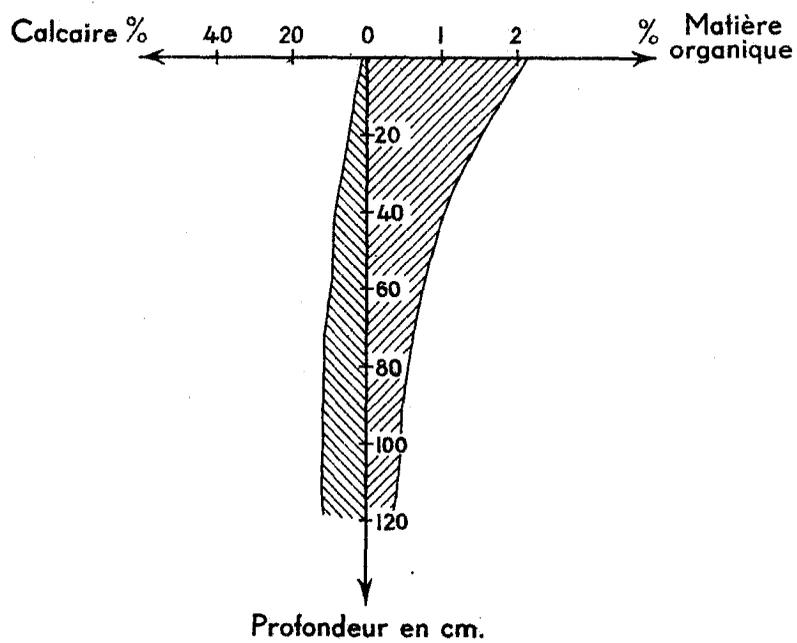
Caractères analytiques

- La teneur moyenne en calcaire de l'horizon supérieur est voisine de 2 %. Elle semble due au fait que le matériau sableux surimposé n'est pratiquement pas calcaire en raison de son origine (le cône de déjection). Le profil du calcaire serait assez analogue à celui d'un sol châtain si l'augmentation du calcaire avec la profondeur n'était pas très progressive.

- La texture des premiers centimètres est sablo-limoneuse. Les labours ont mélangé les horizons supérieurs, masquant ainsi, légèrement, l'ensablement. Son épaisseur initiale devait être de 10 cm environ.

- L'examen macroscopique des sables montre qu'ils sont de la même nature que les sables des sols bruns rouges du cône de déjection. Ils proviennent de l'altération de cailloux granitiques et gréseux.

**Profils du calcaire et de la matière organique
dans les sols bruns à amas calcaires ensablés**



Conclusion

Les caractéristiques moyennes données plus haut sont assez peu significatives. Nous avons groupé ici les sols qui forment le passage entre les sols bruns rouges du cône de déjection et l'ensemble des sols bruns à amas et des sols tirsifiés à l'Est.

La roche-mère est encore le limon soltanien argilo-sableux. La limite de ces sols avec les sols bruns rouges est bien tranchée par la topographie, la disparition des cailloux granitiques et gréseux en profondeur et l'apparition du calcaire en surface, et la végétation.

Par contre, le passage aux sols plus argileux à l'Est est très progressif.

Quelques petites lentilles de galets de calcaire dur et de basalte sont à signaler dans ces sols au sud de la zone. Elles sont situées vers 80 cm de profondeur, leur épaisseur est très faible.

Ces sols, quoique un peu moins fertiles que les précédents, peuvent être cultivés plus intensivement. Les vocations culturales restent les mêmes. Les risques de salure des sols et de remontée dangereuse de la nappe en augmentant les irrigations sont ici, par contre, pratiquement nuls.

Remarque : Ces sols bruns à amas calcaires semblent être, dans le Haouz, les plus aptes à des essais de culture du coton.

SOLS BRUNS PEU EVOLUES DE LIMON RECENT
SUR ANCIEN SOL CHATAIN TIRSIFIE

Exemple : n° 85 - Coordonnées Lambert 2930 E - 1206 H.

- 0-15 cm : Brun, limoneux, faiblement nuciforme, assez fondu en surface, friable, poreux, calcaire.
- 15-40 cm : Brun rouge, sablo-argileux, structure polyédrique moyenne à faible, poreux, assez cohérent, calcaire.
- 40-70 cm : Brun rouge, sablo-argileux, structure polyédrique assez large, peu développée, porosité moyenne, assez cohérent, calcaire.
- 70-120cm : Brun rouge foncé, argilo-sableux, structure prismatique à cubique moyenne, peu poreux, calcaire.
- 120-140cm : Brun rouge foncé, quelques petites taches jaunâtres, argilo-sableux, polyédrique large, peu poreux, cohérent, amas calcaires.
- 140-150cm : Brun rouge un peu jaune, sablo-argileux, assez fondu, moins cohérent, calcaire pulvérulent réparti dans la masse de l'horizon.

Topographie

Plans. La pente est comprise entre 1 et 0,6 %.

Végétation

On trouve fréquemment sur ces sols : *Scolymus hispanicus*, *Edypnois cretica*, *Plantago psyllium*, *Plantago coronopus*, *Carlina racemosa*. Ce sont des plantes mésophiles, excepté *Carlina racemosa* qui indiquerait la présence d'un niveau assez argileux en profondeur.

Caractères analytiques

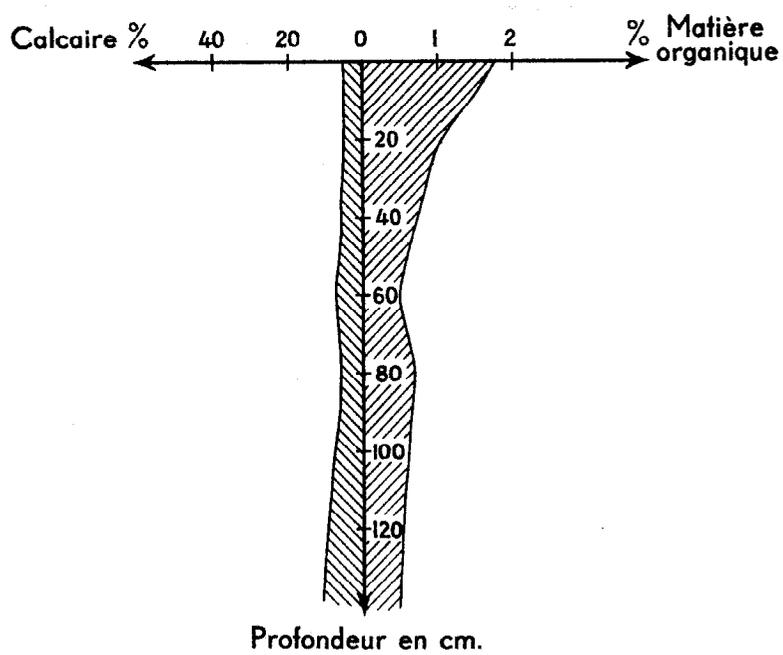
a) La matière organique

Les moyennes des résultats montrent une répartition homogène. Entre 20 cm et 1,20 m de profondeur, la matière organique semble garder une valeur constante voisine de 0,8 %.

En réalité ces moyennes masquent souvent une réaugmentation de la matière organique à un niveau situé entre 50 cm et 1 m de profondeur.

La répartition de la matière organique dans le profil n° 85 est assez caractéristique de ce que l'on observe généralement. La décroissance est assez rapide dans les horizons supé-

Profils N° 85: calcaire et matière organique



rieurs. Vers 70 cm, on peut remarquer un crochet dans le profil de la matière organique. La diminution est ensuite beaucoup plus lente en profondeur.

Le C/N suit une variation analogue : 12 en surface, 10 à 20 cm ; 8 à 40 cm ; 7 à 60 cm ; à partir de 70 cm il reste compris entre 8 et 9.

b) Le calcaire

Les moyennes sont également assez peu significatives. Dans le profil n° 85, on a trouvé la répartition suivante : 6 % entre 10 et 40 cm ; 8 % à 60 cm ; 6 % à 80 cm ; 8,2 % à 1 m ; 10 % à 1,20 m.

c) La salure

Elle est généralement faible. La conductivité de l'extrait de saturation est toujours inférieure à 2 mmhos dans les prélèvements que nous avons analysés.

d) Le complexe absorbant

La capacité d'échange de bases varie entre 15 et 30 mé. Le complexe est saturé. Le pH assez élevé (8,5 environ) ne semble pas traduire une alcalisation.

Le rapport Na/T serait en effet toujours inférieur à 6 %.

e) La texture

L'analyse mécanique met en évidence la superposition des deux limons.

f) Les propriétés hydriques

La capacité de rétention de ces sols est comprise entre 16 et 20 % dans les horizons supérieurs, entre 22 et 29 % dans les horizons profonds.

Le coefficient K de perméabilité est de l'ordre de $0,7 \cdot 10^{-5}$ (sur le sol humide).

CONCLUSION

La morphologie et les résultats d'analyses mettent en évidence la superposition de deux sols. Le sol formé sur le limon récent a subi une steppisation peu prononcée ; le calcaire

est très peu lessivé, la matière organique est surtout accumulée dans les 30 premiers centimètres.

Ce sol semble être un sol brun peu évolué.

Le sol formé sur le limon soltanien est l'homologue des sols tirsifiés du Sud de la zone. Ce sol a été probablement tronqué avant le dépôt du limon récent. Sa structure est moins large que celle des sols tirsifiés, elle est souvent prismatique et cubique. Le lessivage du calcaire a été assez important dans cet ancien sol. La texture, un peu moins argileuse que celle des sols tirsifiés, n'a sans doute pas permis une tirsification intense. Cet ensemble de caractères semble justifier l'appellation de sol châtain tirsifié.

Malgré une brusque diminution de la porosité en profondeur, ces sols peuvent être irrigués. L'eau est emmagasinée dans les horizons supérieurs qui sont assez poreux ; elle percole ensuite lentement à travers l'horizon argileux. On a remarqué cependant dans quelques profils des phénomènes de réduction - (Taches vert clair) au niveau de la semelle de labour et légèrement au-dessus de la séparation des deux dépôts.

Ces terres peuvent donner des rendements en orge satisfaisants. Des luzernières pourront améliorer notablement la structure de ces sols.

o

o o

SOLS BRUNS ROUGES SUR GALETS ALTERES

Exemple : n° 55, coordonnées Lambert 2846 E - 1182 N

- 0-15 cm : brun rouge assez clair, sableux, particulière, friable, poreux, non calcaire.
- 15-40cm : Rouge brun, sableux, faiblement polyédrique, friable, friable poreux, non calcaire.
- 40-60cm : Rouge foncé, fondu, sableux, faiblement polyédrique, moins poreux, légèrement calcaire.
- 60 cm et au-dessous : galets de granite et de grès altérés pris dans un limon sableux rouge foncé, faiblement calcaire notamment au contact des cailloux.

Localisation et topographie

Cône de déjection de l'oued El Hajer à l'Est de la zone. dominant très légèrement le reste de la plaine. Pente : 1%
Les courbes de niveau sont presque concentriques.
Le microrelief est pratiquement plat.

Végétation

Les plantes fréquemment associées à ce type de sol sont les suivantes *Cladantus arabicus* (elle indiquerait, d'après T. IONESCO, la présence de gros galets en profondeur). *Limonium thouni* (thermophile) *Paronychia argentea* (psammophile) *Scolymus hispanicus* (més-xérophile) *Stipa tortilis*. Ces plantes définissent un milieu très sensible à la sécheresse et assez défavorable à la culture (NEGRE).

Caractères morphologiques de reconnaissance

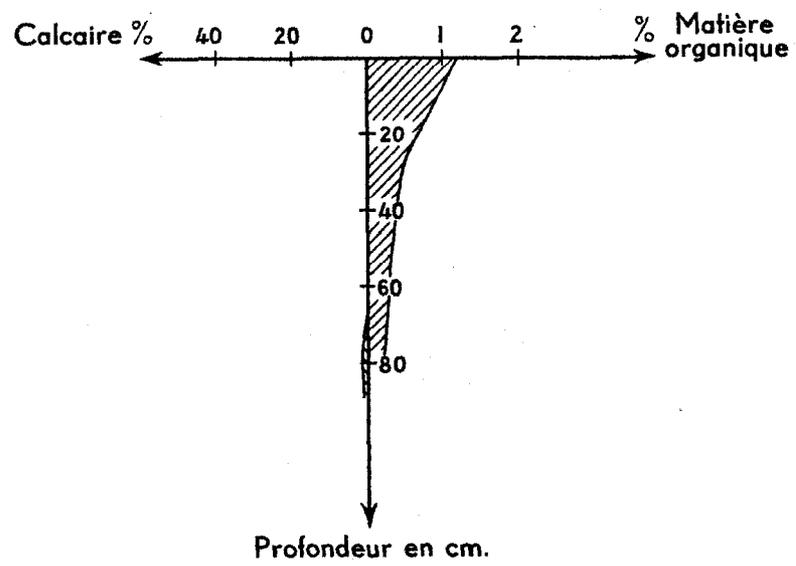
- Couleur rouge brun ou rouge foncé.
- Texture sableuse, importance de la fraction des sables grossiers.
- Apparition assez brutale de gros galets de granite et de grès (diamètre moyen : 10 cm) en profondeur.
- Sol très faiblement structuré.
- Horizons supérieurs non calcaires.
- Le sol devient parfois légèrement calcaire au niveau d'apparition des galets.

Caractères analytiques essentiels

a) La matière organique

Ces sols sont pauvres en matière organique. Le profil

**Profils du calcaire et de la matière organique
dans les sols bruns rouges**



moyen est le suivant : 0,92 % à 10 cm, 0,47 % à 30 cm, 0,30 % à 60 cm, 0,2 % à 80 cm (moyenne de 8 profils). La répartition est steppique. Le C/N est compris entre 10 et 13. Il est un peu élevé pour un sol steppique.

b) Le calcaire

On trouve parfois des traces de calcaire en surface. Elles sont peut-être dues à une remontée biologique ou à un apport éolien de sables légèrement calcaires.

La teneur en calcaire des horizons profonds ne dépasse pas 2 %. L'apparition du calcaire est progressive. Il disparaît de nouveau vers 1,50 m.

c) La texture

L'analyse mécanique révèle l'importance des sables (60 à 80 %), en particulier des sables grossiers (25 à 50 %). Il y a une légère diminution du taux d'argile vers la surface et une augmentation du taux de sable grossier en profondeur. Le pourcentage de cailloux est voisin de 50 % de la terre totale en profondeur.

d) Le fer libre

Il augmente avec la profondeur : 0,7 % en surface, 1,1 % vers 80 cm. La teneur en argile augmente parallèlement. Mais le rapport Fer libre: Fer total reste sensiblement constant et voisin de 0,3. Ce même rapport est de l'ordre de 0,2 dans des sols non rubéfiés du Haouz.

La couleur de ces sols semblait révéler une rubéfaction peu intense. L'analyse montre que le lessivage du fer et de l'argile sont peu probable (Notons cependant que l'argile de ces sols se disperse facilement). L'augmentation de la proportion des sables en surface a été observée sur presque tous les types de sols de la zone étudiée. Elle est sans doute causée par l'érosion et la culture.

L'individualisation du fer est un peu plus importante que dans les sols voisins. Elle reste cependant beaucoup moins intense que celle observée habituellement dans les sols rouges.

e) La salure

Ces sols ne sont pas salés.

d) Le complexe absorbant

La capacité d'échange de bases est assez faible : 10 à 15 mé/100 gr. La saturation du complexe n'est pas totale : S/T est compris entre 0,9 et 6,95. Cette insaturation est compatible avec le pH qui est voisin de 7,5.

Le sodium échangeable est négligeable.

f) Capacité de rétention

La capacité de rétention de ces sols est faible. Elle est comprise en général entre 8 et 15 %. Elle augmente avec la profondeur du sol.

CONCLUSION

Rappelons que ces sols sont formés sur une roche-mère complexe : le limon sableux est un produit d'altération et de remaniement des cailloux sous-jacents.

Ces sols semblent avoir les caractères des sols bruns rouges. Leur roche-mère est assez pauvre en bases (grès et granites altérés), et assez perméable. Un lessivage peu intense a suffi pour entraîner totalement la faible quantité de calcaire que contenait parfois le limon sableux déposé sur les cailloux. Les colloïdes ne semblent pas avoir été entraînés.

La rubéfaction n'aurait pas été très importante. Il est peu probable que ces sols soient d'anciens sols rouges actuellement steppisés.

Ces terres sont défavorables aux cultures, manquant de profondeur ; elles sont très sensibles à la sécheresse, elles ont une mauvaise fertilité chimique. Les rendements actuels sont insignifiants. Il serait préférable d'y faire des améliorations pastorales et des plantations de gommiers et de cactus inermes. On pourrait réaliser ainsi une économie d'eau appréciable (ces terres occupent une superficie de plus de 12.000 hectares) qui permettrait d'exploiter plus intensivement les terres voisines.

STEROZEMS SUR LIMON RECENT

Exemple : n° 69 - Coordonnées Lambert 2896 E - 1220 N.

0-1 cm : Brun très pâle, limoneux, finement sableux en plaquettes (glaçage superficiel), calcaire.

1-20 cm : Brun clair, limono-finement sableux, fondu, très poreux, très faiblement polyédrique, calcaire (horizon labouré).

20-100cm: Brun rouge clair, limoneux, fondu assez massif, poreux, calcaire.

100 cm et au-dessous : Beige, sablo-limoneux, moins cohérent, calcaire.

Caractéristiques morphologiques essentielles

Couleur claire (brun clair à brun rouge clair)

Texture limoneuse.

Absence d'horizons différenciés, aspect fondu, massif.

Glaçage superficiel.

Topographie

Plan, pente voisine de 0,8 %

Végétation

La végétation est très rare. Cynodon dactylon semble être la seule plante capable d'un certain développement sur ces sols.

Caractères analytiques

a) La matière organique

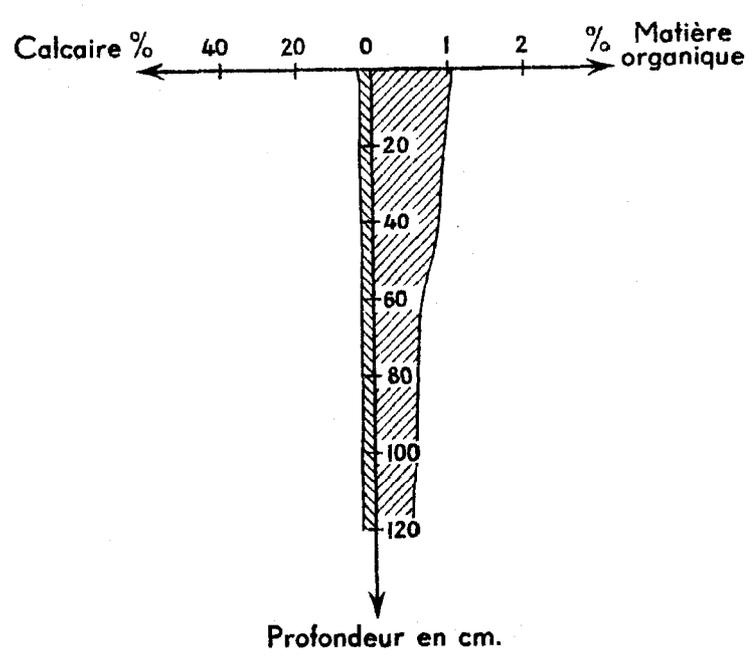
On a trouvé la répartition moyenne suivante :
1 % à 10 cm, 0,85 % à 40 cm, 0,65 % à 60 cm, 0,60 % à 80 cm,
0,55 % à 1 mètre.

Elle indique une steppisation prononcée. La décroissance de la matière organique en profondeur est particulièrement lente.

b) Le calcaire

Le calcaire est réparti d'une façon homogène dans le profil. La teneur moyenne est de 4 %. On peut cependant observer parfois, à des profondeurs variables, quelques légères irrégularités dans la répartition. Elles sembleraient indiquer que le calcaire n'a subi aucune évolution dans ces sols depuis le

Profils du calcaire et de la matière organique dans les siérozems



dépôt de la roche-mère.

c) La salure

La conductivité de l'extrait de saturation est en général comprise entre 3 et 4 mhos. La salure reste constante sur tout le profil ou augmente parfois légèrement vers 15 cm de profondeur. Elle est essentiellement constituée par du chlorure de sodium.

d) La texture

L'analyse granulométrique a mis en évidence l'importance des fractions suivantes : 10 à 20 μ (15 %), 20 à 50 μ (25 %), 50 à 100 μ (20 %). La surface est très pauvre en argile (5 % environ) et très riche en sables fins (60 %).

e) Le complexe absorbant

La capacité d'échange de bases est comprise entre 15 et 20 mé pour 100 g. Le complexe est saturé. Le pH est d'ailleurs assez élevé. (8,2 à 8,5).

On a trouvé les proportions de bases échangeables suivantes : Ca : 70 % - Mg : 15 % - Na : 12 % - K : 3 %.

Ces sols sont donc légèrement alcalisés.

f) Propriétés hydriques

La capacité de rétention de ces sols est comprise entre 17 et 21 %.

La perméabilité est très faible, même lorsque le sol est sec ($K = 1.10^{-6}$). La texture et l'alcalisation en sont peut-être les causes. L'argile qui se disperse très facilement, doit provoquer l'oblitération des rares pores capillaires de ces sols.

CONCLUSION

La roche-mère de ces sols est un limon récent dont la texture est assez différente de celle des autres dépôts récents. Boued Ammasine, peu après sa capture par l'oued Tirzrit, aurait, en période de crue, répandu ce matériau limoneux dans l'axe de son ancien écoulement qui confluaient probablement au nord avec l'oued R'Dat. La texture de ce dépôt semble avoir été un facteur important de l'orientation de la pédogénèse de ces sols.

- Les éléments solubles et pseudo-solubles de ces sols ne paraissent pas avoir subi de lessivage. Les sels auraient légèrement tendance, au contraire, à s'accumuler en surface.
- La matière organique a une répartition steppique. Son accumulation est plus importante que dans les sols gris subdésertiques. Le profil de la matière organique ressemble à celui des sols bruns.
- Le glaçage superficiel serait dû principalement à la texture et, accessoirement, à l'alcalisation.

L'ensemble de ces caractères fait de ce type de sol un intermédiaire entre les sols gris et les sols bruns peu évolués. Le terme de "siérozem" a paru être celui qui définissait le mieux les particularités de ce sol.

La mise en valeur de ces sols rencontre de nombreux obstacles. La culture des céréales n'est pas rentable. Il serait préférable d'y planter des arbres (gommiers et eucalyptus). En installant des diguettes parallèles aux courbes de niveau, on pourrait limiter, en partie, l'érosion importance de ces sols et accumuler localement les eaux de ruissellement pour favoriser le départ des jeunes plants, placés près des diguettes. Des apports d'eau de crues seraient nécessaires les premières années, les arbres trouveraient ensuite de l'eau en profondeur. La technique de la plantation "en mottes" serait la plus favorable.

o

o o

SOLS TIRSIFIÉS SUR LIMON SOLTANIEN ARGILEUX

Exemple : n° 91 - Coordonnées Lambert : 2879 E - 1211 N.

- 0-15 cm : Brun rouge, argilo-limoneux, motteux, poreux, (horizon labouré).
- 15-40 cm: Brun rouge foncé, argileux, prismatique légèrement cubique, peu poreux, cohérent.
- 40-75 cm: Brun rouge foncé, argileux, prismatique très large, très compact, très cohérent, mottes très dures et lourdes.
- 75-120cm: Brun rouge foncé, argileux, polyédrique très large, faces des mottes gauchies et lustrées, très compact, très cohérent.
- 120-140cm Brun rouge avec des taches jaunâtres, argileux, structure polyédrique moyenne, presque schisteuse, à surfaces courbes et lustrées, amas calcaires farineux.
- 140-160cm Brun jaunâtre, argilo-limoneux, massif, moins cohérent, calcaire pulvérulent.

Ce profil est uniformément calcaire.

Caractéristiques morphologiques

- Couleur brun rouge foncé (H 23 - H 24 - J 22).
- Texture argileuse.
- Structure particulière (voir plus loin).
- Sol calcaire dès la surface.
- Présence de petits amas farineux jaunâtres vers 1 m ou 1,20 m.
- Passage progressif d'un horizon à taches calcaires à un horizon contenant du calcaire pulvérulent uniformément réparti dans la masse du sol.
- Grandes fentes superficielles en saison sèche.

Description détaillée de la structure

On peut distinguer, en été sur ces sols, deux réseaux de fentes superficielles.

- Le premier forme une sorte de quadrillage continu dont l'équidistance moyenne est environ 80 cm. Les fentes qui constituent ce réseau ont une largeur d'environ 2 cm. Elles descendent souvent jusque vers 1 mètre de profondeur.

- Le second réseau de fentes est beaucoup plus dense.

Il est formé par de petites craquelures très superficielles qui laissent cependant à la surface du sol un aspect presque fondu et glacé. La texture des premiers centimètres de ces sols est d'ailleurs souvent limoneuse.

Vers 10 centimètres, la structure est motteuse en petits blocs. La porosité est bonne.

Les grandes fentes verticales provoquent en profondeur le développement d'une structure prismatique de plus en plus large. Les prismes se séparent parfois en cubes de dimension moyenne vers 30 ou 40 centimètres, puis en blocs de plus en plus gros en profondeur. La dimension moyenne de ces blocs atteint souvent 20 cm. Ils sont très durs, compacts et peu poreux.

Vers 80 centimètres, les fentes verticales bifurquent obliquement et se ramifient en profondeur. Les mottes prennent alors une forme voisine de celle d'un tétraèdre dont les faces seraient gauchies et concaves vers le haut. Elles sont de moins en moins développées dans le sens vertical. Les faces des mottes ne sont plus rugueuses comme dans les horizons supérieurs, mais lisses, luisantes, "lustrées". La porosité est très faible.

Avec l'apparition des amas calcaires, la structure devient plus fine, mais conserve les mêmes caractères. Les fentes nombreuses, moins larges, sont presque horizontales.

Ces fentes disparaissent progressivement dans un horizon de couleur jaunâtre, d'aspect fondu, moins compact.

Ces sols ont donc par leur structure des caractères très voisins de ceux des tirs du Rharb.

Localisation et topographie

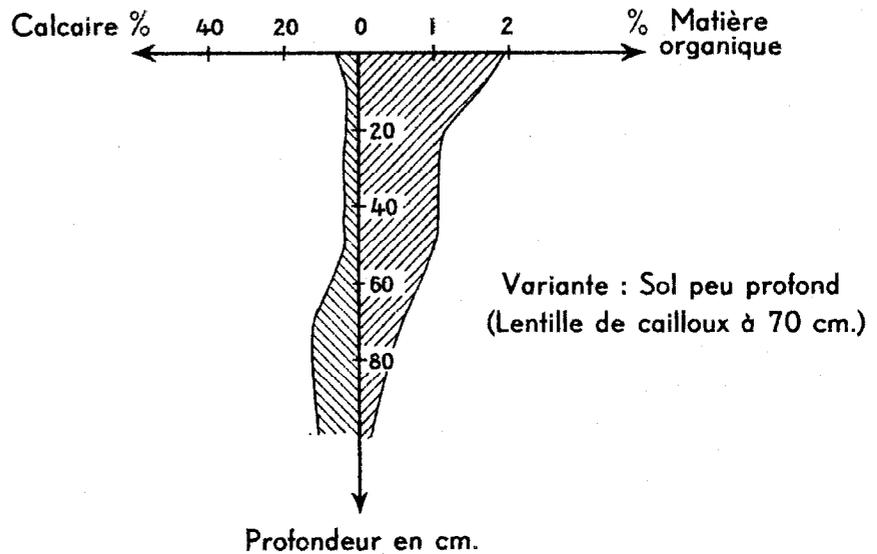
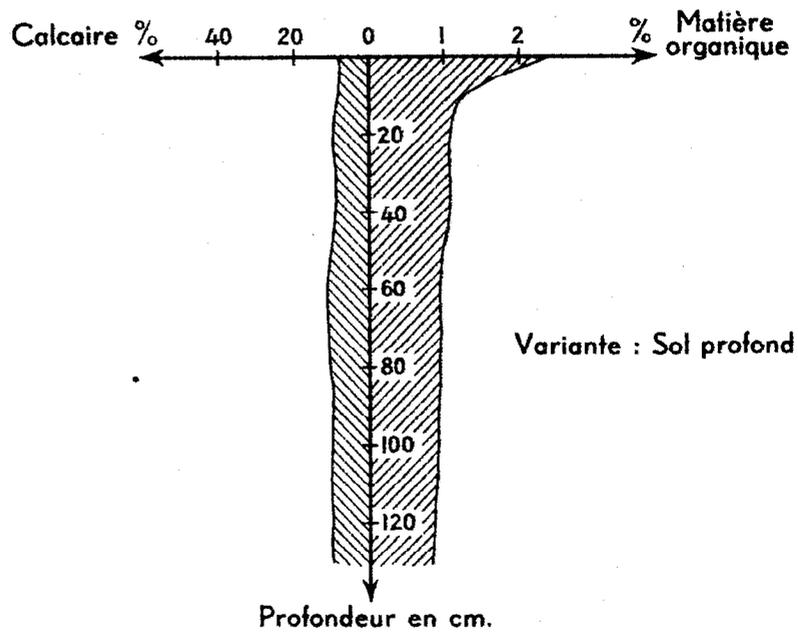
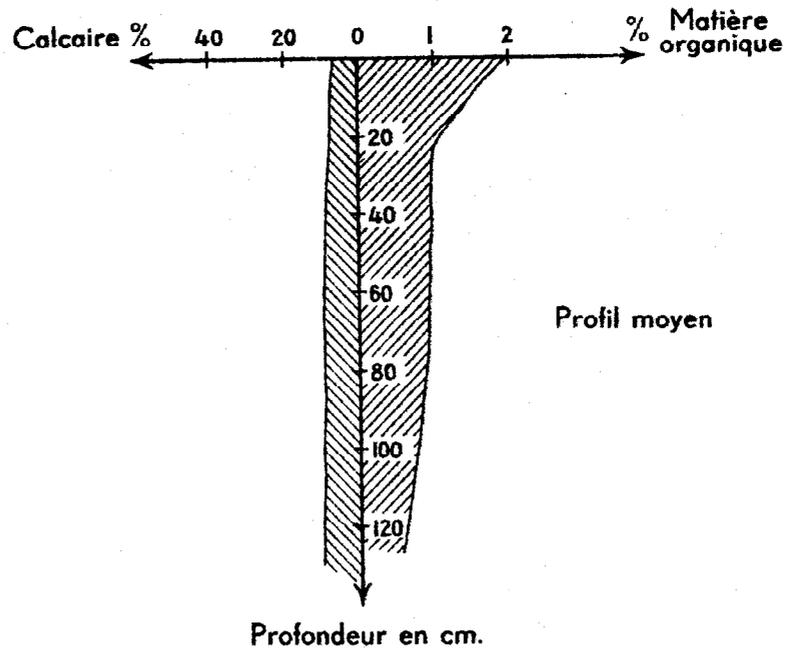
On trouve ces sols au Sud-Est de la zone. La pente générale est de 1 % environ. Le microrelief est assez ondulé.

Végétation

Deux espèces prennent un développement important sur ce type de sol : *Bubonium aquaticum* et *Scolymus maculatus*. On remarque également : *Carthamus lanatus*, *Scorpiurus sulcata*, *Géropogon glaber*, *Lavatera trimestris*.

Ces plantes ont déjà été reconnues dans le Rharb et les Doukkalas comme indicatrices de terrains argileux subissant un engorgement temporaire en saison humide (Mesohyrophile). On les a souvent rencontrées sur des tirs.

Profils du calcaire et de la matière organique dans les sols firsifiés



Caractères analytiques

Signalons que ces sols ont une profondeur variant de 60 cm à 2 m. Les résultats analytiques varient également avec la profondeur.

a) La matière organique

Le profil moyen est le suivant : 1,4 % à 10 cm - 1,1 % à 20 cm - 0,95 % à 40 cm - 0,85 % à 80 cm - 0,74 % à 1 mètre - 0,63 % à 1,20 m (moyenne de 10 profils).

Plus le sol est profond, plus la diminution de la matière organique en profondeur est lente. Dans les sols profonds, on a trouvé des racines descendant jusqu'à 2 mètres.

Le C/N est voisin de 10 en surface, il décroît très lentement en profondeur.

b) Le calcaire

Les teneurs moyennes en calcaire sont les suivantes : 7,6 à 10 cm - 8,7 % à 40 cm - 9,6 % à 80 cm - 10,3 % à 1,20 m - (moyenne de 10 profils). Les sols peu profonds sont plus décalcariés en surface. Dans les sols profonds le calcaire reste pratiquement constant sur tout le profil.

Les horizons contenant des amas et du calcaire fin ne sont pas plus riches en calcaire. L'individualisation en place du calcaire est probablement due à l'hydromorphie.

c) La salure

Les teneurs moyennes exprimées en g/kg de terre sont les suivantes :

0,36 à 20 cm - 0,47 à 40 cm - 1,32 à 80 cm - 2,06 à 1,20 m (moyenne de 10 profils).

Deux prélèvements jusqu'à 2,50 m ont montré que la salure se maintient voisine de 2 g au-dessous de 1,50 m.

La texture argileuse atténue sans doute les effets de cette salure.

d) La texture

La teneur en argile de ces sols varie entre 30 % et 45 %. Il y a une proportion importante de limons très fins (10% environ).

e) Le complexe absorbant

La texture explique la capacité d'échanges de bases élevée de ces sols : 30 à 40 mé %/100 g. Le complexe est saturé.

On a trouvé les proportions de cations échangeables suivantes : 72 % de Ca - 11 % de Mg - 7 % de Na - 10 % de K.

Le pourcentage de sodium échangeable est important. La teneur énorme en potassium échangeable provoque certainement un déséquilibre dans la nutrition des plantes.

Le pH élevé (8,5 à 8,8) montre également que ces sols sont à la limite de l'alcalisation. L'argile de ces sols se disperse d'ailleurs assez facilement.

f) Propriétés hydriques

La perméabilité du sol à l'état sec est très élevée. Il est pratiquement impossible de la mesurer à cause de la fissuration du sol.

Lorsque le sol est humide, sa perméabilité est assez faible ($K = 2 \cdot 10^{-6}$).

La capacité de rétention est comprise entre 25 et 35 %. La densité apparente varie de 1,40 en surface à 1,55 vers 1,10 m. Elle augmente de nouveau vers 1,30 m. Elle correspond à des porosités variant de 48 % à 41 %. Ces chiffres mettent en valeur la compacité des horizons. La porosité totale est très faible. Les mesures de capacité de rétention étant faites sur la terre fine broyée et tamisée, les microporosités calculées à partir des capacités de rétention sont beaucoup trop élevées. La macroporosité de ces sols serait cependant très faible, surtout vers 1 mètre de profondeur.

Remarque - Les mesures de densité apparente ont été faites sur des sols à 20 % d'humidité environ. Comme l'ont montré les mesures de perméabilité, les porosités varient certainement beaucoup dans ces sols, suivant leur humidité. Les argiles se dispersent facilement. Des mesures de retrait linéaire montrent que ces sols peuvent subir par dessiccation un retrait de 9 à 12 % (3 à 4 % dans les sols voisins).

La texture et surtout la mauvaise structure de ces sols rend leur irrigation délicate.

CONCLUSION

La présence de ces sols dans le Haouz, posait un problème. Le climat actuel ne semble pas, en effet, capable de créer une hydromorphie temporaire dans des sols, même avec des conditions de roche-mère favorables. L'étude de ce type de sol a cependant montré qu'il avait subi une tirsification. Si la couleur n'est pas très foncée, la structure, la présence de taches en profondeur, la compacité sont assez caractéristiques de ce phénomène.

L'étude des dépôts quaternaires a montré que ces conditions d'hydromorphie ont été créées au Soltanien. J. WILBERT a observé dans les Doukkalas que ce phénomène, qui aurait eu lieu à la même époque, se manifeste d'une façon plus atténuée vers l'Est et vers le Sud. La présence de ces sols dans le Haouz confirmerait cette hypothèse.

Ces sols ont acquis certains caractères que la pratique des irrigations semble maintenir actuellement. Mais probablement deux phénomènes secondaires de pédogénèse sont venus se superposer à la tirsification :

Une légère steppisation se manifeste actuellement sur la plupart des sols du Haouz. Les analyses de la matière organique ne permettent pas de l'affirmer. Si l'apparition d'une structure cubique dans les profils pourrait faire penser aux sols châtaîns tirsifiés, la répartition homogène du calcaire semble écarter cette hypothèse.

Une faible alcalisation vient accentuer la mauvaise structure de ces sols. Si sa présence rend certaines précautions nécessaires pour la mise en valeur, elle n'est pas cependant assez affirmée pour être mentionnée dans la légende de la carte pédologique.

Le terme de "sol tirsifié" est donc apparu suffisant pour caractériser ce type de sol.

Possibilités de mise en valeur

La mise en valeur de ces sols peut être entreprise de la même manière que celle des sols bruns à amas calcaires. On devra cependant insister un peu plus sur les façons susceptibles d'améliorer la structure et la perméabilité.

Par contre, les risques d'une remontée de la nappe sont très réduits. L'installation d'un réseau de drainage semble cependant nécessaire pour réduire la salure et améliorer la structure.

Le microrelief ondulé rendra probablement nécessaire un nivellement avant l'aménagement de cette zone pour une irrigation rationnelle. Il faudra éviter de tronquer les sols les moins profonds qui sont en général situés sur les buttes.

L'apport de superphosphates serait souhaitable. Il aurait non seulement l'avantage d'équilibrer la nutrition phospho-potassique des plantes, mais aussi de permettre une meilleure assimilation d'éléments nutritifs secondaires.

•

o o

LES SOLS SALES A ALCALIS DES BASSES TERRASSES

La texture de ces sols est assez variable ; il est difficile de présenter un profil type. Cependant un certain nombre de caractères communs permettent de définir leur nature.

Caractéristiques morphologiques essentielles

Accumulations de sels en surface sous forme dispersée cristalline, brillante, dans un horizon superficiel poudreux, ou bien sous forme d'amas vésiculaires anastomosés d'aspect laiteux, sous une pellicule argileuse à structure squameuse.

Jusqu'à 30 ou 50 cm, un horizon de couleur rouge, fondu plus ou moins massif suivant la texture.

Un horizon bariolé rouge et vert clair surmonte, en général, le niveau de la nappe (entre 60 cm et 1,20 m).

Localisation

Voir le schéma ci-joint.

Végétation

Sueda fructicosa, *Limonium ornatum*, *Frankenia corymbosa* prennent un grand développement sur ces terres. Les *Mesembryanthemum*, les *Atriplex*, et les *Salsola* sont relativement moins nombreux et semblent coloniser de préférence les zones moins salées et moins humides.

Caractères analytiques

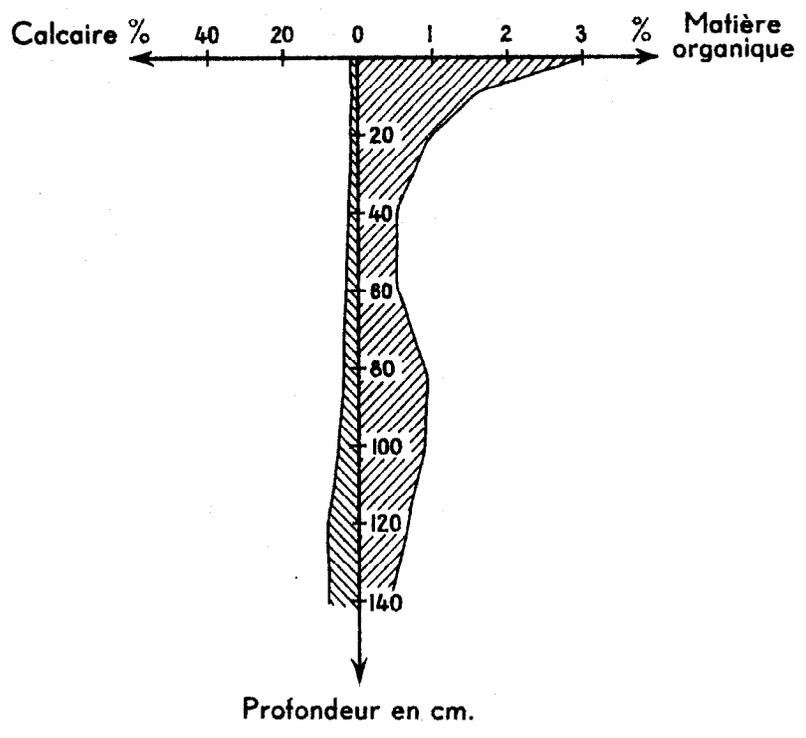
a) La salure

La teneur en sels totaux varie entre 6 et 20 g par kg de terre. La conductivité de l'extrait de saturation est comprise généralement entre 10 et 50 mnhos.

Les prélèvements ayant été faits au printemps, on n'a pas observé une augmentation de la salure près de la surface.

Il existe un rapport sensiblement constant entre la teneur en chlorures et la teneur en sels totaux. Ce rapport est voisin de 0,6. Il reste le même dans les autres types de sols pour des salures plus faibles. Il traduit probablement la prépondérance des chlorures parmi les sels totaux. On a d'ailleurs toujours trouvé une teneur en ions SO_4 inférieure en poids au dixième de la quantité totale de sels. Les carbonates et les bicarbonates n'existent qu'à l'état de traces dans les sels solubles.

Profils du calcaire et de la matière organique dans les sols salés à alcalis



La teneur en sodium correspond en général en poids à la moitié de la teneur en chlore. Cependant, on a trouvé parfois des quantités énormes de calcium et de magnésium solubles (3,5 mé/de Ca et 7,1 mé de Mg solubles / 100 g dans l'échantillon 72).

La comparaison avec la salure de la nappe semblerait montrer que les ions chlore, sodium, et magnésium ont été préférentiellement accumulés dans le sol.

b) Le complexe absorbant

La capacité d'échange de bases de ces sols varie avec leur texture (de 8 à 20 mé). Le complexe est saturé.

Il y a peu de calcium échangeable (50 % de la valeur de T environ). Na/T et Mg/T sont compris entre 20 et 25 %, K est inférieur à 2 %.

Ca/T est en général voisin de 50 % ; Na/T et Mg/T sont compris entre 20 et 25 % ; K/T est inférieur à 2 %.

L'alcalisation est donc particulièrement accentuée.

Le pH est relativement bas pour des sols à alcalis 8,2 environ. Les fortes concentrations de sels solubles provoquent probablement un abaissement du pH de ces sols.

c) La matière organique

Elle est souvent très importante en surface (3 à 5 %). Elle a une répartition très hétérogène en profondeur. On observe souvent une réaugmentation de la teneur en matière organique vers 80 cm; On peut remarquer en général, une variation concomittante de la texture.

Il est donc peu probable que ce soit la présence de corps réduits dans l'horizon de gley qui vienne modifier les résultats des dosages de matière organique. Il s'agit, comme on l'a fréquemment remarqué, sur la zone, d'un sol enterré.

d) Le calcaire

Il varie de 2 % environ en surface à 5 % vers 1 m.

e) La texture

La texture de ces sols est très variable. Cependant, dans de nombreux profils, les horizons superficiels sont sablo-limoneux, les horizons profonds argilo-limoneux. Il ne s'agit pas d'un lessivage de l'argile sodique du sol. En effet, on

trouve assez souvent un niveau sableux ou graveleux séparant les horizons de textures différentes. Lorsque ce niveau n'est pas visible, la transition reste très brutale. Elle correspond souvent à une variation de la matière organique. Le limon récent est venu recouvrir le limon soltanien.

CONCLUSION

Ces sols subissent un engorgement partiel en saison humide par la nappe phréatique.

Cette nappe étant fortement salée, elle a provoqué également leur salure et leur alcalisation.

Ces phénomènes ne semblent pas avoir eu lieu immédiatement en bordure des oueds, où les sols alluviaux ne sont pratiquement pas salés.

La topographie joue ici un rôle très important. Près du Tensift, la nappe circule "en charge" dans des limons encroûtés. Ces limons sont brutalement entaillés par la vallée de l'oued. La nappe suit assez mal cette variation de la topographie ; elle a tendance à affleurer. Les vestiges de la terrasse argileuse soltanienne, qui sont situés au pied de ces limons encroûtés, favorisent la remontée de la nappe. Lorsqu'on se dirige vers l'oued, on rencontre ensuite les dépôts sablo-limoneux récents où la nappe est facilement drainée par l'underflow de l'oued. Les sols ne sont plus salés par celle-ci.

L'amélioration de ces sols salés à alcalis est pratiquement impossible. Leur végétation abondante est en partie broutée par le bétail ; il paraît difficile de les utiliser d'une autre façon.

SOLS D'ALLUVIONS FLUVIATILES RECENTES

Exemple : n° 87 - Coordonnées Lambert : 2941 E - 1226 N.

0-50 cm : limon finement sableux, brun clair, fondu, friable, pulvérulent.

50 cm et plus : Nombreux galets non altérés pris dans un limon sableux.

Caractères morphologiques

- Couleur brun clair ou beige.
- Texture limono-finement sableuse.
- Pas de structure, aspect poudreux rappelant les "dés" du Rharb.
- Profondeur variable, présence fréquente d'un lit de galets vers 50 cm.

Localisation

Basses terrasses à proximité des oueds.

Végétation

On remarque principalement les espèces suivantes :
Cynodon dactylon, Chrysanthemum coronarium, Hedypnois cretica,
Cladantus arabicus.

Caractères analytiques

a) La matière organique

Ces sols sont assez pauvres en matière organique.

La répartition de celle-ci varie beaucoup d'un profil à l'autre.

Le C/N est voisin de 10.

b) Le calcaire

Ces sols sont relativement peu calcaires (3 à 4 %).

Le calcaire est réparti d'une façon homogène sur tout le profil.

c) La salure

Les teneurs en sels totaux sont très variables. Toutefois, elles font rarement obstacle à la mise en valeur.

CONCLUSION

Ces sols sont très peu évolués. Ils se sont formés sur des alluvions très récemment apportés par les oueds. Ils sont parfois inondés en hiver. Ils ne sont en général pas salés ni alcalisés.

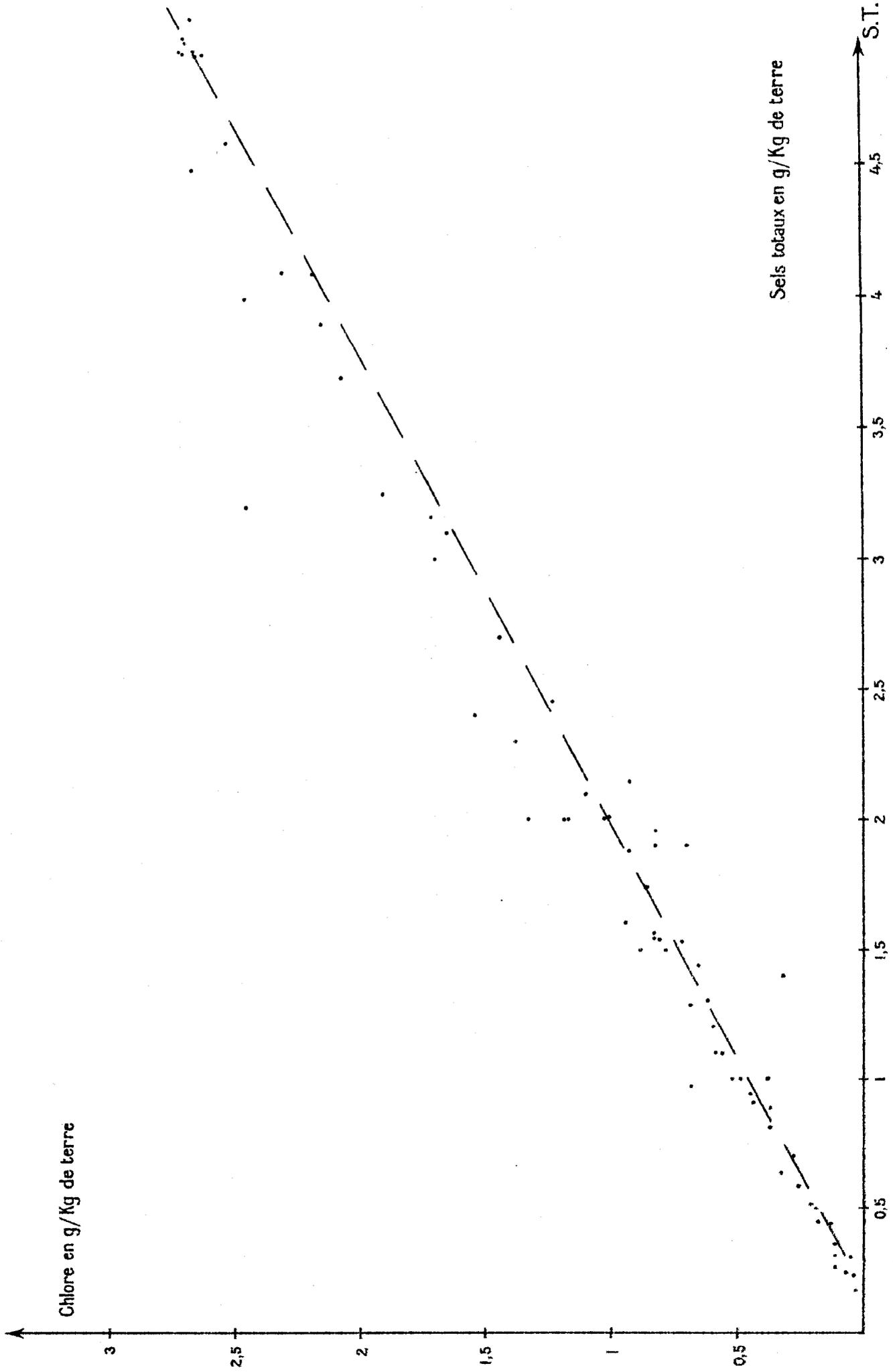
Leur répartition sur la carte montre que les sols salés à alcalis qui leur sont souvent associés, sont salés par les résurgences de la nappe et non par l'eau des oueds.

On peut craindre que l'augmentation du débit de la nappe par des apports d'eau d'irrigation supplémentaires en amont provoque également en certains endroits la salure de ces sols. Une étude détaillée de la circulation de la nappe à proximité du Tensift serait nécessaire si on envisageait des plantations de peupliers blancs.

Par contre, on peut y introduire sans risques le tamaris à tanin (Takaout) qui supporte bien le sel.

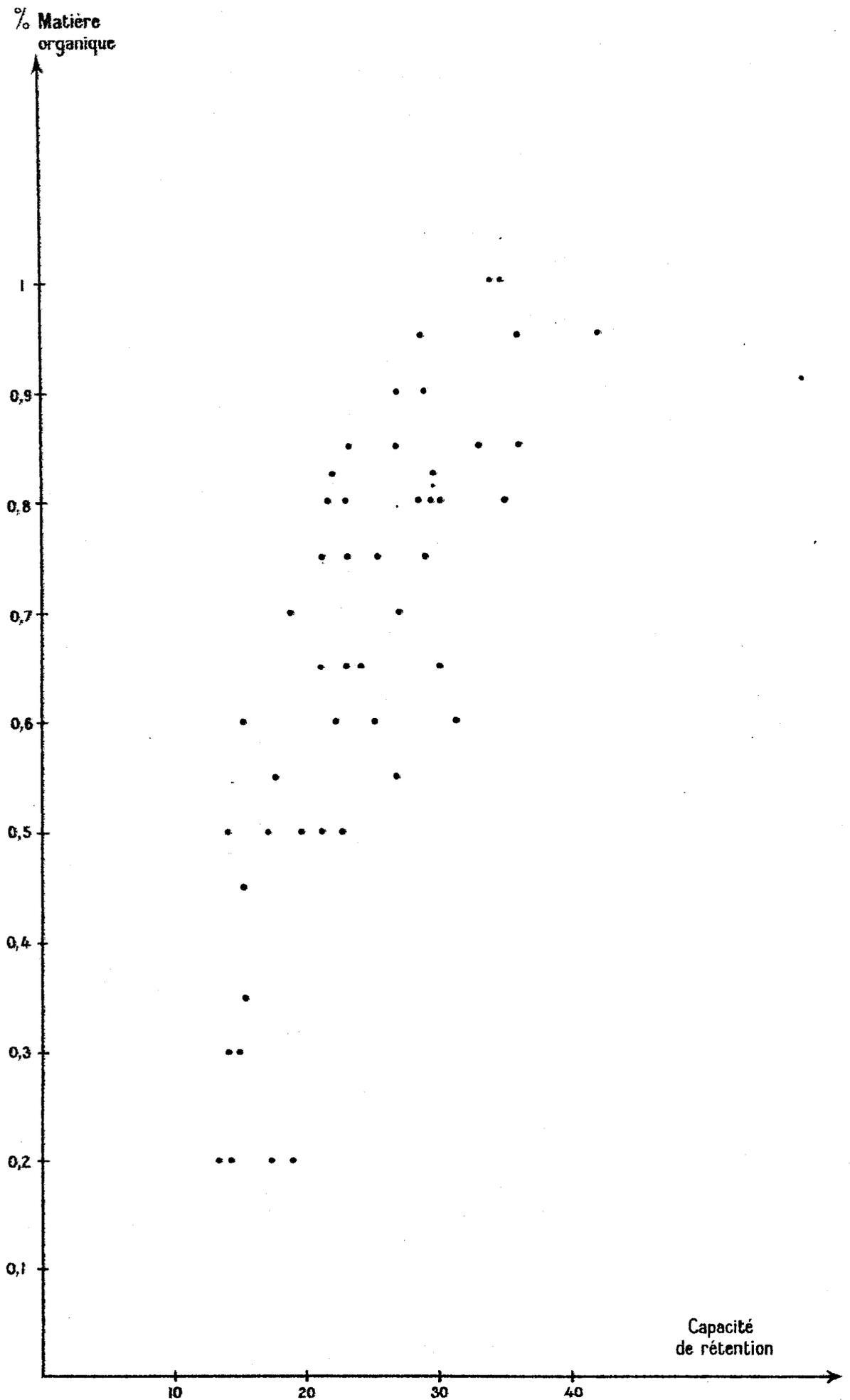
o
o o

Comparaisons et relations entre quelques caractères analytiques des sols de la zone.

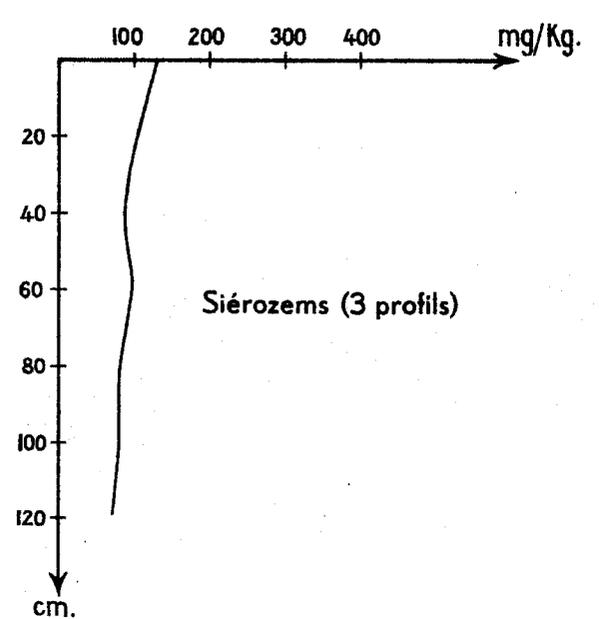
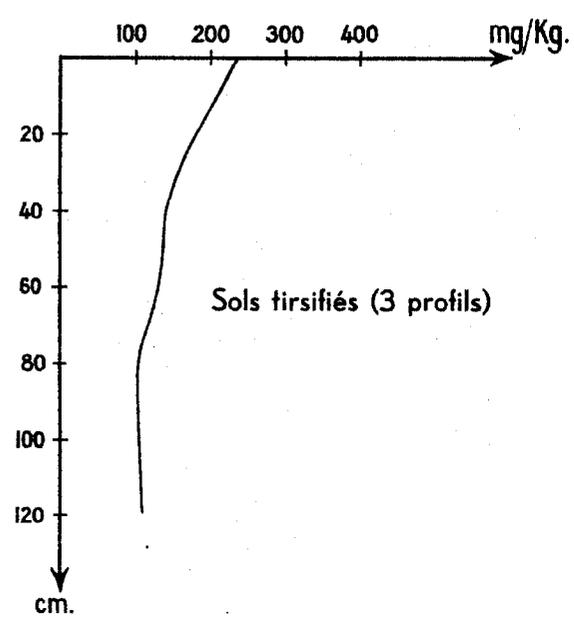
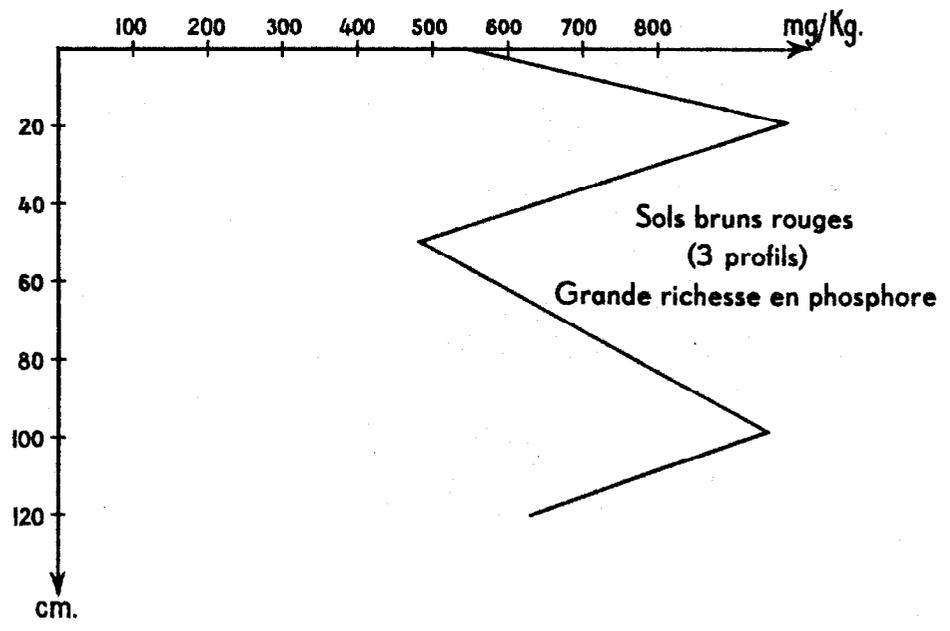
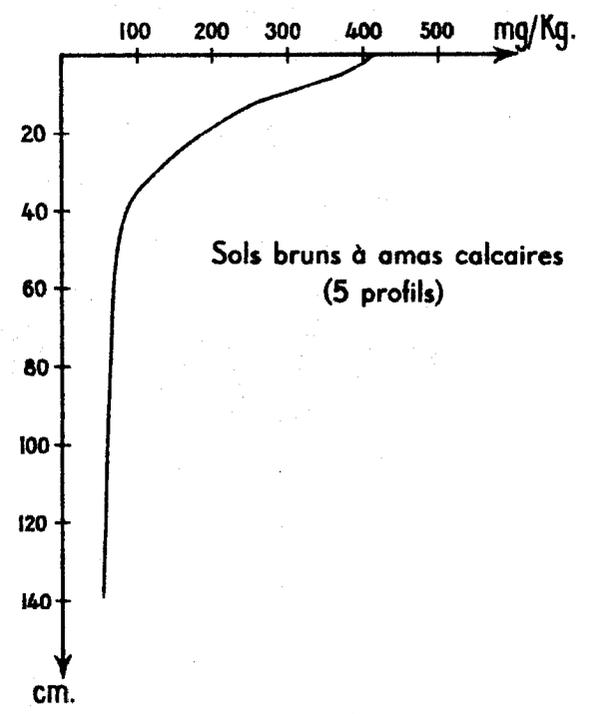
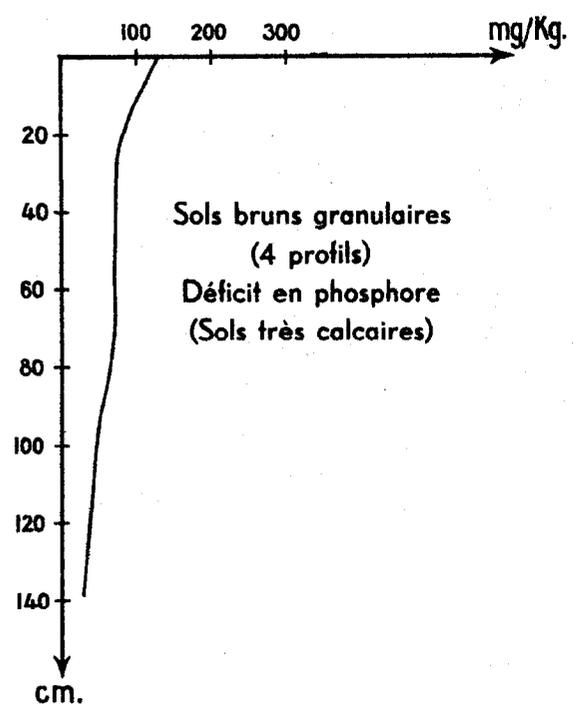


SOLS BRUNS STEPPIQUES ET SOLS TIRSIFIÉS :

Relation entre la teneur en matière organique
et la capacité de rétention à 60 cm. de profondeur.



**Profils des teneurs moyennes en phosphore
de quelques sols de la zone (en mg/kg, méthode Truog),**



METHODES D'ANALYSES UTILISEES

Les analyses ont été effectuées aux laboratoires O.R.S.T.O.M. de Soueïlah et de Rabat, suivant les méthodes usuelles de ces laboratoires (cf. "Méthodes d'analyses du Laboratoire O.R.S.T.O.M. de Rabat"). Les méthodes utilisées sont décrites dans cette publication. On les rappellera sommairement ici.

- Matière organique : Méthode WALKLEY et BLACK à froid.
- Salure : Méthode du laboratoire de Riverside
- Calcaire : Calcimètre BERNARD.
- Analyse granulométrique : par densimétrie, sans destruction du calcaire, ni de la matière organique, après permutation au KCl, et dispersion à l'hexamétaphosphate. La destruction du calcaire et l'utilisation de pyrophosphate comme dispersant ont donné parfois de meilleurs résultats.
- Bases échangeables : La méthode utilisée a donné des résultats pouvant être difficilement interprétés. Les lavages à l'alcool ont paru insuffisants, un lavage à l'alcool méthylique permettrait d'éliminer plus complètement les sulfates. Le dosage du calcium et du magnésium solubles paraît nécessaire pour apporter certaines corrections aux résultats.

Le pH a été mesuré à l'aide d'une électrode de verre ; les mesures faites avec différents pH-mètres ont donné des résultats concordant à 0,2 unité près. Les pH "à l'eau" des sols de la zone sont très élevés. Les pH "au KCl" leur sont inférieurs de 0,5 à 1 unité.

- Le fer libre : Extractions à l'hydrosulfite, dosage au complexon III.
- L'Azote total est dosé par la méthode Kjeldhal.
- Le Phosphore, par la méthode TRUOG
- Un test de dispersion des argiles dans l'eau distillée a été fait sur tous les échantillons. On mettait en contact 1 g de terre dans un tube avec 10 cc d'eau. Après 5 retournements on laissait la terre se sédimenter. On notait, après une heure, et après 8 heures l'opacité de la suspension suivant une échelle arbitraire allant de 0 à 4. Ce test, quoique insuffisant, pour apprécier la stabilité de la structure, a souvent mis en évidence les influences de la salure du calcaire, de l'alcalisation et du pH sur la dispersion des argiles.
- Les capacités de rétention ont été mesurées au laboratoire par la méthode habituelle. On a trouvé une corrélation étroite

entre la capacité de rétention et l'humidité des terres séchées à l'air dans les conditions du laboratoire de Soueilah. Cette corrélation permettrait de faire par le calcul la correction d'humidité.

- Les perméabilités ont été mesurées par la méthode PORCHET.
- Les densités apparentes ont été mesurées sur des cylindres de terre obtenus à l'aide de la carotteuse "Utah".
- Des tests de dessiccation des terres sont actuellement à l'essai.

Cette étude a montré que certaines méthodes d'analyses devaient être adaptées aux propriétés chimiques un peu particulières des sols du Haouz.

CONCLUSION DE L'ETUDE DES SOLS

L'importance relative des différents facteurs de pédogénèse.

L'étude de la morphologie et des dépôts quaternaires avait permis de délimiter quelques grands ensembles. L'étude des sols a justifié ces séparations en apportant cependant parfois quelques distinctions supplémentaires. La connaissance précise des formations quaternaires a été un élément essentiel pour l'étude pédologique de la zone.

Elle a souvent fourni une vue synthétique des rôles joués (anciennement ou actuellement) par le climat et la roche-mère.

Les autres facteurs de milieu ne sont pas cependant négligeables. La topographie, l'action de l'homme, la nappe phréatique ont eu une action importante sur l'évolution de certains sols.

L'étude des sols a mis en évidence trois tendances évolutives principales : la steppisation, la tirsification, l'alcalisation. Ces trois tendances ont plus ou moins marqué la morphologie des sols. Si les deux premières ne semblent pas avoir actuellement leur intensité maxima, elles sont toutes les trois maintenues ou favorisées, à des degrés variables, par les conditions actuelles. On peut ainsi rencontrer sur la zone des chaînes de sols assez complexes.

- Les sols bruns les plus évolués se sont formés sur des dépôts soltaniens. Les limons récents (néolithiques?) ont donné naissance à des sols bruns peu évolués, et à des siéroms. Ces derniers sols forment la transition entre les sols bruns steppiques et les sols gris subdésertiques. Ils semblent être assez caractéristiques de l'action du climat actuel du Haouz sur les sols; Nous avons vu en effet que le climat de Marrakech est intermédiaire entre les climats méditerranéens arides et les climats subdésertiques.

- La superposition des sols bruns peu évolués sur des anciens sols tirsifiés montre que les conditions favorables à la tirsification ne sont pas remplies par le climat actuel. Il importe cependant de ne pas négliger le rôle de la roche-mère argileuse qui a favorisé, sous un climat plus humide que le climat actuel, la formation des sols tirsifiés. On peut d'ailleurs remarquer que la tirsification a été la plus intense là où le dépôt soltanien était le plus argileux et le plus épais.

Cette évolution semble avoir été presque irréversible puisque, actuellement, sous un climat beaucoup plus sec, des irrigations temporaires suffiraient à maintenir les caractères primitifs de ces sols.

- L'alcalisation affecte plus ou moins la plupart des sols de la zone. Si les roches-mères étaient probablement un peu salées au moment de leur dépôt, l'irrigation des sols par des eaux souvent assez chargées en sels est la cause principale de ce phénomène. Le cas des sols à alcalis des basses terrasses étant mis à part, l'alcalisation n'atteint pas encore un stade critique.

On observe cependant une dégradation générale de la structure. L'irrigation provoque souvent ainsi une évolution des sols qui lui est de plus en plus défavorable. On peut craindre que, dans quelques années, certains sols deviennent difficilement utilisables (les plantations au Nord de la zone commencent déjà à périr). Il est donc urgent d'apporter sur les sols, des eaux moins salées (des oueds R'Dat et Zat), et d'abandonner la plupart des pompes.

Considérations générales sur la mise en valeur de la zone :

La comparaison des différents sols précédemment étudiés permet de les classer dans l'ordre de fertilité croissante suivant :

- sols bruns rouges,
- sols alluviaux,
- siérozems (sols médiocres),
- sols bruns à granules,
- sols bruns peu évolués sur anciens sols châtaîns tirsifiés (sols de fertilité moyenne),
- sols tirsifiés (bonne fertilité),
- sols bruns à amas calcaires (sols très fertiles).

Il serait préférable d'abandonner la culture sur les terres médiocres et d'exploiter plus intensivement les bonnes terres. Le facteur limitant actuellement les rendements est principalement le manque d'eau pour les irrigations. La distribution de l'eau étant réglementée par une tradition très tenace, il sera difficile de répartir l'eau, uniquement sur les bonnes terres, sans faire un aménagement qui augmente les disponibilités. C'est cependant une condition préalable absolument nécessaire pour remédier à la dégradation de ces sols.

Une première amélioration consisterait à remplacer les prises d'eau actuelles sur les oueds par de petits ouvrages en béton, les fossés d'irrigation par des séguias bétonnés.

Des barrages sur les petites vallées du piémont permettraient de recueillir et d'accumuler les eaux de ruissellement. Une étude préalable des disponibilités et de la salure serait toutefois nécessaire.

Mais ces améliorations ne sont que des expédients en attendant un équipement plus complet et plus efficace.

Le canal de Rocade, dont la construction est actuellement arrêtée, est l'aménagement le plus souhaitable pour la mise en valeur de cette zone. Mais la qualité des autres terres du Haouz ne justifie pas un équipement aussi coûteux.

La zone que nous avons étudiée est une des plus riches en possibilités de mise en valeur dans le Haouz. Mais si les méthodes actuelles de culture et d'irrigations sont maintenues, on peut prévoir la dégradation assez rapide de la fertilité des sols.

Nous avons indiqué en étudiant ces derniers, la façon dont chacun pouvait être mis en valeur d'une manière rationnelle. Le choix des vocations culturales n'a pas tenu compte des limitations de moyens que rencontre la mise en valeur générale du Haouz. Si un équipement hydraulique suffisant ne peut pas être installé dans un proche avenir, il serait alors préférable d'orienter la mise en valeur vers l'élevage et d'abandonner la culture des céréales qui sera de moins en moins rentable. Un programme d'améliorations pastorales associé à un programme de reboisement devraient permettre de réduire progressivement au minimum les surfaces cultivées et irriguées.

o

o o

Fait à Soueilah, le 12 juillet 1958

Ph. MAHLER

BIBLIOGRAPHIE

- Cours de 1^o année. Section Pédologie. O.R.S.T.O.M.
 - Extraits des Annales de Physique du Globe et de Météorologie (Institut scientifique chérifien)
 - JAMINET. Etude préliminaire des sols du périmètre irrigable de Marrakech. C.R.A. Rabat. 1951.
 - EMBERGER Aperçu général sur la végétation au Maroc.
 - BAGNOULS et GAUSSEN. Saison sèche et indice xérothermique.
 - PUJOS. Etude des érosions dans le bassin de la Moulouya. Note sur la représentation analytique et synthétique des climats.
 - METRO. L'écologie de l'eucalyptus. Mémoires de la S.S.E. du Maroc. n^o XLIX.
 - RAYNAL et CHOUBERT. Différentes publications sur le quaternaire au Maroc. (Service géologique. Rabat.)
 - GAUCHEER. Conditions de formation des croûtes calcaires. C.R.A. Sc. du 14-6-48.
 - NEGRE. Etude phytosociologique préliminaire du Haouz de Marrakech. Juin 1950. Institut scientifique chérifien. Rabat.
 - RIVOLLET. Description et classification de plantes appartenant à la famille des Angiospermes. E.M.A. Meknès.
 - IONESCO. Les groupements végétaux des Doukkalas. Réunion des pédologues d'A.F.N. 9-14 Mars 1955.
 - AMBROGGI et THUILLE. Le Haouz de Marrakech. Hydrogéologie du Maroc.
 - BRYSSINE. Typologie des sols du Maroc. Premières réflexions sur la mise en valeur de la plaine du Haouz.
 - RICHARDS. Saline and alkalis soils. Riverside.
 - KUBIENA. Uber Reliktboden in Spanien. Angewandte Pflanzensoziologie. Kartner. Klagenfurt. 1954.
 - CONCARET. Rapport sur les sols du bled Soueilah. O.R.S.T.O.M.
 - Rapport d'activités de l'année 1957. O.R.S.T.O.M. Soueilah.
- Renseignements verbaux de J. CONCARET, T. IONESCO, S. TOUJAN, et J. WILBERT.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
 Division de la mise en valeur et du Génie Rural
 GÉNIE RURAL
 circonscription du Sud

OFFICE DE LA RECHERCHE
 SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
 OUTRE MER

ROYAUME DU MAROC

CARTE PÉDOLOGIQUE DE LA ZONE DE L'OUED R'DAT

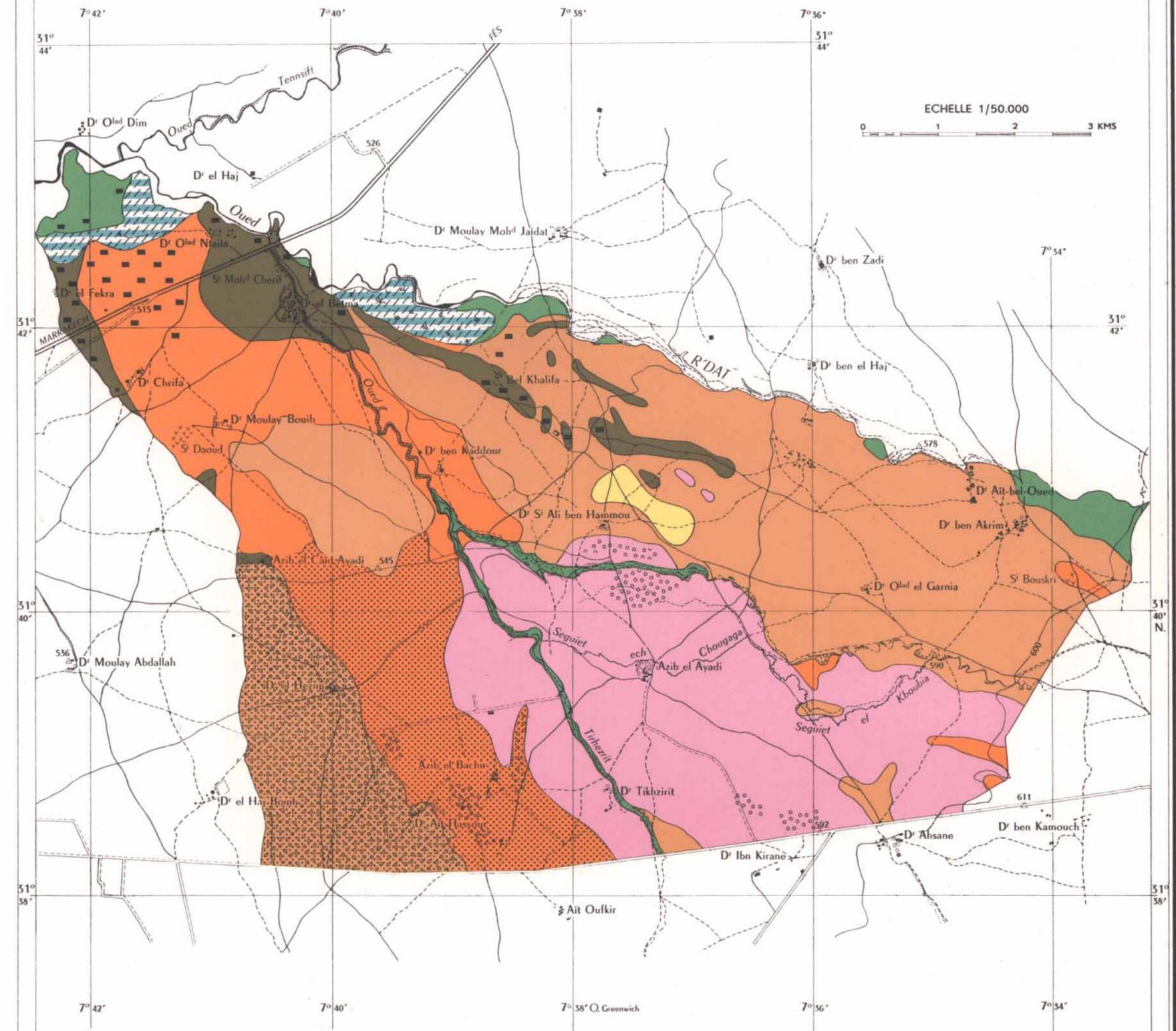
PAR PH. MAHLER

ECHELLE 1/50.000

LÉGENDE

- SOLS BRUNS STEPPIQUES**
-  Sols bruns granulaires.
 -  Sols bruns à amas calcaires typiques
 -  Sols bruns à amas calcaires ensablés
 -  Sols bruns peu évolués de limon récent sur ancien sol châtain tirsifié
 -  Sols bruns-rouges sur galets altérés
- SOLS STEPPIQUES SUBDÉSERTIQUES**
-  Siérozems sur limon récent
- SOLS HYDROMORPHES**
-  Sols tirsifiés
- SOLS A ALCALIS**
-  Sols salés à alcalis de basses terrasses
- SOLS ALLUVIAUX**
-  Sols sur alluvions fluviales récentes
- SURCHARGES**
-  Lentilles de cailloux vers 60 cm de profondeur
 -  Salure importante (1 à 2 g de ClNa/kg de terre)

PÉDOLOGIE DE LA ZONE DE L'OUED R'DAT



d'après les fonds topographiques de l'Institut Géographique National MAROC 1/50.000 Feuille NH 29 - XXIII - 3 b

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Division de la mise en valeur et du Génie Rural

GÉNIE RURAL

Circonscription du Sud

OFFICE DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

OUTRE-MER

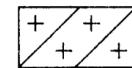
ROYAUME DU MAROC

ZONE SUD DU R'DAT POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES SOLS SOUS IRRIGATION PERENNE

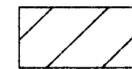
PAR PH. MAHLER

ECHELLE 1/50.000

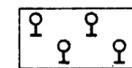
ZONE SUD DU R'DAT POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES SOLS SOUS IRRIGATION PERENNE



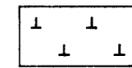
Assolement intensif à base de céréale et cultures fourragères.



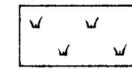
Assolement moins intensif à base de céréale et de cultures fourragères.



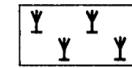
Oliviers.



Cultures maraichères.



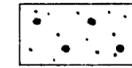
Pâturages non irrigués.



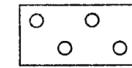
Reboisement et Améliorations pastorales.



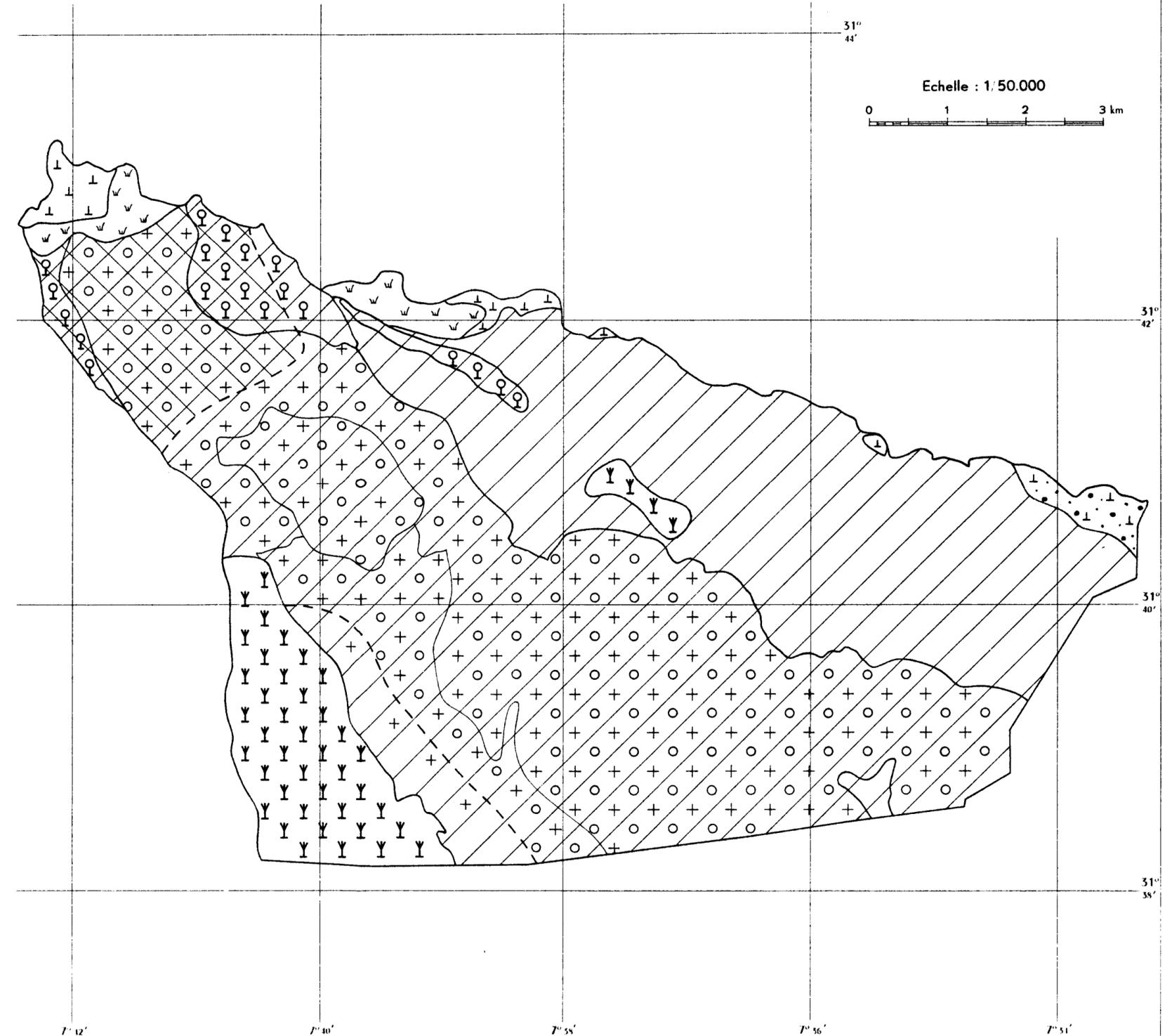
Zone à drainer (Nappe Salée à faible profondeur).



Zone à épierrier.



Cultures en billons ou ados. Colature.



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Division de la mise en valeur et du Génie Rural

GÉNIE RURAL

Circonscription du Sud

OFFICE DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

OUTRE-MER

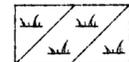
ROYAUME DU MAROC

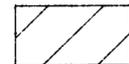
ZONE SUD DU R'DAT POSSIBILITÉS ACTUELLES D'UTILISATION (Irrigation par eaux de crues saisonnières)

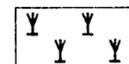
PAR PH. MAHLER

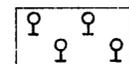
ECHELLE 1/50.000

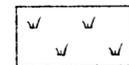
ZONE SUD DU R'DAT POSSIBILITÉS ACTUELLES D'UTILISATION (Irrigation par eaux de crues saisonnières)

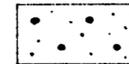
 1 Céréale irriguée sur Jachère
ou Prairies irriguées temporaires.

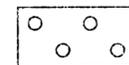
 1 Céréale irriguée sur Jachère.

 Reboisement.

 Oliviers.

 Pâturages non irrigués.

 Zones à épierrer.

 Cultures en billons ou ados. Colature.

