

CARTE DES RESSOURCES EN SOLS DE LA TUNISIE

FEUILLE DE MAKTAR

NOUVELLE APPROCHE METHODOLOGIQUE

Par : M. MIZOURI, Pédologue à la Direction des sols
J. BARBERY et P. WILLAIME, Pédologues à l'ORSTOM
(Juillet 1984)

E-S 212

CARTE DES RESSOURCES EN SOLS DE LA TUNISIE

AU 1/200.000

FEUILLE DE MAKTAR

nouvelle approche méthodologique

par

M. MIZOURI,

Pédologue à la DIRECTION DES SOLS

J. BARBERY,

Pédologues à l' I ¹ O.R.S.T.O.M.

P. WILLAIME,

JUILLET 1984.

AVANT - P R O P O S

L'élaboration de la carte de Ressources en sols au 1/200.000 de la région* de Maktar est une opération qui s'inscrit dans un programme général d'inventaires et de cartographie thématique des facteurs de la production agricole, intéressant l'ensemble du territoire tunisien. Les cartes de Ressources en sols sont en effet appelées à compléter d'autres sources d'information telles que les cartes des Ressources en eaux souterraines, les cartes phyto-écologiques, les cartes de l'érosion, les cartes de sensibilité à la désertisation dressées à la même échelle ou à des échelles inférieures. Elles ont pour objectif essentiel de mettre en évidence, non seulement les variations spatiales de l'un des facteurs physiques essentiels de la production végétale, le sol ou plus exactement le "milieu de croissance racinaire", mais aussi les grandes lignes de relief et les déclivités, qui conditionnent tout à la fois, la dynamique des eaux superficielles et les possibilités d'exploitation. Elles tendent également à focaliser l'attention sur le cadre bioclimatique dans lequel s'intègrent ces données fondamentales que sont le sol et le modelé, de façon que les contraintes exercées par le climat sur l'extension de certaines spéculations ne soient jamais sous-estimées.

Ainsi conçues, ces cartes, pour peu que leur présentation reste claire et dépouillée de toute terminologie ésotérique, devraient permettre à des aménagistes ou à des décideurs de grands projets, de mieux cerner les diverses "limitations d'aptitudes" et donc de mieux orienter les actions de développement régional, qui devraient toujours chercher à concilier l'accroissement de la production agricole la conservation du patrimoine foncier et l'emprise grandissante des agglomérations urbaines.

* Il faut entendre par "région" de Maktar, l'espace géographique correspondant à la coupure régulière au 1/200.000 établie par le Service Topographique, intitulée MAKTAR.

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

CADRE DE L'ETUDE

PREMIERE PARTIE : LES CONDITIONS DE MILIEU

I - LE CLIMAT

I.1 - Les précipitations

I.1.1 - Variations spatiales - Moyennes annuelles

I.1.2 - Variations saisonnières et mensuelles

I.1.3 - Variations interannuelles

I.1.4 - Intensités pluviométriques

I.1.5 - Les "accidents" météorologiques

I.2 - Le régime thermique

I.3 - Les vents

I.4 - La demande évaporative de l'atmosphère

I.5 - Synthèse climatique : les bioclimats.

II - LE SUBSTRAT

II.1 - Le substratum géologique

II.1.1 - Aperçu paléogéographique - Origénèse

II.1.2 - Importance relative et répartition des différents types de roches-mères

II - CARACTERISATION DES MILIEUX DE CROISSANCE

II.1 - Les milieux de croissance racinaire

II.1.1 - Les caractéristiques utiles "élémentaires"

II.1.2 - Les caractéristiques "synthétiques"

II.2 - L'environnement

II.2.1 - Le modelé

II.2.2 - L'environnement hydro-climatique

III - ELABORATION DE LA CARTE

III.1 - Remarque préliminaire

III.2 - Articulation de la légende

III.2.1 - Analyse du premier volet

III.2.2 - Contenu du second volet

III.3 - Choix des couleurs et des figurés

III.3.1 - Les couleurs de fond

III.3.2 - Les figurés et les surcharges

III.4 - Présentation finale.

IV - APPLICATION A LA REGION DE MAKTAR

IV.1 - Remarque préliminaire

IV.2 - Détermination des "coefficients" KEF

IV.2.1 - Paramètre K

IV.2.2 - Paramètre F

IV.2.3 - Paramètre E

IV.3 - Caractérisation des unités de sols et répartition des divers "milieux de croissance"

II.2 - Relief et modelé

II.2.1 - Hypsométrie et lignes générales du relief

II.2.2 - Drainage - Pentes - Erosion

II.2.3 - Relations modelé/lithologie/matériaux originels

II.3 - Les sols

II.3.1 - La pédogénèse - Les grandes unités typologiques

II.3.2 - Le classement adopté

II.3.3 - Importance relative et distribution des principales classes de sols

III - LES REGIONS NATURELLES

III.1 - Le compartiment "tellien"

III.1.1 - Le secteur du Krib et la plaine du Sers

III.1.2 - La vallée de l'oued Kébir

III.1.3 - Le bassin versant de l'oued Siliana

III.1.4 - Le plateau de Maktar

III.2 - Le compartiment "steppique"

III.2.1 - Le piémont de la dorsale

III.2.2 - La plaine de Kairouan

III.3 - La dorsale

DEUXIEME PARTIE : CARTOGRAPHIE DES RESSOURCES EN SOLS

I - FINALITE ET PRINCIPE DE LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE

I.1 - Les objectifs

I.2 - La méthode

II.2.1 - Elaboration du document cartographique de base

II.2.2 - Codification et caractérisation

II.2.3 - Représentation cartographique

IV.3.1 - Le tableau de caractérisation

IV.3.2 - Analyse et possibilités d'exploitation du mode de représentation.

C O N C L U S I O N

B I B L I O G R A P H I E

A N N E X E S : - Liste des rapports pédologiques consultés.

- Carte de localisation des études pédologiques détaillées.

PREMIERE PARTIE :

LES CONDITIONS DE MILIEU

INTRODUCTION

La carte de Ressources en sols de Maktar est la neuvième d'une lignée de cartes déjà publiées ou en cours d'exécution dans diverses régions de la Tunisie. Elle a été programmée dans le but non seulement de compléter l'inventaire régional des ressources en sols mais aussi de servir de test à la mise au point d'une nouvelle approche méthodologique qui doit aboutir à l'élaboration d'une légende unique applicable dans toutes les régions de la Tunisie. Comme les cartes précédentes, elle tend à exploiter graphiquement le contenu utilitaire d'une série de données, recueillies tout autant sur les cartes pédologiques existantes dressées à plus grande échelle, sur d'autres cartes thématiques ou sur photo-satellites que lors d'investigations menées sur le terrain dans les secteurs non encore inventoriés.

La présente notice sera subdivisée en deux parties. La première partie sera consacrée à l'étude des milieux de croissance actuels; seront ainsi successivement passés en revue, tout d'abord l'environnement climatique, puis les caractéristiques des divers supports culturels, conditionnées par de nombreux facteurs, tels l'orogénèse, la lithologie, le modelé, la pédogénèse, l'érosion, enfin les grandes régions naturelles, qui reflètent par leurs particularités paysagiques les effets synthétiques de la surimposition des facteurs précédents.

Dans la seconde partie seront résumés les principes et les diverses étapes de la nouvelle démarche méthodologique, démarche qui sera appliquée à la région de Maktar et qui donnera lieu à l'établissement d'une carte de ressources en sols servant de banc d'essai au système proposé.

CADRE DE L'ETUDE

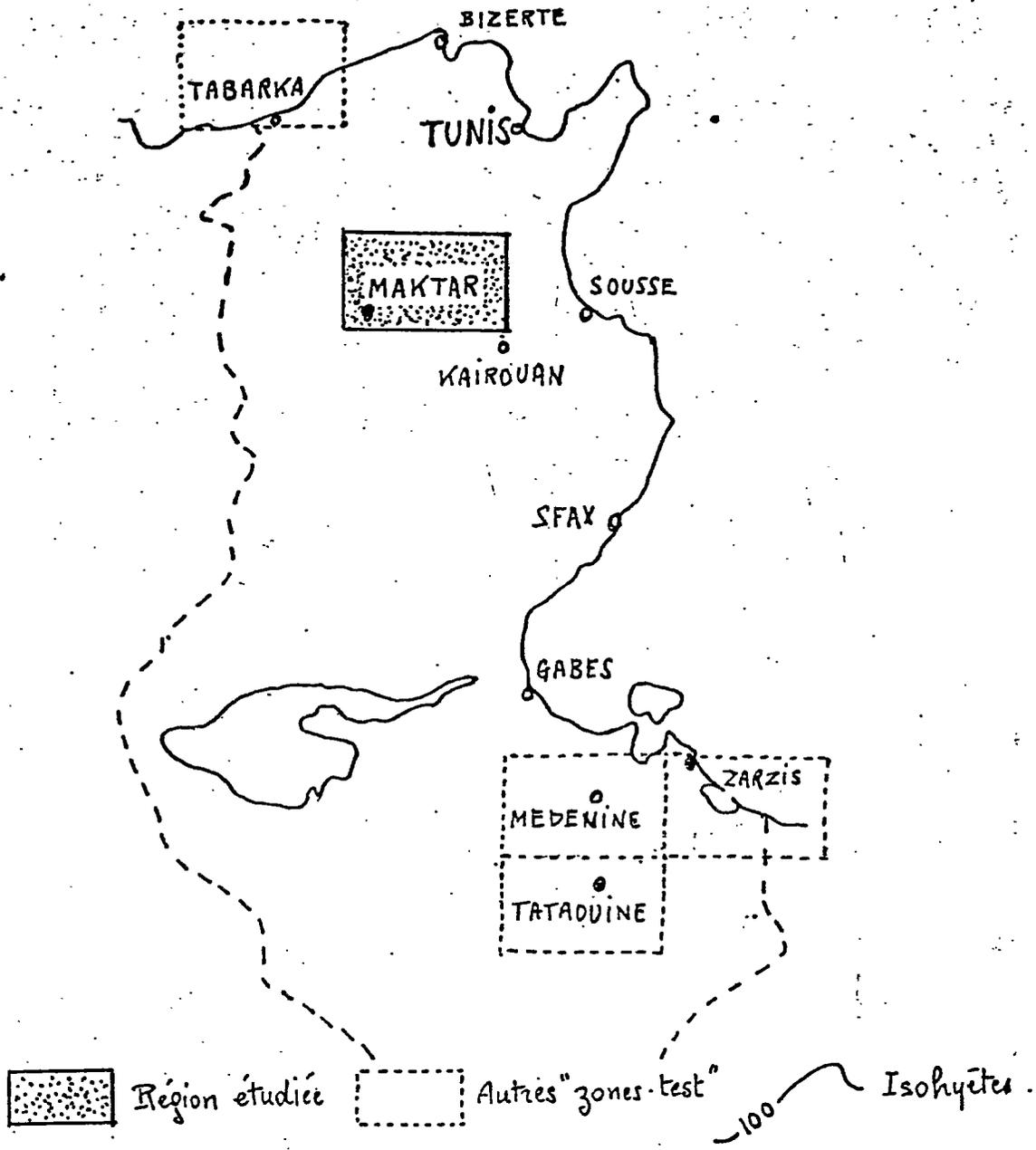
La feuille au 1/200.000 de Maktar, comprise approximativement entre les parallèles 36° 20' N et 35° 40' W et les méridiens 9° 10' E et 10° 15' E, couvre une région englobant en partie ou en totalité les unités naturelles suivantes :

- A l'extrême ouest, la plaine du Sers drainé par l'oued Tessa
- Au nord-ouest de la dorsale, le bassin versant de l'oued Siliana
- A l'ouest de la dorsale, le plateau de Maktar
- Au nord de la dorsale, la vallée de l'oued Kébir

- La dorsale proprement dite, comportant deux grandes lignes de relief l'une orientée SW-NE allant du djebel Kessara au djebel Fkirine, l'autre d'orientation méridienne à l'est de la précédente
- la plaine intérieure d'Ousseltia enserrée en coin entre ces deux alignements.
- A l'est enfin, la bordure NW du bassin subsident de Kairouan ;

Sur le plan administratif, cette région relève des gouvernorats de Siliana de Kairouan et de Zaghouan.

Localisation géographique



I - LE CLIMAT

La région de Maktar, scindée en deux grands compartiments physiographiques par les hauts reliefs de la dorsale, fait figure de région-charnière sur le plan climatique, par le fait même qu'elle se trouve dans sa partie NW très exposée aux vents chargés d'humidité provenant de la méditerranée et dans sa partie SE fortement marquée par les circulations de masses d'air chaud et sec provenant du Sahara, la dorsale servant d'écran plus ou moins filtrant à ces deux influences.

Aussi, lors de l'étude des diverses composantes climatiques, nous nous efforcerons, dans un souci de représentativité à la fois géographique et bioclimatique, de mettre en parallèle les données, malheureusement très fragmentaires, recueillies dans des stations situées dans chacun des deux compartiments; pour le compartiment "tellien", les seules données fiables proviendront des stations de Maktar et de Siliana; pour le compartiment "steppique", la station d'Ousseltia servira de référence; enfin les relevés effectués à Bou Saadia du Bargou, géographiquement peu représentatifs, donneront une idée du microclimat qui règne dans certaines vallées intérieures de la dorsale.

Les chiffres mentionnés ont été puisés soit dans les archives de l'INM (Institut National de la Météorologie) soit dans le volume n°40 des annales de l'INRAT (Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie).

I.1 - Les précipitations

I.1.1 - Variations spatiales - Moyennes annuelles

Compartiment Géographique	Stations	Alt. (m)	Bioclimat	Pluviométrie mm/an	n (3)
Tell	Siliana	400	s.a. ⁽¹⁾ moyen	410 ⁽²⁾	20
	Maktar	940	s.a. supérieur	513	66
Dorsale	Bargou	520	sub-humide	633	55
Steppes	Ousseltia	500	s.a. inférieur	370 ⁽²⁾	37

(1) s.a. = sub-aride

(2) moyennes corrigées par rapport aux données des stations de référence

(3) n = nombre d'années d'observations

L'examen de ce premier tableau met déjà en évidence les disparités pouvant exister entre la zone "telliennne" où la pluviométrie s'étage du Nord vers le Sud entre 400 et 500 mm, la dorsale qui reçoit généralement plus de 500 mm de précipitations et le district steppique le moins arrosé où la pluviométrie reste inférieure à 400 mm. D'une façon générale on observe d'ailleurs une certaine décroissance pluviométrique, parallèlement à la dorsale dans le sens SW-NE et perpendiculairement à la dorsale en s'en éloignant vers le NW ou vers le SE.

I.1.2 - Variations saisonnières et mensuelles

Les graphiques 1 et 2 ci-joint révèlent un déficit estival très important pour l'ensemble des stations; sur le graphique 1 transparaissent en outre des écarts assez significatifs entre pluies automnales et hivernales, les premières prenant le pas sur les secondes dès lors que l'on s'éloigne des confins de la dorsale. D'un point de vue agronomique, cela laisse à penser que la période des semis en céréaliculture peut être plus précoce dans les régions d'Ousseltia et de Siliana qu'au voisinage de Maktar.

I.1.3 - Variations interannuelles

De l'analyse rapide des graphiques précédents, il ressort une impression d'apparente homogénéité du régime pluvial durant les 3/4 de l'année, ce qui paraît évidemment paradoxal dans ces régions méditerranéennes réputées pour leur climat très contrasté. En réalité, ces données "moyennes" masquent de grandes variations interannuelles comme l'illustrent le graphique 3, à l'échelle de l'année, et le tableau ci-après, à l'échelle du mois.

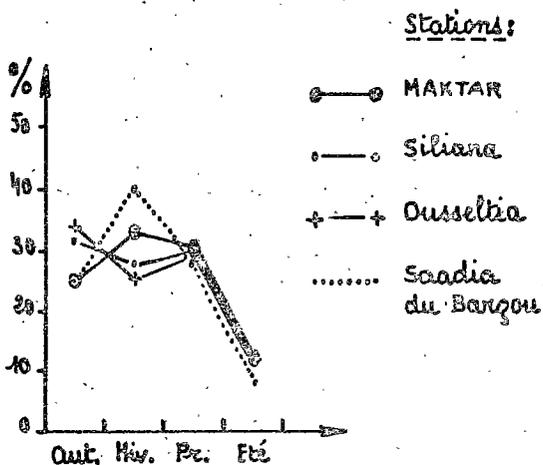
Pluviométries mensuelles maximale et minimale enregistrées à Maktar entre 1960 et 1980 (en mm)

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNEE
Max.	418	462	129	248	238	165	201	122	101	87	53	103	1235 (1969)
Min.	0	10	1	1	4	3	25	11	1	0	0	0	297 (1973)

Dans ces conditions on comprend pourquoi les problèmes de régularisation des bilans hydriques acquièrent une telle importance dans toutes ces régions, non seulement à l'échelle des bassins versants (barrages de retenue - mesures anti-érosives) mais aussi à l'échelle des parcelles de culture (drainage - irrigation de

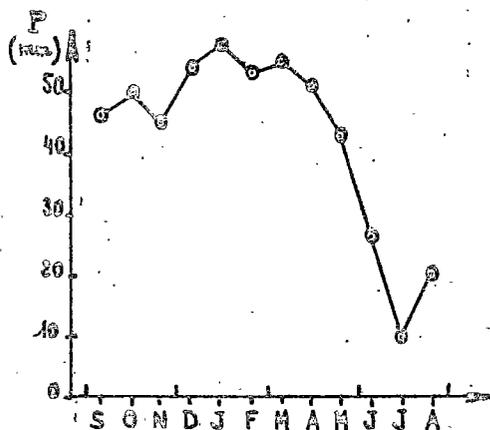
Graph. 1 et 2 : Répartition de la Pluiosité

1- Saisonnière



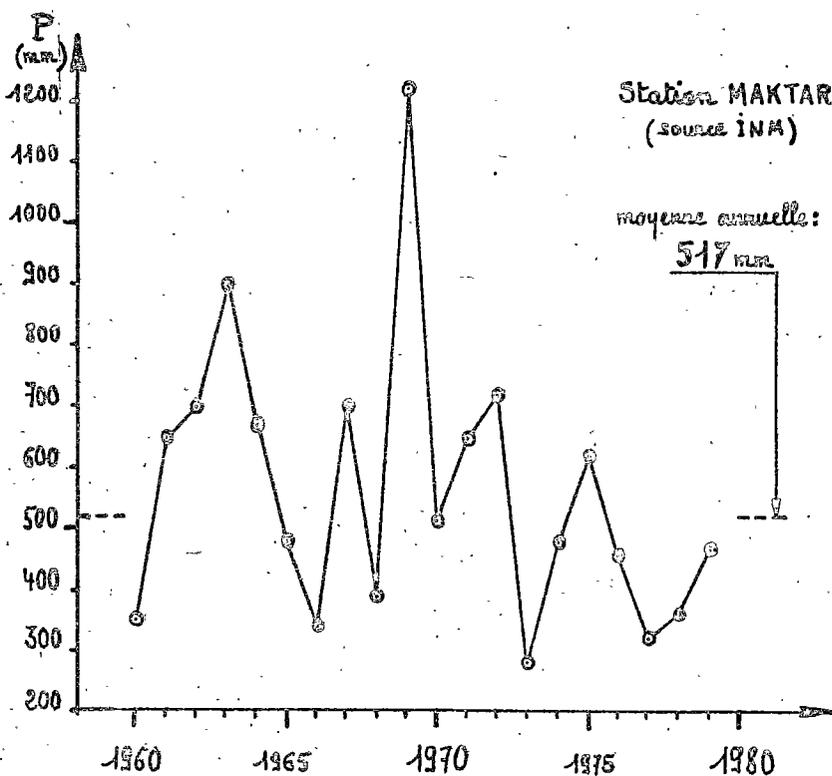
% par saison (source INRAT)

2- mensuelle



Moyenne 1960-1980 (source INM)

Graph. 3 - Variations interannuelles



complément). On conçoit également à quel point il est délicat d'établir des prévisions sur les rendements des cultures en sec. On cerne enfin beaucoup mieux l'intérêt que présente une meilleure connaissance du "pouvoir tampon" des substrats culturaux vis-à-vis de l'eau.

I.1.4 - Intensités pluviométriques

Aux grandes variations interannuelles viennent fréquemment se greffer d'autres processus qui ne font que renforcer l'attitude de prudence avec laquelle doivent être interprétées toutes les données précédentes. Il ne suffit pas en effet que les eaux météoriques atteignent le sol pour être utilisables par les plantes encore faut-il qu'elles puissent s'infiltrer. Or dans bon nombre de secteurs, la conjugaison d'une mauvaise structure d'accueil de la surface du sol et d'une forte agressivité des précipitations limite fortement les possibilités d'infiltration. Cette agressivité étant principalement liée aux intensités pluviométriques, il eût été intéressant de pouvoir donner de celles-ci un aperçu quantitatif. Ne disposant malheureusement d'aucune donnée chiffrée pour la feuille de Maktar, nous nous sommes référés à des relevés effectués à environ 80 Km au S-SW de la ville de Maktar en zone steppique, à bioclimat sub-aride inférieur, sous une pluviométrie annuelle moyenne de 300 mm, par conséquent dans des conditions qui ne semblent pas trop éloignées de celles qui prévalent dans la portion de la feuille de Maktar située au SE de la dorsale.

Nombre de pluies dont l'intensité maximale observée en 5' et 15' a été comprise entre : (en mm/h)

(Période d'observations 1976-1982) - Région de Kasserine.

150 et 125		124 et 100		99 et 75		74 et 50		50 et 30	
5'	15'	5'	15'	5'	15'	5'	15'	5'	15'
1	-	4	-	2	3	8	2	11	8

Le nombre de pluies torrentielles est donc loin d'être négligeable dans ces zones steppiques, ce, qui, joint au fait que la végétation y est très peu couvrante explique en grande partie la mauvaise utilisation des capacités de stockage de certaines rhizosphères et donc la grande sensibilité des plantes cultivées aux aléas pluviométriques.

I.1.5 - Les "accidents" météorologiques

Les précipitations sous forme de neige ou de grêle ont été recensées non pas quantitativement mais uniquement par le biais du nombre de jours durant lesquels ces précipitations se sont produites. Les résultats consignés ci-après nous montrent que ces phénomènes sont assez marginaux en deça de 1000 m d'altitude pour avoir une influence notoire sur la production agricole; les dégâts dus en particulier à la grêle ne sont importants que très épisodiquement.

Nombre moyen de jours de neige et de grêle

Station de Maktar - altitude 940 m.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Neige	1.4	2.1	0.5	0.1	0.1						0.1	0.7	5.0
Grêle	?	?	0.6		0.6		0.1						

Enfin nous avons rassemblé ci-dessous le nombre de jours de brouillard ou de rosée, pour souligner le rôle non négligeable que peuvent jouer ces apports d'eau "occultes" dans l'alimentation hydrique des plantes, principalement dans les régions d'altitude durant les périodes déficitaires sur le plan pluviométrique.

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Silliana (400m)	1	1	2	7	1	2	0	0	2	4	5	1	26
Maktar (940m)	5	8	13	13	3	7	3	4	5	5	19	14	99

I.2 - Le régime thermique

Les variations des températures moyennes mensuelles consignées sur le graphique 4 mettent en évidence l'influence de l'altitude et de l'exposition sur le régime thermique.

Dans le tableau ci-après figurent quelques compléments d'information permettant de mieux cerner la spécificité de chacun des bioclimats représentés.

Stations	Bioclimat	Températures moyennes			M - m
		t	M	m	
Siliana	s.a. moyen	16,7	35,1	3,6	31,5
Maktar	s.a. supér.	14,1	32,6	1,8	30,8
Ousseltia	s.a. infér.	17,1	37,9	3,4	34,5

t = moyenne annuelle

M = moyenne des maxima du mois le plus chaud (juillet)

m = moyenne des minima du mois le plus froid (janvier)

La moyenne des minima du mois le plus froid (m) est à mettre en relation avec les risques de gelée qui deviennent importants à l'altitude de Maktar (940m).

Le caractère de continentalité sensiblement proportionnel à la différence M - m, est plus accusé dans le compartiment steppique (bioclimat sub-aride inférieur).

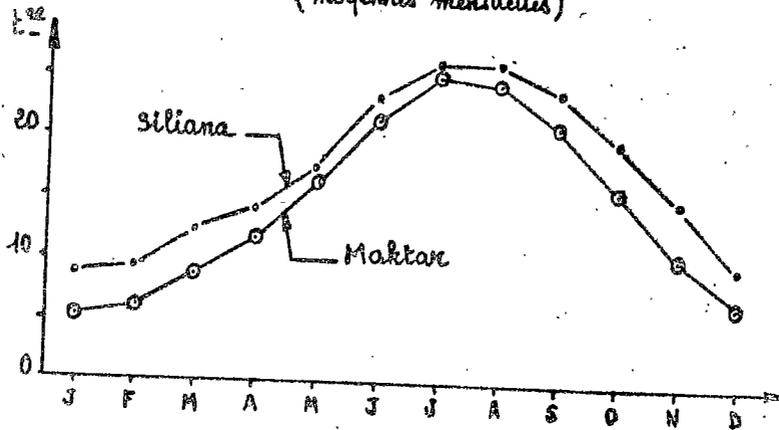
Les fortes valeurs de M enregistrées à Ousseltia, plus exposé aux vents chauds du Sud que les autres stations peuvent limiter les possibilités d'adaptation de certaines plantes dont les seuils de résistance à la chaleur sont relativement faibles.

I.3 - Les vents

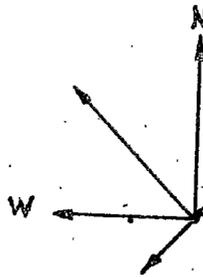
La région de Maktar est, à l'image des autres régions de Tunisie, très ventée; il n'existe pratiquement pas de calme absolu.

Comme l'indique la rose des vents ci-jointe, c'est le régime des vents du Nord et de l'Ouest qui domine très nettement. Toutefois, si les vents du Sud et du SW ne se manifestent qu'assez rarement, leur impact sur les activités agricoles et humaines en général est par contre loin d'être négligeable. Ces vents

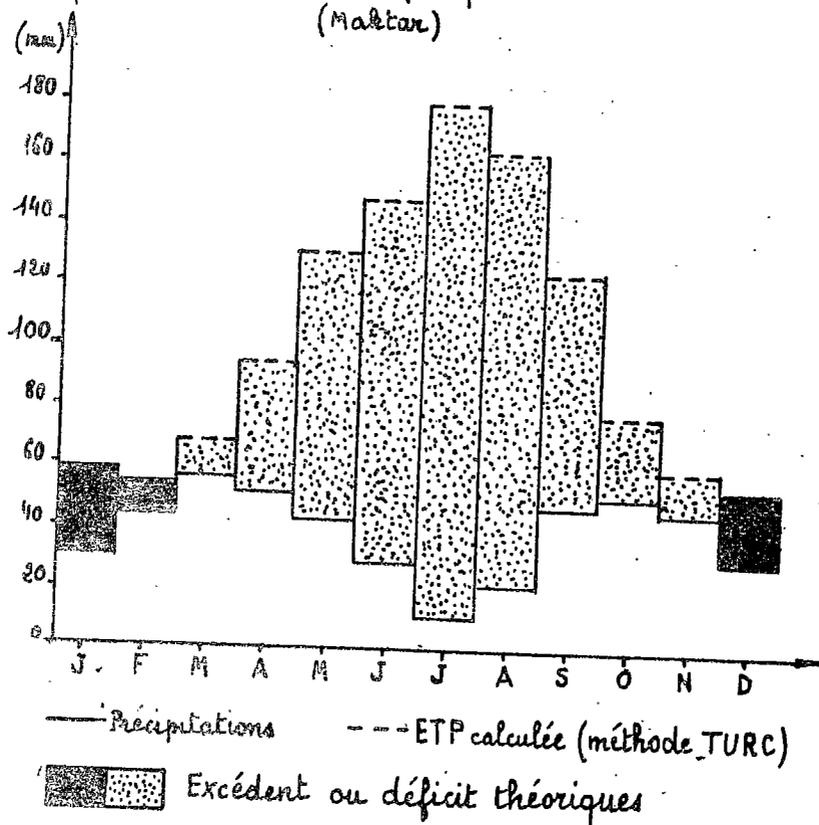
Graph. 4 - Variations thermiques
(moyennes mensuelles)



Rose des vents
(Maktar)



Graph. 5 - Bilan hydrique
(Maktar)



très chauds et très secs provenant du sahara (Sirocco) engendrent en effet sur leur passage de brusques montées de température (une dizaine de degrés en 1 heure ou 2) et une chute non moins brutale de l'humidité relative (<10%), dont l'effet cumulé provoque de très fortes évaporations; comme ils soufflent le plus fréquemment en été (cf. tableau), ils ne font que péjorer les conditions climatiques estivales déjà très sévères qui règnent à l'intérieur de la Tunisie.

Nombre de jours de Sirocco (moyennes mensuelles) - Station de Maktar

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1	1	2	2	3	5	5	2	1	1	0

Pour limiter les conséquences néfastes de ces accroissements périodiques du pouvoir évaporant de l'atmosphère, il serait très certainement souhaitable d'installer des brise-vents, tout particulièrement au Sud de la dorsale, partout où sont implantés ou prévus des périmètres irrigués.

I.4 - La demande évaporative de l'atmosphère

C'est sans doute, avec la pluviométrie, la composante climatique la plus importante, puisqu'elle interfère directement sur le bilan hydrique en engendrant déficits ou excédents. Pour la quantifier, nous ne disposons malheureusement que de données calculées.

Pour la station de Maktar, les valeurs de l'ETP mensuelles, calculées selon la méthode TURC, ont été confrontées avec les précipitations (graph: 5). L'histogramme confirme l'existence d'un fort déficit hydrique annuel centré sur le mois de juillet (le plus déficitaire) ainsi qu'un déficit saisonnier beaucoup plus important au printemps qu'en automne.

Pour la station d'Ousseltia, nous avons cherché à tirer parti de la formule simplifiée de l'ETP mise au point par RIOU (1980), tout en étant conscient de ses difficultés d'application puisqu'elle n'est valable que pour des stations relativement proche de la côte et dont l'altitude n'excède pas 300m.

Sans bien sûr pouvoir comparer les valeurs absolues de l'ETP obtenues selon deux méthodes différentes (1341 mm à Ousseltia contre 1147 mm à Maktar), nous constatons simplement que les variations saisonnières exprimées en % du total annuel, bien qu'assez proches, sont systématiquement plus élevées au printemps et en été à Ousseltia.

Variations saisonnières de l'ETP (en %), calculée selon les méthodes TURC (Maktar) et RIOU (Ousseltia).

	ETP annuelle	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Maktar	1147	9	25	49	23
Ousseltia	1341	8	27	45	20

1.5 - Synthèse climatique : les bioclimats

Pour tenter de mieux cerner les variations spatiales des régimes hydriques et thermiques "moyens", certains spécialistes ont cherché à les caractériser "globalement" par le biais d'indices climatiques dont le plus couramment utilisé en Tunisie est le quotient d'Emberger. A l'aide de cet indice auquel a été associé un facteur "végétation", ont pu être définis différents types de bioclimats, dont la répartition sur la "feuille" de Maktar peut être ainsi schématisée (cf. carton bioclimatique au 1/500.000):

Si l'on excepte certaines lignes de crête de la dorsale où règnent des bioclimats rattachés à l'étage sub-humide, partout ailleurs sévit un bioclimat semi-aride.

Le sous-étage semi-aride supérieur englobe toute la partie de la feuille située au NW de la dorsale, hormis le couloir de l'oued Siliana et son prolongement vers Gaafour, rattachés au sous-étage moyen.

Le sous-étage inférieur correspond à toute la partie de la feuille qui s'étale au SW de la principale ligne de relief de la dorsale.

Des variantes ont été introduites, qui tiennent compte de l'ambiance thermique des périodes hivernales et de certaines particularités dues à l'altitude.

En conclusion, il faut surtout retenir de cette brève étude sur le climat de la région de Maktar, qu'il existe un contraste assez net, souligné par l'imposante limite que constituent les hauts reliefs de la dorsale, entre le compartiment tellien "relativement" humide et le compartiment steppique beaucoup plus sec. Cette limite est d'autant plus importante au plan de l'utilisation des sols, qu'elle sépare deux grands ensembles agricoles, le premier où la céréaliculture en sec est presque toujours possible sans être pour autant très prospère, le second où les récoltes en grains deviennent déjà assez aléatoires.

II - LE SUBSTRAT

Aucun qualificatif n'a été associé à l'intitulé de ce chapitre pour bien faire ressortir l'acception globale que nous avons voulu lui conférer. Sous ce vocable nous englobons en effet tout ce qui concerne la partie la plus superficielle de la lithosphère dont la mise en place a conditionné tout à la fois la nature pétrographique des roches-mères, le relief, le modelé et donc la différenciation des "milieux de croissance racinaire" proposés aux espèces végétales climatiquement adaptées.

II.1 - Le substratum géologique

II.1.1 - Aperçu paléogéographique - Orogénèse

Durant les grandes périodes paléogéographiques qui ont marqué l'histoire géologique de la Tunisie, la région de Maktar a connu divers événements que nous allons tenter de retracer de façon schématique dans l'ordre chronologique où ils se sont produits.

a/ La première période, qui s'étale du trias au Nummulitique, n'a été troublée sur le plan tectonique que par quelques pulsations de faible amplitude.

Après la mise en place des formations du Trias(t)* et du Jurassique(j), dont il ne persiste actuellement en affleurement que de rares lambeaux respectivement dans le NW et le NE de la région, s'est développée entre le Jurassique et l'Aptien (C_{II-I}) une phase de sédimentation profonde selon des lignes directrices orientées Ouest-Est dans ce qu'il est convenu d'appeler le "sillon tunisien" (formations marno-schistenses du Néocomien (C_{V-IV}) et du Barremien (C_{III})).

Durant l'Aptien, le sillon se retrouve plus au nord et la région de Maktar correspond alors dans sa quasi-totalité à une portion du plateau continental sur lequel s'accumulent des sédiments variés à facies néritique au sub-récifal (calcaires zoogènes : C_{II-I} a) ou à facies bathyal (marnes grises : C_{II-I} b).

* Symboles utilisés sur la carte géologique Maktar 1/200.000.

De l'Albien à la fin du Crétacé, la région de Maktar subit le contre-coup de plusieurs transgressions marines, et se voit de nouveau envoyée sous des dépôts d'éléments fins et organogènes: marnes et calcaires du Cénomanién (C^{4-5}), calcaires du Turonien (C^6), marno-calcaires du Sénonien inférieur (C^{7-8}), calcaires crayeux du Campanien (C^9), marno-calcaires et marnes grises du Maestrichtien (C^{10}).

A la fin du Crétacé, lors d'une phase de sédimentation continue marquée par le dépôt des marnes noires Dano-montiennes ($C^{10} + C_{IV-V}$), on assiste à une disparition progressive du "sillon tunisien". La région de Maktar alors toute entière située sur le plateau continental est un lieu de sédimentation néritique donnant principalement naissance à des calcaires durs à globigérines ou à nummulites rattachés à l'Eocène inférieur et moyen ($C_{III} a+b$).

A la fin de l'Eocène s'amorce une tendance générale à l'émersion; les dépôts marins s'enrichissent alors en calcaires coquilliers (marnes et lumachelles du Mésoummulitique (C_{II})) puis progressivement disparaissent les traces d'une sédimentation marine sableuse (sables, grès et marnes en alternance du Néoummulitique (C_{ab}^2)). Cet exhaussement général s'accompagne également d'un nivellement des plis de fond Ouest-Est; ils sont relayés dès la fin du nummulitique par de nouveaux axes de plissement orientés SW-NE engendrés par les premiers mouvements orogéniques du Burdigalien (m^{1-2}).

b/ La deuxième période, allant de l'Oligocène supérieur au Pléistocène moyen, correspond, contrairement à la période précédente, à une phase très active sur le plan tectonique.

Les plissements Ante-burdigaliens, dont les axes sont orientés dans une direction SW-NE, participent grandement à la mise en place du dispositif structural actuel. Des reliefs vigoureux émergent dans la partie médiane de la région séparant deux domaines bien différenciés sur le plan géomorphologique: dômes et ensellements vers le N-NW, vaste synclinal au SE. Les transgressions marines du Burdigalien (m^{1-2}) et du Vindobonien (m^3) président à une sédimentation de type lagunaire ou détritique qui s'effectue principalement dans de petites cuvettes isolées au NW de la "dorsale" et dans une aire de subsidence à l'est de la région.

A la fin du Miocène, l'émergence de la région est générale et définitive. Les reliefs s'accroissent, l'érosion plus active donne naissance à des matériaux détritiques divers.

Durant le Pliocène (P) et le quaternaire ancien (q_{II}) plusieurs phases de plissement et de surrection concourent à la genèse de fractures ou de failles importantes et à la mise en place du relief actuel.

c/ La troisième période, qui se confond avec le quaternaire récent (a), est de nouveau très calme sur le plan tectonique.

Durant cette phase post-orogénique, on assiste simplement à un rajeunissement des reliefs et, concomitamment, à la formation de glacis d'accumulation et au comblement des cuvettes et des bassins de subsidence.

II.1.2 - Importance relative et répartition des différents types de roches-mères

Les derniers mouvements orogéniques importants qui ont affecté la région de Maktar durant le plio-quaternaire ont comme nous venons de le mentionner parachevé la mise en place d'une série de formes de reliefs assez déclives sur lesquelles le développement des sols, contrarié par les processus érosifs, reste généralement assez réduit; comme, dans ces conditions, la nature du substratum commande de façon assez étroite la différenciation des matériaux originels et des sols, il apparaît primordial, pour mieux cerner les nombreuses facettes d'une couverture pédologique a priori assez "lithodépendante", de procéder à un inventaire sinon exhaustif au moins "catégoriel" des divers faciès lithologiques représentés.

Cet inventaire sera présenté dans un ordre chronologique pour les quatre grandes catégories de roches sédimentaires dont les produits d'altération sont assez spécifiques.

a/ Les calcaires durs:

Lias et Jurassique : il s'agit de calcaires massifs qui jalonnent la partie NE de la dorsale : djebels Zaress, Fkirine, Ben Saïdane.

Crétacé inférieur (Aptien) : ils se présentent sous la forme de calcaires pseudo-récifaux et de calcaires oolithiques. Ils constituent l'ossature des djebels Belouta, Serdj, Bargou.

Eocène inférieur et moyen (lutétien) : ils forment de gros bancs de calcaire gris cristallin. Ils sont facilement repérables dans le paysage car ils dominent en corniche sur de longues lignes de crêtes étirées en lanières les formations marneuses adjacentes moins résistantes à l'érosion. Les géologues distinguent un faciès à globigérines C_{III}^b surtout représenté au NW de la dorsale et un faciès à nummulites plutôt concentré au SE et au Sud (djebel Kessera).

b/ Les calcaires crayeux :

Crétacé supérieur (Campanien) : ce calcaire blanchâtre fortement fissuré se débite en plaquettes décimétriques assez caractéristiques. Il affleure dans des paysages collinaires,

- au SE de la dorsale, dans le massif isolé du djebel Rouissate ainsi que le long d'un axe de relief orienté SSW-NNE supportant les djebels Halfa, Bou Dabouss, Bou Hadja,
- dans la dorsale, dans le djebel El Ménassir prolongé par le djebel Sefsouf, en auréole autour du djebel Edjehaf, en fer à cheval à l'Ouest du djebel Faroua;
- au NW de la dorsale, de façon quasi continue en bordure des boutonnières du Mésonummulitique, où il s'individualise en un mince linéament de quelques centaines de mètres de largeur.

Nous citerons pour mémoire les alignements calcaires du Turonien, non représentable à l'échelle du 1/200.000 mais bien repérables sur le terrain tout particulièrement à l'Ouest du Djebel Kessera.

c/ Marno-calcaires et marnes

Crétacé inférieur : Deux types de roches marneuses ont été distinguées : les marnes schisteuses du Néoconien concentrées à la périphérie des massifs du Lias et du Jurassique; et les marnes grises à ammonites de l'Aptien, prolongeant vers l'Ouest les formations précédentes.

Crétacé moyen . Au Cénomanién se sont déposées des marnes à ammonites et des marno-calcaires, bien représentés au pied des hauts reliefs de la dorsale, plus particulièrement au Sud (Ouest du djebel Kessera) et au Nord (Ouest du djebel Fkirine).

Crétacé supérieur. Les marnes grises et marno-calcaires du Sénonien inférieur, empilées sur des épaisseurs considérables, constituent l'ossature des dômes anticlinaux situés au NW de la dorsale; ils affleurent sur une grande partie des bassins versants de l'oued Siliana, de l'oued Tessa, et de l'oued Kébir.

Les marnes foncées du Dang-montien, prises en étau entre les alignements calcaires du Campanien et du Lutétien, ne forment que de minces linéaments discontinus autour des synclinaux du Mésounmulitique.

Egène : les marnes jaunes du Mésounmulitique, parfois interstratifiées de marno-calcaires, se concentrent dans toutes les dépressions synclinales qui s'étalent de part et d'autre de la dorsale, parallèlement aux alignements structuraux SW-NE (vallées de l'oued Medjez, de l'oued Massouge, de l'oued Ousafa, de l'oued Kébir, de l'oued Nebaana, piémont oriental de la dorsale). Vers le Sud (au voisinage de Maktar en particulier), ces marnes peuvent être associées à des affleurements de lamachelles.

Des formations marneuses se retrouvent également en alternance avec des bancs de grès roux dans le Néounmulitique marin, bien représenté sur le piémont oriental de la dorsale et sur le flanc Est du synclinal d'Ousseltia.

d/ Grès, sables et conglomérats

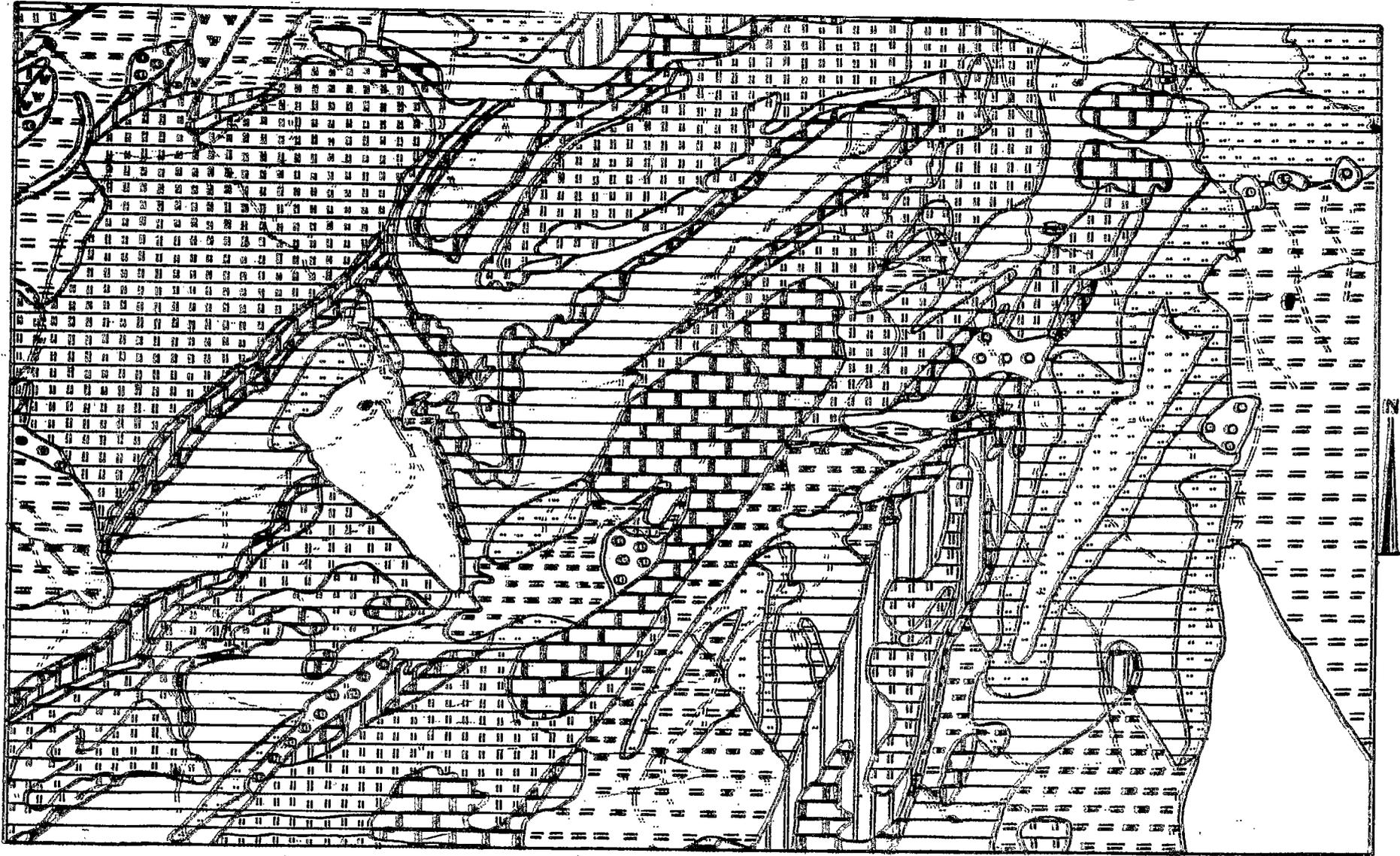
Ils ne se rencontrent en affleurements (sur la feuille de Maktar) que dans les étages stratigraphiques postérieurs à l'Egène moyen.

Aux grès roux précédemment évoqués, il importe d'ajouter, les formations gréseuses plus ou moins calcaires du Néounmulitique continental, principalement localisées au Nord d'Ousseltia et au SSW de Djebebina*, celles plus argileuses du Miggène et du Pliggène, concentrées dans le NE de la région. Il est à noter que ces formations sont toujours contaminées par des passées marneuses de faible puissance.

Les matériaux grossiers de la série continentale du Pliggène, constitués en majeure partie de blocs et de pierres subanguleux, se concentrent principalement au pied des reliefs assez vigoureux du djebel Bargou au centre et du djebel Cheid au NW. D'autres matériaux plus roulés, partiellement encroûtés, forment d'anciennes terrasses en bordure de l'oued Ousafa et d'un affluent rive gauche de l'oued Nebaana.

* actuellement Nadhour.

Esquisse lithologique MAKTAR (d'après SOLIGNAC)



A.F. 813

- | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|
|  Alluvions |  Quaternaire |  Conglomérat |  Gres-Marnes |  Gres-Sables | Echelle 1.400.000 |
|  Marnes |  Marnes fossilifères |  Marnes-calcaire |  Calcaires crayeux |  Calcaires durs |  Trias |

e/ Autres roches-mères.

Les formations complexes du Trias renferment une série de roches de natures variées (gypse, cargneule, dolomie, grès, argiles) fréquemment mélangées et broyées. Celles qui affleurent à l'Ouest de Gaafour semblent être constituées d'une majorité de calcaires durs et d'argiles rougeâtres (ce qui expliquerait l'importance relative des sols rubéfiés peu calcaires sur les grands glacis de piémont qui bordent le djebel Cheid à l'Est et à l'Ouest).

Les croûtes calcaires peuvent être assimilables à de véritables roches-mères quand elles sont épaisses et très indurées. De tels types de croûte se rencontrent sporadiquement sur la majeure partie des grands glacis du quaternaire ancien, qui prennent de l'extension tout particulièrement dans le synclinal d'Ousseltia, sur la bordure NW du bassin de Kairouan et dans l'extrême NW de la région.

II.2 - Relief et modelé

Tous les faciès lithologiques précités s'articulent dans le paysage en reflétant deux types d'influences plus ou moins concomitantes, la première d'origine tectonique liée aux mouvements orogéniques responsables de l'émergence des grandes lignes de relief et des disparités altimétriques, la seconde d'origine météorique, cause première du nivellement général et du dégagement, sous l'effet de l'érosion différentielle, des assises lithologiques les plus dures.

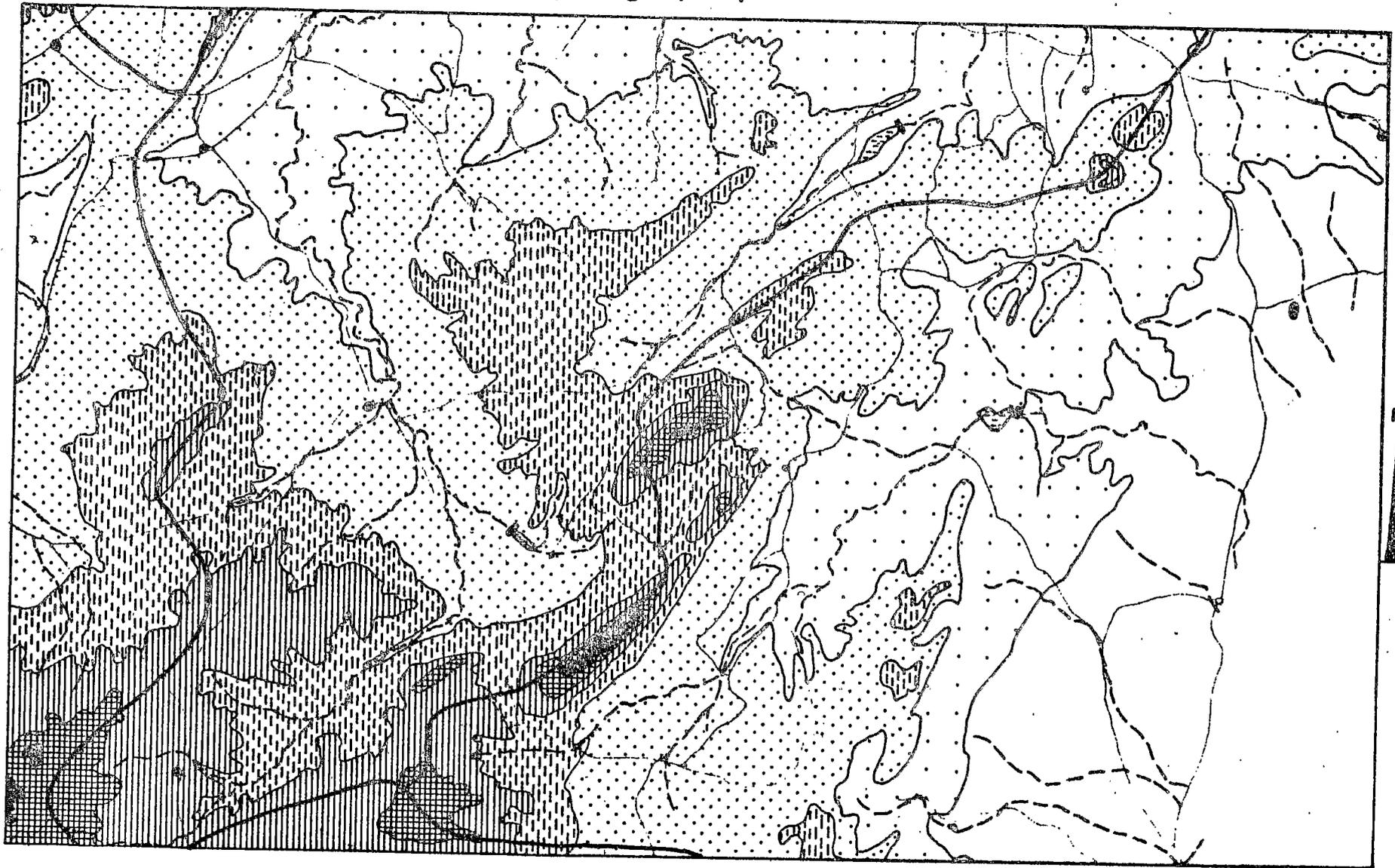
II.2.1 - Hypsométrie et lignes générales du relief

Tous les documents cartographiques relatifs à la feuille de Maktar mettent en évidence deux grandes lignes de relief :

- la première, coupant la région en écharpe selon une direction SW-NE rassemble les lignes de crête les plus spectaculaires, culminant, dans la moitié Sud, entre 1000 et 1400 m (djebel Belouta, Serdj, Bargou), dans la moitié Nord, entre 600 et 1000 m (djebel Bou Kril, Chirich, El Menassir, Fkirine, Ben Saïdane).
- la seconde, à l'Est de la précédente, orientée N-S, ne dépasse pas 800 m (djebel Halfa, Bou Dabouss, Bou Hadjar).

En dehors de ces massifs montagneux limités par des pentes très déclives, s'étalent des plateaux ou des plaines intérieures plus ou moins bien circonscrites s'étageant entre 1000 m et 50 m; les secteurs les plus élevés se rencontrent

Carte orohydrographique MAKTAR



— Limites de bassins versants  Barrages

18315

dans l'extrême SW (plateau de Maktar), les secteurs les plus bas en bordure du bassin de Kairouan (cf. carte oro-hydrographique).

Ces disparités hypsométriques renforcent encore les contrastes climatiques déjà fortement conditionnés par l'orientation relative des lignes de relief et des vents dominants.

II.2.2 - Drainage - Pentas - Erosion

Les bassins versants des grands axes de drainage que sont de l'Ouest vers l'Est l'oued Tessa, l'oued Siliana, l'oued Kébir, l'oued Nebaana, parcourus par des réseaux hydrographiques bien hiérarchisés, contrastent assez nettement avec la bordure NW du bassin de Kairouan griffée radialement de toute une série de petits oueds peu encaissés, dont les eaux participent au ravitaillement de nappes subaffleurantes voire même à l'engorgement temporaire de certaines dépressions endoréiques.

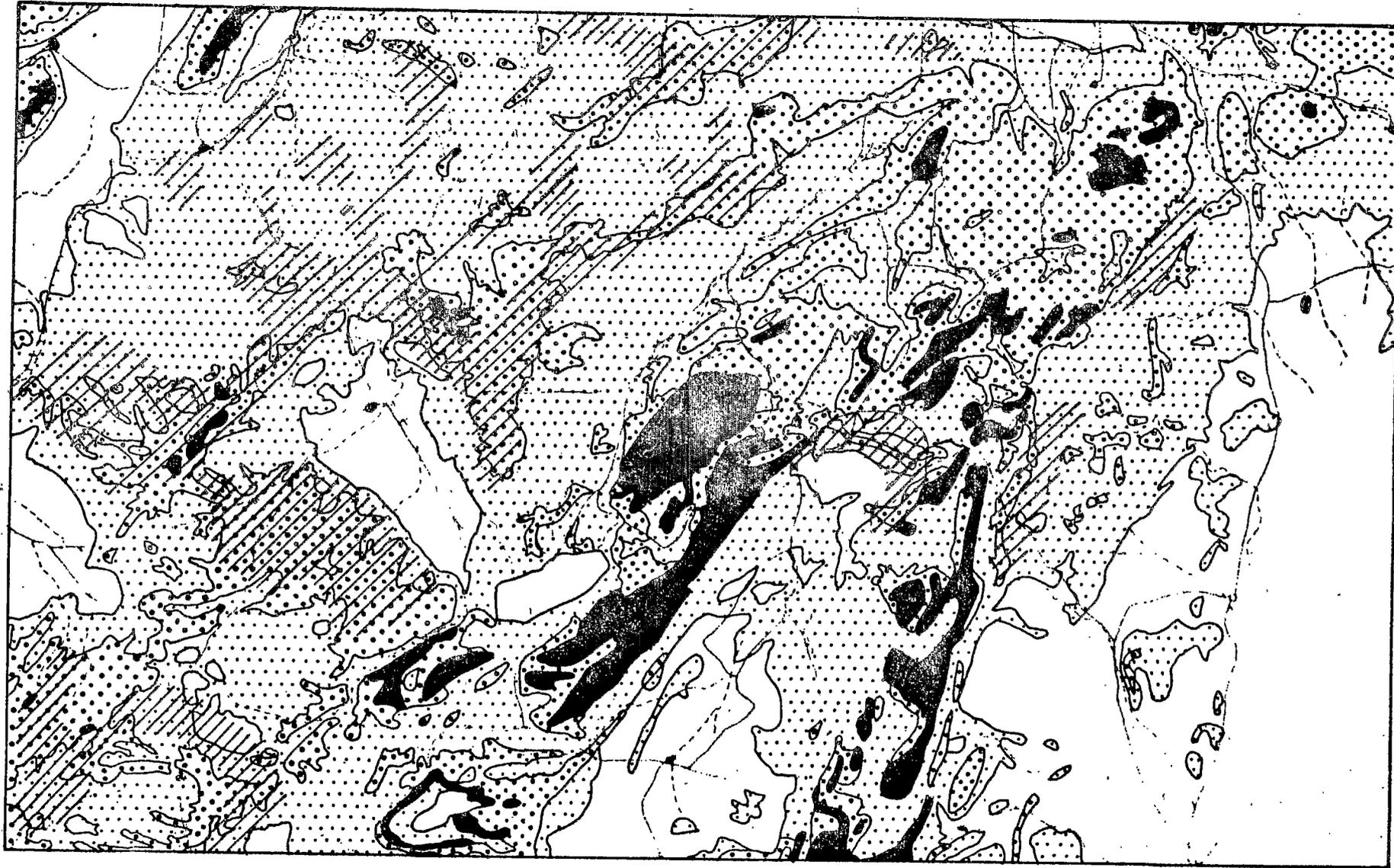
Compte tenu des dénivelées relativement importantes existant entre les parties amont et aval de la plupart de ces bassins, les pentes à forte déclivité couvrent des superficies non négligeables, comme l'atteste la carte des pentes ci-jointe. Comme par ailleurs la plupart de ces secteurs pentus correspondent à des substrats géologiques réputés pour leur faible capacité d'infiltration (marnes, marno-calcaires), il n'est pas étonnant de constater qu'en de nombreux endroits se manifestent des formes d'érosion souvent spectaculaires.

L'emprise de ces manifestations a d'ailleurs été synthétisée sur une carte au 1/200.000 dressée par les spécialistes de l'érosion et de la conservation des sols; cette carte confirme effectivement que la zone couverte par la feuille MAKTAR correspond à l'une des régions de Tunisie les plus affectées par les processus érosifs (cf. surcharges sur la carte des pentes).

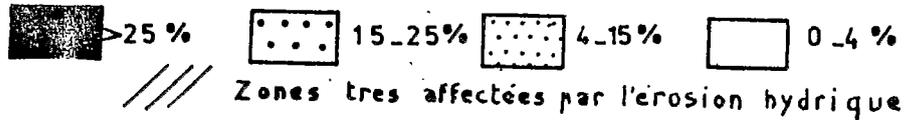
II.2.3 - Relations modelé/lithologie/matériaux originels

D'une façon générale, les parties amont des paysages sont le domaine des roches calcaires, dont les formes de relief reproduisent parfois les schémas.

Esquisse des pentes MAKTAR



16 bis



Echelle : 1/400.000

classiques de la morphologie des régions calcaires (cuesta, crêts, combes, karst, etc...), alors que les portions aval se développent sur des substrats marneux fréquemment encombrés de matériaux d'apport prenant l'allure de colluvium, d'alluvium ou de glacis d'accumulation plus ou moins encroûtés. Il existe bien sûr de nombreuses variantes dans les rapports qui s'instaurent entre modèle facies lithologique et matériaux originels et ce sont ces rapports que nous nous proposons de passer rapidement en revue.

Sur les calcaires durs, l'altération "chimique" est plus importante que la désagrégation. Les faibles possibilités de solubilisation qu'ils offrent aux agents météoriques font qu'ils résistent bien à l'érosion hydrique et qu'ils ne libèrent que de faibles quantités de produits de décarbonatation. Tout cela se traduit, au cours des ans, par une émergence relative dans le paysage de ces types de calcaire et par l'accumulation au sein des fissures et des poches qui les parsèment d'un matériau terreux peu important d'autant plus décalcarifié que la roche est plus pure et plus dure; dans les cas extrêmes dans des conditions pédoclimatiques suffisamment humides, une certaine rubéfaction peut apparaître par suite de la libération hors des réseaux phylliteux des oxydes de fer. Ces roches et les matériaux peu carbonatés qui leur sont associés se rencontrent dans tous les massifs vigoureux de la région, sur toutes les "corniches" imposantes, ainsi que dans tous les paysages karstiques principalement concentrés au SW de la feuille (djebel Kessera).

Les calcaires crayeux se distinguent des précédents non seulement par leur moindre résistance à l'altération mais surtout par une plus grande fissuration. Cet accroissement de la porosité, en favorisant la pénétration des eaux météoriques, provoque une altération physico-chimique importante en volume aboutissant à la formation d'un matériau terreux brunâtre encore assez chargé en carbonates pouvant prendre dans certains cas un faciès de "torba". Ces roches, plus érodibles que les précédentes, engendrent, quand elles ne sont pas trop contaminées, des formes de relief de type collinaire; quand elles sont interstratifiées dans des marnes elles apparaissent alors en saillies plus ou moins imposantes.

Les marnes associées ou non à des bancs de calcaires occupent toujours les points bas du modèle. Très peu perméables, elles se fragmentent dans leur

partie supérieure en petites écailles ou en petits polyèdres, riches en calcaire et en argile, pouvant servir de refuge à diverses formes d'accumulation (carbonatées ou ferrugineuses). Périodiquement soumises à l'érosion hydrique, dont les effets sont fonction de la compétence des eaux de ruissellement, elles peuvent dans certains cas être soustraites à ce décapage systématique lorsque les accumulations calcaires secondaires qu'elles recèlent atteignent une épaisseur et un degré d'induration suffisant.

Les grès ont été, comme les calcaires, mis en relief par érosion différentielle. Leur désagrégation a donné naissance à un sable moyennement carbonaté fréquemment contaminés par des matériaux plus argileux issus des passées marneuses interstratifiées. A l'état pur ils forment soit de petits massifs allongés soit des linéaments de quelques mètres de largeur, bien repérables en particulier dans la plaine d'Ousseltia et sur la bordure du bassin de Kairouan.

Les croûtes calcaires les plus anciennes, pouvant être assimilées comme nous l'avons déjà dit, à de véritables roches-mères, participent en se désagrégant à la formation d'un matériau original spécifique, \pm calcaire et très pierreux. Ces croûtes coiffent un certain nombre de glacis de piémont dont la déclivité n'est jamais excessive (<10%).

A côté de ces matériaux originels évoluant au contact de la roche-mère d'où ils sont issus, existent d'autres matériaux originels formés par accumulation en certains endroits privilégiés d'éléments provenant de roches-mères situés plus en amont. C'est le cas des matériaux d'apport constitutifs des glacis d'accumulation, des colluvium de piémont et des dépôts alluvionnaires. S'il est illusoire de vouloir définir la nature physico-chimique de ces matériaux hétérométriques et polygéniques par essence, il est par contre possible de relever pour chacune de ces "formes de relief" des caractéristiques dominantes assez spécifiques.

La grande majorité des glacis d'accumulation représentés dans la région de Maktar ont été fossilisés par des encroûtements et des croûtes calcaires dont la formation remonterait aux périodes pluviales du Tensiftien. Les croûtes que l'on y rencontre sont en effet blanchâtres, feuilletées, très fissurées et comme telles, ne constituent donc pas un obstacle difficilement extractible ou difficilement pénétrable aux systèmes racinaires.

Si les colluvions sont toujours très mal "triées" et bien pourvues en éléments grossiers assez anguleux, les dépôts alluviaux au contraire se répartissent conformément au schéma classique de l'alluvionnement, la taille des éléments s'amenuisant à mesure que l'on s'éloigne des chenaux, s'il s'agit de terrasses fluviales, ou de la périphérie, s'il s'agit de cuvettes de décantation. Dans la région de Maktar, la majeure partie de ces formations stratifiées présentent en surface une texture fine et bon nombre d'entre elles recèlent en outre des quantités non négligeables de chlorures ou de sulfates (bassin de Kairouan).

II.3 - Les sols

II.3.1 - La pédogénèse - les grandes unités typologiques

Les processus qui sont intervenus pour transformer en sols les matériaux originels précédemment repertoriés, sont, dans la région de Maktar, en nombre relativement limité. Parmi les plus importants, nous retiendrons :

- la décarbonatation, par lixiviation des carbonates et libération des éléments quartzeux ou alumino-silicatés piégés dans les roches-mères
- la carbonatation, jumelée avec le processus précédent, responsable des précipitations et des accumulations sous diverses formes
- la salinisation, à partir des sels les plus mobiles que renferment certaines marnes gypsifères en particulier, qui se manifeste par l'apparition d'efflorescences quand le sol se dessèche.
- la vertisolisation, liée à la genèse de fortes quantités d'argiles gonflantes, responsables de l'apparition d'organisations structurales particulières ("slickensides" en profondeur - "cracks" en surface).
- les remaniements superficiels, soit par décapage sous l'effet de l'érosion hydrique, soit par suite de façons culturales assez perturbatrices (défonçage, épierrage).

Parmi les processus "secondaires" pouvant jouer un certain rôle dans la différenciation des profils de la région, nous pouvons citer :

- . l'hydromorphie, liée à des conditions d'engorgement temporaire dû à un mauvais drainage interne et/ou externe
- . la ferruginisation, par translocation du fer à l'extérieur des réseaux phylliteux

. la steppisation, traduisant un mode de répartition assez homogène de la matière organique le long des profils.

Tous ces processus se sont exprimés à travers un certain nombre d'"organisations" qui ont conduit à distinguer plusieurs grandes catégories de sols rattachés aux unités taxonomiques suivantes de la classification française C.P.C.S. :

1/ Sols minéraux bruts + non climatique

- d'érosion

- . lithosolique (affleurements de calcaires et de grès)
- . régosolique (affleurements de marnes = "badland")

2/ Sols peu évolués + non climatique

- d'érosion

- . lithosolique (sols peu profonds évoluant sur roches dures ou sur croûtes)
- . régosolique (sols peu épais sur marnes)

- d'apport

- . alluvial ou colluvial (dépôts récents en bordure de certains oueds ou au pied de certaines pentes)

3/ Vertisols, lithomorphes ou topolithomorphes

(sols renfermant une assez forte quantité d'argiles gonflantes).

4/ Sols calcimagnésiques + carbonatés

- rendzines (sols pierreux et peu profonds)

- bruns calcaires (sols peu caillouteux, relativement profonds, recélant parfois des formes d'accumulation carbonatées)

5/ Sols isohumiques + à pédoclimat frais pendant la saison pluvieuse

- sols marrons (sols très drainants à texture légère, inféodés aux affleurements de roches gréseuses)

6/ Sols à sesquioxides de fer + sols fersiallitiques

- à réserve calcique (sols piégés dans des anfractuosités de roches calcaires dures ayant évolués dans des conditions stationnelles assez particulières)

7/ Sols hydromorphes + peu humifères

- à gley ou à pseudogley (sols circonscrits à de petites cuvettes endoréiques périodiquement engorgées)

8/ Sols halomorphes + à structure plus ou moins dégradée

- sols salins (les sels les plus couramment rencontrés dans ces sols sont les chlorures et les sulfates, fréquemment associés à des teneurs en sodium échangeable assez conséquentes)

II.3.2 - Le classement adopté

Le classement présenté dans le tableau ci-joint se démarque quelque peu de la classification CPCS, car il doit, avant toute chose servir à asseoir sur des fondements facilement perceptibles ou mesurables le découpage de la carte de ressources en sols qui reste l'objectif à privilégier. Dans cet esprit, nous serons donc parfois amenés à accorder la préséance à des critères de différenciation "utilitaires" (tels la profondeur ou la texture) qui ne sont généralement pris en considération dans les systèmes de classification des sols qu'à des niveaux inférieurs (série ou phase).

Ce classement simplifié et non hiérarchisé est établi de façon que chaque unité de sols puisse être codifiée à l'aide d'un nombre dont le premier chiffre correspond aux diverses classes numérotées précédemment passées en revue, le second ou les deux suivants, à des caractéristiques assez spécifiques mais de natures diverses de l'unité de sol; une lettre minuscule peut enfin être adjointe au code chiffré pour préciser l'existence d'un caractère "utile", pouvant être exploité ultérieurement pour définir et représenter les unités de la carte de ressources en sols.

Ce système présente l'avantage de rester "ouvert" et donc de pouvoir s'adapter à toutes les autres régions de Tunisie. Pour introduire une nouvelle unité il suffit en effet de greffer sur le premier chiffre, un ou deux chiffres suivis ou non d'une lettre minuscule.

Il est à noter que le tableau de correspondance ci-après entre les unités de sols et les numéros de code, appelés à figurer sur la carte de ressources en sols, ne prend en considération que les unités de sols représentés dans la région de Maktar.

CLASSEMENT ET CODIFICATION DES UNITES

DE SOLS DE LA REGION DE MAKTAR

1 - SOLS MINERAUX BRUTS

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 10 - Calcaire dur ou cristallin | 14.- Marne et marno-calcaire |
| 11 - Calcaire crayeux ou marneux | 15 - Grès calcaire |
| 12 - Calcaire (indifférencié) | 16 - Grès non calcaire |
| 13 - Croûte calcaire | |

2 - SOLS PEU EVOLUES

- | | |
|--|---|
| 20 - D'érosion lithosolique | 24 - D'apport colluvial modal |
| 21 - D'érosion litho-régosolique | 24v- D'apport colluvial verticale |
| 21t - complexe triasique | 26 - D'apport alluvial modal |
| 22 - D'érosion régosolique | 26v- D'apport alluvial verticale |
| 22v - d'érosion régosolique, verticale | 26h- D'apport alluvial hydromorphe |
| 23 - D'apport éolien | 26s- D'apport alluvial salé et/ou
alcalisé |

3 - VERTISOLS

- 30 - A drainage externe possible, modaux
- 31 - A drainage externe réduit, hydromorphes
- 31s- A drainage externe réduit, salés et/ou alcalisés.

4 - SOLS CALCIMAGNESIQUES

- 40 - Rendzine sur roche carbonatée
- 41 - Rendzine sur croûte et/ou encroûtement à moins de 40 cm
- 42 - Brun calcaire de profondeur moyenne (40 à 80 cm).
- 43 - Brun calcaire profond modal
- 43v- Brun calcaire profond à tendance verticale
- 43h- Brun calcaire profond à hydromorphie de profondeur

5 - SOLS ISOHUMIQUES

- 50 - Sols marrons modaux ou rubéfiés
- 51 - Sols marrons encroûtés
- 50v- Sols marrons vertiques ou hydromorphes

7 - SOLS A SESQUIOXYDES DE FER

- 70 - Sols fersiallitiques peu caillouteux profonds
- 71 - Sols fersiallitiques caillouteux de profondeur moyenne

8 - SOLS HYDROMORPHES

- 83 - Sols à pseudogley
- 84 - Sols à pseudogley salés en profondeur

9 - SOLS SODIQUES OU HALOMORPHES

- 90 - Sols salins légèrement à moyennement salés
- 91 - Sols salins moyennement à fortement salés
- 92 - Sols à alcalis, légèrement à moyennement salés
- 93 - Sols à alcalis, moyennement à fortement salés

II.3.3 - Importance relative et distribution des principales classes de sols

La carte ci-jointe met bien en évidence la nette prédominance des sols rattachés à la classe des sols calcimagnésiques et plus particulièrement des sols "rendziniformes" sur croûtes et encroûtements qui envahissent la plupart des secteurs à déclivité moyenne (4 à 15 %).

Elle souligne également la forte extension des sols minéraux bruts et des sols peu évolués d'érosion qui leur sont intimement associés. C'est dire le rôle important qu'ont pu tenir dans cette région les processus de décapage et d'érosion différentielle, qui, en mettant à l'affleurement le soubassement géologique, n'ont fait qu'accentuer les superficies de "non-sols".

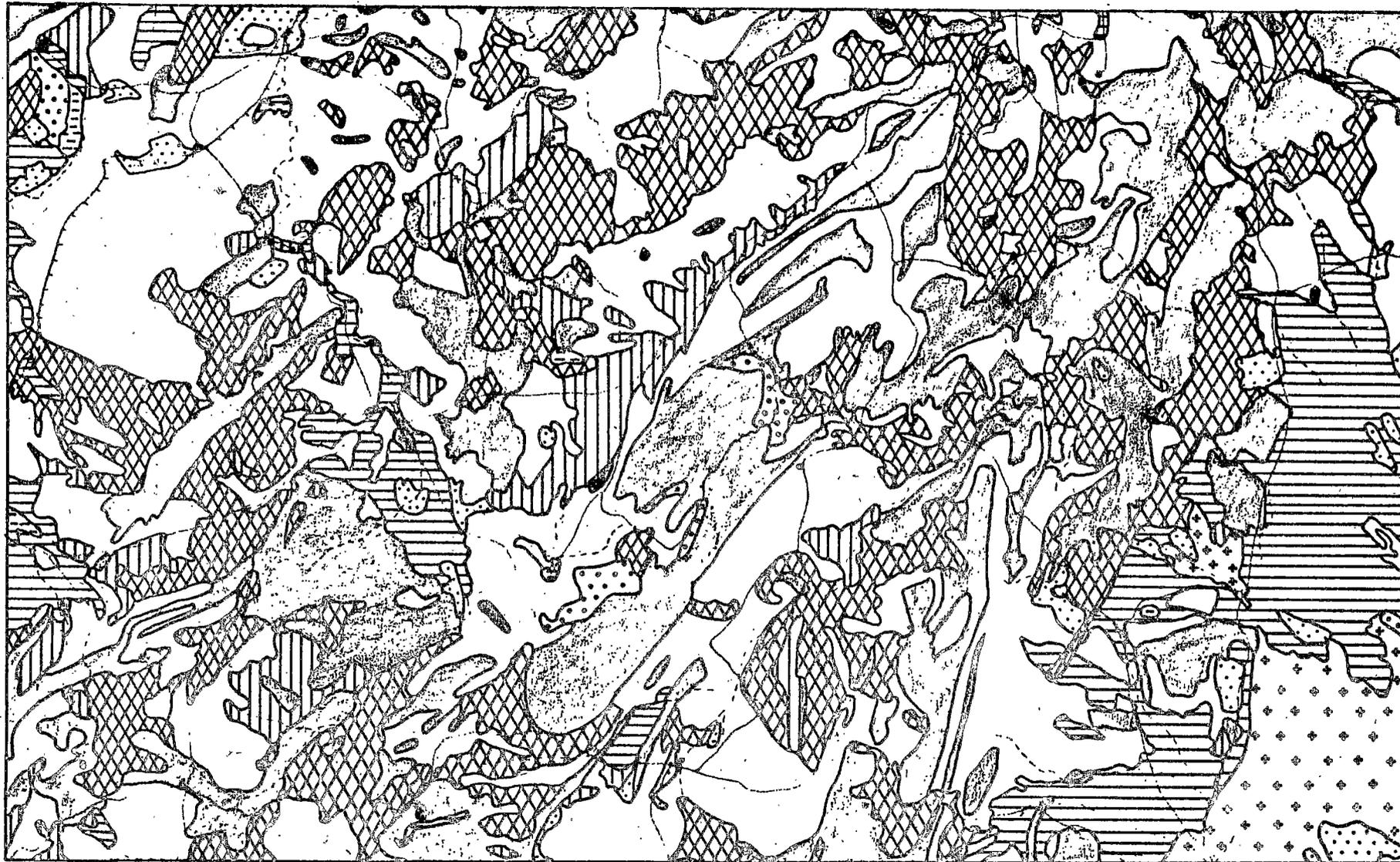
Les sols profonds à texture fine qui se recrutent principalement parmi les sols peu évolués d'apport et les vertisols, couvrent aussi des surfaces importantes tout particulièrement dans la partie NNW du bassin de Kairouan, la vallée de l'oued Kébir et la plaine de Siliana.

Les sols halomorphes se concentrent essentiellement dans le bassin de Kairouan.

Quant aux autres classes de sols (isohumiques - à sesquioxydes de fer-hydromorphes), ils ne sont que très peu représentés.

Il est toutefois important de signaler que la couverture pédologique est en général très hétérogène tant au niveau d'une toposéquence qu'au niveau d'une parcelle de culture. Cela tient semble-t-il à deux causes principales, l'une d'origine géologique, l'autre d'origine pédogénétique : les variations spatiales fréquentes des "roches-mères" semblent en effet être liées au pendage redressé de couches sédimentaires à la fois peu épaisses et de nature très contrastée. Par ailleurs, dans de nombreux secteurs pentus non entièrement fossilisés par des croûtes, où le soubassement géologique est relativement homogène, se différencient fréquemment des séquences de sols dont l'une des plus répandue est sans conteste celle qui se développe sur les marnes du mésonummulitique (de l'amont vers l'aval : sol rendziniforme sur croûte - sol brun calcaire ± encroûté - sol brun calcaire vertique - vertisol).

Distribution des principales classes de sols.MAKTAR



28 Bis

- | | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------|-------------------|------------|
| Sols minéraux bruts | S. peu évolués | Vertisols | S. calcim. | S. isohum. |
| S. Sesquioxydes | S. Hydromorphes | S. Salés | Echelle 1.400.000 | |
| S. Sesquioxydes | S. Hydromorphes | S. Salés | | |

Ces combinaisons de sols ne sont mentionnées sur les cartes que lorsque la composante principale couvre moins de 70 % environ de l'unité. Dans ce cas la seconde composante par ordre d'importance apparaît sous son numéro de code qui est alors associé au précédent à l'intérieur de l'unité cartographique concernée. Nous avons en outre convenu de séparer les deux numéros de code des composantes principales par un trait oblique, si les types de sols correspondants sont très contrastés, par un trait d'union simple dans le cas contraire.

Dans le chapitre suivant nous compléterons cette vision globale de la distribution des sols en répertoriant par "région naturelle" les principaux facteurs physiques de la production agricole.

III - LES REGIONS NATURELLES

Trois grandes unités physiographiques s'individualisent assez nettement sur la feuille de Maktar : la première située au NW de la dorsale, que l'on peut qualifier de "compartiment tellien" pour reprendre l'expression déjà utilisée dans le chapitre climatologie, la seconde correspondant aux marges septentrionales de la zone sahélienne que l'on peut qualifier de "compartiment steppique", la troisième se confondant avec la charnière anticlinale NW-NE de la dorsale et de son appendice médian à orientation plus méridienne.

III.1 - Le compartiment "tellien"

Il repose sur un substrat géologique modelé en de larges ondulations dont les axes respectent l'orientation structurale principale SW-NE. Ces ondulations correspondent à une succession de dômes anticlinaux développés sur les formations calcaro-marneuses du crétacé et de synclinaux, parfois perchés, étirés sur les marnes du Mésoummulitique, souvent flanquées de cuestas calcaires du lutétien. La régularité de ces alignements peut être interrompue transversalement par de petits fossés d'effondrement (Siliana) ou par de petites failles secondaires surtout perceptibles dans les couches géologiques les plus "rigides" (calcaire dur de l'éocène).

Si l'on fait abstraction des massifs extrusifs triasiques, très circonscrits à l'Ouest de Gaafour, on constate que tous les facies lithologiques représentés sont riches en carbonates; ils sont aussi fréquemment coiffés d'encroûtements calcaires qui constituent pour certains glacis de piémont une donnée paysagique essentielle.

Le climat se singularise principalement par sa pluviométrie moyenne généralement comprise entre 400 et 600 mm/an et une température moyenne proche de 19°.

Le couvert végétal originel a été fortement dégradé. Seuls quelques lambeaux forestés, rattachés au sous-étage de végétation semi-aride supérieur, persistent sur certaines lignes de crêtes. Aux groupements à Pin d'Alep et chêne vert les mieux représentés*, se substituent dans les districts moins humides et moins frais de la partie NE de la feuille des groupements à Pin d'Alep et romarin. Partout ailleurs prédominent très nettement espèces rudérales et plantes cultivées parmi lesquelles les céréales occupent une place très importante.

La vocation céréalière de ce compartiment est surtout affirmée sur le plateau de Maktar, dans la plaine de Siliana (en association avec des cultures fourragères) et dans la vallée de l'oued Kébir (bien que dans cette dernière région les précipitations hivernales ne soient pas toujours suffisantes). L'arboriculture, qui ne peut prospérer que sur des terres franches ou légères à la fois profondes et drainantes, se complait fort bien aux extrémités NE et NW de ce compartiment. Quant aux opérations de reforestation, qui concernent surtout la partie centre-nord très ravinée, elles pourraient sans doute y être intensifiées pour tenter de contenir la progression des "badlands".

Ce compartiment dont l'homogénéité n'est que toute relative a été subdivisée en quatre régions naturelles pour faciliter la présentation de certaines particularités écologiques :

A l'extrême Ouest, le secteur du Krib et la plaine du Sers,

* Dans les djebels Bou Kehil, Sidi Salem, sur le plateau de Maktar, en particulier.

Au Nord Est, la vallée de l'oued Kébir.

Au Centre, le bassin versant de l'oued Siliana.

Au Sud-Ouest le plateau de Maktar.

Il est évident que ce découpage reste assez arbitraire et que les délimitations qui apparaissent sur la carte jointe ne sont qu'approximatives.

III.1.1 - Le secteur du Krib et la plaine du Sers

Cette région englobe, au Nord, la plaine du Krib, enserrée entre les deux pointements triasiques du djebel Bou Kéhil et du djebel Cheid, au centre, un secteur envahi de glacis encroûtés et de vallées encaissées développés sur un grand dôme synclinal marno-calcaire du Sénonien, au Sud, la portion orientale de la plaine du Sers.

Quelques cuestas calcaires faillées transversalement marquent la limite S-E de cette région qui ne doit son unité sur le plan physiographique qu'à la vallée sinueuse et encombrée d'alluvions de l'oued Tessa, flanquée dans sa partie septentrionale surtout d'une série de glacis développés sur quaternaire ancien.

Si les quelques reliefs qui parsèment cette région culminent entre 600 et 1000 m, la partie restante s'étage entre 400 et 500 m. Les pentes fortes au voisinage des djebels s'atténuent sur les glacis fossilisés de piémont soumis néanmoins à une érosion en nappe assez importante. Les zones basses peuvent souffrir d'un engorgement temporaire.

Le bioclimat se rattache au sous-étage semi-aride supérieur à hiver tempéré au Nord et au sous-étage semi-aride moyen à hiver frais au Sud, où les risques de gelée et d'enneigement persistent pendant au moins deux mois. Les précipitations moyennes annuelles oscillent autour de 400 mm dans les plaines alors qu'elles sont supérieures partout ailleurs (400 à 600 mm).

Les sols de plaine, vertique ou peu évolués d'apport à texture lourde, drainent mal. Quelques sols alluviaux rubéfiés propices à l'arboriculture se rencontrent au voisinage de la plaine du Krib. Ailleurs dominent les sols calcimagnésiques peu épais plus ou moins encroûtés.

Le couvert foresté est très dégradé, la céréaliculture omni-présente.

Il s'agit donc là d'une région aux potentialités agricoles moyennes car limitées dans les plaines par un drainage déficient, et sur les glacis par la faible profondeur de la plupart des sols. Des possibilités de reforestation existent sur les massifs très hétérogènes du trias.

III.1.2 - La vallée de l'oued Kébir

Formant gouttière au pied de la dorsale, elle est dominée vers le SE par une longue ligne de crête qui culmine au djebel Bargou (1400 m) et vers le NW par un chapelet de petites collines calcaires beaucoup moins imposantes.

Le modelé transversal témoigne du jeu classique de l'érosion différentielle : les marnes se concentrant dans les parties basses, les calcaires formant des cuestas dans les zones bordières.

La partie centrale de la vallée s'étage entre 600 et 200 m. Les pentes transversales ont des déclivités moyennes comprises entre 4 et 15 %.

Le drainage est parfaitement assuré par l'oued Kébir qui n'est que très rarement tari en période sèche.

Le bioclimat classé dans l'étage semi-aride supérieur se caractérise par une pluviométrie de 400 à 500 mm dans la vallée.

Les sols s'organisent sur le substratum marneux en toposéquences, la partie amont étant le domaine privilégié des sols à encroûtement, la partie aval celui des sols plus profonds, bruns calcaires vertiques ou vertisols. Sur les assises calcaires ne se différencient que des sols peu épais rendziniformes.

L'exploitation de ce milieu est de type classique pour ce compartiment : céréaliculture sur les glacis, réforestation sur les massifs calcaires bordiers. Il est à signaler également la présence en bordure de l'oued Kébir de quelques parcelles irriguées où l'on pratique des cultures maraîchères.

II.1.3 - Le bassin versant de l'oued Siliana

Cet ensemble est limité au Sud par le plateau de Maktar et le djebel Serdj, à l'Ouest par une ligne de partage des eaux qui relie le djebel Massouge au Dj. Cheid, à l'Est par les collines calcaires qui surplombent la vallée de l'oued Kébir.

La majeure partie de cet ensemble repose sur les marno-calcaires du Sénonien ou sur les marnes du Mésonummulitique; ces marnes, formant sur une carte des boutonnières orientées SW-NE, sont ceinturées de calcaires durs faillés transversalement en plusieurs endroits. Vers le Sud, sur la rive gauche de l'oued Siliana, s'étale un vaste glacis-terrasse formé d'alluvions récentes qui sont venues combler un fossé transversal, témoin superficiel d'un accident majeur du socle; sur la rive droite, se déploient, au pied du djebel Serdj de grands glacis du quaternaire ancien.

La topographie est accidentée (prédominance de pentes à déclivité comprise entre 15 et 25 %); cela explique en grande partie les nombreuses manifestations des phénomènes d'érosion dont les formes les plus spectaculaires (érosion en ravine) prennent une grande extension dans la partie amont du bassin versant de l'oued Medjez.

L'oued Siliana, qui coule en permanence, s'est, à l'image de la plupart de ses affluents, fortement incrusté dans le substratum qui se trouve être momifié sur bon nombre de glacis par un encroûtement généralisé jouant un rôle protecteur vis-à-vis des facteurs actifs de l'érosion en nappe.

La moyenne annuelle des précipitations oscille autour de 500 mm, les districts les plus arrosés se situant dans la portion méridionale de cette région les microclimats les plus secs (autour de 400 mm) sévissant au voisinage de Gaafour et aux abords immédiats de l'oued Siliana. Les températures hivernales ne descen-

dent que rarement en dessous de 0°. sauf peut-être dans la plaine de Siliana où le caractère de continentalité semble plus marqué. Les étages bioclimatiques de cette région sont à rattacher au semi-aride supérieur et moyen à hiver tempéré.

Les sols calcimagnésiques dominent ici assez nettement. Lorsqu'ils évoluent sur les marnes, ils sont peu épais, soit à cause du décapage périodique de leur partie supérieure, soit à cause de la présence de formes d'accumulation calcaire indurée à faible profondeur; ils peuvent aussi être le siège d'une hydromorphie "pétrographique" (dans l'Est de la région). Quand ils reposent sur calcaire, ils prennent un faciès rendziniforme sans pour cela receler dans leur fraction fine des taux excessifs de carbonates ("rendzine" sur calcaires durs). Quelques plages de sols d'apport argileux, concentrés dans la plaine de Siliana, et de vertisols topolithomorphes en bordure de l'oued Rmil, complètent un paysage pédologique complexe, car souvent constitué de juxtaposition de sols lithodépendants évoluant sur un soubassement géologique hétérogène à pendage redressé.

Sur les supports culturaux peu épais et calcaires la céréaliculture règne en maître, bien que les rendements ne soient pas très élevés. Sur les sols de glacis plus profonds se pratique une arboriculture assez florissante (oliviers et pistachiers près de Gaafour). Dans la plaine de Siliana où certains sols lourds sont périodiquement engorgés, alternent cultures fourragères et céréales. Enfin, comme dans les régions précédentes quelques reliques forestées s'accrochent encore dans les secteurs au modelé très tourmenté, qui servent le plus souvent d'aires de parcours pour le petit bétail.

III.1.4 - Le plateau de Maktar

Grossièrement assimilable à un cercle dont le centre serait Maktarville et le rayon la distance séparant Maktar des villages de Elles ou de Kesra, cette région naturelle pourrait être considérée comme une sorte d'excroissance de la dorsale "sensu-stricto" à laquelle elle aurait pu être rattachée compte-tenu de sa situation "altitudinale" (800 à 1000 m en général). Il nous a semblé toutefois qu'il était plus logique de la singulariser à cause de son relief plutôt tabulaire qui tranche nettement sur celui des massifs montagneux de la dorsale s.s. qui dominant son flanc est (djebel Bellouta).

Le soubassement géologique laisse apparaître en alternance, parallèlement aux lignes générales du relief, deux dômes anticlinaux marno-calcaires, et deux synclinaux, l'un au nord constitué de marnes auréolées de calcaires durs, l'autre au Sud de nature marno-gréseuse parcouru par la vallée de l'oued Ousafa. La régularité des plissements est interrompue par de multiples accidents tectoniques qui renforcent souvent les contrastes géomorphologiques engendrés par le jeu classique de l'érosion différentielle. Le dégagement de certaines structures géologiques a en effet façonné en plusieurs endroits un paysage de type jurassique où se retrouvent toutes les formes connues, telles les crêtes, les cluses, les combes, les synclinaux perchés, les karsts, etc... Quelques portions de ce soubassement sont ennoyées sous des matériaux d'apport grossiers plus ou moins encroûtés, formant des terrasses (le long de l'oued Ousafa) ou des glacis (à l'Est de Maktar).

Les pentes à déclivité moyenne au centre du plateau (4 - 15%) deviennent plus accentuées sur ses bordures. L'érosion ravinante est surtout perceptible sur les formations marno-calcaires du crétacé : "badland" auréolant Maktar au NE ainsi que la bordure du plateau qui surplombe la plaine de Siliana.

Le drainage est assuré dans trois directions*, l'oued Ousafa (prolongement de l'oued Siliana) jouant le rôle d'axe de drainage principal.

Le climat est ici assez rude car le caractère de continentalité y est plus accusé que dans les autres régions. La neige et les gelées y sont assez fréquentes. Les précipitations proches de 500 mm/an sont plus abondantes en hiver et au printemps qu'en automne. L'ETP voisine de 1200 mm/an fait que le bilan hydrique n'est excédentaire que durant les trois mois d'hiver. Le bioclimat est à rattacher au sous-étage semi-aride supérieur, à hiver frais d'altitude.

La répartition des sols, dont l'évolution est souvent contrariée par l'érosion, s'organise en fonction de la nature lithologique du substratum : les sols vertiques et les vertisols cohabitent sur les marnes de l'Eocène; les marno-calcaires du Crétacé, plus érodibles, sont plutôt le domaine des sols peu évolués régosoliques; les calcaires durs du Campanien ou de l'Eocène servent d'assises aux sols rendziniformes. Si le climat facilite la solubilisation des carbonates, le modelé ne contrarie guère leur évacuation ; les formes d'accumulation impo-

* vers le NW, vers le SE, vers le NE.

santes, telles les croûtes, sont relativement peu répandues. Par contre, les affleurements calcaires sont nombreux et d'ailleurs facilement repérables sur photosatellite car les épaisses dalles des revers structuraux sont souvent dénudées.

Dans ce contexte, la céréaliculture envahit la majeure partie des zones les moins déclives développées sur marnes et marno-calcaires. Tous les secteurs à relief tourmenté sont parcourus par le petit bétail. Les forêts de pin d'Alep à sous-bois de chênes verts plus ou moins dégradées couvrent encore de vastes superficies dans la partie SE de la région (forêt de la Kessera).

III.2 - Le compartiment "steppique"

Il se différencie du compartiment "tellien" dans de nombreux domaines.

Alors que dans ce dernier compartiment le soubassement géologique n'était constitué que de roches carbonatées, dans celui-ci il est fréquent d'observer des facies gréseux ou détritiques non ou peu calcaires.

L'opposition morpho-climatique est encore plus spectaculaire. Aux larges ondulations des dômes anticlinaux et des dépressions synclinales se substitue ici un modelé plus linéaire, plus disséqué, où les glacis d'abrasion nombreux sont souvent disloqués. Par ailleurs, ce compartiment est en grande partie soustrait à l'influence des vents porteurs de pluie soufflant du NW, ce qui se traduit par une moyenne pluviométrique plus faible, pratiquement toujours inférieure à 400 mm/an; il est par contre très exposé aux vents chauds et secs du Sud ce qui a pour conséquence, entre autres choses, de relever la température moyenne annuelle qui oscille autour de 20°.

Le couvert végétal est aussi beaucoup plus clairsemé. Parmi les rares îlots de végétation "naturelle" ne persiste, dans un état de dégradation souvent assez prononcé, que des groupements à *callitris articulata* et à *artemisia campestris* surtout concentrés dans l'extrême NE de la feuille.

Les plantes les plus couramment cultivées se recrutent parmi les espèces les plus résistantes à la sécheresse (oliviers dans la plaine d'Ousseltia, figuiers de barbarie sur le piémont oriental de la dorsale). En céréaliculture, les récoltes sont assez aléatoires; les jeunes pousses de blé ou d'orge sont assez fréquemment laissées en pâture aux ovins, qui constituent actuellement le meilleur faire-valoir de ces régions assez déshéritées à cause du manque d'eau.

Deux régions naturelles ont été distinguées dans ce compartiment :

Le piémont de la dorsale
La plaine de Kairouan.

III.2.1 - Le piémont de la dorsale

Cette région naturelle englobe deux unités géographiques : la plaine d'Ousseltia enfoncée en coin entre les deux lignes de relief de la dorsale, et la bordure NW du bassin subsident de Kairouan. Si le trait d'union entre ces deux unités est mal assuré d'un point de vue géographique par la vallée encaissée de l'oued Nebaana qui s'est frayé un passage à travers le chaînon du Crétacé au Nord du djebel Bou Hadjar (à l'emplacement du barrage), il est par contre beaucoup mieux réalisé sur le plan écologique grâce à l'existence de conditions de milieu sensiblement identiques de part et d'autre de ce djebel.

Le soubassement géologique est en effet dans les deux cas constitué d'un remplissage sédimentaire postérieur à l'Eocène inférieur comportant une majorité de strates grés-marneuses ou marneuses avec intercalations de sables et d'argiles gypseuses parfois salées et des encroûtements calcaires correspondant à plusieurs niveaux de glacis du quaternaire ancien et récent.

Bien que les déclivités ne soient pas excessives, l'érosion hydrique, ici très active, a dégagé les bancs de grès, qui forment parfois de minces linéaments étirés dans le sens SSW-NNE, et fortement incisé les formations marneuses que l'on tente actuellement de stabiliser par la mise en place de périmètres

d'aménagements anti-érosifs. Cette région, qui apparaît également comme une zone de transit des eaux collectées dans les hauts reliefs tout proches, est périodiquement parcourue par des oueds en crue qui ravinent les berges et engorgent sous des matériaux d'apports plus ou moins grossiers certaines plages de la basse plaine de Kairouan.

A ces dégâts causés par les eaux peuvent se surimposer les effets néfastes de la déflation éolienne qui s'avère d'autant plus efficace que les sols sont mal protégés ou fraîchement travaillés.

Le bioclimat, rattaché au sub-aride inférieur, se caractérise par des précipitations irrégulières parfois violentes dont la moyenne oscille entre 300 et 400 mm et des températures, dont les minima voisins de 0° et les maxima proches de 45° reflètent respectivement un certain isolement continental et une influence marquée des vents chauds du Sud.

L'aridité relative du climat, la faible densité du couvert végétal, les nombreuses manifestations de l'érosion font que la pédogénèse n'est pas très active. A côté des sols minéraux bruts et des sols peu évolués d'érosion (sur calcaires, marnes et grès), se rencontrent fréquemment des sols rendziniiformes développés sur croûtes; dans des sortes de gouttières ménagées entre les linéaments gréseux se rencontrent quelques lambeaux de sols vertiques périodiquement engorgés recélant par endroit des teneurs non négligeables en sels provenant des argiles de l'Eocène et de l'Oligocène. Quelques sols isohumiques enfin se différencient dans des substrats sableux au voisinage de certains affleurements gréseux.

La mise en exploitation de cette région se heurte à deux types de contrainte, la première d'ordre climatique (pluviométrie inférieure à 400 mm/an), la seconde liée à la grande érodibilité des "sols marneux" et aux faibles capacités de stockage de la majorité des sols représentés. Dans ces conditions ne peut être effectivement concevable et peut être rentable qu'un élevage de type extensif, agrémenté lorsque les conditions climatiques ou stationnelles s'y prêtent d'une maigre céréaliculture en plaine ou sur glacis et d'une arboriculture adaptée sur certains piémonts (oliviers-amandiers).

III.2.2 - La plaine de Kairouan

La région qui couvre l'extrême SE de la feuille de Maktar correspond à la bordure NW du bassin de Kairouan.

La partie superficielle des dépôts continentaux qui se sont accumulés dans ce bassin sur de grandes épaisseurs est principalement constituée d'alluvions à texture fine, plus ou moins contaminées par les sels solubilisés dans les nappes ou les cours d'eau.

Région la plus basse de la feuille de Maktar (30 à 200 m) cette zone d'épandage encore fonctionnelle a une déclivité moyenne très faible (<2% en général).

Les lits des oueds qui convergent radialement des piémonts de la dorsale s'estompent progressivement en des endroits d'autant plus rapprochés du niveau de base que la compétence de ces oueds est plus affirmée. Une grande partie des eaux de ruissellement qui ne peuvent être canalisées jusqu'à l'exutoire que représente la sebkha Kelbia, s'infiltrent et alimentent les nombreux aquifères développées entre les strates imperméables des dépôts alluviaux.

Le bioclimat qui correspond au sous-étage semi-aride inférieur, à hiver tempéré, se singularise principalement par une pluviométrie moyenne faible (300 mm) connaissant de grandes variations temporelles qu'elles soient saisonnières ou interannuelles, et un régime thermique marqué par des valeurs extrêmes peu propices à une activité agricole intensive.

La majeure partie de cette portion de bassin est occupée par des sols d'apport, profonds à texture fine à bonne capacité de rétention pour l'eau. Ces potentialités exceptionnelles sont malheureusement amoindries/^{par} la présence fréquente de sels qui envahissent l'ensemble du sol dans les secteurs les plus méridionaux, donnant alors naissance à des sols halomorphes difficilement utilisables, et par l'important résidu sec des eaux de nappes superficielles qui ne peuvent donc pas être exploitées pour d'éventuelles irrigations de complément.

Toutes ces contraintes au niveau des ressources en eaux et/ou en sols font que cette région a, encore plus que la précédente, une vocation presque essentiellement pastorale.

III.3 - La dorsale

Il est tout d'abord nécessaire de préciser que sous cette appellation nous ne regroupons que les deux grandes lignes de relief situées de part et d'autre de l'accident structural majeur qu'est la grande faille Kessera-Zaghouan. La première, la plus imposante, s'étire du SW vers le NE entre le plateau karstique du djebel Kessera et les massifs extrusifs du jurassique (djebel Fkirine et Ben Saïdane); elle culmine au djebel Bargou (1300 m). La seconde, moins impressionnante, orientée SSW-NNE, domine la plaine de Kairouan sur sa bordure Ouest à une altitude qui n'excède pas 800 m.

L'unité de cet ensemble est fondée sur la géomorphologie (zones montagneuses où dominent les pentes à forte déclivité), sur la nature du substratum géologique (surtout constitué de roches calcaires consolidées) sur le drainage des eaux météoriques (secteur à fortes potentialités érosives), et sur le faible développement de la couverture pédologique (en dehors de certains alluvium et fonds de vallées). Il existe bien sûr, entre les deux alignements montagneux précités, un certain nombre de disparités sur le plan écologique, qui méritent d'être signalées.

En dehors des formations marneuses qui affleurent dans les portions aval du modelé, le soubassement géologique des parties hautes et pentues du premier alignement comporte trois "noyaux" de calcaires durs d'âge et d'aspect différents (calcaires éocène "karstiques" du djebel Kessera, calcaires crétacé "massifs" des djebel Belouta, Serdj, Bargou, calcaires jurassique "disséqués" des djebels Fkirine et Ben Saïdane) et un ensemble de chainons faits de calcaires crayeux très semblables à ceux qui sont les seuls à constituer l'ossature du deuxième alignement.

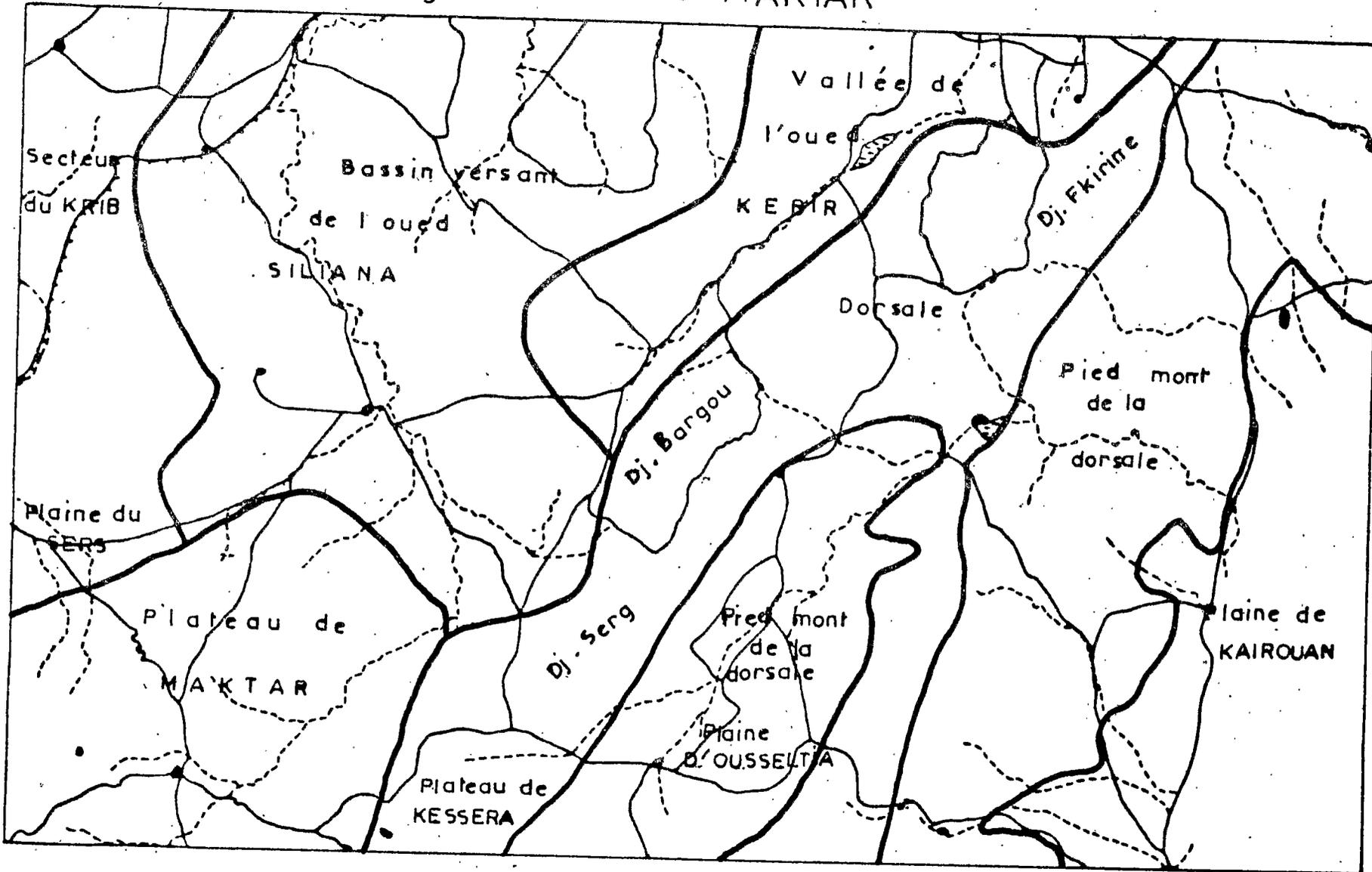
L'altitude relativement faible de l'axe de relief "secondaire", par ailleurs partiellement soustrait à l'influence des vents du NW, font que son microclimat se distingue assez peu de celui qui règne dans les plaines bordières (bioclimat semi-aride inférieur). Par contre sur l'axe de relief "principal" se succèdent toute une panoplie de bioclimats, rattachés à l'étage sub-humide à hiver frais (dans les massifs du Sud), à hiver tempéré (dans les hauts reliefs du Nord) et au sous-étage semi-aride supérieur ailleurs.

Cette grande variété climatique se répercute dans le couvert végétal par une cohabitation, dans l'axe principal, de presque tous les groupements forestiers représentés en Tunisie septentrionale. Un groupement à quercus suber a été signalé dans certain vallon du djebel Serdj; des groupements à quercus ilex couvrent la majeure partie des djebels Kessera, Serdj et Bargou, au-delà de 600-700 m d'altitude (hiver frais); des groupements à Pinus halepensis et quercus ilex envahissent toute la partie Sud (djebel Belouta et Kessera), les piémonts N et W des djebels Bargou, Fkirine et Ben Saïdane et toutes les lignes de relief qui dominant la vallée de l'oued Kébir; enfin des groupements à Pinus halepensis et Romarinus officinalis colonisent la partie orientale de l'axe principal. L'axe collinaire secondaire, moins frais et moins humide, est parsemé de groupements à Pinus halepensis et Juniperus oxycedrus.

Si la couverture pédologique est inexistante ou discontinue sur les hauts reliefs, elle devient exploitable dans les fonds de vallée où se concentrent principalement des sols bruns calcaires sur marne, sur les colluvium pierreux ressemblant parfois à de véritables grèzes car constitués d'une majorité de fragments de roches anguleux gélifractés, et sur de petits glacis supportant par endroit des sols rubéfiés peu calcaires très proches des sols "fersiallitiques" (au pied de certains massifs de calcaires durs).

Région à vocation essentiellement forestière, elle est parcourue par de petits troupeaux de caprins qui pourraient peut être contrarier les possibilités de régénération naturelle de certains ilots de végétation en équilibre climacique instable. L'arboriculture pourrait sans doute être intensifiée sur certains glacis ou dans de petites vallées intérieures qui bénéficient de conditions microclimatiques assez favorables.

Regions naturelles MAKTAR



44 Bis

DEUXIEME PARTIE :

LA CARTE DES RESSOURCES EN SOLS

I - FINALITE ET PRINCIPE DE LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE

I.1 - Les objectifs

Ainsi que nous l'avons déjà laissé entendre dans l'avant-propos, l'objectif recherché dans l'élaboration des cartes de Ressources en sols est de fournir, sous une forme très accessible à des non spécialistes des sciences de la terre, un document synthétique rassemblant le maximum d'informations utiles sur les divers "terroirs" représentés dans une région donnée. A cette fin seront bien sûr pris en considération, de façon prioritaire pour honorer le label "Ressources en Sols" conféré à ces cartes, toutes les caractéristiques édaphiques qui semblent jouer un rôle déterminant dans les phénomènes de croissance et de développement des espèces végétales; mais il nous est apparu tout aussi impératif de ne pas négliger certaines données "extrapédologiques" qui concourent à moduler parfois dans une large mesure la "valeur agricole" d'un support cultural. Aussi avons-nous élargi notre champ d'investigations en caractérisant non pas seulement des "milieux de croissance racinaire" mais plus généralement des "milieux de croissance" en accordant une place importante aux facteurs de l'environnement jugés comme essentiels pour toute mise en valeur agricole rationnelle : la topographie et le climat.

Nous nous sommes toutefois refusés à amalgamer des données de nature différente correspondant aux divers facteurs physiques de la production végétale, pour tenter de dégager des "formules magiques" permettant de classer les terres les unes par rapport aux autres. Ces jugements de valeur ne peuvent être valablement formulés, à notre avis, qu'en étroite collaboration avec d'autres spécialistes (hydrologues, agronomes, forestiers, économistes...) qu'en fonction de l'objectif recherché et que pour un secteur bioclimatique bien déterminé. La "valeur" d'un substrat cultural dépend en effet non seulement de ses caractéristiques intrinsèques et de son environnement "actuel", mais aussi du mode d'exploitation, de la spéculation, du type variétal de l'espèce cultivée, du microclimat, des possibilités d'amélioration foncière, du contexte socio-économique... autant d'éléments que le seul pédologue n'est pas à même de maîtriser et dont il est utopique de vouloir rendre compte graphiquement puisque trop nombreux et pour certains trop fluctuants.

Le document que nous nous proposons de mettre au point ressemblera donc davantage à une carte pluri-factorielle qu'à une carte d'utilisation, d'aptitudes ou de contraintes, dont la validité ne serait, comme nous l'avons souligné précédemment, que toute relative. Toutefois comme le nombre des "intervenants" édaphiques ou écologiques est assez considérable, il nous a fallu concilier l'extrême complexité du message à illustrer et certains impératifs de visualisation, tout en conférant au document final une valeur informative suffisante. Pour y parvenir nous avons eu recours non seulement à des modes de représentation simplifiés pour certains critères de l'environnement mais surtout à des caractéristiques "synthétiques" des milieux de croissance racinaire adaptés au contexte tunisien. C'est là l'une des originalités du système proposé que nous présenterons de façon détaillée dans le chapitre II.

I.2 - La méthode

Les diverses étapes du processus d'élaboration de la carte de ressources en sols sont les suivantes :

I.2.1 - Elaboration du document cartographique de base

Cette opération consiste dans un premier temps à transférer sur les contrecalques des coupures régulières au 1/50.000 toutes les limites et le contenu des unités pédologiques figurant sur les cartes existantes dressées à différentes échelles, par divers auteurs, à différentes époques, en portant une attention toute particulière aux signes complémentaires qui surchargent la plupart des unités. Ces divers symboles, dont la signification a été normalisée à partir des années 60*, renseignent en effet sur certaines caractéristiques "utiles" qui ont été préférentiellement retenues non seulement pour établir le classement simplifié non hiérarchisé précédemment exposé mais aussi pour quantifier certaines caractéristiques dites "synthétiques" qui constituent le fondement même du mode de représentation des cartes de ressources en sols.

* Références: Légende des cartes pédologiques et d'aptitudes des sols aux cultures en sec et en irrigué.

Dans un deuxième temps sont tracés sur un autre jeu de coupures au 1/50.000 les délimitations approximatives des quatre classes de déclivité adoptées pour mieux rendre compte des contraintes d'utilisation liées au facteur topographie. Cette visualisation assez grossière du modelé permet également de bien circonscrire dans les zones non encore cartographiées tous les secteurs très pentus (>25%) où la densité des observations complémentaires peut être plus lâche compte-tenu de leur faible "valeur agricole".

Dans un troisième temps, la couverture pédologique est complétée toujours à l'échelle du 1/50.000, en exploitant au mieux toutes les corrélations qui ont pu être établies à l'aide des autres cartes thématiques ou des photosatellite ou aériennes entre les facteurs de l'environnement et les sols. Chaque unité cartographique est ensuite repérée par l'un des numéros de code du classement simplifié de référence (cf. tableau au chapitre II.3.2).

Dans un quatrième et dernier temps, il est procédé à un changement d'échelle (1/50.000 → 1/200.000), changement qui implique une série de "manipulations" délicates qui doivent chercher à limiter les pertes d'informations inhérentes à toute concentration graphique tout en assurant une parfaite lisibilité du document. Le regroupement de certaines unités originelles (1/50.000) en unités nouvelles (1/200.000) doit dans tous les cas être guidé par le découpage de la carte des pentes, afin de réduire le nombre d'unités de la carte finale, nombre qui dépend, dans notre système, tout autant des caractéristiques édaphiques que de la déclivité. Il doit également rendre compte de l'existence d'association de sols partout où la nette dominance d'un type de sol ne paraît pas évidente.

Le document ainsi élaboré ne doit en aucun cas, à cause de certaines simplifications et surtout de l'orientation utilitaire donné au classement de référence, être considéré comme une véritable carte pédologique; il se rapprocherait davantage d'une carte de reconnaissance des terres au 1/200.000.

I.2.2 - Codification des critères et caractérisation utilitaire des unités cartographiques simples

Pour chacun des critères édaphiques retenus pour caractériser les sols ont été définies des valeurs-seuils permettant de transformer toutes les variables "quantitatives" en variables "qualitatives" ordonnées en classe. A chaque critère est affecté un symbole "lettre", à chaque classe un indice "chiffre". La signification des divers symboles et indices est précisée dans un tableau de codification.

Un tableau de caractérisation est ensuite dressé, faisant apparaître autant de colonnes qu'il existe de caractéristiques utiles sélectionnées, autant de lignes qu'il y a d'unités cartographiques simples.

Parmi les caractéristiques utiles ont été distinguées les caractéristiques utiles "élémentaires" équivalentes aux critères édaphiques précités et des caractéristiques "synthétiques" (physico-hydriques et géochimiques) qui sont appelées à fournir globalement la même information que plusieurs caractéristiques élémentaires et donc à se substituer à ces dernières pour contribuer à représenter de la façon la plus simple possible le contenu utilitaire de chaque unité cartographique.

Cette nouvelle approche pour caractériser les "milieux de croissance racinaire" sera explicitée plus longuement dans le chapitre II.

I.2.3 - Représentation cartographique

Au niveau de la représentation priorité a été donnée, pour des raisons qui seront évoquées ultérieurement, aux caractéristiques synthétiques physico-hydriques et à la déclivité.

Chaque unité cartographique simple correspond à une combinaison de ces caractéristiques. Le nombre de ces combinaisons étant relativement limité, il est possible de leur attribuer, pour chacune, une couleur de fond particulière.

Ces aplats teintés sont nuancés dans des tons d'autant plus foncés que la déclivité est plus accentuée, par l'application de trames noires en surcharge. Les sols minéraux bruts, en fond blanc ne portent donc que la trame correspondant à la pente "moyenne".

Ensuite sont mises en place les surcharges, colorées pour les caractéristiques géochimiques et l'engorgement, noires pour les formes d'érosion et d'accumulation.

Les unités cartographiques complexes ainsi que certaines données de l'environnement font l'objet d'un traitement un peu particulier qui sera développé dans le chapitre III consacré aux diverses modalités de l'expression cartographique.

II - CARACTERISATION DES MILIEUX DE CROISSANCE

II.1 - Les milieux de croissance racinaire

II.1.1 - Les caractéristiques utiles "élémentaires"

a/ Leur sélection

N'ont été retenues que les variables qui présentent un certain intérêt sur le plan agronomique et qui donnent lieu à des observations et/ou à des déterminations sinon systématiques du moins assez fréquentes.

Ont donc été pris en considération :

- parmi les données de terrain : la profondeur utile, la nature de l'assise, la pierrosité, la texture, les différentes formes d'accumulation, les symptômes visuels de l'hydromorphie, la perméabilité.
- parmi les données de laboratoire : la granulométrie, les humidités caractéristiques, la capacité d'échange cationique, le pH, les teneurs en sodium échangeables, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée, les teneurs en calcaire et en gypse.

Il n'a pas paru possible à l'échelle où nous travaillons, de tirer parti, tout au moins pour le moment, des taux de matière organique ni des teneurs en éléments majeurs échangeables, très fortement influencés par les modes d'exploitation.

Il est enfin à signaler que pour les sols polygéniques ou à horizons très contrastés dans le premier mètre, il est toujours accordé une certaine priorité aux caractéristiques des premiers 50 cm pour définir le contenu utilitaire de chaque unité cartographique simple.

- la nature et la localisation des formes d'accumulation du calcaire (c) et du gypse (g) :

c_1 ou g_1 = pas d'accumulation apparente sur au-moins 120 cm
 c_2 OU g_2 = accumulation ou diffuse, ou en amas, ou en nodules.
 c_3 ou g_3 = encroûtement c_{31} ou g_{31} = au-delà de 50 cm
 c_{32} ou g_{32} = à moins de 50 cm.
 c_4 ou g_4 = croûte c_{41} ou g_{41} = au-delà de 50 cm
 c_{42} ou g_{42} = à moins de 50 cm.

(N.B. - Dans un sol présentant plusieurs formes d'accumulation, il ne sera tenu compte, pour la codification, que de celle qui est la plus contraignante).

- l'hydromorphie (h) :

h_1 = pas de symptômes visuels
 h_2 = symptômes apparents au-delà de 50 cm
 h_3 = symptômes apparents en deça de 50 cm.

. à l'échelle des horizons
.....

- la texture (t) :

Des valeurs discriminantes seront définies ultérieurement en fonction de la distribution des spectres texturaux les plus couramment observés en Tunisie. En attendant il est proposé que soient utilisés les initiales classiques seules ou associées : a pour argileux l pour limoneux s pour sableux.

Si le profil textural est très contrasté dans le premier mètre, les initiales propres à chaque niveau ou horizon seront séparées par un trait oblique dans le tableau de caractérisation.

- la pierrosité (p)

p_1 = taux "volumique" de pierrosité < 30% *
 p_2 = taux "volumique" de pierrosité > 30%

Si les taux sont suffisamment contrastés dans le premier mètre, la codification

* soit approximativement 50% en poids.

sera p_{xy} , x et y désignant respectivement l'indice de pierrosité des parties supérieures et inférieures du sol.

II.1.2 - Les caractéristiques "synthétiques"

La nécessaire hiérarchisation de tous les critères sélectionnés, trop nombreux pour acquérir la même importance au niveau de l'expression graphique, nous a conduit à privilégier tous ceux qui semblent jouer un rôle primordial dans la productivité des terres tunisiennes.

Cette productivité étant principalement liée aux conditions d'alimentation hydrique, la prise en considération des caractéristiques "physico-hydriques" s'est donc imposée en priorité. Toutefois comme les intervenants édaphiques sont là encore nombreux mais plus ou moins interdépendants, il nous est apparu possible de les intégrer dans des caractéristiques "synthétiques" pour rendre compte globalement du comportement du sol vis-à-vis de l'eau.

Par ailleurs, comme les tentatives d'intensification culturale sur terres profondes se heurtent dans plusieurs régions de Tunisie à des problèmes de salure (sensu lato), il s'est avéré également souhaitable de définir, dans un même souci de simplification, des caractéristiques synthétiques qualifiées de "géochimiques", qui devraient permettre de mieux différencier les ambiances chimiques qui règnent dans ces milieux toujours délicats à valoriser.

a/ Les caractéristiques physico-hydriques (KEF)

L'appréciation "globale" du comportement hydrique d'un milieu de croissance racinaire s'effectuera en combinant trois paramètres

- un paramètre K statuant sur les possibilités de circulation des eaux gravitaires
- un paramètre E statuant sur les capacités de stockage en eau utile
- un paramètre F donnant une idée de l'importance de l'eau stockée résiduelle non utilisable par la plante.

L'adjonction d'indices chiffrés à ces trois paramètres rendra possible la caractérisation de chaque unité cartographique simple par un coefficient KEF.

+ Définition des paramètres :

. Paramètre K : il correspond à la plus petite des vitesses d'infiltration déterminées en surface et à 40 cm après établissement du régime permanent, les mesures étant effectuées à un taux d'humidité initiale "convenable" (absence de "cracks" en surface - pas de nappe à moins de 2 m).

. Paramètre E : il correspond à la réserve en eau utile du premier mètre; elle est égale à la somme des eaux utiles volumiques de chacun des horizons ou niveaux situés dans cette tranche de sol. En l'absence de mesures de la capacité au champ, l'eau utile volumique sera supposée égale à :

(Humidité pF 2.5 - Humidité pF 4.2) X densité apparente

. Paramètre F : il correspond à l'humidité pondérale au point de flétrissement (en %).

L'ensemble de ces trois paramètres intègre de nombreux caractéristiques édaphiques telles : la porosité ouverte à l'état humide et la stabilité structurale (K), la profondeur utile, le taux de pierrosité et la porosité totale (E), la texture et le contenu minéralogique (E + F).

+ Codification des paramètres :

. Paramètre K : une seule valeur discriminante est proposée pour singulariser les sols pour lesquels se posent des problèmes d'infiltration, de ressuyage ou de drainage interne. Cette valeur a été prise égale à 20 mm/heure soit approximativement 5.10^{-6} m/sec.

K1 > 20 mm/h

K2 < 20 mm/h.

. Paramètre E : deux valeurs discriminantes, exprimées en équivalent "hauteur d'eau" (mm), ont été retenues pour délimiter trois intervalles de variation.

$E1 > 120 \text{ mm}$

$120 > E2 > 50 \text{ mm}$

$E3 < 50 \text{ mm}$

. Paramètre F : deux valeurs discriminantes sont proposées, permettant de différencier approximativement les terres franches (F1), les terres lourdes (F2), les terres légères (F3).

$10 < F1 < 25\%$

$F2 > 25\%$

$F3 < 10\%$

Dans le cas où se superposeraient, dans le premier mètre ou jusqu'à la base du profil, deux horizons ou matériaux différents, l'indice retenu correspondrait à celui qui serait prédominant dans les 50 premiers centimètres.

+ Combinaisons possibles entre paramètres indicés

Le nombre théorique de combinaisons (18) excède le nombre de combinaisons susceptibles d'être rencontrées du fait de certaines incompatibilités. Il semble en effet que ne peuvent être associées :

- une faible perméabilité et une texture légère (K2 - F3)
- une bonne réserve utile et une texture légère (E1 - F3)
- une perméabilité correcte et une texture lourde (K1 - F2)

Il ne resterait alors que 11 combinaisons possibles.

b/ Les caractéristiques géochimiques (RAS)

Elles ont également été appréhendées à l'aide d'une combinaison de trois paramètres :

- un paramètre R révélateur de l'ambiance chimique générale du milieu racinaire
- un paramètre A qui mesure le degré d'alcalisation
- un paramètre S qui permet d'apprécier le degré de salinité globale.

+ Définition des paramètres :

. Paramètre R : il correspond tout simplement au pH eau (I : 2,5) couramment déterminé au laboratoire

. Paramètre A : il correspond au rapport Na échangeable/capacité d'échange cationique (CEC) exprimé en %.

Le sodium échangeable est extrait à l'aide d'une solution de $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ la CEC est déterminée comme précisée ci-après* :

. Paramètre S : il correspond à la conductivité électrique à 25° de l'extrait de pâte saturée, exprimée en mmhos/cm.

+ Codification des paramètres

. Paramètre R : deux valeurs discriminantes ont été adoptées pour séparer les sols à réaction neutre ou basique, les mieux représentés, des sols à réaction très basique ou légèrement acide.

$$6,5 < R1 < 8,5 \quad R2 > 8,5 \quad R3 < 6,5$$

. Paramètre A : une seule valeur seuil est proposée : 15 %

$$A1 < 15\% \quad A2 > 15\%$$

. Paramètre S : Trois types de milieux ont été distingués :

- les milieux non ou pas salés (S1)
- les milieux salés (S2) où toute mise en valeur exige certaines précautions
- les milieux très salés (S3) ne pouvant être considérés comme cultivables que dans des conditions très particulières.

Deux valeurs discriminantes sont provisoirement proposées : 4 et 15 mmhos/cm.

$$S1 < 4 \text{ mmhos/cm} \quad 4 < S2 < 15 \quad S3 > 15$$

* : Percolation à l'acétate d' NH_4 ajusté à pH 8,2. Lavage à l'alcool.

Déplacement des NH_4^+ avec ClNa . Titrage colorimétrique des NH_4^+ déplacés.

Dans le cas où les indices correspondant à ces trois paramètres R, A, S varieraient le long des profils, ne seront mentionnés dans le tableau de caractérisation que ceux qui sont les plus représentatifs des 50 premiers centimètres.

+ Combinaisons entre paramètres indicés

Comme pour les paramètres KEF, il existe théoriquement 18 combinaisons possibles. Toutefois, là, encore, certaines incompatibilités devraient réduire leur nombre :

Dans les milieux légèrement acides (R3) une seule combinaison est susceptible d'être rencontrée en Tunisie : R3 A1 S1.

Dans les milieux très basiques, les pH élevés (>8,5) sont pratiquement toujours associés à des taux Na/CEC > 15% = les combinaisons R2 A1 ne semblent donc pas "viabiles". Il en est de même de la combinaison R2 A2 S3, la forte salinité cantonnant généralement le pH en deça de 8,5.

Dans les autres milieux "tunisiens", toutes les combinaisons semblent possibles sauf peut-être R1 A2 S1, la salinité globale étant sans doute insuffisante pour contrecarrer l'élévation de pH dû à la forte concentration en sodium échangeable.

Les 8 combinaisons, seules probables seraient alors les suivantes :

R3 A1 S1	R1 A1 S1	R1 A2 S2
R2 A2 S1	R1 A1 S2	R1 A2 S3
R2 A2 S2	R1 A1 S3	

II.2 - L'environnement

Parmi les facteurs physiques de l'environnement n'ont été retenus que

- le modelé, qui conditionne étroitement à la fois la dynamique de l'eau, les possibilités et les modes d'exploitation
- le bioclimat et plus particulièrement la pluviométrie, qui limite l'aire d'extension de certaines cultures

- l'hydrologie superficielle, susceptible de contrarier la croissance de certaines espèces végétales sensibles à une asphyxie temporaire de leur rhizosphère.

II.2.1 - Le modelé

Les difficultés que poserait, au niveau de l'expression graphique, l'adoption de modes de représentation spécifiques à chaque forme de relief, nous ont conduits à ne tenir compte que de certaines formes d'érosion spectaculaires (ravines - badland) ainsi que des déclivités "moyennes" dominant dans un secteur donné. Ces dernières ont été réparties en 4 classes, dont les limites correspondent à celles qui ont été adoptées par les spécialistes de la conservation des sols de Tunisie (0 - 4%, 4 - 15%, 15 - 25%, > 25%). Ces classes sont le reflet assez grossier de paysages

- plans ou légèrement ondulés (0 - 4%), où tout mode d'exploitation est possible sans qu'il soit nécessaire de prendre des précautions particulières.
- valonnés (4 - 15%), où des mesures anti-érosives sont à respecter pour certains types de spéculations
- à relief tourmenté (15 - 25%); où la culture mécanisée ne peut être que difficilement envisageable.
- montagneux ou accidentés (>25%), où la culture même traditionnelle est fortement déconseillée.

II.2.2 - L'environnement hydro-climatique

Dans le réseau hydrographique pourraient être distingués les oueds à écoulement intermittent, des rivières à écoulement permanent et, si possible, parmi ces dernières, celles qui véhiculent des eaux peu ou fortement chargées en sels.

Les nappes superficielles responsables d'une certaine exohydromorphie temporaire ne seront prises en considération que lorsque l'engorgement total des sols s'étalera sur une période au moins égale à 2 mois.

Quant aux données climatiques, elles ne concerneront que la pluviométrie moyenne annuelle et l'ambiance bioclimatique qui se conformera au découpage en étages et sous-étages élaboré par L. BORTOLI, M. GOUNOT et al. (Annales de l'I.N.R.A.T. - 1969).

III - ELABORATION DU DOCUMENT CARTOGRAPHIQUE

III.1 - Remarque préliminaire

Il importe donc à présent de mettre au point un mode de représentation adapté à l'objectif recherché permettant de rendre compte des multiples facettes des milieux de croissance représentés, tout en essayant de concilier une bonne lisibilité et une bonne valeur informative. Dans ce but, ont été prises les options suivantes.

Tout d'abord, il a été convenu, pour ne pas trop surcharger la carte de ressources en sols proprement dite, de représenter les isohyètes et les divers étages bioclimatiques sur un carton annexe dressé à une échelle inférieure (1/500.000). L'adoption de cette formule a été jugée possible en raison de la faible densité des stations de mesures climatologiques, des grandes fluctuations interannuelles de certaines composantes et par conséquent de l'imprécision attachée au tracé des isohyètes ou des limites bioclimatiques.

Ensuite, pour bien souligner le désir de privilégier la dimension physico-hydrrique des milieux de croissance racinaire et à un moindre degré le modelé qui joue également un rôle modulateur non négligeable dans la dynamique de l'eau, les couleurs de fond de la carte au 1/200.000 seront réservées aux caractéristiques synthétiques physico-hydrriques et à la déclivité moyenne, selon des modalités déjà évoquées qui seront précisées ultérieurement.

Enfin, les unités cartographiques résultant de l'association de plusieurs types de sols ne donneront lieu à une représentation particulière que lorsque les conditions suivantes seront réunies : la superficie couverte par l'unité doit être supérieure à 1 cm²; les deux composantes principales de l'association doivent être suffisamment contrastées. Dans tous les autres cas, seule la dominante sera représentée.

III.2 - Articulation de la légende

La légende comporte deux parties d'inégale importance, la première faisant état des caractéristiques des milieux de croissance racinaire et de la déclivité, la seconde regroupant des informations concernant principalement l'environnement hydrologique et l'infrastructure.

III.2.1 - Analyse du premier volet

Une subdivision a été introduite pour différencier les secteurs dont les déclivités moyennes sont supérieures ou inférieures à 25%.

a/ Déclivité moyenne > 25%

Les secteurs correspondant étant considérés comme difficilement cultivables, il n'a pas semblé utile, pour une carte de ressources en sols, de fournir des informations détaillées sur les caractéristiques édaphiques; les milieux de croissance racinaire n'ont été différenciés qu'en fonction de la nature lithologique des roches-mères dominantes, d'ailleurs fréquemment affleurantes.

Des pentes >25% pouvant aussi se rencontrer dans d'autres contextes paysagiques que les massifs montagneux, nous avons alors adopté le découpage schématique suivant :

- + zone montagneuse :
 - nombreux affleurements de roches dures
 - autres types de substrat
- + secteurs non montagneux :
 - escarpements - badland - érosion en ravines

b/ Déclivité moyenne <25%

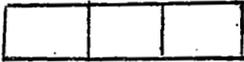
La première distinction entre unités est fondée sur les caractéristiques synthétiques physico-hydriques, autrement dit sur les 11 combinai-

sons possibles entre paramètres KEF. Les aplats de teintes différentes affectés à ces diverses combinaisons sont nuancées en fonction de la déclivité moyenne : ton clair (0 - 4%), ton moyen (4 - 5%), ton foncé * (15 - 25%). Ce procédé permet de mieux faire ressortir le modelé. Les sols auxquels n'ont pas été attribués de coefficients KEF (sols minéraux bruts = "non-sols") sont représentés en blanc (là où la pente moyenne est inférieure à 15%) en blanc tramé de gris (quand la déclivité est comprise entre 15 et 25%).

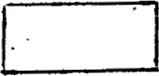
A cette représentation en aplats, fondamentale dans notre système, se surimposent des figurés divers correspondant aux coefficients RAS (caractéristiques géochimiques) ainsi qu'aux formes d'accumulation absolue ou relative dans ou sur le sol (calcaire - gypse - sables - pierres). Il est à préciser à ce sujet, d'une part, qu'une surcharge particulière sera réservée aux sols non ou peu alcalisés et non ou peu salés en surface (R1 A1 S1) présentant au-delà de 50 cm des conductivités supérieures à 4 mmhos/cm, et/ou des rapports Na/T > 15%, et, d'autre part, que parmi les formes d'accumulation "internes", seuls les croûtes et/ou encroûtements donneront lieu à un mode de représentation spécifique, qui sera nuancée en fonction de leur profondeur d'apparition dans les profils.

Tout cela se traduira par la disposition schématique suivante :

+ Caractéristiques synthétiques physico-hydriques

Pente %	K	E	F
0 4 15 25			
	1	1	1
etc...		etc...	

+ Caractéristiques synthétiques géochimiques

	R	A	S
	1	1	1
etc...		etc...	

* Le "ton foncé" sera obtenu en surimposant une surcharge grise sur le "ton moyen".

+ Formes d'accumulation "interne"

Profondeur (cm)

0 50 100

- Croûtes et/ou encroûtements calcaires
- Croûtes et/ou encroûtements gypseux.

+ Formes d'accumulation "superficielle"

- Absolue* (voile éolien - nebkas)
- Relative* (placage gravelo-caillouteux - pavage pierreux)

III.2.2 - Contenu du second volet

Ce volet regroupera simplement les symboles relatifs aux :

- Réseaux hydrographiques (rivières, oueds, barrages, principaux canaux d'irrigation et de drainage)
- Nappes superficielles (provoquant un engorgement total des sols durant au moins deux mois consécutifs)
- Grandes voies de communication (routes, pistes, voies ferrées)
- Principales agglomérations et éventuellement stations d'expérimentation agronomique
- Limites d'unités et unités complexes.

III.3 - Choix des couleurs et des figurés

Il ne s'agit là que de propositions, des limitations d'ordre technique ou financier étant susceptibles de remettre en cause certains choix.

* en majorité.

III.3.1 - Les couleurs de fond

a/ Secteurs à déclivité moyenne > 25%

Des aplats de teinte noire (ou gris foncé) seront utilisés partout où le soubassement géologique est constitué d'une nette majorité de roches dures. Là où dominant les roches tendres (marnes-argiles) la couleur grise sera retenue. Ailleurs, il est toujours possible de recourir à un panachage par le biais de pastilles d'un demi centimètre de diamètre.

b/ Secteurs à déclivité moyenne < 25%

5 teintes, en plus de la couleur blanche réservée aux "non-sols", ont été provisoirement sélectionnées pour tenter de traduire visuellement le plus ou moins bon "pouvoir tampon" des milieux de croissance racinaire vis-à-vis de l'eau. Dans ce but il a été convenu d'attribuer les couleurs bleu, bleu-vert et vert aux milieux qui sont les mieux à même d'assurer le maintien d'un certain état de turgescence des plantes en période de déficit pluviométrique, et qui par conséquent disposent des meilleures réserves utiles (E1 ou E2). Les autres milieux moins favorisés prendront la couleur des végétaux souffrant d'un manque d'eau (jaune ou brun).

La correspondance entre couleurs et combinaisons KEF serait alors : (à titre d'exemple figurent en regard des coefficients KEF certains types de sols représentatifs).

	K	E	F	
Bleu	1	1	1	a/ alluvial as ou la, brun calcaire, profond
	2	1	1	b/ p. ev. ou brun calcaire, vertique, profond
Bleu-vert	2	1	2	c/ vertisol profond
	1	2	1	d/ sol a/ dont le volume utile est réduit
Vert	2	2	1	e/ sol b/ dont le volume utile est réduit
	1	2	3	f/ sol sa profond

Jaune	2	2	2	g/ vertisol à volume utile réduit
	1	3	1	h/ rendzine
	2	3	1	i/ sol régosolique sur marne
Brun	1	3	3	j/ sableux profond ou sa peu profond
	2	3	2	k/ sol c/ pierreux et peu épais.

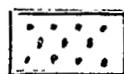
III.3.2 - Les figurés et les surcharges

a/ Les caractéristiques synthétiques géochimiques

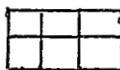
Les diverses combinaisons répertoriées dans le chapitre II.1.2 - b/ seront en dehors de R1 A1 S1 qui caractérise des milieux racinaires pouvant être considérés comme "chimiquement sains", symbolisées par des trames ponctuelles ou linéaires de couleur rouge, pour bien signifier que l'exploitation de certains de ces milieux ne peut s'effectuer sans danger.

La trame ponctuelle sera réservée aux milieux acides (R3). Une forte alcalisation (A2) sera représentée par des traits verticaux simples ou de double épaisseur quand elle s'accompagnera d'une nette remontée du pH (R2 A2). Une salinité moyenne (S2) sera visualisée par des traits horizontaux simples, une forte salinité (S3) par des traits horizontaux de double épaisseur. Enfin nous rappellerons que les sols R1 A1 S1 présentant au-delà de 50 cm une conductivité > 4 mmhos/cm ou un rapport Na/T > 15% seront représentés par des traits horizontaux interrompus.

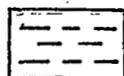
Les trames résultantes seront alors les suivantes :



R3 A1 S1



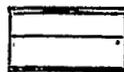
R1 A2 S2



R1 A1 S1 (salé au-delà de 50 cm)



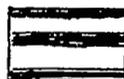
R1 A2 S3



R1 A1 S2



R2 A2 S1



R1 A1 S3



R2 A2 S2

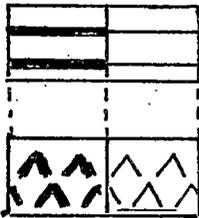
b/ Les formes d'accumulation

Elles seront représentées par des figurés de couleur noire dont l'aspect est schématisé dans les cartouches ci-après.

+ Accumulations "internes"

Profondeur

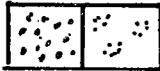
0 50 100



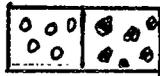
- Croûte et/ou encroûtement calcaire

- Croûte et/ou encroûtement gypseux

+ Accumulations "superficielles"



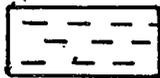
- Voile éolien/nebkas



- Graviers + cailloux/pierres + blocs

c/ Divers

. Trame bleu-forcé

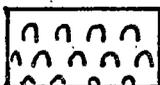


- Nappe superficielle

. Figurés noirs



- Secteur très raviné (flèches dans le sens de la pente)



- Badland



- Jessours (flèche dans le sens de l'écoulement)



- Escarpements

d/ Les unités complexes

Il est tout d'abord utile de rappeler que toute unité cartographique couvrant moins de 1 cm² sur la carte ainsi que toute unité dont le type de sol dominant couvre plus de 70% de sa surface sont considérées comme unités "simples"; en conséquence, seul le type dominant est représenté.

Dans les autres cas ne sont pris en considération que les deux principaux types de sols de l'association. Deux éventualités peuvent alors se produire :

- Les 2 types de sol sont représentés par des aplats de teintes identiques ou contigues *; dans ce cas seules la teinte et les surcharges éventuelles correspondant au type de sol dominant sont mentionnées. La complexité de l'unité ne transparait alors que par l'intermédiaire des numéros codés des deux composantes principales de l'association.

- Si les couleurs de fond ne sont ni identiques, ni contigues ou si l'une des composantes de l'association est un "non-sol", la complexité de l'unité se traduit par la coexistence des deux modes de représentation, celui de la composante "secondaire" restant confiné à l'intérieur de pastilles de 1/2 cm de diamètre.

III.4 - Présentation finale

Le document final comporte en plus de la carte des ressources en sols proprement dite dressée au 1/200.000 :

- un tableau de caractérisation des unités "simples"
- un tableau de codification des critères retenus
- une légende
- un carton annexe au 1/500.000, sur lequel figurent les isohyètes et les étages bioclimatiques

* Référence = tableau de correspondance entre couleurs et KEF (chap.III.3.1).

Ces divers éléments sont disposés de la façon suivante :

- Partie supérieure du document :
 - . Tableau de caractérisation/carte des ressources en sols
- Partie inférieure du document :
 - . Tableau de codification/légende/carton, au 1/500.000

Pour ce qui concerne le tableau de caractérisation, il est à noter que la non détermination de caractéristiques utiles soupçonnées de présenter un certain intérêt dans le contexte de la région cartographiée sera signalée par un trait horizontal; en outre pour alléger sa présentation, l'indice 1 relatif aux diverses caractéristiques "élémentaires" et aux caractéristiques géochimiques n'est mentionné que s'il appartient à une combinaison de 2 chiffres; enfin seules les caractéristiques utiles élémentaires susceptibles d'être rencontrées dans les sols de la région cartographiée sont prises en considération.

De la même façon, le tableau de codification, subdivisé en deux volets, l'un relatif aux caractéristiques élémentaires, l'autre aux caractéristiques synthétiques, ne précisent, pour les premières, que les valeurs discriminantes de celles qui ont été retenues dans le tableau précédent.

Le document cartographique joint à cette présente notice donne une idée sur ce que pourrait être une présentation "normalisée".

IV - APPLICATION A LA REGION DE MAKTAR

IV.1 - Remarque préliminaire

Il ne suffit pas de mettre au point une approche méthodologique relativement simple dans son principe et relativement cohérente dans son articulation pour la considérer comme valable et adapté à l'objectif recherché. Il faut surtout qu'elle s'avère applicable sans trop de difficultés, et qu'elle permette de visualiser de façon non ambiguë les diverses entités agro-écologiques de la région cartographiée, en l'occurrence la région de Maktar choisie préférentiellement comme région-test en raison de la grande diversité de ses caractéristiques pédo-morpho-climatiques.

L'application d'une méthode, ancrée sur une grille de valeurs discriminantes "chiffrées" pour réduire au maximum les appréciations subjectives du genre "un peu, beaucoup, bon, mauvais", est évidemment fortement conditionnée par la densité et la représentativité des points d'observation et des profils analysés. Dans la région de Maktar, assez bien étudiée sur le plan pédologique (cf. carte de localisation des études détaillées), force est de constater qu'il existe une sorte de déséquilibre entre le travail énorme d'observation et de caractérisation effectué dans un passé plus ou moins proche et l'information chiffrée actuellement exploitable. Quand par ailleurs les déterminations portent principalement sur le calcaire, la texture, la salinité et assez rarement sur les humidités caractéristiques ou les propriétés hydrodynamiques, il peut paraître ambitieux de vouloir fonder une méthodologie sur une estimation quantitative de la dimension physico-hydrique des milieux de croissance racinaire. Sans pour autant chercher à minimiser cette difficulté, nous pensons qu'elle n'est pas insurmontable par le fait qu'il existe entre unités taxonomiques, caractéristiques morphologiques, minéralogiques, texturales et hydriques toute une série de relations qui ont pu être établies dans d'autres régions de Tunisie ou du bassin méditerranéen et qu'il est donc toujours possible de s'y référer en s'entourant d'un minimum de précautions.

Quant au mode de représentation, il se heurte lui aussi à d'autres obstacles, tels que la fiabilité des limites ou le pouvoir d'évocation des couleurs de fond et des figurés, qui sont l'une et l'autre appelés à présenter sous une forme didactique et tranchée une réalité à la fois très complexe et toute en nuances. La comparaison de notre carte et d'une photo-satellite prise à une époque de bonne "colonisation végétale" devrait permettre de porter un jugement de valeur sur le mode de représentation adopté.

IV.2 - Détermination des "coefficients" KEF

IV.2.1 - Paramètre K

Les seules données exploitables proviennent d'une étude sur la perméabilité des sols de la plaine de Siliana publiée en 1960. Plus de 200 tests de perméabilité (méthode Porchet) ont été effectués, principalement sur sols peu évolués d'apport alluvial modaux (unité 26) ou hydromorphes (unité 26h), en nombre limité sur sols isohumiques marrons encroûtés (unité 51) ou vertiques (unité 50v).

Il ressort de cette étude que le drainage interne des sols alluviaux est très fortement influencé par la texture du matériau originel, les matériaux argilo-limoneux et argileux étant les moins drainants ($K < 5.10^{-6}$ m/sec). Pour les sols isohumiques, l'apparition des caractères vertiques se traduit par une réduction de la perméabilité, alors que la présence d'un encroûtement à moyenne profondeur aurait plutôt un effet bénéfique sur le ressuyage.

Ces résultats nous ont conforté, d'une part, dans le choix a priori assez arbitraire de la valeur discriminante de 20 mm/h (soit $5,5.10^{-6}$ m/sec) marquant la limite inférieure du domaine des sols "drainants", et d'autre part dans nos présomptions sur le comportement hydrodynamique de certains types de sols. Pour le moment nous envisageons en effet de réserver le symbole K2 (drainage médiocre à déficient) aux seules unités suivantes :

- . 21-22 (marnes subaffleurantes)
- . 30-31-31s (vertisols)
- . 22v-26v-26h-43v-43h-50v/83-84 (sols "vertiques" ou "hydromorphes")
- . 26s/90-91-92-93 (sols salés plus ou moins alcalisés).

IV.2.2 - Paramètre F

Les seules valeurs chiffrées existantes relatives à des sols rattachés aux unités 22-24-30-42 et 43 ont été puisées dans la notice explicative de la carte au 1/50.000 de Maktar-Nord.

Situées pour la plupart entre les deux valeurs discriminantes de 10 et 25%, les humidités au point de flétrissement ne dépassent la borne supérieure de cet intervalle de variation que dans le cas où elles caractérisent des vertisols topolithomorphes; elles ne se rapprochent de la borne inférieure que pour des horizons contenant moins de 20% d'argile.

La prise en considération d'autres données recueillies tout autant en Tunisie septentrionale sur des sols riches en éléments fins qu'en Tunisie méridionale sur des sols sableux, nous autorise à formuler sans trop de risques d'erreur ces quelques conclusions pour les sols représentés sur la feuille de Maktar :

Les milieux de croissance racinaire dont une assez grande partie de l'eau stockée n'est pas disponible pour la plante (humidité au point de flétrissement > 25% : F2) correspondent essentiellement aux unités 30-31 et 31s.

Les milieux où l'eau infiltrée est très peu retenue par le sol (humidité au point de flétrissement < 10% : F3) correspondent à l'unité 20 (constituée d'une majorité de sols érodés sur grès) et à l'unité 23 (sols développés sur d'anciennes dunes fixées).

Les autres milieux à comportement intermédiaire voient leur paramètre F affecté de l'indice 1.

IV.2.3 - Paramètre E

C'est, dans notre approche méthodologique, le plus important des trois paramètres physico-hydriques mais c'est aussi le plus difficile à estimer par le fait qu'il dépend de plusieurs variables "élémentaires" dont certaines ne sont que rarement déterminées.

a/ Mode de calcul

Par définition, le paramètre E correspond à la réserve d'eau utile de la tranche de sol la plus superficielle dont l'épaisseur maximale est arbitrairement fixée à 1 mètre. Elle est donc égale à la somme des réserves en eau utile des "n" horizons (ou niveaux) qui se succèdent sur la totalité du profil quand la profondeur du sol est inférieure à 1 mètre, sur son premier mètre quand le sol est profond .

$$(1) \quad E = \sum_{i=1}^{i=n} RUi$$

Exprimée en "équivalent hauteur d'eau" (mm), la réserve utile d'un horizon est la suivante :

$$(2) \quad RUi = EUv \cdot \Delta z / 10$$

où Δz désigne l'épaisseur de l'horizon (cm)
et EUv l'eau utile volumique (%)

Si l'on suppose que les éléments grossiers de l'horizon sont "inertes" et donc ne jouent aucun rôle dans les processus de rétention d'eau utile (ce qui n'est pas toujours le cas, en particulier quand des débris de calcaires crayeux sont enrobés d'une matrice riche en éléments fins), on peut écrire :

$$(3) \quad EUv = EUp \cdot da (1 - p/100)$$

où p désigne le % pondéral de la pierrosité
da, la densité apparente totale de l'horizon
EUp, l'eau utile pondérale de la terre fine, pouvant être prise comme équivalente à la différence des humidités déterminées en laboratoire aux pF de l' "intervalle" de rétention (2,5) et du point de flétrissement (4,2).

La combinaison de ces trois relations aboutit à la formule générale

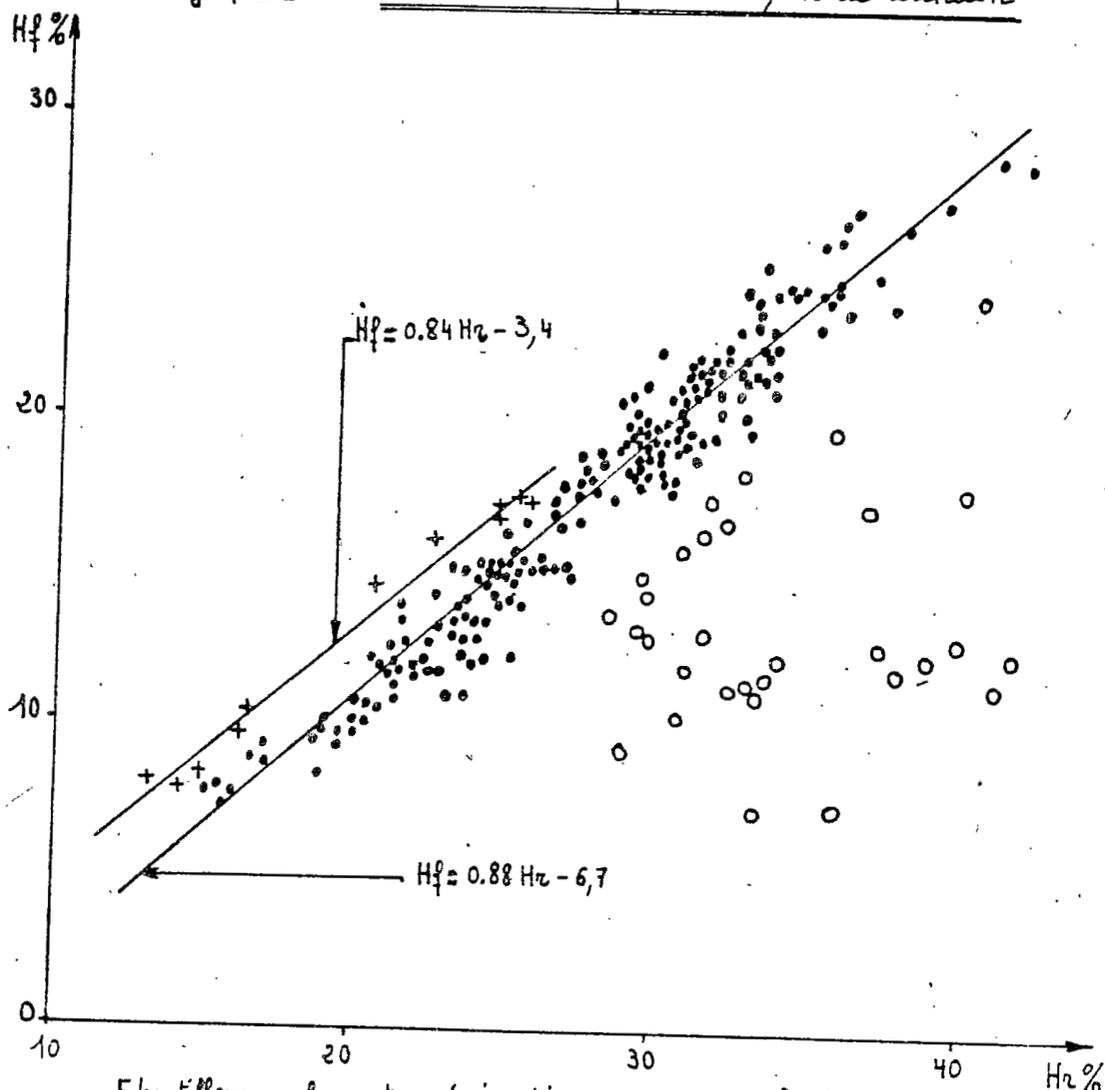
$$(4) \quad E = \sum_{i=1}^{i=n} [EUp_i \cdot da_i (1 - p_i/100) \cdot \Delta z_i / 10]$$

En toute rigueur la détermination de E nécessite donc la connaissance de la profondeur du sol (z) et, pour chaque horizon, de son épaisseur (Δz), de son taux de pierrosité (p), de sa porosité totale (d_a) et de son eau utile pondérale (EUp).

b/ Hypothèses simplificatrices

Si de telles hypothèses se justifient déjà en partie à cause de l'échelle relativement réduite à laquelle nous sommes appelés à travailler, elles s'avèrent, dans le cas particulier de la région de Maktar, absolument indispensables en raison de la rareté des données physico-hydriques existantes. En attendant les résultats du dépouillement systématique de toutes les informations chiffrées fiables intéressant l'ensemble de la Tunisie, nous avons eu recours, pour surmonter cet handicap, à une série de corrélations établies sur d'autres sols du bassin méditerranéen semblables à ceux qui font l'objet de cette présente étude. Ces sols situés au Liban, en partie dans la plaine intérieure de la Bekaa, en partie dans un secteur à relief collinaire proche de Saïda, évoluent en effet dans des conditions de milieu assez comparables à celles de Maktar (altitude = 300 à 1000 m - Soubassement géologique dominé par les roches calcaires - Pluviométries moyennes comprises entre 250 et 750 mm/an). Ils sont également, dans leur grande majorité, rattachés soit aux sols peu évolués d'apport alluvio-colluvial (cf. unités 24 à 26s), soit aux vertisols à drainage externe réduit (cf. unité 31), soit aux sols calcimagnésiques bruns calcaires (cf. unités 42 à 43h), soit aux sols isohumiques (cf. unités 50-51-50v. Un lot d'une centaine de profils a servi de support à la recherche de corrélations entre le domaine d'eau utile et les caractéristiques texturales ou minéralogiques. Les résultats obtenus sont reproduits sur les trois graphiques ci-joint afin d'en faciliter l'interprétation.

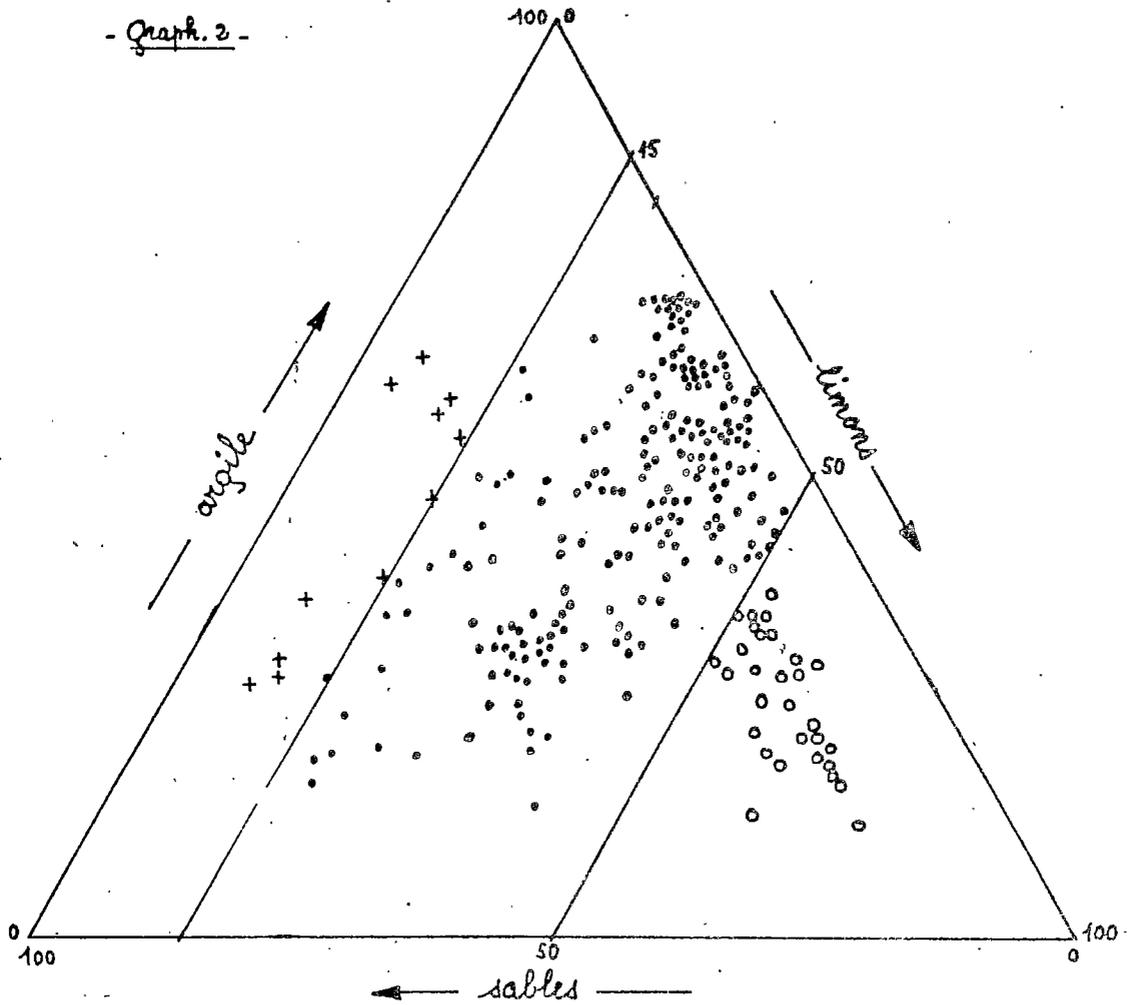
Le mode de représentation adopté sur le graphique 1, qui met en relation les humidités au point de flétrissement et au point de rétention déterminées sur terre fine, met en évidence deux types de regroupements des points représentatifs, le premier sensiblement linéaire correspondant à des échantillons renfermant moins de 50 % de limons totaux (cf. graphique 2), le second, plus anarchique, à des échantillons très limoneux. Une analyse plus fine du premier nuage de points révèle que sa bordure supérieure correspond à des échantillons à la fois très pauvres en limons (< 15%) et décarbonatés, alors que le second nuage ne regroupe que des échantillons très riches en carbonates (> 60%).

Graph. 1 - Relation H_f^L de flétrissement / H_r^L de rétention

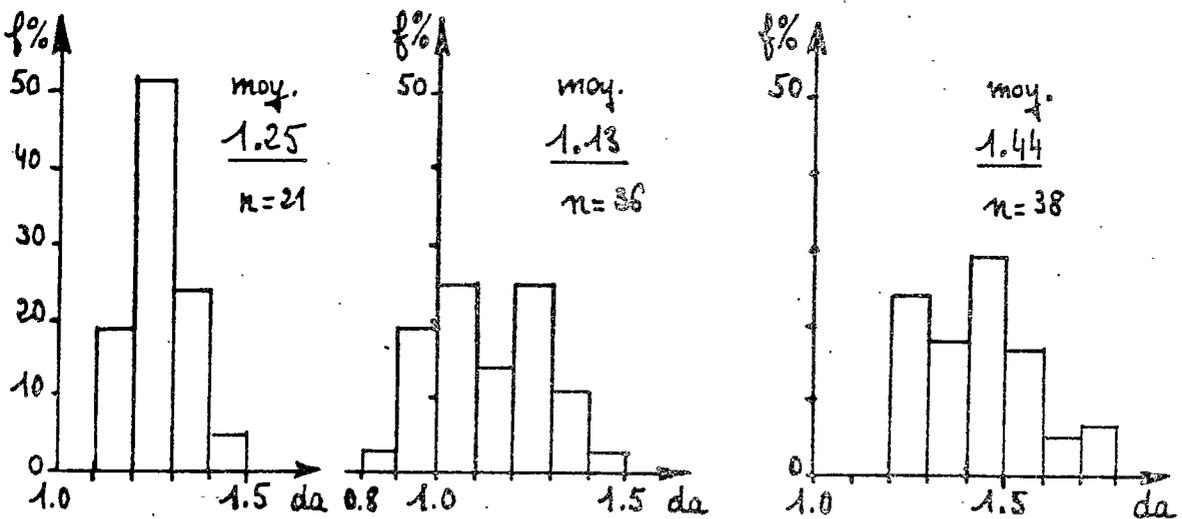
Echantillons contenant : (voir diagramme textural ci-après : graph. 2)

- + moins de 15% de limons totaux et non carbonatés
- entre 15 et 50% " " " et moins de 60% de CO_3^{2-} tot.
- plus de 50% " " " et plus de 60% de CO_3^{2-} tot.

- Graph. 2 -



- Densités apparentes - Histogrammes de fréquences -



- Horizons de surface -

Sols calcimagnésiques
± pierreux (10 < p < 30%)

Autres sols
non ou peu caillouteux

- Horizons (B) -

sols non ou peu
caillouteux.

Traduit en termes d' "Eau utile pondérale" (différence entre abscisse et ordonnée des points représentatifs), cela signifie, compte tenu des équations des deux droites de régression établie pour les échantillons renfermant entre 15 et 50% de limon totaux d'une part, et moins de 15% d'autre part, que :

- EUp est au moins égale à 15% dans tous les échantillons très limoneux et très calcaires (résultat en accord avec ceux de la région de Maktar: profils 403-411-416)

- EUp est compris entre 6 et 8% dans tous les échantillons très pauvres en limons (de tels matériaux ne semblent être que peu représentés dans la région de Maktar).

- EUp est compris entre 8 et 12% dans les échantillons renfermant non seulement entre 15 et 50% de limon totaux mais aussi plus de 20% d'argile (matériaux omniprésents dans la région de Maktar).

Par ailleurs, la dispersion des résultats de mesures "in situ" de la densité apparente effectuées sur certains des profils précédents (cf. histogrammes de fréquences) nous conduit, par comparaison et par souci de simplification à ne retenir que deux valeurs moyennes* pour les sols de la région de Maktar :

1,4 pour les sols de profondeur supérieure à 50 cm

1,3 pour les sols moins profonds.

Pour les sols sableux, très peu représentés sur la feuille de Maktar, le produit EUp.da a été estimé égal à 5%.

Enfin si rien ne s'oppose a priori à adopter pour les sols salés les mêmes valeurs moyennes de densité apparente que celles des sols non salés, il en va tout autrement pour l'Eau utile pondérale.

+ Cas particulier des sols salés :

De façon schématique, on peut dire que le "travail" exercé par les racines des plantes pour extraire l'eau d'un sol salé doit vaincre simultanément, d'une part, le potentiel osmotique de la solution du sol, fonction de sa concentration en éléments solubles, et d'autre part diverses forces capillaires conférant à l'eau du sol un certain potentiel matriciel.

* moyennes "pondérées" tenant compte de l'importance relative dans le profil de l'horizon de surface plus poreux.

En milieu saturé, le potentiel matriciel étant nul, l'absorption de l'eau est uniquement conditionnée par la concentration de la solution du sol (qui peut être mesurée par le biais de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée : CE). Dans ce cas, la prise en considération de la relation graphique qui peut être établie entre pression osmotique et conductivité électrique (cf. graphique joint) nous montre que l'absorption de l'eau n'est plus possible quand CE est au moins égal à 25 mmhos/cm (les plantes ne pouvant théoriquement pas développer une pression de succion supérieure à celle qui correspond à pF 4,2); pour une conductivité de 15 mmhos/cm, les quantités extractibles sont encore faibles, alors que pour 4 mmhos/cm elles peuvent être grossièrement estimées comme équivalentes au tiers de la capacité maximale de stockage, soit à environ la moitié de la réserve utile.

En milieu non saturé, la pression de succion racinaire ayant en outre à compenser d'autres forces antagonistes liées au dessèchement du sol, les quantités d'eau extractibles seront encore plus faibles que précédemment, pour une même conductivité électrique de la solution du sol.

En résumé, il est donc nécessaire d'introduire d'importantes corrections aux valeurs de EUp précédemment retenues pour des sols non salés. La réduction de EUp pourrait être très grossièrement estimée en moyenne à :

50% pour des CE comprises entre 2 et 4 mmhos/cm⁽¹⁾
(Paramètre S*)

80% pour des CE comprises entre 4 et 15 mmhos/cm
(Paramètre S2)

95% pour des CE comprises entre 15 et 25 mmhos/cm
(Paramètre S3)

c/ Les diverses expressions simplifiées du paramètre E.

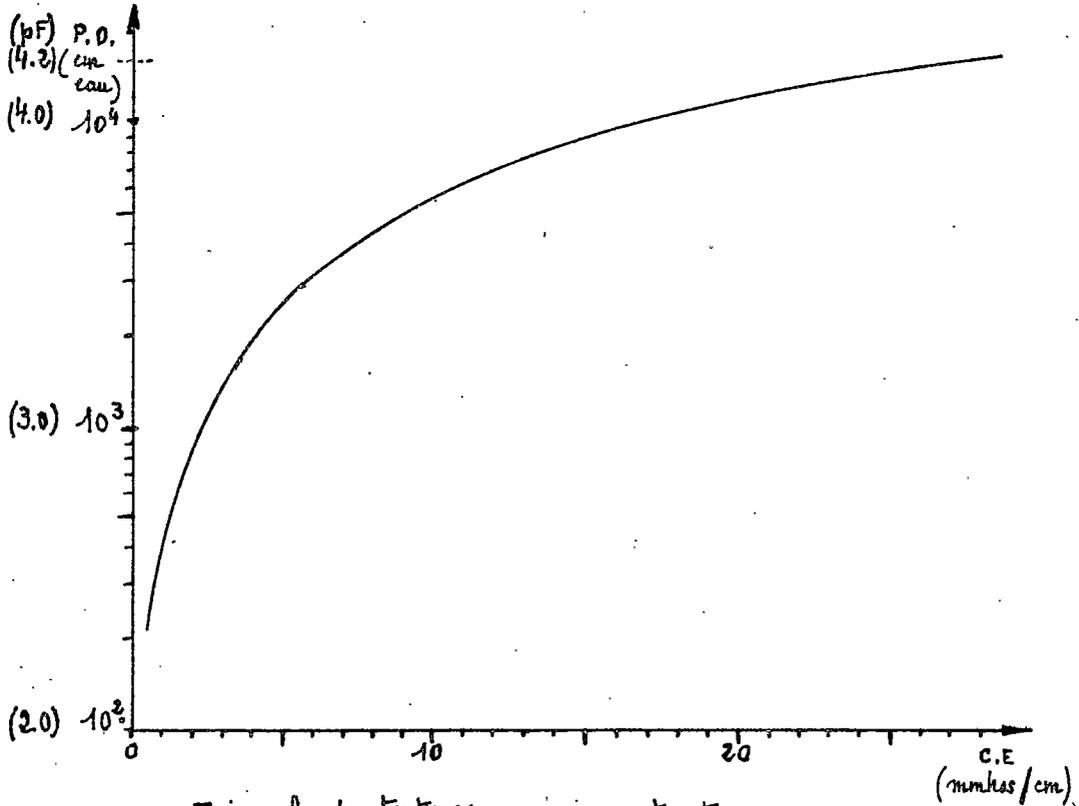
Elles sont établies en tenant compte des simplifications et des

⁽¹⁾ CE couramment observée dans la partie supérieure des sols de type S.

Relation P.O. / C.E.

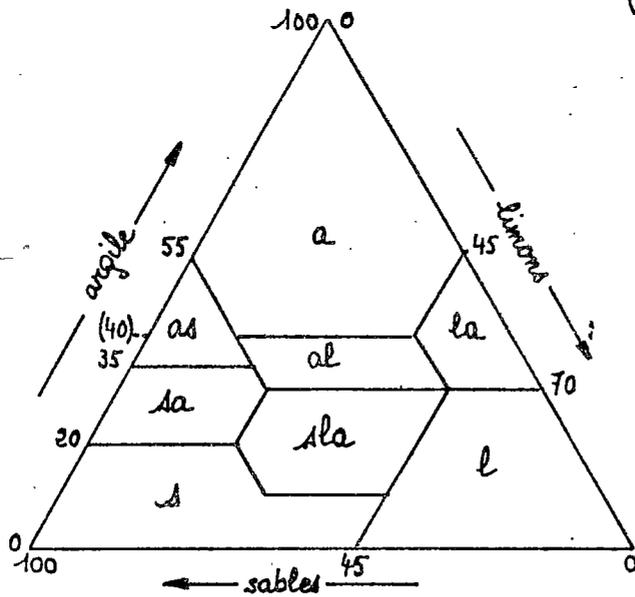
P.O. = Pression osmotique de la solution du sol (cm. d'eau)

C.E. = Conductivité électrique (25°) de l'extrait de pâte saturée (mmhos/cm)



Triangle des textures provisoirement retenu.

(triangle F.A.O. légèrement modifié)



corrections précédemment formulées et ne sont donc applicables qu'à un éventail de sols semblables à ceux de la région de Maktar.

Elles sont de la forme :

$$E = az(1 - p/100)$$

z et p désignant respectivement la profondeur utile (cm) et le taux moyen de pierrosité (pondéral).

Le coefficient a est fonction de la profondeur du sol, de la texture (supposée homogène sur l'ensemble du profil) de la terre fine et à un moindre degré de son contenu minéralogique. Les valeurs moyennes retenues figurent dans le tableau ci-après où sont prises en considération deux classes de profondeur (en deça et au delà de 50 cm) et six classes de textures*, discriminées à l'aide des initiales classiques; une subdivision a été introduite dans la classe "l ou la" pour singulariser les limons très calcaires (limons totaux > 50%, CO₃Ca total > 60%) qui ont un comportement assez particulier sur le plan hydrique (1).

Classes texturales	s	sa	as	la	ou al	sla	l ou la
Valeur moyenne de EUp	4	6	8	11	9	10	(1) 15
Coefficient (z<50) <u>a</u>	0,5	0,8	1,0	1,4	1,2	1,3	1,9
(z>50)	0,5	0,8	1,1	1,5	1,3	1,4	2,1

Pour un sol salé, la formule générale est identique, mais avec un autre coefficient a' qui se déduit du coefficient a de son "homologue textural" de la façon schématique suivante :

$$\text{si } 2 < CE < 4 \quad a' = \frac{a}{2}$$

$$\text{si } 4 < CE < 15 \quad a' = \frac{a}{4}$$

$$\text{si } 15 < CE < 25 \quad a' = \frac{a}{10}$$

$$\text{si } CE > 25 \quad a' = 0$$

* Les limites de ces classes sont proches de celles du triangle des textures de la FAO. Elles seront ultérieurement mieux adaptées au contexte pédologique de la Tunisie

IV.3 - Caractérisation des unités de sols et représentation des "milieux de croissance"

IV.3.1 - Le tableau de caractérisation

S'il ne paraît pas utile de commenter les indices relatifs aux caractéristiques élémentaires et aux caractéristiques synthétiques géochimiques qui ne reflètent, rappelons-le, que les données moyennes du type de sol dominant dans l'unité considérée, il s'avère indispensable de préciser les arguments sur lesquels repose l'estimation de la dimension physico-hydraulique des diverses unités, étant donné son importance au plan de la représentation.

a/ Unités de sols rattachés aux "peu évolués"

Unité 20: Il s'agit, dans cette région, de sols peu épais, sablo-caillouteux évoluant sur une roche gréseuse plus ou moins diaclasée. Ils sont donc dans leur majorité drainants (K1), à faible réserve utile (E3), à point de flétrissement bas (F3).

Unité 21: Ces sols lithorégosoliques évoluant pour la plupart sur des strates lithologiques de faible épaisseur constituées alternativement de marnes et de calcaires sont pierreux (à cause des niveaux calcaires) mais malgré cela assez peu perméables (à cause de la présence à faible profondeur de marnes non altérées). Ils sont de ce fait considérés comme étant peu drainants (K2), à faible réserve utile (E3), à point de flétrissement moyen (F1).

La variante 21t, peu représentée, correspond au "complexe triasique". Elle se différencie de l'unité 21 par un meilleur drainage (K1)

Unité 22: Ces sols peu épais sur marnes sont peu drainants (K2), à faible réserve utile (E3), car la profondeur utile excède rarement 30 cm, à point de flétrissement moyen (F1).

La variante "vertique" (22v) s'en différencie par une profondeur légèrement supérieure, lui conférant une meilleure réserve utile (E2).

Unité 23: Peu représentés, ces sols sableux évoluant sur des dépôts éoliens fixés, compensent par leur profondeur et leur teneur négligeable en éléments grossiers, leur faible capacité de stockage par unité de volume (limite "inférieure" de la classe E2). Ils sont bien sûr drainants (K1) et à point de flétrissement bas (F3).

Unité 24 et 24v: Ces sols d'apport colluvial sont profonds mais généralement très chargés en éléments grossiers, ce qui limite leur réserve utile (E2) mais accroît leur perméabilité (K1).

Unité 26: Ces sols d'apport alluvial, modaux, à texture moyenne à fine, ne donnent prise à aucune "pénalisation" (K1 E1 F1).

Unité 26v et 26h: Par rapport aux sols précédents ils présentent simplement un moindre drainage global (K2 E1 F1).

Unité 26s: L'apparition d'un niveau salé et alcalisé en profondeur se traduit par des difficultés de drainage interne (K2) et une diminution sensible des réserves utiles (E2).

b/ Unités de sols rattachés aux "vertisols"

Unités 30 - 31 - 31s: Ils possèdent en commun un drainage déficient (K2) et un point de flétrissement élevé (F2). Leurs réserves utiles sont bonnes (E1) sauf dans les sols faiblement salés de l'unité 32 (E2).

c/ Unités de sols rattachés aux "calcimagnésiques"

Unités 40 - 41: Bien que les sols "rendziniformes" de ces deux unités se caractérisent par les mêmes combinaisons K1 E3 F1 (E3 en raison de leur épaisseur réduite et de leur forte pierrosité), un distinguo suffisamment net doit être maintenu au niveau du mode de représentation car leur utilisation "potentielle" est différente (l'approfondissement d'un sol encroûté est presque toujours possible).

Unité 42: Ces sols "bruns calcaires" de profondeur moyenne, caillouteux, voient leurs réserves utiles quelque peu réduites (K1 E2 F1).

Unité 43: A l'image des sols alluviaux modaux, ils ne présentent aucune contrainte particulière (K1 E1 F1).

Unité 43v et 43h: Les caractères vertique ou hydromorphe freinent le drainage interne (K2 E1 F1).

d/ Unités de sols rattachés aux "Isohumiques"

Unités 50 - 51 - 50v: Ces sols "marrons" ont un comportement physico-hydrigue global sensiblement équivalent, respectivement, aux sols des unités 43 - 42 et 45.

e/ Unités de sols rattachés aux "sols à sesquioxydes de fer"

Unités 70 - 71: Ces sols "fersiallitiques" rubéfiés sont drainants (K1) et à point de flétrissement moyen (F1). Les réserves utiles assez bonnes pour des sols de l'unité 70 (E1) sont plus réduites dans les sols caillouteux et de profondeur moyenne de l'unité 71 (E2).

f/ Unité de sols rattachés aux "hydromorphes"

Unités 83 - 84: Au drainage fréquemment déficient (K2), se surimposent des réserves utiles assez conséquentes (E1), sauf dans les sols légèrement salés de l'unité 84 (E2).

g/ Unités de sols rattachés aux "halomorphes"

Unités 90 - 91 - 92 - 93: Ces sols à texture généralement fine, dont les argiles en grande partie "sodiques" ont un faible pouvoir de floculation, drainent mal (K2); Par ailleurs la pression osmotique des solutions du sol réduit dans de larges proportions les réserves utiles qui ne peuvent être considérées comme non négligeables que dans l'unité 90 qui regroupe les sols les moins salés.

IV.3.2 - Analyse et possibilités d'exploitation du mode de représentation.

La préséance accordée au paramètre "Réserves en eau utile" et le choix conséquemment "orienté" des couleurs de fond permettent déjà, à un premier niveau de perception :

a/ de bien circonscrire les milieux de croissance racinaire disposant des meilleurs "volants hydriques", c'est-à-dire ceux qui sont théoriquement les plus aptes à prolonger au-delà de la saison pluvieuse la période végétative des plantes cultivées "en sec". Les couleurs correspondantes bleu et bleu-vert

mettent tout particulièrement en évidence les "greniers à blé" de la région (plateau de Maktar, plaine de Siliana, vallées de l'oued Kébir et de l'oued Tessa) ainsi que d'autres secteurs aux potentialités intéressantes (bordure NW du bassin de Kairouan) malheureusement non exploitables à cause de conditions climatiques peu favorables.

b/ de mesurer l'importance des substrats cultureux très sensibles aux aléas pluviométriques à cause de leur capacité de stockage en eau utile assez réduite; ils correspondent grossièrement aux plages de couleur vert-jaune et jaune, qui prennent de l'extension dans le bassin versant de l'oued Siliana, dans la plaine d'Ousseltia et sur la bordure orientale de la dorsale. Il s'agit là de terres à productivité "actuelle" limitée, mais, pour certaines, à productivité "potentielle" intéressante (par exemple le décroutage des sols de l'unité 41 peut accroître leur volume utile et donc leurs possibilités d'utilisation).

c/ de mettre en relief la grande dispersion des secteurs difficilement cultivables, soit à cause d'une trop forte densité de pentes très déclives (plages noires ou grises), soit à cause d'un pourcentage trop important de "non-sols" (plages blanches), soit à cause d'une salinité globale trop élevée (surcharges rouges).

A un deuxième niveau de lecture, il est possible de mieux définir, d'une part, les limitations d'aptitudes propres à chaque unité en tenant compte du découpage bioclimatique et des symboles indicés du tableau de caractérisation, d'autre part, les éventuelles améliorations foncières susceptibles de valoriser certains substrats, telles que le "décroulage" (dans les secteurs zébrés de surcharges noires linéaires), le drainage (là où se surimposent des surcharges bleues tiretées), les mesures anti-érosives "urgentes" (là où existent des surcharges noires fléchées) ou "préventives" (dans les secteurs cultivables pentus représentés par les nuances les plus foncées des aplats colorés).

Par ailleurs, un tel document cartographique peut donner lieu à des modes d'exploitation de divers types :

- thématique : quand il s'agit de localiser les endroits et de déterminer les superficies approximatives pouvant convenir à un type de culture dont on connaît les exigences climatiques et édaphiques, ou lorsqu'il est procédé à l'inventaire le plus exhaustif possible de tous les terroirs présentant telle particularité écologique (par exemple : zones à pente faible, à sols salés, à bioclimat sub-humide).

- factoriel : pour mettre en évidence les variations spatiales d'un facteur écologique (par exemple : carte pluviométrique, carte des pentes, des textures...).

- sectoriel : pour établir par exemple une planification de l'occupation des sols dans une région donnée.

Il peut aussi servir de référence, en particulier pour faciliter l'interprétation d'images satellites Landsat, qui offrent certes une profusion de détails sur les états de surface à un moment donné mais qui ne peuvent discriminer l'influence de chacun des facteurs (végétation, sol, humidité, etc...) qui participe à l'émission d'une "réflectance" résultante, seule enregistrée.

Nous concluerons ce paragraphe en évoquant précisément les enseignements qui ont pu être retirés d'une confrontation rapide et donc superficielle entre la carte de ressources en sols et une photo-Landsat composite traitée en fausses couleurs prise fin mars.

D'assez bonnes corrélations sont apparues au NW des hauts reliefs de la dorsale; il est en particulier facile de retrouver trace sur photo des "greniers à blé" dont nous avons parlé précédemment, des revers structuraux calcaires dépourvus de végétations qui s'étirent dans le sens SW-NE, des deux pointements triasiques à l'Ouest de Gaafour, des principaux badlands au SW de la plaine de Siliana, et de la majeure partie des sols encroûtés qui parsèment le bassin versant de l'oued Siliana (marbrures blanchâtres sur photo).

Les corrélations deviennent "globalement" plus lâches au SE de la dorsale, à cause sans doute du fait que la couverture pédologique moins épaisse y est plus discontinue et que la végétation moins couvrante par suite d'une sécheresse pédoclimatique plus accentuée, ne traduit qu'imparfaitement les plus ou moins bonnes propriétés physico-hydriques du substrat. Seuls se singularisent assez nettement les groupements végétaux halophytes du bassin de Kairouan et surtout les alignements structuraux jalonnés d'une succession d'affleurements rocheux dont certains très étroits sur le terrain semblent être surdimensionnés sur la photo (forte réflectance).

Dans la dorsale proprement dite, l'analyse de l'image satellite est rendue difficile à cause des ombres portées partout où la topographie est très tourmentée et surtout de l'envahissement dans ces secteurs relativement humides des couverts forestés naturels ou artificiels, ce qui masque presque totalement les disparités du substrat.

En bref, il nous est apparu, lors de cette confrontation, que c'est davantage dans les structures de l'image-satellite et non pas dans son expression colorée que nous avons puisé les informations les plus fiables et les plus intéressantes, en l'absence bien sûr d'une analyse approfondie, agrémentée de traitements numériques sophistiqués, dont l'efficacité dans ces zones Centre Nord de la Tunisie reste encore à démontrer.

CONCLUSION

La région de MAKTAR qui a servi de "zone-test" à la nouvelle approche méthodologique mise au point pour tenter d'appréhender de la façon la plus efficace possible les "ressources en sols" d'une région donnée, s'est avérée constituer un excellent "banc d'essai", à cause de la grande diversité des milieux de croissance représentés et du nombre relativement important des contraintes d'exploitation rencontrées.

La carte des ressources en sols ci-jointe, qui cherche à visualiser sans complications inutiles la distribution actuelle des milieux de croissance racinaire, fait état de potentialités agronomiques intéressantes non seulement dans des secteurs déjà connus pour leur bonne production céréalière (plateau de Maktar - plaine de Siliana - vallées de l'oued Tessa et de l'oued Kébir) mais aussi dans certaines vallées intérieures de la dorsale ainsi que sur la bordure NW du bassin de Kairouan (potentialités dont l'expression est dans ce dernier cas contrariée par la sécheresse du climat). Elle laisse également pressager des possibilités de valorisation de certains glacis encroûtés partout où les conditions micro-climatiques permettent l'implantation d'une gamme assez étalée d'espèces arbustives calcicoles. Certes les sols considérés "a priori" comme inaptes à toute exploitation à cause soit d'une déclivité trop accentuée, soit d'un taux de salure trop élevé, soit de manifestations érosives extrêmes ("non-sols", bad-land), couvrent des superficies non négligeables, mais bon nombre d'entre eux ne sont peut-être pas totalement irrécupérables (reforestation possible dans certains cas). En bref, il est de toute façon déjà encourageant de constater que les sols à pouvoir tampon assez conséquent vis-à-vis de l'eau sont bien représentés et ne sont pas exclusivement l'apanage des secteurs les plus favorisés sur le plan climatique.

L'approche méthodologique adoptée est fondée sur le constat simpliste suivant : la productivité des terres est très fortement conditionnée par les possibilités d'alimentation en eau offertes aux espèces végétales implantées.

Aussi est-il apparu évident et nécessaire de mettre au point un "système" où serait privilégiée la dimension physico-hydrigue des milieux de croissance. Dans ce but nous avons cherché un moyen d'expression simple répertoriant tout à la fois les données climatiques, les caractéristiques de l'environnement topographiques qui peuvent moduler la dynamique des eaux météoriques, ainsi que les propriétés du substrat susceptibles de réguler les capacités d'infiltration, de stockage et d'absorption racinaire des eaux retenues. Sur la base des cartes pédologiques existantes et de l'échelle choisie pour élaborer le document de synthèse programmé (1/200.000), il a été proposé une démarche, que nous avons définie de façon schématique et que nous commençons à tester "en vraie grandeur" en divers endroits; mais il est évident qu'à la lumière des "tests" en cours et des opérations de dépouillement bibliographique en projet, nous serons amenés à la compléter pour lui donner plus de cohérence et à l'infléchir pour qu'elle s'adapte au mieux à l'ensemble des grandes régions naturelles de Tunisie et surtout pour qu'elle réponde avec efficacité à l'attente de tous ceux qui sont les utilisateurs potentiels des cartes de ressources en sols.

Dans l'immédiat, il est important de rappeler que cette méthode s'attache à caractériser des milieux, en privilégiant certaines données; elle ne les classe pas et ne propose aucune "recette" d'utilisation. La carte de ressources en sols ainsi élaborée est certes une carte thématique, "dérivée" de cartes pédologiques existantes, mais elle n'est qu'une "dérivée première" au sens où on l'entend en mathématiques; comme à partir de cette carte, il est toujours possible de dresser d'autres cartes à résonance utilitaire plus marquée (cartes factorielles, d'aptitudes, d'utilisation...), ces dernières pourraient donc être assimilables à des "dérivées secondes" des cartes pédologiques de référence.

Par ailleurs, aucune approche méthodologique dans ce domaine des ressources en sols n'étant parfaite, celle que nous proposons ici souffre elle aussi de nombreuses insuffisances dont nous sommes conscients.

En premier lieu on peut se demander s'il n'eût pas été plus judicieux non pas de "juxtposer" les données climatiques aux données pédo-morphologiques mais plutôt de les "intégrer" dans des unités correspondant à divers milieux de croissance. Nous n'avons pas opté pour cette formule en raison tout d'abord

du "label" conféré à ces cartes, qui sous entend que priorité doit être accordé au facteur sol, ensuite parce que les données climatiques nous paraissent trop fragmentaires pour pouvoir évaluer avec une bonne approximation à l'échelle où nous travaillons les bilans hydriques mensuels (l'ETP est assez mal connue), enfin à cause de l'impact envahissant des pénalisations d'ordre climatique qui risqueraient de faire oublier l'existence de "bons" sols agricoles au Sud de la dorsale.

Enfin l'application de notre méthode se heurte à coup sûr à une sorte d'inadéquation entre l'objectif assez ambitieux que nous nous sommes fixés (fondé sur une quantification de la dimension physico-hydrique des milieux de croissance racinaire) et les moyens offerts localement pour y parvenir (peu de données chiffrées fiables existent dans ce domaine en dehors de certains secteurs géographiques privilégiés). C'est là un problème qui mérite réflexion car il ne pourra être solutionné, à notre avis, que si certains programmes de la Direction des Sols s'orientent résolument vers une collecte raisonnée des paramètres physico-hydriques des principaux types de sols représentés en Tunisie.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBERY J., DELHUMEAU M. - Carte des Ressources en Sols de la Tunisie : Feuille TUNIS. Rapport ronéo - DRES - 1980.
- CASTANY G. - Carte géologique de la Tunisie au 1/500.000. Notice explicative 1953.
- D.R.E.S. - Les Sols de la Tunisie septentrionale. Sols de Tunisie. Bulletin de la Division des Sols n°5 - 1973.
- D.R.E.S. - Etude de l'érosion en Tunisie du Nord et du Centre. Sols de Tunisie. Bulletin de la Division des Sols n°11 - 1980.
- I.N.R.A.T. - Carte phyto-écologique de la Tunisie septentrionale au 1/200.000. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie - Vol. 40, Fasc.2 - 1967.
- I.N.R.A.T. - Climatologie et bioclimatologie de la Tunisie septentrionale. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie - Vol. 42, Fasc.1 - 1969.
- WILLAIME P., KHAZAKHA K. - Contribution à l'étude du domaine d'Eau Utile des principaux types de sols irrigables de la BEKAA. Rapp. ronéo - IRAL/ORSTOM - 1972.
- WILLAIME P., BILLAUX P. - Influence de la pierrosité sur le domaine d'Eau Utile des sols calcimagnésiques de la région de LEBAA (SW LIBAN). Rapp. ronéo IRAL/ORSTOM - 1975.
- WILLAIME P. - Cartographie systématique des Ressources en Sols de la Tunisie : nouvelle approche méthodologique. Rapp. dactyl. 1983.

LISTE DES RAPPORTS PEDOLOGIQUES CONSULTES

a/ CARTES AVEC NOTICE

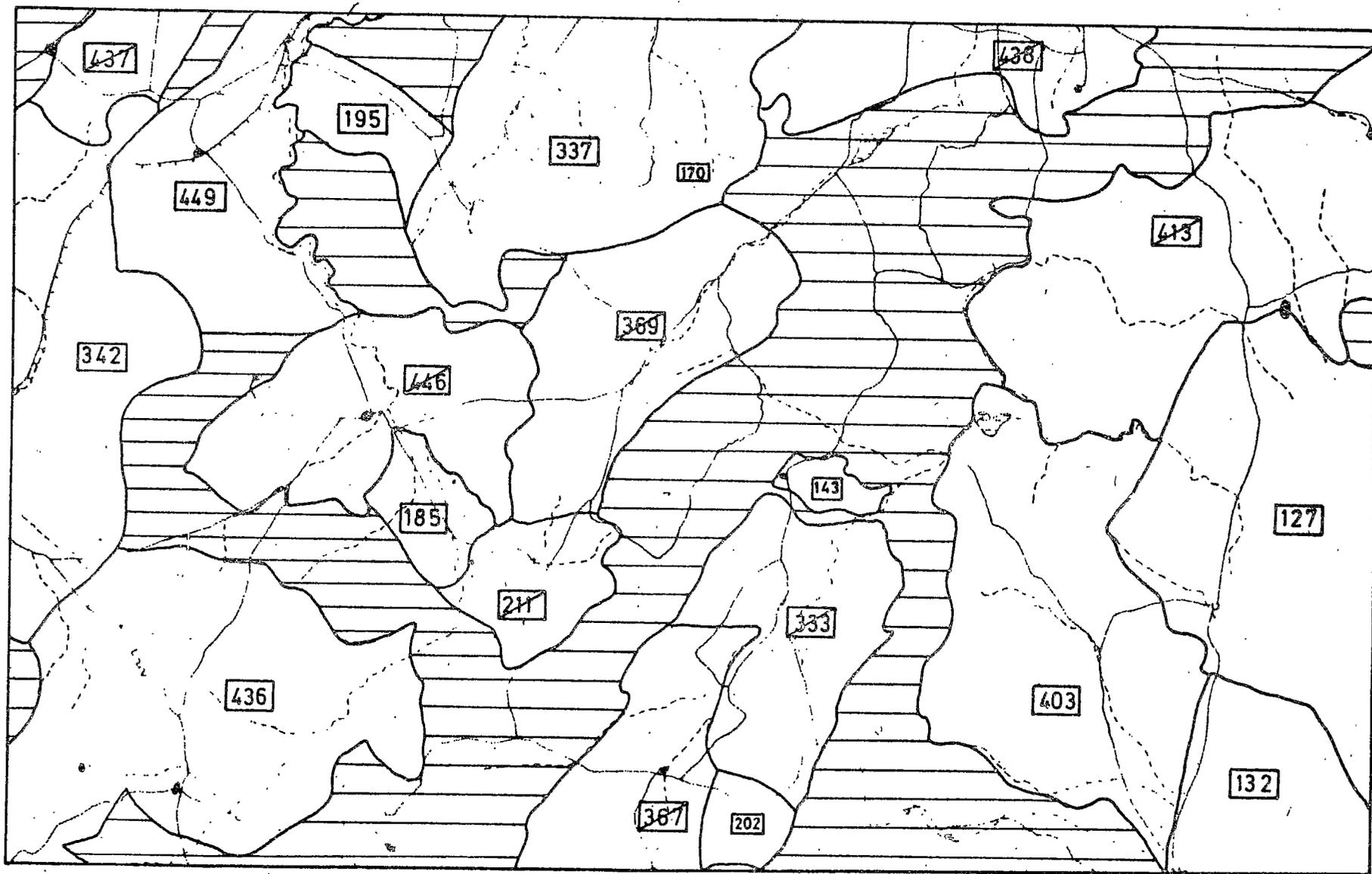
- 403 - Etude pédologique de l'U.R.D. de SBIKHA - 1969.
J.P. COINTEPAS, L. GUYOT, J. HUNZINGER, A. LE COQ et A. MORI.
Carte pédologique 1/50.000. Carte d'aptitudes en sec. Notice.
- 185 - Etude pédologique de la plaine de SILIANA - 1960.
M. SOURDAT. Carte pédologique 1/50.000. Carte des Perméabilités.
Notice.
- 337 - Etude pédologique de l'U.R.D. de BOU ARADA - 1967.
L. GUYOT. Carte pédologique 1/50.000. Carte d'aptitudes en sec
et en irrigué. Notice.
- 195 - Etude pédologique du périmètre de Gaafour - 1961.
J. PRUNIER. Carte pédologique 1/50.000. Cartes d'aptitudes en sec
et d'aménagements. Notice.
- 132 - Etude générale des sols de la plaine de KAIROUAN - 1956.
J. BOURALY. Carte de reconnaissance des sols 1.100.000. Carte
d'irrigabilité. Notice.
- 436 - Etude pédologique de l'U.R.D. de MAKTAR-NORD - 1970.
P. DÉBLIC. Carte pédologique 1/50.000. Carte d'aptitude en sec.
Notice dactylographiée.
- 202 - Etude pédologique du périmètre d'OUSSELTIA - 1960.
A. FOURNET. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec 1/20.000 à l'état
de minute. Notice manuscrite.
- 449 - Etude pédologique de l'U.R.D. de GAAFOUR - 1971.
A. FOURNET. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec, 1/50.000. Notice
dactylographiée.
- 143 - Note générale sur le périmètre de KSAR LEMSA - 1960.
A. FOURNET. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec et en irrigué
+ Carte géomorphologique (1/20.000). Notice.

- 342 - Etude pédologique générale de l'U.R.D. du SERS (zone Sud et Nord) - 1970.
A. SOUISSI et L. GUYOT. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec
et en irrigué. 1/50.000. Notice.
- 127 - Etude des sols du périmètre de l'oued NEBANA - 1957.
J. BOURALY. Cartes pédologique, d'irrigabilité, d'aptitudes en sec.
1/100.000. Notice.
- 170 - Etude pédologique du périmètre de BOU ARADA Sud.-1960.
J.M. BRUGIERE, A. LOBERT. Cartes pédologiques, d'aptitudes en sec.
1/50.000. Carte d'aménagement 1/25.000. Notice.
- 170 - Etude pédologique de la plaine de SILIANA - 1963.
J. DUMAS. Carte des textures et d'aptitudes en irrigué 1/10.000. Notice.

b/ CARTES SANS NOTICE

- 211 - Etude pédologique de la plaine de RAS EL MA - 1964.
J. PRUNIER. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec et en irrigué.
1/50.000.
- 438 - Etude pédologique du périmètre de la région du DJOUGGAR, PONT DU FAHS -
1972.
J. DUMAS. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec. 1/50.000.
- 446 - Etude pédologique de l'U.R.D. de SILIANA (secteur de la plaine de SILIANA) -
1973.
J.M. BRESSON. Carte pédologique 1/50.000.
- 369 - Etude pédologique de l'U.R.D. de ROBAA - 1969.
A. FOURNET. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec. 1/50.000.
- 413 - Etude pédologique de l'U.R.D. de NADOUR - 1970.
L. GUYOT. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec et en irrigué
1/50.000.
- 333 - Etude pédologique du périmètre de l'oued MAAROUF - 1968.
J.G. BRUNISSO. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec. 1/50.000.
- 367 - Etude pédologique de la plaine d'OUSSELTIA (Secteur Sud-Ouest) - 1969.
A. FOURNET. Cartes pédologique et d'aptitudes en sec 1/50.000.
- 437 - Etude pédologique du périmètre de TEBOURSOUK.
L. GUYOT. Carte pédologique 1/50.000.

Localisation des études pédologiques détaillées MAKTAR



436 N° étude, carte et notice

369 N° étude, carte seule

▬ Secteur non couvert

Echelle 1,400,000

CARTE DES RESSOURCES EN SOLS DE LA TUNISIE

Feuille de : MAKTAR au 1 : 200.000

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

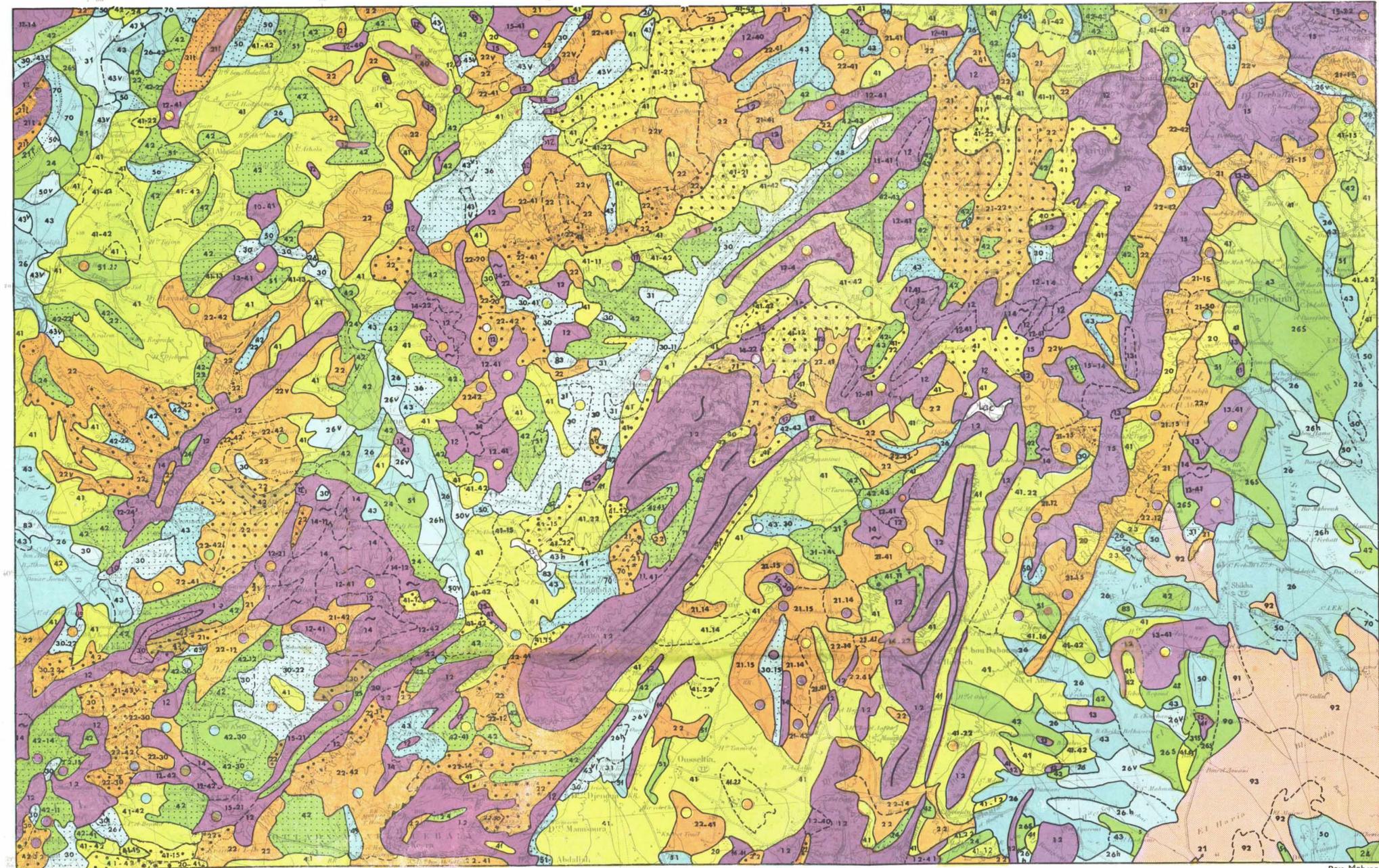
Par : M. MIZOURI - J. BARBERY et P. WILLAIME, Pédologues

DIRECTION DES SOLS

LEGENDE

CLASSES DES TERRES

Classes	Pentes %	Unités pédologiques
	0-4	26-43-50-70
	4-15	26-43-50-70
Terres de Très bonne qualité, sans contraintes, aptes à toutes cultures		
	0-4	26V-26h-31-43V-43h-50V-83
	4-15	26V-30-43V-50V
Terres de bonne qualité, profondes, à drainage faible (K, 2), plus aptes à la céréaliculture que l'arboriculture.		
	0-4	24-26S-31S-42-51-71-81-90
	4-15	24-31S-42-51-71
Terres de qualité moyenne, à contraintes de salure, ou réserve utile diminuée (E2) par une profondeur réduite		
	0-15	41
Terres peu épaisses sur accumulations calcaires, devenant de bonne qualité après approfondissement par défoncement et décroûtage		
	4-15	21-21T-22-22V
	15-25	21-21T-22-22V et 30-42-43V-70-71
Terres de qualité moyenne, issues de matériaux argileux, à stock d'eau utile faible (E3) et terres de meilleure qualité, toutes sur pentes fortes.		
	4-15	20-23-40-
	15-25	20-23-40-41
Terres médiocres, peu épaisses, sur roches avec fortes pentes, ou dunes fixées (ou à fixer) par végétation adaptée, d'utilisation délicate.		
	0-4	31-92-93
Terres médiocres en raison de forte salure et/ou alcalinisation, convenant au parcours.		
	25-	12-13-14-15 et 20-21-21T-22
Terres médiocres en raison d'affleurements rocheux, ou terres sur très fortes pentes, à réserver au parcours, reforestation, défens.		



Ass: Mehrez

Pouvoir tampon du sol vis à vis de l'eau exprimé par K.E.F.

K = Permeabilité (mm/h) - 1 : > 20 - 2 : < 20

E = Eau utile théorique (mm) - 1 : > 120 - 2 : < 120 et > 50 - 3 : < 50

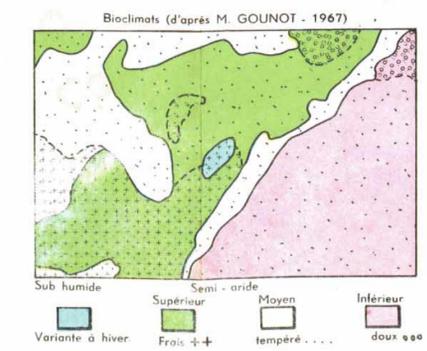
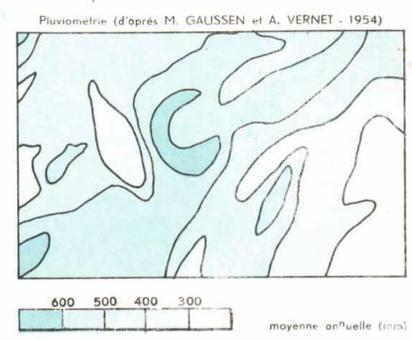
F = Eau résiduelle (% poids) - 1 : > 10 et < 25 - 2 : > 25 - 3 : < 10

Qualité de terres d'après K.E.F.

K.E.F. :	1 1 1	2 1 1	1 2 1	2 3 1	1 3 3
Qualité :	très bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne à médiocre	Médiocre

Limites :
 ~~~~~ de classe de terres  
 - - - - - pédologiques  
 ..... de pentes  
 Signes :  
 ▲ Roches meubles  
 ▒ Sables  
 — Crêtes rocheuses  
 ▲ Falaises

62 - 61 a : Association de sols, le premier chiffre représente l'unité dominante.  
 ○ : Rappel par la couleur de l'unité minoritaire de l'association



### LOCALISATION

