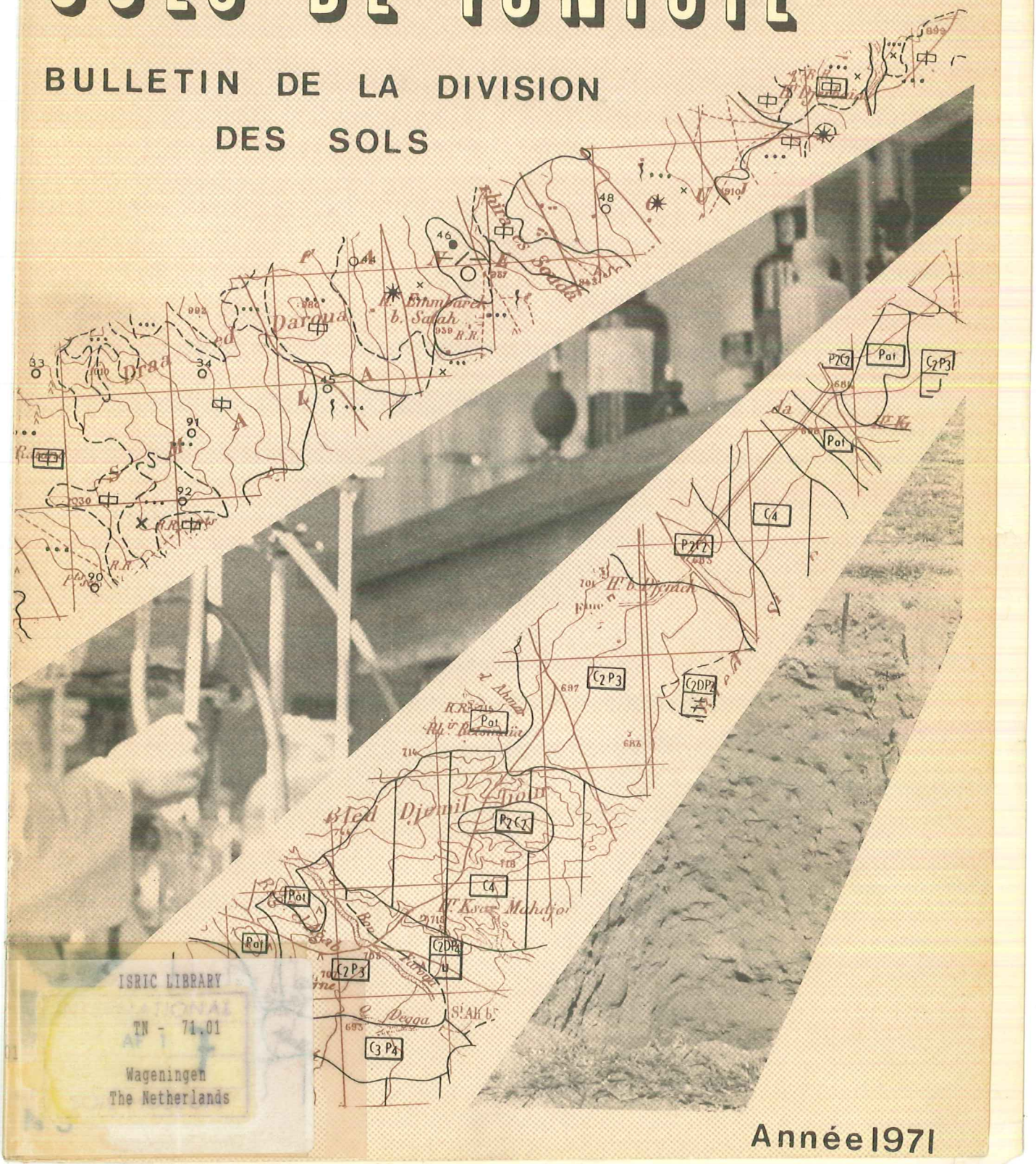
SOLS DE TUNISIE

BULLETIN DE LA DIVISION DES SOLS



ISRIC LIBRARY
TN - 71.01
Wageningen
The Netherlands

Année 1971

N° 3 ANNEE 1971

SOLS DE TUNISIE

ISRIC LIBRARY
TN
7-1-01
Wageningen, The Netherlands

BULLETIN DE LA DIVISION DES SOLS

SOMMAIRE

pages

CH. BALDY - J. P. COINTEPAS 3
Parcelle d'essai de Ksar Rhilane

P. MARTINI 59
Etude de l'aptitude des sols de la région de Béja à la culture de la betterave

R. GADDAS 79
Le Pistachier; conditions de climat et de sols

J. P. COINTEPAS 101
Note explicative concernant la légende de la carte pédologique de la Tunisie au 1 : 1.000.000

REPUBLIQUE TUNISIENNE - MINISTERE DE L'AGRICULTURE
D. R. E. S. - DIVISION DES SOLS - T U N I S

ISN 3996

PARCELLE D'ESSAI DE KSAR RHILANE

par CH. BALDY et J. P. COINTEPAS

AVANT PROPOS

En 1952 le captage de la nappe artésienne albienne permettait la création d'un périmètre irrigué d'une centaine d'hectares dans la garaet Bou Flidja. Devant l'ampleur et la nouveauté des problèmes soulevés par la mise en valeur de cette zône, le service pédologique mit en place dès 1952 une parcelle d'essai de 2 Ha destinée à renseigner sur les possibilités culturales de la région et sur l'évolution du sol par irrigation continue à l'eau salée. A partir de 1954 l'installation d'un poste météorologique apportait les données climatiques indispensables. De 1960 à 1967 un second abri placé dans l'oasis permettait au service de Bioclimatologie de l'I.N.R.A.T. de compléter l'étude climatologique de la région.

L'expérimentation s'est poursuivie pendant près de 15 ans malgré des difficultés considérables dues à des conditions climatiques très rudes et à un isolement quasi total qui mirent à dure épreuve, le personnel technique chargé de l'entretien de la parcelle d'essai. C'est grâce au courage et à l'endurance de ce personnel (1) dont la fidelité ne s'est jamais affaiblie pendant ces 15 ans que nous présentons les résultats de cette expérimentation.

I. - GENERALITES

1. - Situation

La Garaet Bou Flidja est une vaste dépression située à 100 Km environ au sud d'El-Hamma de Gabès et encastrée dans l'immense plateau pierreux des DAHARS. Elle constitue l'aboutissement d'un certain nombre d'oueds et en particulier l'Oued Bel Krecheb, descendu des Matmatas et dont le cours est arrêté par les premières dunes du grands Erg.
Située en dehors des grands axes de circulation, la garaa Bou Flidja n'était jusqu'en 1952 qu'un lieu de passage pour les caravanes.

2. - Le Sol

La cuvette a été comblée par des alluvions de texture grossière : sables éoliens très fins remaniés par les oueds, intercalés de lits plus argileux et de cailloutis. La parcelle expérimentale est située au voisinage du profil nº 25 ainsi décrit par P. DESSUS (2).

---

(1) M. M. BELGACEM Djedidi - Agent Technique SALAH Djedidi - Ouvrier Spécialisé
BECHIR Ben Abdesselem - Ouvrier Spécialisé NACEUR Ben Ghrira - Manœuvre
ABDELKADER Ben Ali - Manœuvre.

(2) Note préliminaire concernant le périmètre de Ksar Rhilane nº 432/E.

0 - 15 cm : Sable beige, clair, particulaire mélangé à l'argile marron polyèdrique, sec, radicelles.
Calcaire 27,7 % - Chlore 0,01 % - Gypse 1,2 %.

15 - 50 cm : Sable beige orangé, particulaire lache à demi-serré, sec, radicelles.
Calcaire 2,4 % - Chlore 0,01, Gypse 2 %.

50 - 85 cm : Argile sableuse beige, structure lamellaire et polyèdrique couche non continue.

85 - 305 cm : Sable fin, beige légèrement rougeâtre, particulaire, lache à demi-serré avec bancs de sable argileux à argile sableuse beige à structure squameuse polyèdrique de 2-3 mm à 15-20 cm d'épaisseur en couches non continues, sec, radicelles.

305 - 365 cm : Sable fin beige, demi-serré à serré, poreux, légèrement aggloméré.
Calcaire 12 % - Chlore 0,02 % - Gypse 0,5 %.

365 cm : Cailloux calcaires blancs de 10-15 cm de diamètre avec couche de 30-40 cm de cailloux de 2 à 5 cm dans la partie supérieure.

3. - La végétation

Avant le défrichement la végétation était constituée, entre autres pièces, de touffes de CALLIGONUM COMOSUM *L'Her* et ARISTIDA PUNGENS. *Desf.*

4. - L'eau d'irrigation

La parcelle était irriguée par l'eau de puits artésiens : N° BIRH 5717/5 dont l'analyse donnée par P. DESSUS est la suivante :

Résidu sec	Cl	CO3	SO4	Na	Ca	Mg	SAR
4740	1491	162	1499	828	488	231	7,7

C'est donc une eau très chargée et assez alcalisante.

Depuis novembre 1963, le sondage 5717/5 présentant une fuite importante par suite d'une fissure dans la colonne, est remplacé par un nouveau sondage 7810/5 tout proche du premier et débitant 140 l sec.

5. - La nappe phréatique

P. DESSUS signale une nappe peu chargée (1,4 g/l) à 7 m de profondeur. Cette nappe n'est pas remontée de façon nuisible dans la parcelle d'essai malgré les déperditions énormes dans les tubages du sondage.

II.- CLIMATOLOGIE ET BIOCLIMATOLOGIE DE L'OASIS DE KSAR RHILANE(1)

Dans les pages qui suivent, on se contente d'exploiter les données recueillies pour tirer les conclusions nécessaires à la Tunisie. Grâce au travail commun effectué par les spécialistes de Pédologie et de Bioclimatologie qui se sont succédés, un certain nombre de conclusions et de résultats assez techniques, obtenus sur le terrain dans des conditions difficiles, ont permis d'accumuler un nombre de données remarquables, qu'ils en soient remerciés ici.

1. -APPAREILLAGE

Un abri complet comportant un télévent (vitesse et direction instantanées) pour l'anémomètrie, et les appareils classiques (Thermographe, Hygrographe, Psychromètre, Evaporomètre de Piche, Thermomètres Maxi et Mini, Pluviomètre) a été installé en 1954 hors de l'oasis (poste «ERG»).

Il a été complété en 1960 par un second abri, installé lui dans l'oasis, ne comportant ni Télévent ni Pluviomètre, mais par contre une installation d'Evapotranspiromètre type Thornthwaite modifié (arrosage par dessus), engazonné en Pennisetum Clandestinum.

Le dispositif a été complété par 2 anémomètres totalisateurs Casella à 1 m 50, l'un dans l'oasis, l'autre sur l'Erg, permettant de comparer les vents passés, et relevés 3 fois par jour.

Toutes les observations sont effectuées 3 fois par jour, et on n'a eu que peu de données manquantes ou fausses, ce qui est à souligner tout spécialement compte tenu des difficultés locales.

Des mesures de température du sol ont eté effectuées dans l'oasis à partir de 1961, et quelques mesures complémentaires ont été faites par les spécialistes à l'occasion de visites.

L'oasis est située dans une dépression, et elle est actuellement assiégée par le sable, en particulier du côté Est et Nord-Est. Elle est alimentée en eau par un forage établi en 1952 et repris en 1963, titrant 4,7 gl/l, ce qui est déjà élevé, mais avec une forte teneur en sulfates, sur des sols sableux. On renvoie à l'étude pédologique à ce sujet, ainsi qu'au sujet des cultures qui ont été entreprises.

2. - RESULTATS OBTENUS

21 - La pluie à Ksar Rhilane

Un pluviomètre "association a fonctionné depuis 1954 à la Station. A l'exception

(1) Ch. BALDY (Avril 1967).

de 4 mois (Janvier et Février 1954, Novembre et Décembre 1957) durant lesquels les observations ont manqué, on a la série complète des pluies sur 13 ans. Cette série est trop courte pour pouvoir tirer des conclusions générales, mais on peut l'étudier cependant, car elle est déjà assez complète pour nous renseigner sur l'évolution des précipitations au cours de l'année.

Le Tableau nº 2.1 présente, mois par mois et année par année, les données mensuelles de précipitations. En 2.1.1. on donne les pluies mensuelles, en 2.1.2. le nombre de jours de pluie (y compris les *traces,* très nombreuses), et en 2.1.3. les pluies maximales mensuelles de 24 heures.

Le Tableau 2.2. regroupe les indications résumées essentielles sur les moyennes et médianes.

En 13 ans, on a relevé,:

2 années complètes avec moins de 40 mm de pluie et 1 incomplète,
4 avec 40 à 60 mm,
2 avec 60 à 80 mm,
2 avec 80 à 100 mm
et 2 avec plus de 140 mm, dont une incomplète.

2.1.1. = **PLUIE A KSAR RHILANE** (1954 - 1966).

MOIS	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
JANVIER	0,0	0,0	2,5	26,1	21,3	3,5	12,5	5,9	1,7	4,8	65,1	7,6	0,0
FEVRIER	0,0	8,2	6,4	0,0	1,5	4,6	0,0	0,0	0,5	2,1	0,3	6,2	0,0
MARS	0,6	3,5	30,0	0,0	0,0	0,0	3,8	14,1	24,5	4,9	3,9	23,4	26,0
AVRIL	4,9	17,0	0,0	49,1	1,5	0,0	8,5	15,0	3,5	7,0	12,8	8,7	19,2
MAI	4,8	1,5	0,0	0,0	0,0	4,0	1,5	0,4	0,0	5,1	0,0	2,0	0,6
JUIN	0,0	0,0	0,5	10,0	2,5	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	2,0
JUILLET	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AOUT	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SEPTembre	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0	1,6	0,0	9,2	1,1	0,0	13,7	2,0
OCTOBRE	7,5	7,7	0,8	56,4	20,2	0,5	0,0	8,7	5,0	6,1	0,0	0,0	26,1
NOVembre	11,2	2,0	12,4		32,5	0,0	4,0	0,0	6,7	0,0	2,3	0,8	18,6
DECembre	9,3	6,9	5,3		8,6	14,3	2,9	0,0	13,2	6,2	56,3	7,8	0,3
Totaux .	38,8	46,8	58,7	143,6	88,1	26,9	43,8	44,1	64,3	37,3	145,7	70,2	94,8

2.1.2. = **NOMBRE DE JOURS** (Pluies ou traces)

Mois	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
JANVIER	3	7	7	8	2	5	9	3	6	7	8	0
FEVRIER	3	5	1	4	5	0	1	6	8	2	1	2
MARS	2	6	1	2	2	3	3	8	5	5	8	9
AVRIL	7	1	6	3	1	6	4	6	8	5	5	5
MAI	5	1	3	1	1	6	3	0	5	3	3	5
JUIN	0	2	7	6	1	3	0	0	3	4	0	8
JUILLET	0	1	1	0	0	0	0	1	3	1	0	2
AOUT	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
SEPTembre	5	6	4	2	4	3	0	4	7	0	9	5
OCTOBRE	6	5	10	3	8	1	5	2	4	4	8	8
NOVembre	3	8	-	7	1	1	4	7	0	5	3	7
DECembre	7	5	-	5	2	6	1	3	8	9	7	3
Totaux .	40	47	(41)	41	27	35	30	41	58	45	53	54

2.1.3. = **PLUIE MAXIMALE EN 24 H. DU MOIS**

JANVIER	0,0	2,5	25,5	10,5	3,5	6,5	2,2	1,7	3,0	39,0	3,6	0,0
FEVIER	8,2	3,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,5	1,2	0,3	6,2	0,0
MARS	2,5	16,3	0,0	0,0	0,0	3,8	11,6	9,0	2,9	2,0	10,5	26,0
AVRIL	10,0	0,0	23,5	1,5	0,0	3,5	12,0	3,5	7,0	9,5	8,5	10,1
MAI	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,5	0,4	0,0	5,1	0,0	2,0	0,6
JUIN	0,0	0,5	7,5	2,5	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	2,0
JUILLET	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AOUT	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SEPTembre	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0	1,6	0,0	9,2	0,8	0,0	12,5	2,0
OCTOBRE	7,0	0,8	19,5	19,0	0,5	0,0	7,2	5,0	6,1	0,0	0,0	15,0
NOVembre	2,0	3,7	- - -	19,5	0,0	4,0	0,0	4,8	0,0	1,8	0,8	12,0
DECembre	2,1	3,4	- - -	4,5	10,3	1,3	0,0	12,2	5,2	36,0	3,9	0,3

2.1.4. = MOYENNES ET MEDIANES DES PLUIES 1954 - 66

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	année
Pluie moyenne mm	12,6	2,5	9,5	11,3	1,5	2,2	0,0	0,1	2,3	10,7	7,5	10,9	71,1
médiane mm	5,0	1,0	3,9	8,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,8	6,1	3,2	7,8	(36,9)
médiane annuelle													58,7
Nombre de jours de pluies : total	5,5	3,2	4,5	4,8	3,0	2,8	0,7	0,4	4,1	5,3	4,2	5,1	43,6
Nombre de jours de pluies : >0,1 mm													25
Pluies maximales en 24 h. mm	39,0	8,2	26,0	23,5	5,1	9,0	0,5	1,0	12,5	19,5	19,5	36,0	- - -
Fréquence des mois secs pour 10 ans	1,7	3,3	2,3	1,5	3,8	5,4	9,2	9,2	4,6	2,3	2,5	0,8	- - -
Fréquences des pluies par classes mm par mois (152 cas) 0 - 0,1	2	4	3	2	5	7	12	12	6	3	3	1	
0,1 - 9,9	6	8	5	6	8	5	1	1	6	7	5	8	
10,0 - 19,9	1	0	1	4	0	1	0	0	1	0	3	2	
20,0 - 39,9	2	0	4	0	0	0	0	0	0	2	1	0	
+ 40,0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	

On peut estimer que la moyenne générale doit se situer plutôt au voisinage de la médiane (60 mm) que de la moyenne trouvée (70 mm). Cependant seule la connaissance à long terme de la fréquence des pluies fortes d'octobre à avril, sur 25 ans au moins, permettra de tirer quelques conclusions à propos de la réalimentation des nappes. On voit dès à présent qu'on n'a pas eu *une seule fois* de pluie supérieure à 10 mm en Février ni en Mai, alors que les autres mois d'hiver la fréquence de ces pluies oscille de 25 à 40% des cas. Les pluies de Mars sont *les plus régulièrement importantes,* celles de Décembre *les plus fréquentes* : on a moins d'une chance sur 10 d'avoir un mois de Décembre sec.

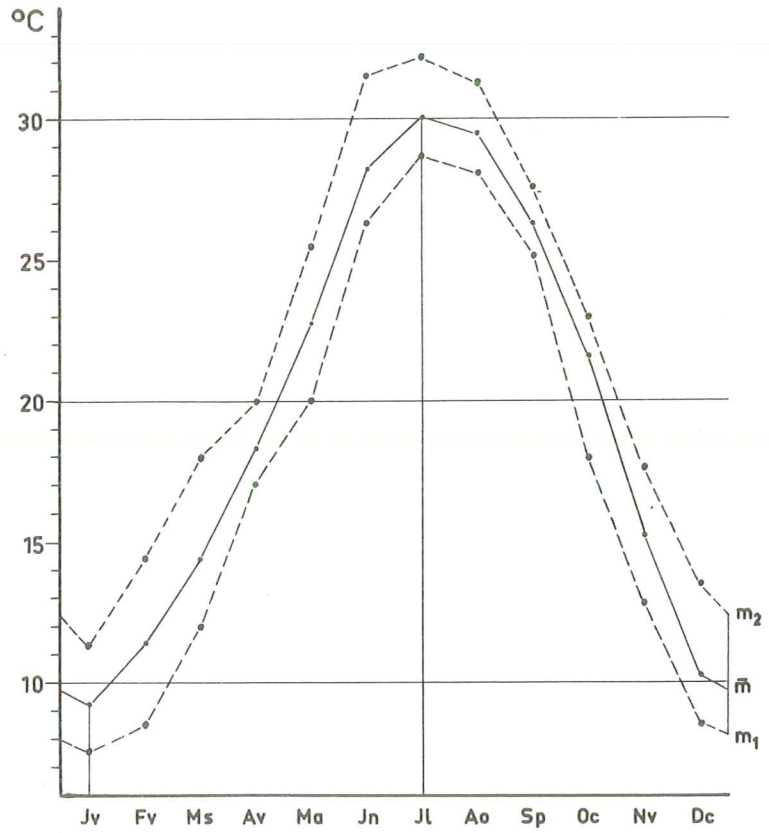
La courte série ne permet aucune conclusion quant aux liaisons éventuelles entre pluies d'automne et de printemps. On a des pluies dès Septembre 1 an sur 2, et ceci est important pour le palmier dattier, qui en souffre beaucoup.

Près d'un jour sur 2 noté comme ayant comporté de la pluie n'a fourni que des traces.Celles-ci sont néanmoins importantes physiologiquement, car en milieu irrigué elles peuvent conduire à des développements parasitaires importants, surtout en fin d'été. C'est effectivement ce qu'on constate.

Enfin les plus fortes précipitations constatées en 24 heures ne dépassent pas 39 mm; contrairement à une idée fréquemment avancée les pluies sahariennes ne sont pas «diluviennes». Elles sont souvent violentes, mais concentrées dans le temps. Il est regrettable qu'on n'ait pu avoir de pluviographe à Ksar Rhilane : les indications d'un tel appareil auraient été importantes. On relève cependant, dans les cahiers d'observation, que la durée de ces orages a rarement dépassé 6 heures. Les pluies de 24 heures ou plus sont faibles (10 à 15 mm au plus). Leur caractère exceptionnel ressort du Tableau des pluies maximales et des pluies de 10,0 à 19,9 mm, avec quelques orages (5 en 13 ans de plus de 20 mm).

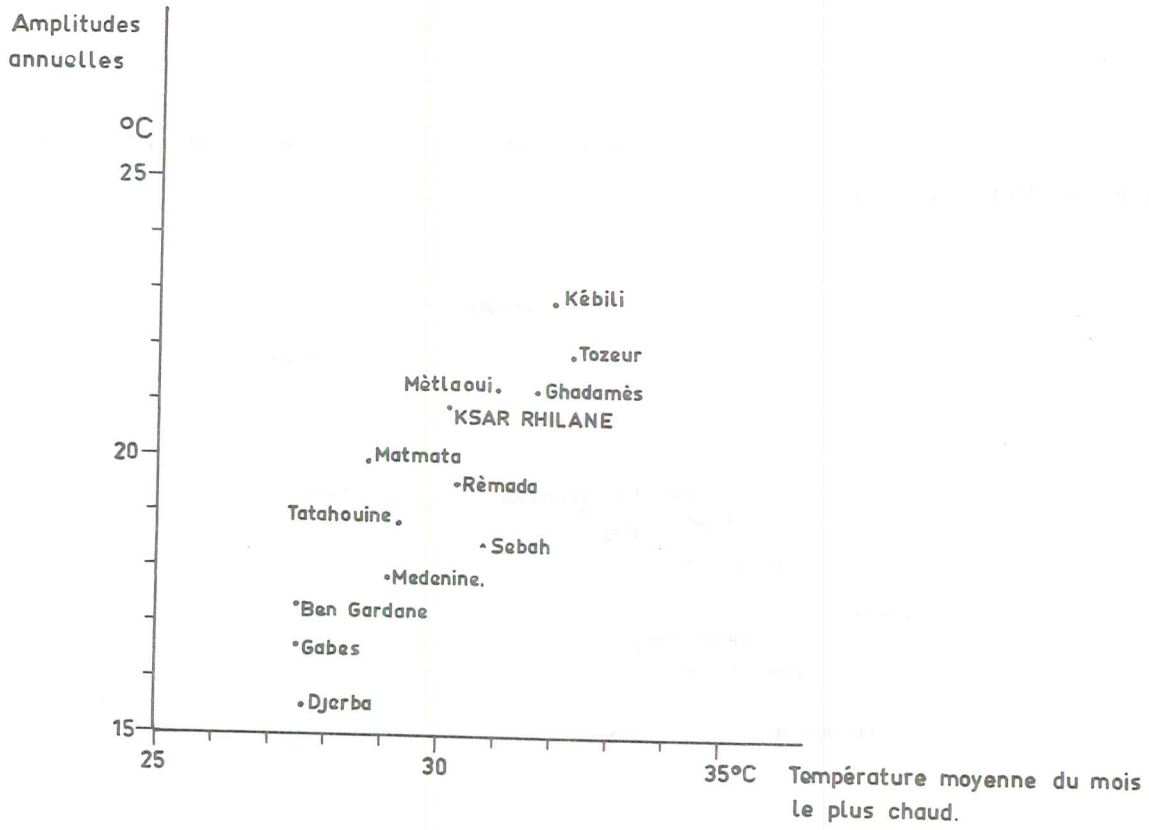
Des observations directes permettent en outre de dire que la plupart de ces précipitations sont locales, sur quelques km2 ou quelques centaines de km2 au plus : si la notion de pluie moyenne régionale garde un sens, la pluie instantanée en un lieu donné n'en a guère. Il y a seulement lissage dû au hasard.

Les pluies d'automne ont un rôle non négligeable pour la végétation. Il en va de même pour les pluies d'Avril, qui permettent régulièrement un pâturage : ceci n'est plus exact plus à l'ouest en Algérie. On doit remarquer ici l'influence de la trouée de Tatahouine, qui amène assez souvent des précipitations jusqu'au niveau de Ksar Rhilane.



Températures moyennes mensuelles 1954 - 1966 à Ksar Rhilane Erg (I).
m^1 moyenne mensuelle la plus froide.
m^2 moyenne mensuelle la plus chaude.

2211

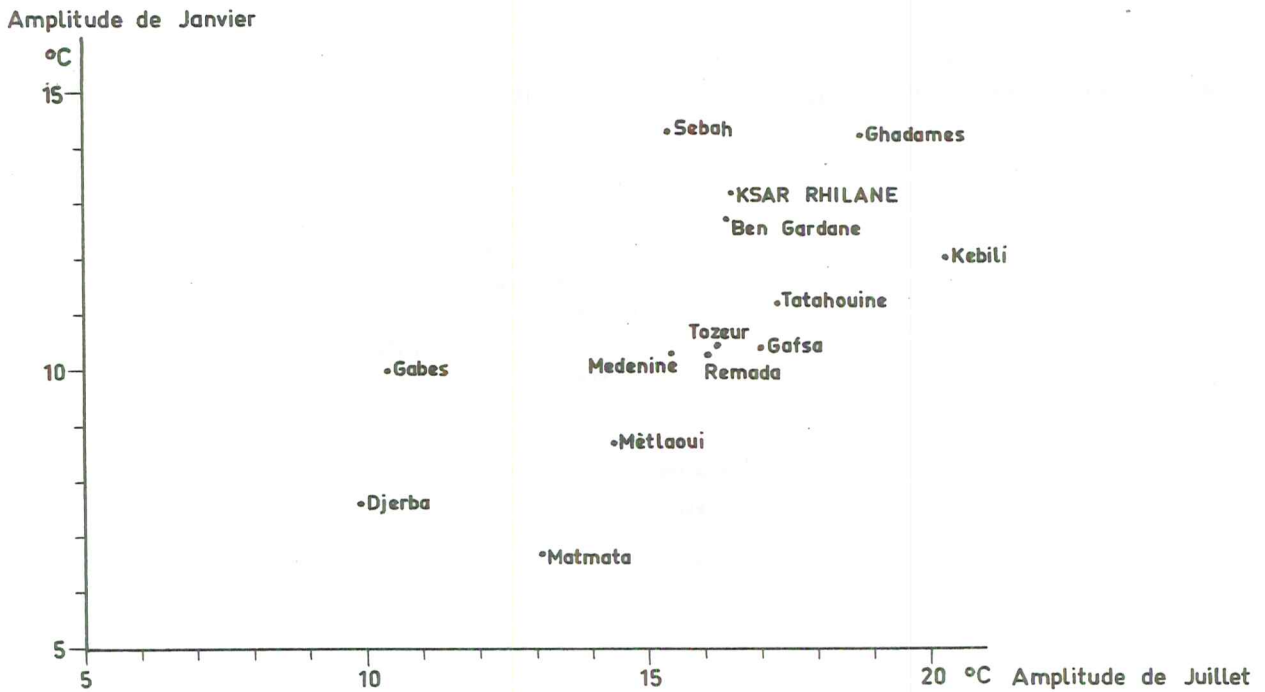


AMPLITUDE ANNUELLE

Amplitudes annuelles (Juillet-Janvier) par rapport à la température moyenne de Juillet de stations sahariennes de Tunisie et du Fezzan

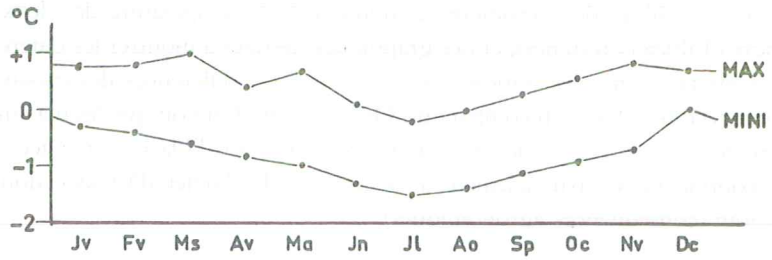
22.21

AMPLITUDES MENSUELLES

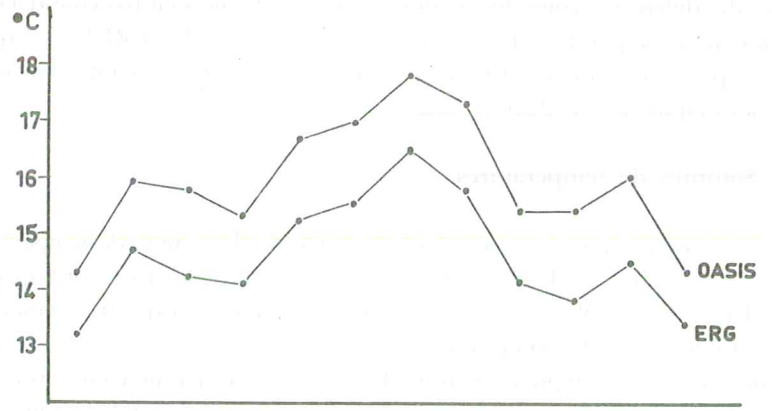


Amplitudes mensuelles de Janvier et Juillet des mêmes stations

22.22



22.12 Différences moyennes mensuelles 1962 - 1966 entre l'Erg et l'Oasis.
MAX. Températures maximales MIN Températures minimales



Amplitudes nycthémérales moyennes mensuelles sous abri dans l'Oasis et sur l'Erg

2.22

22)- Températures de l'air et du sol en surface

221. - Températures sous abri

On a étudié les températures sous abri sur l'Erg de 1954 à 1966, dans l'Oasis de 1960 à 1966. Cependant les comparaisons entre les deux séries ont été faites sur les années homologues, pour éviter des écarts non significatifs.

On donne un tableau des maximums et minimums de température des deux stations en annexe (Tableaux résumés), et des graphiques destinés à montrer les différences systématiques existant entre les stations (N° 2211 et 2212) différences des maximums et des minimums (1962-1966), en comparant l'Oasis à l'Erg. On voit que les maximums sont régulièrement plus élevés, et les minimums plus bas, dans l'Oasis : on a accentuation de la «continentalité» parallèlement à la création de l'«effet d'Oasis», dont on parlera plus loin (conséquences agronomiques).

222. - Amplitudes

De même le N° 222 montre l'écart systématique dans les amplitudes nycthémérales (conséquence des différences constatées ci-dessus). Ces écarts ne sont pas considérables, mais sont néanmoins importants. Les valeurs des amplitudes à Ksar Rhilane surprennent d'ailleurs par leur constance. On les a comparées à d'autres stations climatiques du Sud sur les graphiques N° 2221 et 2222.

223. - Sommes de températures

Une autre notion importante en agronomie est celle de somme de température. On a calculé celle-ci pour les deux stations, en tenant compte plus particulièrement de la série de l'Erg (13 ans), plus significative, et on l'a comparé à d'autres stations du sud dans les Tableaux N° 223 ci-dessous.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, Ksar Rhilane n'a pas un climat très chaud dans l'ensemble : comparé aux autres stations ci-dessous on voit qu'il avoisine étroitement Gafsa. Ceci est important pour la culture du palmiers Déglet-En-Nour dans le Sud, on le verra au chapitre «conséquences agronomiques». En hiver, on a 80 à 180° de moins qu'à Kébili ou Tozeur, en été 300 à 500° de moins, selon qu'on considère l'un ou l'autre abri, et les températures en dessus de 0° ou de 15°.

223.1. - **Sommes mensuelles des Températures**

	Ksar Rhilane I		Ksar Rhilane II	
MOIS	0°C et +	15°C et +	0°C et +	15°C et +
JANVIER	285	0	310	0
FEVRIER	319	0	314	0
MARS	446	8	466	9
AVRIL	548	99	548	99
MAI	704	239	686	220
JUIN	845	396	818	369
JUILLET	933	468	927	462
AOUT	915	449	917	453
SEPTembre	779	339	772	321
OCTOBRE	669	205	636	171
NOVembre	456	16	444	10
DECembre	316	0	341	0

223.2. - **Comparaison des sommes de Températures de quelques Stations du Sud.**

	1-XI 30-IV	0°C et + I, V 31-X	15°C et +
GABES	2620	4483	1866
KSAR RHILANE II	2423	4756	2114
« I	2370	4845	2219
GAFSA	2330	4895	2219
METLAOUI	2473	4939	2317
KEBILI	2505	5157	2607
TOZEUR	2611	5172	2629

On remarquera que l'effet d'Oasis se traduit par un certain *réchauffement* de la température moyenne en hiver, et par une légère *diminution* de celle-ci en été.

D'autre part les températures moyennes en Octobre et Novembre baissent très rapidement à Ksar Rhilane ce qui entraine une lenteur dans la maturation environ 4 ans sur 5.

224. - **Fréquence des gelées**

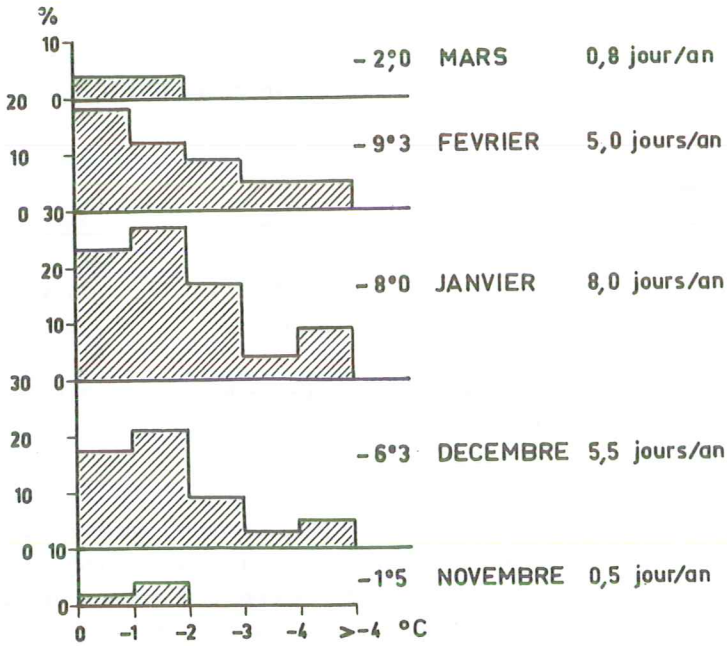
Le schéma ci-contre présente la répartition moyenne mensuelle des gelées *sous abri* à Ksar Rhilane I de 1954 à 1966. On voit que la fréquence de celles-ci est grande, et qu'en Décembre, Janvier et Février, la gelée est de règle chaque année.

On a *en moyenne* sur 13 ans 20 jours de gelée sous abri par an, répartis comme indiqués sur le graphique. Chaque année il gèle au moins 7 ou 8 fois, au plus 30 à 35 fois *sous abri*. Ce qui signifie en fait, compte tenu de la différence entre température de l'air sous abri et au sol, qu'au moins 15 à 20, au plus 75 à 90 jours par an, on aura une gelée (légère ou forte) au niveau du sol. Ceci interdit, on le voit d'envisager des cultures d'hiver délicates dans un tel milieu.

Cette fréquence des gelées est masquée sur les moyennes par les fortes amplitudes thermiques quotidiennes hivernales.

FREQUENCE % DU NOMBRE
DE JOURS DE GELEE SOUS ABRI
PAR MOIS

KSAR RHILANE 1954 - 1966



Fréquence % du nombre de jours de gelée sous abri par mois Ksar Rhilane I 1954 - 1966, gelée de degré en degré et minimum absolu mensuel.

224

225. - **Température du sol en surface**

On a effectué des mesures de longue durée des minimums et maximums atteints par le sol. On donne ci-dessous un Tableau présentant ces données moyennes pour 1961 - 1963 :

MOIS	Min.	Max.	Moy.	Ampli.
JANVIER	2.0	26.2	14.1	24.2
FEVRIER	2.5	34.4	18.5	31.9
MARS	5.8	34.1	20.0	28.3
AVRIL	11.0	42.6	26.8	31.6
MAI	14.7	50.7	32.7	36.0
JUIN	18.3	51.5	34.9	33.2
J UILLET	19.5	57.8	38.7	38.3
AOUT	19.3	54.4	36.8	35.1
SEPTembre	17.1	51.3	34.2	34.2
OCTOBRE	12.0	42.7	27.4	30.7
NOVembre	7.2	31.1	19.2	23.9
DECembre	0.7	26.1	13.4	25.4

Différences entre température sous abri et au sol:

Différence entre les maximums :

Juillet — 22°C

Décembre — 7°C

Différence entre les minimums :

Décembre + 0°7

Janvier + 2°7

Juillet + 1°7

Extrême moyen 0°1 - 57°8

Extrême absolu - 5°3 - + 64°0

Le sol est plus froid la nuit, plus chaud le jour (1° C de moins la nuit, 7° à 22° le jour) que la température de l'air. D'autre part la moyenne, plus élevée que celle sous abri ne doit pas faire illusion : la plante, soumise à des gelées fréquentes, aura des difficultés à profiter de l'échauffement diurne si elle n'est pas résistante intrinsèquement.

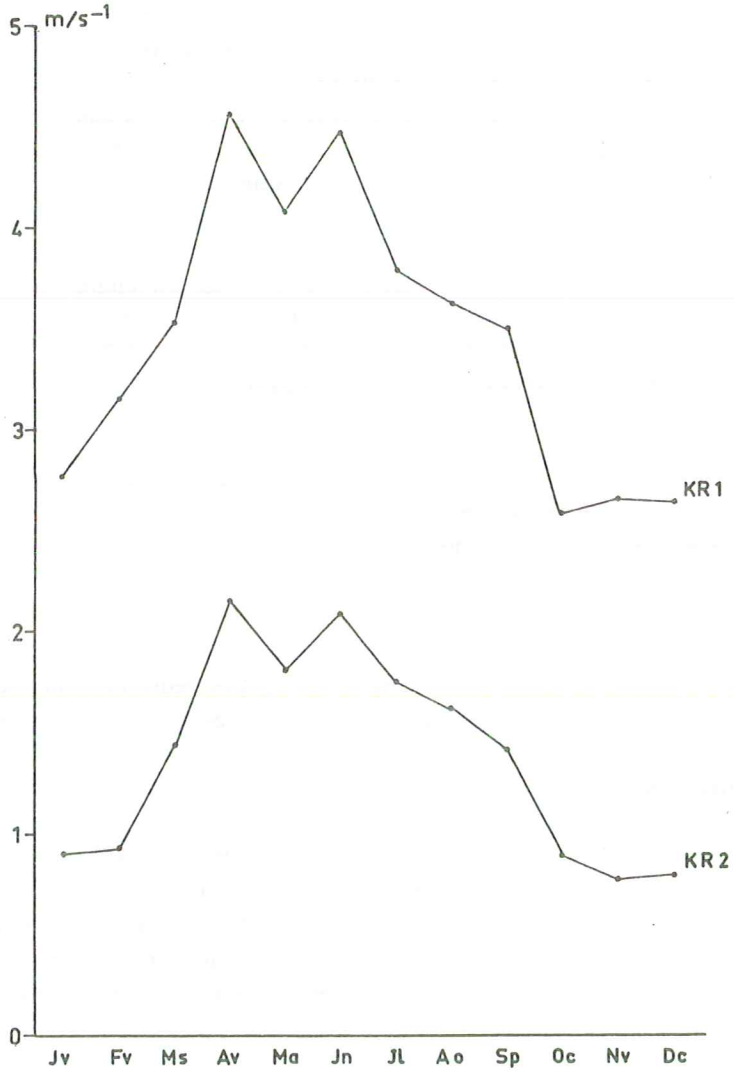
23) - **Les vents à Ksar Rhilane**

On a dépouillé les vitesses et directions des vents à Ksar Rhilane, tant dans l'Oasis (Poste II) que sur l'Erg (Poste.I). Le poste I a un fonctionnement de 13 ans, mais on a dépouillé la période 1954 - 1960 pour les directions, 1962 - 1967 pour les vitesses, en fonction des dépouillements déjà effectués et des dates d'installation des appareils, une étude portant sur 13 ans ne modifierait certainement pas les conclusions auxquelles on est arrivé, mais lisserait mieux les moyennes.

231. - **Les vitesses**

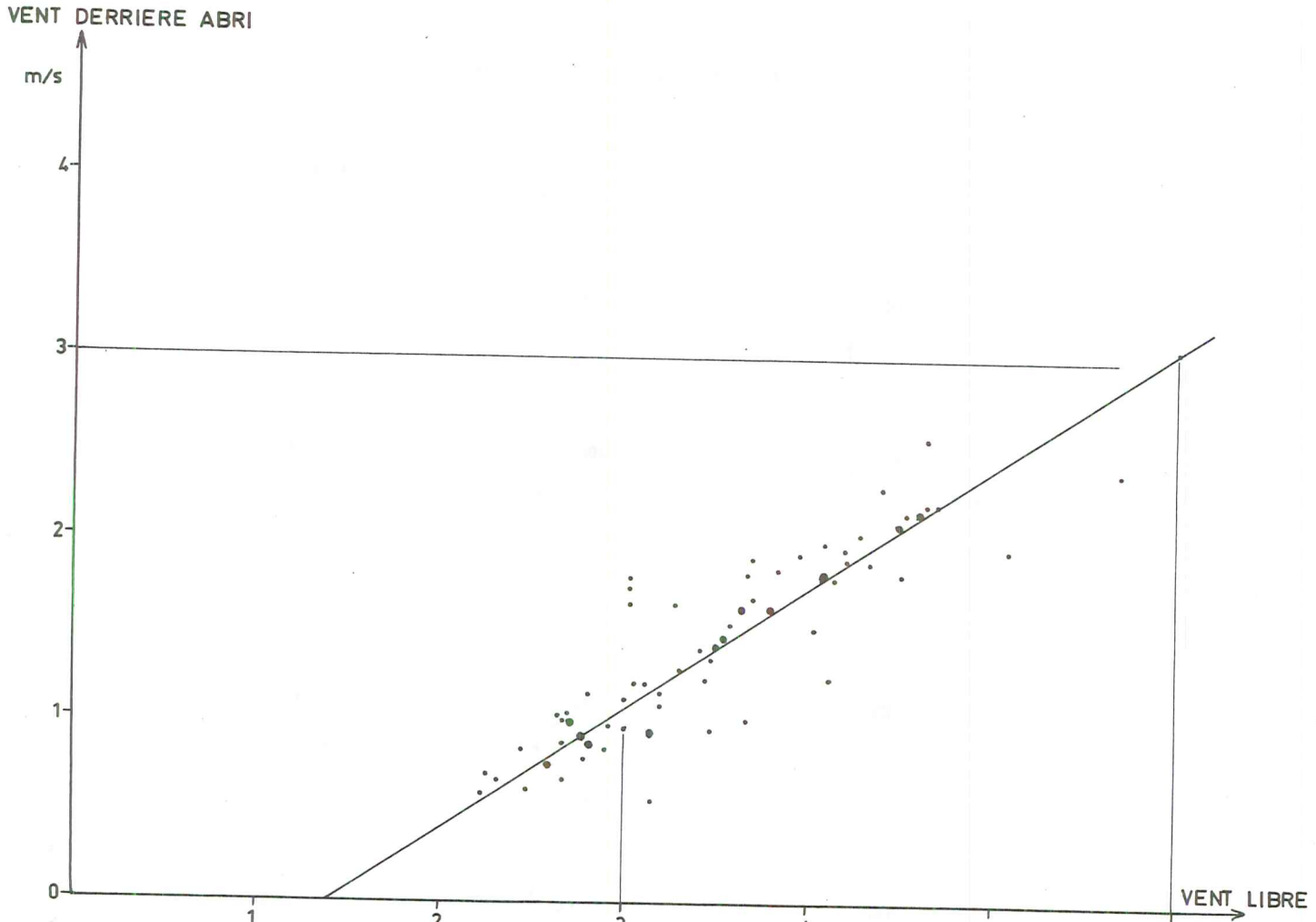
Le graphique ci-contre (231.1) présente l'évolution mensuelle des vitesses du vent au cours de l'année. Les vitesses moyennes mensuelles tamponnent considérablement les pointes, et on a noté sur l'Erg des vitesses supérieures à 110 km. h^{-1} (30 $m.s^{-1}$) particulièrement de Mars à Juin. Par contre les vents d'hiver sont assez réguliers en vitesse, et on note peu de coups de vents violents, généralement inférieurs à 80 $km.h^{-1}$.

Le temps à manqué de faire la statistique complète des vents par vitesse et directions, mais celle-ci est réalisable, les documents existant.

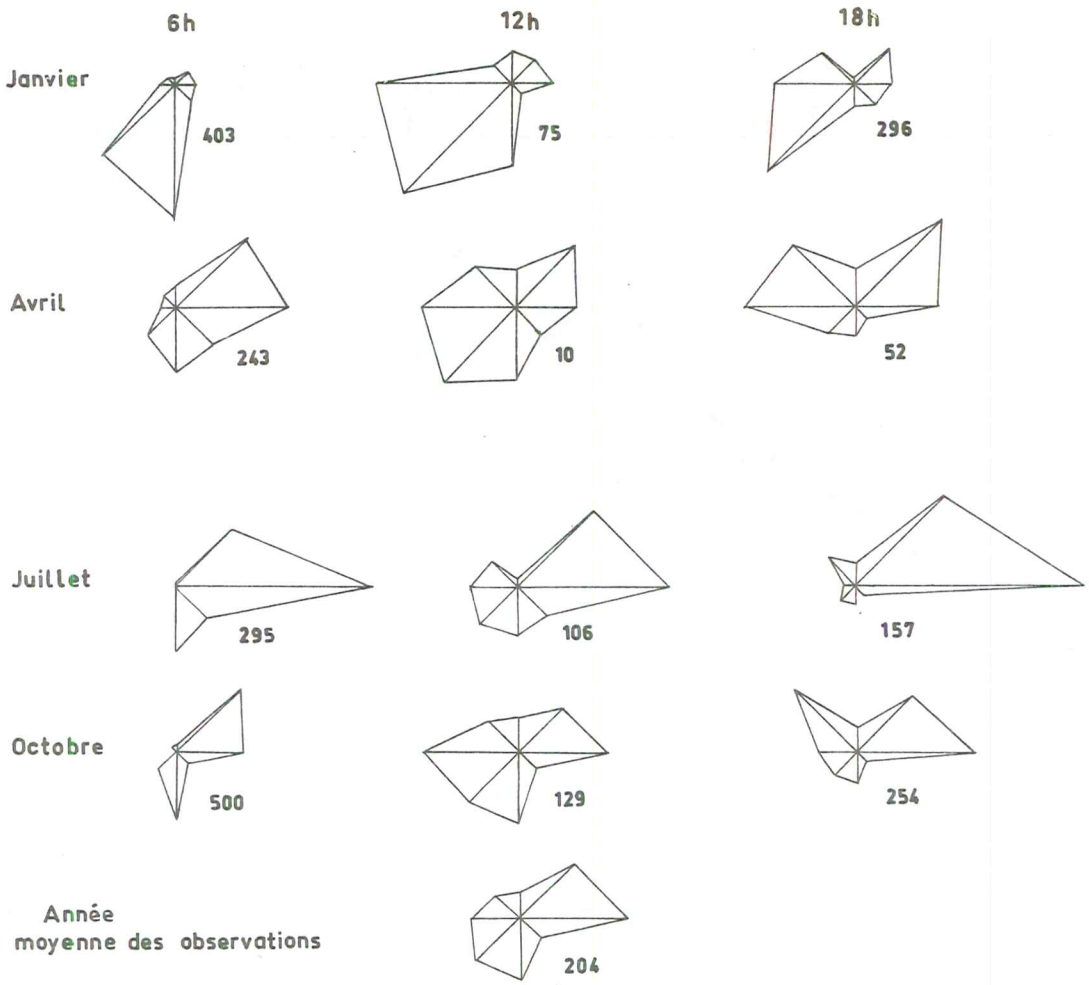


Vitesse moyenne mensuelle en m. s $^{-1}$ du vent sur l'Erg et dans l'Oasis d'après les kilomètres passés

231-1



Rapport des vitesses du vent sur l'Erg et dans l'Oasis.



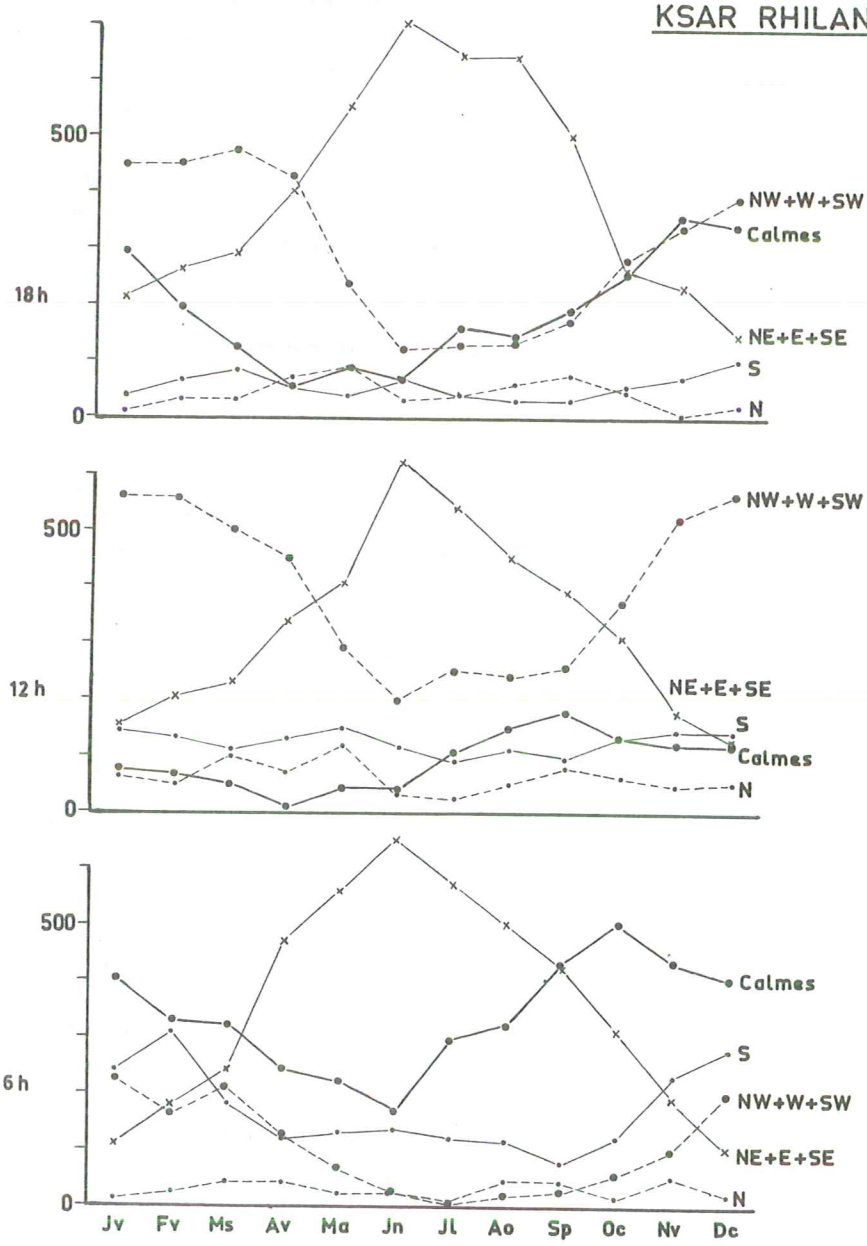
KSAR RHILANE - DIRECTIONS DES VENTS

Directions des vents à 6h, 12h, et 18h pour 4 mois caractéristiques et moyenne annuelle de la rose des vents.
Les chiffres à côté de chaque rose traduisent le nombre de Calmes pour 1.000 observations.

232.1

DIRECTION DES VENTS

KSAR RHILANE 1954-1960



Directions des vents à Ksar Rhilane par mois, à 6h, 12h et 18h. 1954-1960 -
On a regroupé les directions par affinités.

232.2

On voit sur les graphiques l'évolution annuelle des vitesses : le vent, faible en hiver (Octobre à Janvier) croît régulièrement de Janvier en Avril où il culmine à plus de 4 $m.s^{-1}$ de moyenne mensuelle sur l'Erg, ce qui est considérable. Il se maintient entre 4 et 5 $m.s^{-1}$ d'Avril à Juillet, puis décroît régulièrement jusqu'en Octobre.

Le graphique des corrélations (231.2) Erg-Oasis montre que l'effet de brise-vent des tamaris est excellent à la distance à laquelle se trouvait l'anémomètre (environ 4 fois la hauteur des tamaris vers l'Ouest, le Nord et le Sud, et à environ 4 fois la hauteur des oliviers vers l'Est).

La corrélation linéaire calculée sur 5 ans : $y = 1{,}52 \times + 5$, en $km.\ h^{-1}$ montre que les vents libres très faibles (inférieurs à 5 $km.h^{-1}$) ne sont que peu ou pas enregistrés sur le totalisateur de l'Oasis. Ceci a été contrôlé sur les valeurs journalières pour des vents de Sud, Ouest et Nord; pour les vents d'Est la corrélation est moins bonne, ce qui est normal, car les oliviers constituent un brise-vent bien moins efficace que les tamaris. Ceci explique les fluctuations autour de la droite de régression.

232. - **Les Directions**

On a établi les roses des vents à 6h, 12h et 18h pour les mois de Janvier, Avril, Juillet et Octobre, bien représentatifs des directions annuelles. On donne en outre la rose annuelle moyenne, qui montre une fois de plus à quel point elle est insuffisante pour comprendre les phénomènes (23.1).

On a établi d'autre part (232,2) un graphique présentant les vents mois par mois à 6h, 12h. Pour simplifier le dessin et le rendre plus lisible, on a regroupé les vents de SW, W et NW, SE, E et NE respectivement : on a été guidé dans ce regroupement, dont on sent l'arbitraire par l'examen des roses. On aurait pu modifier les regroupements en fonction de l'heure, mais les graphiques auraient perdu en homogénéité de lecture ce qu'ils auraient gagné en précision.

Les Calmes sont très importants *la nuit et tôt le matin* (6h), surtout en automne et en hiver (Septembre à Janvier), ils diminuent en été pour passer par un minimum en Juin (moins de 20 %). Ils sont rares à midi (2 à 18 %) avec un maximum en Septembre et un minimum en Avril, (à correler avec les vitesses moyennes mensuelles du vent); et le soir (18h) ils oscillent comme à 6h du matin avec un maximum en Novembre et un minimum d'Avril à Juin.

Les vents du *Secteur Sud* sont fréquents en hiver (Novembre à Mars), plus rares en été. Mais ils soufflent essentiellement le matin. A midi ils n'ont qu'une fréquence de 5 à 15 %, et le soir de 5 à 10 %.

Les vents du Nord sont également peu fréquents (5 % dans l'année), mais soufflent *surtout à midi,* au printemps (Avril-Mai).

Les deux groupes de directions dominantes sont d'Est en été, Ouest en hiver (plus de 50 % des fréquences). *Est* seul atteint 45 % en Juin à 18h, 40 % à 6 h et 33 % à 12h. Ce sont aussi les vents les plus violents en moyenne on l'a vu plus haut. Ils sont relativement fréquents même en hiver, mais sont plutôt alors de NE ou de SE. On a plus de 60 % de fréquence du Secteur Est (E + NE + SE) en Juin, atteignant 70 % à 18h.

Ouest prédomine donc en hiver. Mais c'est essentiellement un vent diurne. SW prédomine d'ailleurs nettement, le matin à 6h, mais tourne vers W ou même NW à 12h, tandis qu'on a 20 à 25 % à 12h et 18h de vents d'Ouest de Janvier à Mars. Les vents de NW sont fréquents surtout au printemps (17 % en Mars Avril) et automne (15 % en Octobre) à 18h.

233. - **Influence des vents - Sirocco et Vents de Sable**

On a donc des vents de Sud le matin en hiver, tournant au Secteur Ouest dans la journée, d'Est en été, très stables, mais variant de SE à NE, avec de nombreux calmes le matin en hiver.

«Sirocco» et «Vents de Sable» sont notés fréquemment par les observateurs, sirocco étant à entendre «vent dessèchant» et, «vent de sable» signifiant vent chargé de poussière de sable, avec effets tourbillonnaires le plus souvent.

Ces deux phénomènes ne sont d'ailleurs pas liés : les vents de type «sirocco» sont essentiellement caractérisés par la faible teneur en vapeur d'eau de l'air, et l'advection thermique au sein de la masse atmosphérique .Ils sont liés à des anticyclones et des dépressions situés soit dans le bas Sahara soit sur le Nord de la Tunisie ou la Petite Syrte, entrainant des appels d'air d'origine saharienne. Dans certains cas, on remarque que les observateurs ont noté «sirocco» des vents de Nord Est, qui sont en fait des effets de Foehn liés à la barrière des Dahars.

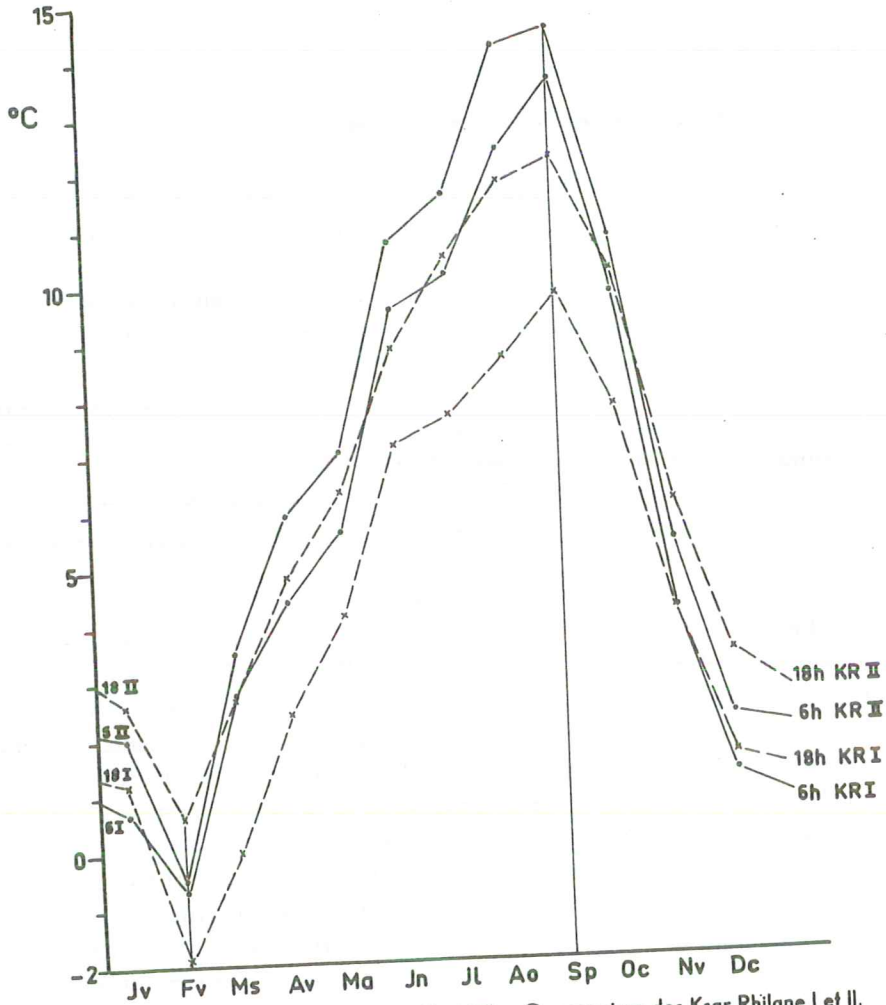
Les vents de sable peuvent avoir deux origines : dans le premier cas, le plus rare en fait, on a affaire à un déplacement de poussières lié à des masses d'air importantes. C'est le phénomène qui aboutit en Europe occidentale aux pluies de sang. Dans le second cas, le plus fréquent, il s'agit de mouvements locaux de saltation, qui ont été étudiés depuis plus de 15 ans au CNRS en France (Laboratoire Queney : cf. travaux de M. DE FELICE). On a des mouvements de déplacement centimétrique du sable, par arrachement et chocs des particules les unes sur les autres. Un fort gradient entre le sol et l'atmosphère libre existe assez souvent, c'est le cas au printemps (gradients de pression) ou aussi à l'intérieur de réseaux de brise-vent imperméables, où la réduction brutale du vent derrière l'abri provoque des tourbillons en rouleaux verticaux.

On a alors arrachement des particules de sable et déplacement local de celles-ci avec les vents dominants. C'est ainsi que se sont produits les endunements dans la Garaa de Ksar Rhilane dont l'origine est à chercher dans l'extirpation totale des caligonums; le phénomène est également responsable de la stérilité de la floraison des oliviers; chaque fleur fixe sur son pistil gluant des grains de sable. Il explique aussi le développement de maladies fongiques, car l'érosion due au sable ouvre une infinité de portes à l'infection.

24) - **Humidité Relative et Température du Point de Rosée**

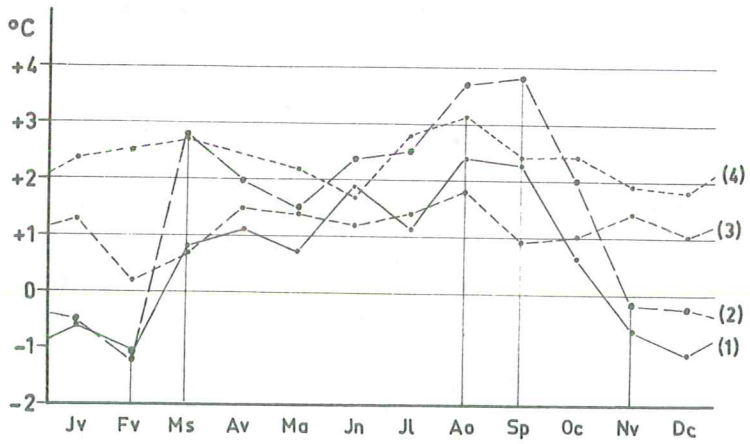
- Effet d'Oasis

Comme on peut s'y attendre en climat désertique, la teneur moyenne en vapeur d'eau de l'air à Ksar Rhilane est peu élevée. On note cependant une influence non négligeable des vents d'Est (marins pour la région), en particulier à la fin de l'été, sur la teneur vapeur d'eau de l'atmosphère.



Température du point de rosée à 6h et 18h. Comparaison des Ksar Rhilane I et II.

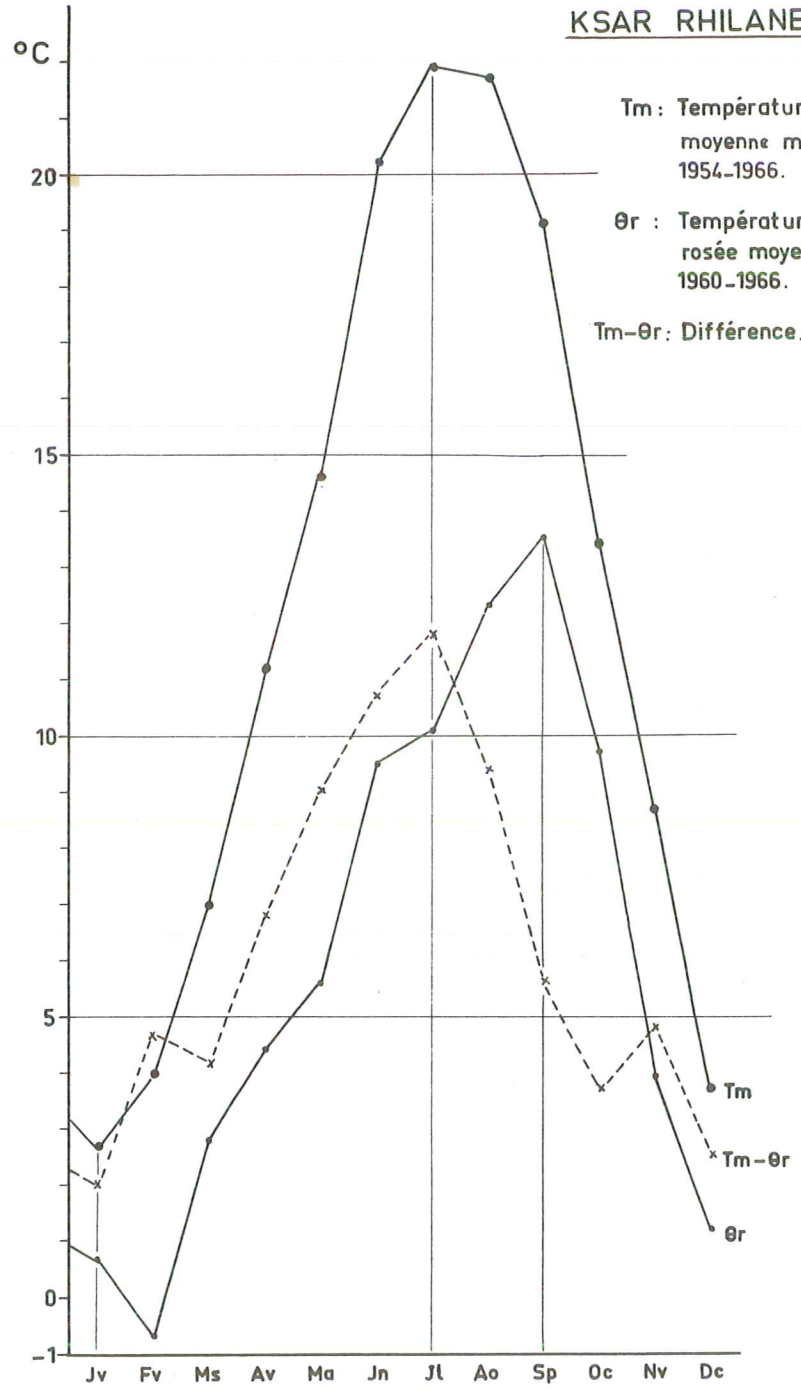
2.4.1



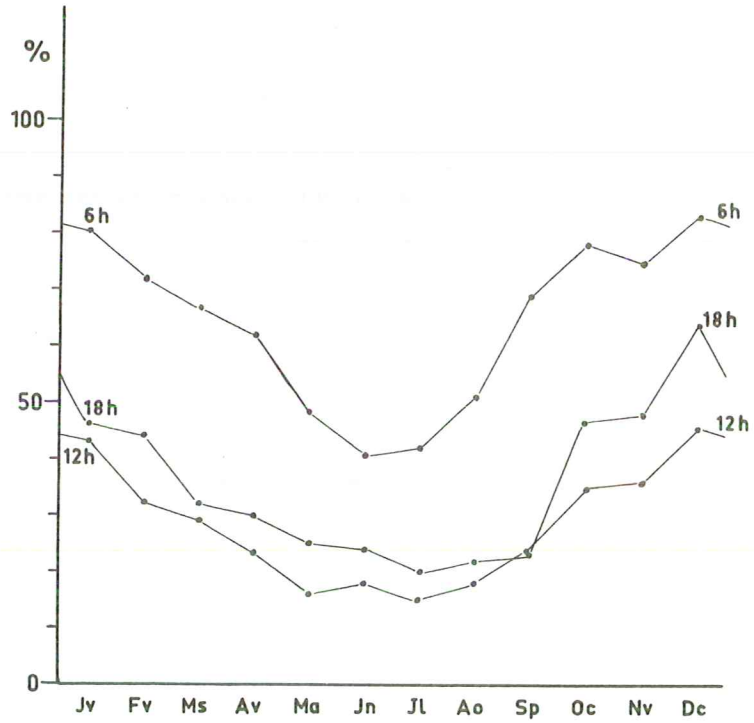
Comparaisons entre les points de rosée

(1) différence entre 6h et 18h à Ksar Rhilane I
(2) différence entre 6h et 18h à Ksar Rhilane II
(3) différence entre Ksar Rhilane I et II à 6h
(4) différence entre Ksar Rhilane I et II à 18h.

2.4.2



2.4.3 Comparaison entre les températures minimales et le point de rosée à Ksar Rhilane I :



Humidités relatives moyennes mensuelles à 6^{h}, 12^{h} et 18^{h} à Ksar Rhilane I.

2.4.4.

On a établi quatre graphiques pour illustrer ce propos : N° 241 qui montre la fluctuation de la température du point de rosée à 6h et 18h aux deux stations de Ksar Rhilane (I= Erg, II = Oasis), N° 242, qui présente la différence systématique des températures du point de rosée à 6h et 18h à Ksar Rhilane I et Ksar Rhilane II, et la différence existant entre Ksar Rhilane II et I à 6h et 18h.

On notera que la température du point de rosée, ou ce qui revient au même la teneur en vapeur d'eau de l'air, est maximale à 6h du matin, minimale à 18h sauf de Novembre à Mars (hiver) où on a l'inverse.

Le matin, l'écart entre les deux stations est relativement constant et voisin de 1°C au profit de l'Oasis de Mars à Novembre, En hiver l'écart est faible. Il est plus important l'après midi et avoisine 2°C.

L'écart entre le matin et le soir est maximal en été sur l'Erg, où il atteint 4°C, il s'annule en Février au moins dans la série de mesures dont on dispose.

Cet écart important entre deux stations voisines explicite mieux que toute autre donnée climatique l'importance de l'effet de l'Oasis sur le microclimat local ,et notamment sur le bilan des échanges radiatifs. On reprendra cet aspect au paragraphe «Conséquences agronomiques».

En 243, on a porté d'une part les températures minimales à Ksar Rhilane I, d'autre part la température du point de rosée mensuelle à 6h. En Décembre et Janvier les valeurs sont voisines : on a rosée probable au moins un jour sur 2 car, on l'a vu, la température de surface (du sol ou des végétaux) est inférieure de 1 à 3° en moyenne à celle de l'air sous abri. Il en va encore de même en Février (les jours où les influences d'Est dominent) et en Mars en dehors des périodes de vent de Sud, Sud Ouest ou Ouest.

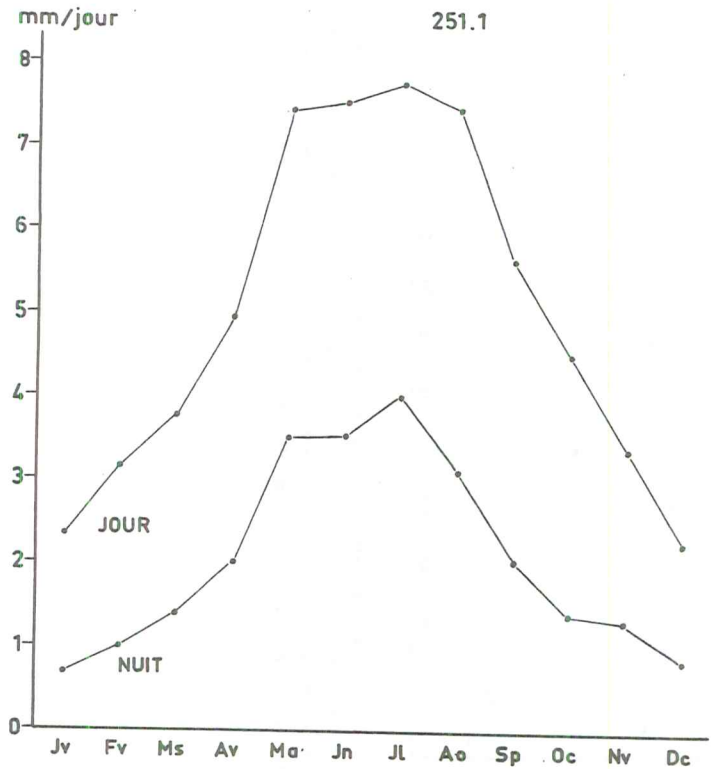
On a représenté en tireté la différence entre minimum et point de rosée, qui permet de voir que le déficit maximum est atteint en Juillet, et qu'en Septembre on est déjà, de ce point de vue, en situation «hivernale» : la teneur en vapeur d'eau de l'air croit rapidement à la fin de l'été, et le risque de rosée devient non négligeable dès le 15 Septembre en moyenne. On verra l'importance agronomique de ce phénomène plus loin.

On a enfin porté sur un graphique (244) les humidités relatives à Ksar Rhilane I à 6h et 18h. Il fait double emploi avec les précédents, mais on est plus accoutumé à la notion d'humidité relative qu'à celle de point de rosée. Les données de 12h et 18h de Mai à Septembre sont un peu douteuses, car la fréquence des *humidités inférieures à* 10 % rend aléatoire le calcul des moyennes.

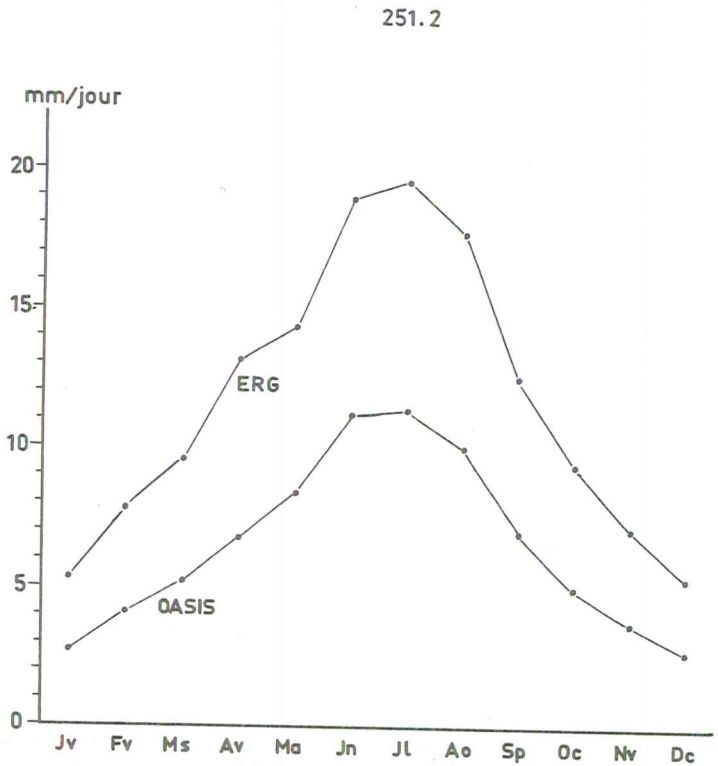
25) - Evaporation sous abri et évapotranspiration

251. - Un évaporomètre de piche a fonctionné au poste I de 1954 à 1966, soit pendant 13 ans, et au poste II on peut utiliser les données de 1960 à 1966, soit 7 ans. On voit immédiatement, en examinant les données, que 1960 a fourni des valeurs très élevées (2 750 mm dans l'année), alors qu'à partir de 1961 les données sont d'une stabilité remarquable (2 367 mm + 100 mmm).

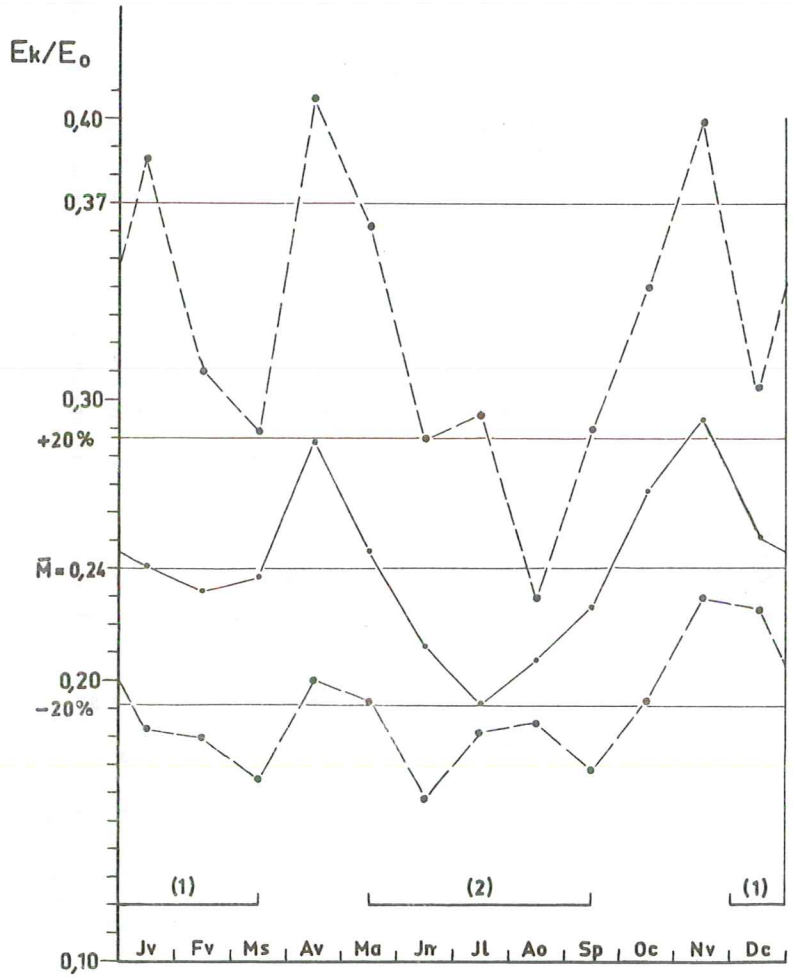
On peut expliquer ceci par *la croissance du rideau brise-vent;* insuffisant jusqu'à 1960, il a commencé à fournir un abri suffisant à cette date, et son effet est devenu homogène à partir de 1961.



Fractions de l'évaporation du piche diurne et nocturne 1960-1962 dans l'Oasis en mm par jour, de 6h à 18h (jour) et de 18h à 6h (nuit).



Comparaison des évaporations dans l'Oasis et sur l'Erg 1960-1966 en mm jour,



Rapport entre les données de l'évapotranspiromètre et de l'évaporomètre de Piche corrigé (Méthode Bouchet). Fluctuations annuelles 1962 - 1966. 0,37 = Cœfficient de Versailles. 0,24 = Cœfficient moyen sur 5 ans à Ksar Rhilane. 20% fluctuations de la valeur moyenne mensuelle par rapport à la moyenne. En pointillé : valeurs extrêmes trouvées de 1962 à 1966. (1) kikuyu en dormance. (2) période de fortes chaleurs.

252

L'abri sur l'Erg donne des valeurs d'évaporation considérables : 4.300 mm environ. Ceci est lié aux phénomènes d'advection et au vent beaucoup plus fort que dans l'Oasis. Ceci permet d'expliquer les fluctuations relevées dans les diverses stations sahariennes, en fonction de leur situation. On trouve situées dans la littérature des valeurs tout à fait comparables, passant de 2.500 à 5.000 mm (et plus), comme par exemple dans «le climat du Sahara» de Dubief, ou «l'utilisation des eaux salées au Sahara» de Simonneau et Aubert (Ann. Agron. INRAT 14-(5)-1963). Les graphiques Nº 251.1 et 252.2 montrent l'importance de la fraction nocturne de l'évaporation et l'écart entre Oasis et Erg.

252. - On a cherché à calculer l'évapotranspiration potentielle en utilisant la méthode proposée par Bouchet. Mais les effets advectifs sont trop importants pour qu'on puisse l'utiliser, et les données à partir du cœfficient de Versailles sont absurdes. On a cherché à calculer les cœfficients à partir du bac évapotranspiromètre, mais là encore les données fluctuent beaucoup, d'autant que l'évapotranspiromètre lui-même, enherbé de kikuyu (Pennisetum Clandestinum),a une réponse critiquable au climat, comme on le verra plus bas. On propose simplement la courbe moyenne pour 1962 - 1966, pour montrer la difficulté d'application des formules dans de telles conditions (Fig. 252).

253. - On a implanté en 1961 un évapotranspiromètre modèle Thornthwaite modifié, avec alimentation en eau par arrosage de la surface et drainage continu. Ce bac était couvert de kikuyu pour avoir une culture homogène dans toute la Tunisie. Mais cette graminée tropicale ne supporte pas le froid : dès que des gelées surviennent, elle se dessèche et entre en dormance apparente, se transformant en quelques jours en une sorte de paillasson. Celui-ci est arrosé en hiver, mais seule l'évaporation directe doit être mesurée, car il n'y a pas végétation. Il en va de même à Kasserine et même à Gabès et Tunis, où la végétation du kikuyu est des plus restreintes en Janvier et Février la plupart des années.

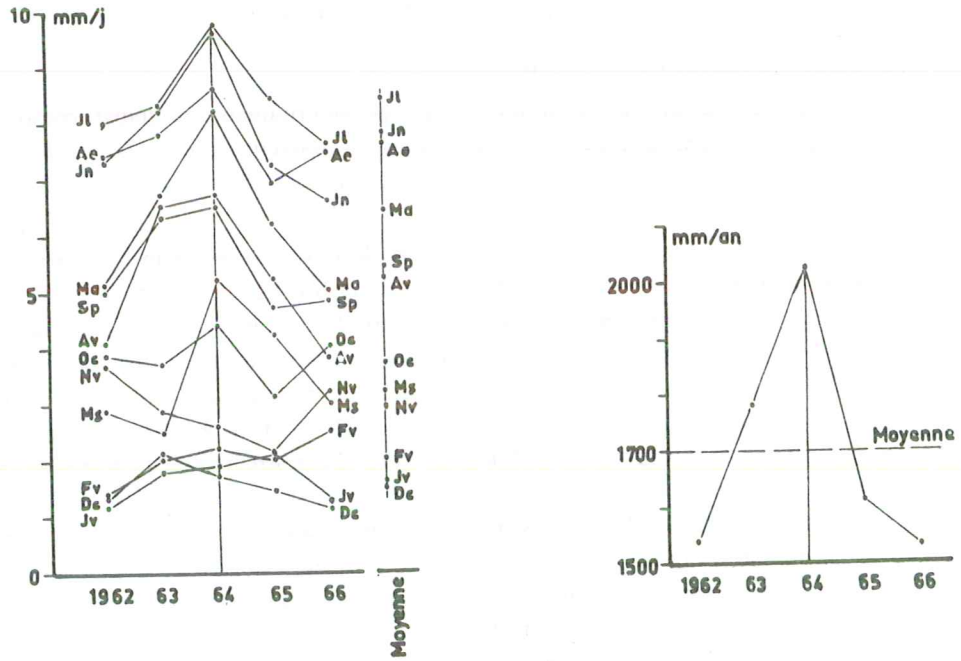
En été au contraire, les coupes très sévères que subit la plante pour la maintenir en gazon reduit ses possibilités de consommation d'eau, et il semble bien que ce soit la vraie raison du «décrochement» des valeurs par rapport à celles de la luzerne (cf l'étude de La Sayette à Tunis à ce sujet, Ann.INRAT sous presse).

Dans ces conditions, il est difficile de situer précisément la valeur de l'évapotranspiration *potentielle* : on a en fait l'évapotranspiration maximale réelle du kikuyu. Mais celle-ci donne une indication *très suffisante* des besoins en eau maximaux des plantes cultivées, compte tenu de la notion de rendement non proportionnel. On connait assez bien, grâce à ce bac, les besoins en eau optimaux dans une oasis du type de Ksar Rhilane. Ils peuvent aller, selon les années, de 1.500 à 2.100 mm environ, soit 15.000 à 21.000 m3/ha, avec une moyenne vers 1.700 mm, et un besoin de pointe en Juillet de 240 à 300 mm, voisin de 260 mm en moyenne (soit 1 l/sec/ha en pointe) (Fig. 253).

Pratiquement cette valeur peut être réduite à 0,8 l/sec/ha en pointe (48 l/min/ha), comme cela se pratique dans les oasis d'Algérie où les exploitations prévoyaient environ 50 l/min./ha pour les palmiers; en Juin et Août les besoins sont de cet ordre. En hiver, 0,2 l/sec/ha sont suffisants, et dans l'ensemble de l'année 0,5 l/sec/ha sont à retenir pour des périmètres étendus avec cultures d'hiver et d'été.

EVAPOTRANSPIRATIONS MENSUELLE ET ANNUELLE

KSAR RHILANE II



Evapotranspirations mensuelles, en mm par jour, et annuelles, en mm par an.

253

TABLEAU N° 253 - EVAPOTRANSPIRATION DU KIKUYU mm/Jour

		1963	1964	1965	1966	1967	Moyenne	Mois
Jv.	1	1.5	1.8	1.5	1.1	1.2	1.4	
	2	1.9	1.6	2.5	1.3	1.1	1.7	
	3	1.7	2.1	2.2	1.4	1.1	1.7	50
Fv.	1	1.6	1.9	2.0	1.6	1.1	1.6	
	2	2.2	2.1	1.9	2.2	1.5	2.0	
	3	2.2	2.7	2.0	4.1	1.5	2.5	56
Ms.	1	1.9	3.1	3.3	2.2*	1.9	2.5	
	2	2.9	4.6	3.2	2.3	1.9	3.0	
	3	3.6	4.9	4.1	3.1	2.4	3.6	95
Av.	1	4.8	6.0	5.4	3.6	4.3	4.8	
	2	6.6	(6.2)*	4.4*	4.8	4.0	5.2	
	3	6.1	(8.0)*	5.8	4.2	4.1	5.6	156
Ma.	1	6.5	7.3	5.9	4.4	4.8	5.8	
	2	6.5	8.5	6.4	5.0	6.3	6.5	
	3	7.2	8.7	6.4	5.6	6.3	6.8	198
Jn.	1	7.3	(9.9)*	7.4	5.7	7.1	7.5	
	2	7.7	8.4	6.6	6.3	7.2	7.2	
	3	9.7	(10.6)*	7.5	7.9	7.5	8.6	233
Jl.	1	9.8	10.0	8.4	7.6	8.1	8.8	
	2	7.4	9.6	9.0	7.3	8.6	8.4	
	3	7.7	9.5	7.8	7.2	7.9	8.0	260
Ao.	1	8.2	9.2	7.5	7.1	8.1	8.0	
	2	7.9	8.4	6.9	7.2	7.4	7.6	
	3	7.4	8.4	6.5	8.2	6.7	7.4	237
Sp.	1	6.9	6.9	5.8	5.3	4.3	5.8	
	2	6.7	6.8	4.1*	4.7	5.9	5.6	
	3	5.4	5.7	4.2	4.5	4.8	4.9	163
Oc.	1	4.5	5.4	3.7	5.0	3.3	4.4	
	2	3.2	4.7	3.1	3.0	2.9	3.4	
	3	3.5	3.3	2.6	4.1	3.0	3.3	114
No.	1	3.6	3.4	2.2	4.8	5.7	3.9	
	2	2.8	2.5	2.3	2.2	3.4	2.6	
	3	2.2	2.0	1.8	2.7	2.0	2.1	86
Dc.	1	2.2*	1.7	1.3	1.2	1.2	1.5	
	2	2.0	1.8	1.4	1.2	1.5	1.6	
	3	2.2	1.6	1.6	1.3	1.0	1.5	48
* = Plusieurs jours manquent ou sont totalisés.								
T./365 j.		1782	2026	1611	1533	1540	1696	

3 - CONSEQUENCES AGRONOMIQUES DES MODIFICATIONS MICROCLIMATIQUES LIEES A LA PRESENCE DE L'OASIS A KSAR RHILANE ET CONCLUSIONS GENERALES

Dans les paragraphes précédents on a fait le tour des phénomènes climatiques étudiés à Ksar Rhilane. Pour des raisons faciles à comprendre, on n'a pas effectué de mesures de rayonnement ni d'insolation. Les sphères ou hémisphères de verre ou de plastique des appareils de mesure de l'insolation (CAMPELL-STOKES) ou de la radiation (PILE DE MOLL-GORZYNSKY) ne supporteraient pas les érosions des vents de sable. On a vu en introduction les difficultés liées à l'entretien de telles stations désertiques.

On a cherché à rassembler les observations intéressant l'agronome confronté avec implantation de stations en zone saharienne soumise à des déflations de sable.

31) - Effets de l'installation de l'Oasis sur le milieu

En milieu désertique non influencé par l'homme, on rencontre, normalement une végétation clairsemée d'arbustes, épineux le plus souvent, ou aphylles (Anabasis, Caligonum, Tamarix...) et d'annuelles éphèmères. Ces végétaux ont un système racinaire qui fixe énergiquement le substrat, sableux ou limoneux des zones de gara ou de voisinage d'Erg.

C'est ce qui préexistait à Ksar Rhilane à l'implantation du forage.

L'installation du périmètre en 1952 a entrainé la fixation de main d'œuvre, qui a eu besoin de bois de chauffage et de charbon de bois, ce qui a entrainé l'arrachage intégral du Caligonum dans le périmètre et à plusieurs kilomètres aux environs.

Les premières parcelles implantées et les futurs brise-vents installés, il a fallu plusieurs années pour que ceux-ci deviennent réellement efficaces. On peut admettre que leur plein effet a débuté en 1960 - 61.

La population (peu dense heureusement) n'avait pas la notion de la culture d'oasis. Il a fallu la lui inculquer. Mais cette population a dû exploiter les broussailles de Caligonum pour vivre, et ceci a amené une désertification progressive du site et une modification du milieu qui a entrainé une déflation généralisée des sables autrefois fixés. Il semble bien que l'origine des barkhanes et des endunements actuels soit là.

L'ensablement est un problème préoccupent. On a vu dans le rapport d'agropédologie que l'envahissement de la parcelle a conduit à établir des rideaux successifs de canne et de tamaris, et que les deux premiers rangs d'arbres sont ensablés.

Le processus actuel ne peut être freiné que par une action à assez grande distance du périmètre. On peut espérer fixer les dunes en mettant strictement en défens l'Est et le Nord-Est du périmètre sur au moins 1 km, en effectuant des replantations de caligonum et en cherchant à multiplier au maximum des espèces psammophiles désertiques. Il s'agit maintenant d'une œuvre coûteuse et de longue haleine, car les agressions contre la végétation sont presque irréversibles en conditions naturelles, et exigent de grands efforts pour être réduites.

La création du point, d'eau a fait d'autre part converger sur Ksar Rhilane un très grand nombre de troupeaux allant de l'Extrême Sud vers Douz, et par conséquence a aggravé le surpâturage et donc la désertification. C'est un risque grave chaque fois qu'on ouvre un nouveau point d'eau si d'énergiques mesures de sauvegarde (peu populaires) ne sont pas prises.

32) - Effet de l'Oasis sur son propre climat

La création de la double station de Ksar Rhilane pour les Sections de Pédologie du HER et de Bioclimatologie de l'INRAT a permis d'effectuer des comparaisons de longue durée et du plus haut intérêt sur les variations climatiques induites par la création de l'Oasis. On a vu ces modifications apparaître dans les paragraphes précédents. Mais il est utile de les rappeler en résumé pour en tirer les conséquences agronomiques.

On n'a pas jugé utile d'installer deux pluviométres à Ksar Rhilane. Ceci est regrettable, car il est certain que les orages sont très localisés, et que l'analyse unitaire des pluies, même sur 6 ans seulement, aurait permis aux hydrologues et hydrogéologues d'avoir une meilleure connaissance des phénomènes.

En ce qui concerne les vents, on peut comparer les vitesses moyennes grâce aux deux totalisateurs installés. Compte tenu des erreurs toujours possibles (et même probables) liées au fonctionnement de mécanismes délicats de comptage dans une atmosphère sableuse et dans des conditions thermiques rigoureuses (les mécanismes fonctionnent en été, à midi, à des températures supérieures à 60°C), l'analyse comparative des vitesses sur l'Erg et dans l'Oasis met en évidence une protection moyenne voisine de 50 %, variant de 40 à 60 % selon les directions des vents.

On notera aussi avec intérêt que les *vents faibles,* enregistrés sur l'«Erg» (0,5 à 1,5 m. s^{-1} selon la direction) se traduisent par un *calme* dans l'oasis. Ce qui a pour corollaire des stagnations d'air dans le périmètre les jours ou les heures de vent faible. C'est notamment le cas fréquent tôt le matin (avant le lever du soleil), ce qui entraine un *refroidissement* de l'atmosphère dans l'oasis, la nuit.

On sait maintenant qu'à l'intérieur d'une oasis on trouve des températures maximales un peu plus élevées que hors de celle-ci. Le phénomène s'explique par l'advection considérable d'air du désert vers le périmètre irrigué. C'est bien ce qu'on constate à Ksar Rhilane. L'écart entre les deux stations est un peu plus considérable en été qu'en hiver, mais demeure très constant au cours de l'année. Ceci explique que les amplitudes nycthémérales soient *plus fortes* dans l'oasis que sur l'Erg. On a souvent dit et écrit que «l'effet d'oasis accentue la continentalité de la station». En réalité ce n'est que partiellement exact : en effet la température du point de rosée dans l'oasis est plus élevée que hors de celle-ci, ou ce qui revient au même le déficit de saturation est moindre dans l'oasis. On a pu voir que cet écart est de 1°C à 6h et 2°C à 18h, ce qui est considérable. L'augmentation est due à la fois à l'irrigation, qui constitue une source importante de vapeur d'eau, et à la réduction des échanges de masse d'air du fait de l'action des brise-vents.

A titre documentaire, des irrigations estivales de 2.500 m3/ha intégralement évapotranspirées fournissent, à la pression normale plus de 3 millions de m3 de vapeur d'eau à l'hectare par mois, soit 10 m3. m^{-2}. j^{-1}. Avec des vents réduits à 2ms^{-1} (et à environ 1m.S^{-1} au sol) en été, on conçoit que la suralimentation de l'atmosphère du périmètre soit non négligeable. On remarquera au passage que cet effet a pu être mis en évidence à Ksar Rhilane, oasis pourvue de haies de tamaris et non à El Arfiane (Sahara Algérien), où la palmeraie adulte créé pourtant une double protection horizontale et verticale. Les modifications de la teneur en vapeur d'eau n'y avaient pas été notées nettement, car les deux stations étaient l'une sous palmier, l'autre en bordure immédiate

de la partie de l'oasis irriguée (jardin potager). Cet effet humidificateur de l'oasis a tendance à réduire le caractère désertique du milieu, ce qui combat l'augmentation du «continentalisme». Mais les teneurs en vapeur d'eau de l'air en été à midi sont néanmoins très réduites, et la végétation est placée dans des conditions critiques au moins 4 mois par an :

L'évapotranspiration potentielle a été mesurée, on l'a vu, grâce à un bac engazonné de Pennisetum clandestinum (kikyu). On a vu aussi les critiques qu'on peut adresser à la méthode, ses limites, et sa fiabilité.

Cependant les quelques mesures exécutées sur l'oasis permettent de penser que les freins à la productivité des cultures herbacées sont liés plus à des problèmes d'alimentation minérale, de manque de matière organique (et donc de gaz carbonique) et des chocs thermiques excessifs qu'aux possibilités même d'alimentation en eau. Le Kikuyu, notamment, semble freiner sa consommation au voisinage de 10 mm. j^{-1}, malgré une advection thermique importante. Des mesures (faites à Gabès) font penser que cette graminée ne parvient pas à supporter le climat des journées estivales chaudes, et autorégule sa consommation en fermant une partie au moins de ses stomates quelques heures par jour, même sur bac évapotranspiromètre. Cependant des mesures de température dans la masse végétale du kikuyu se rapprochent encore de celle du thermomètre mouillé au même moment. On reprendra ce problème à Gabès, par temps de sirocco, faute de pouvoir commodément l'étudier à Ksar Rhilane.

Pratiquement on a vu que les besoins en eau des cultures peuvent être assez bien définis par le kikuyu, et qu'en appliquant un cœfficient qui parait varier de 0,7 à 0,9 selon la culture (du coton à la luzerne, en gros, dans l'ordre croissant des besoins), on approche *l'optimum économique* dans la situation actuelle.

En ce qui concerne les cultures d'hiver, il est nécessaire qu'elles résistent bien tout à la fois à des gelées répétées pendant 3 mois, à des amplitudes thermiques brutales, et à des vents, tantôt dessèchants et tantôt chargés de sable. Ceci explique que les rendements en céréales soient très fluctuants, selon que la floraison a ou non échappé au sable et à la gelée, et que la maturation peut se faire sans trop de coups de chaleur. Ces caractères réduisent singulièrement les cultures possibles. Le rapport d'agro-pédologie énumère les rendements et les cultures effectuées.

Les cultures arbustives sont, elles aussi, tributaires de ces effets du climat. L'olivier, notamment, est très sensible aux vents de sable, et sa productivité en fruits est dérisoire.

Le palmier dattier, lui, est parfaitement à sa place, à condition *d'éviter de planter des déglet-En-Nour,* car les sommes de température ne permettent pas une maturation normale. On peut envisager la plantation de dattes de Type Ftïmi, moins exigeantes. L'humidité en fin de saison, les orages fréquents en Octobre, semblent favoriser les développements de parasites, et les traitements sont difficiles à effectuer dans ces conditions.

En conclusion, les périmètres du type de Ksar Rhilane sont à spécialiser en cultures fourragères intensives, en palmiers résistants, et en quelques cultures maraichères résistantes, du type carotte.

I.N.R.A.T.
BIOCLIMATOLOGIE

DONNÉES CLIMATIQUES

Nº 551 - 506
KSAR RHILANE I
(Erg)

15 Mars 1967
Ch. BALDY
Sources : Relevés Climatiques
1954 - 1966

COORDONNÉES 36G 66' 40" 8G 13' 20" ALTITUDE 210 m	Jv.	Fv.	Ms.	Av.	Ma.	Jn.	Jl.	At.	Sp.	Ot.	Nv.	Dc.	ANNÉE
Températures													
Moyenne	9.2	11.4	14.4	18.3	22.7	28.2	30.1	29.5	26.3	21.6	15.2	10.2	19.78
Minimum moyen	2.7	4.0	7.0	11.2	14.6	20.2	21.9	21.7	19.1	13.4	7.7	3.7	12.26
Maximum moyen	15.7	18.8	21.8	25.3	30.8	36.1	38.3	37.3	33.5	29.7	22.7	16.6	27.30
Moyenne la plus basse	7.6	8.5	12.0	17.1	20.0	26.3	28.7	28.1	25.2	18.0	12.8	8.5	
Moyenne la plus haute	11.4	14.4	18.0	20.0	25.5	31.6	32.2	31.4	27.6	23.0	17.6	13.5	
Minimum Absolu	8.0	9.3	2.0	——	——	——	——	——	——	——	1.5	6.3	
Humidité relative 1954 - 60													
6h	80	72	66	62	48	41	42	51	69	78	75	83	
12h	43	32	29	23	16	18	15	18	24	35	36	46	
18h	46	44	32	30	25	24	20	22	23	47	48	64	
Point de rosée 6h	0,7	0,7	2,8	4,4	5,6	9,5	10,1	12,3	13,5	9,7	3,9	1,2	
18h	1,2	1,9	0,0	2,4	4,1	7,1	7,6	8,6	9,7	7,7	4,1	1,5	
Amplitude thermique moyenne	13.2	14.7	14.2	14.1	15.2	15.5	16.5	15.8	14.1	14.2	15.2	13.4	14.8
Vent moyen mensuel (V.Km/h)	9.9	11.3	12.7	16.5	14.7	16.1	13.7	13.0	12.6	9.7	9.3	10.1	12.5
Evaporomètre Piche mm/j.	5.3	7.8	9.5	13.1	14.3	18.9	19.6	17.7	12.5	9.4	7.1	5.4	
Pluie moyenne mensuelle	12.6	2.5	9.5	11.3	1.5	2.2	0.0	0.1	2.0	10.7	7.5	10.9	71.1
1956 - 66 Maximum mensuel	65.1	8.2	30.0	49.1	5.1	10.0	0.5	1.0	13.7	56.4	32.5	56.3	145.7
Minimum mensuel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.9
Maximum en 24h	39.0	8.2	26.0	23.5	5.1	9.0	0.1	1.0	12.5	19.5	19.5	36.0	——
Nombre de Jours	5.5	3.2	4.5	4.8	3.0	2.8	0.7	0.4	4.1	5.3	4.2	5.1	43.6

DONNÉES CLIMATIQUES

KSAR RHILANE II
(Oasis)

Sources : Relevés Climatiques
1960 - 1966

	Jv.	Fv.	Ms.	Av.	Ma.	Jn.	Jl.	At.	Sp.	Oc.	No.	Dc.	ANNÉE
Températures													
Moyenne	10.0	11.2	14.7	18.3	22.1	27.3	29.9	29.6	25.7	20.5	14.8	11.0	19.5
Minimum moyen	2.3	3.3	6.9	10.6	13.6	18.9	21.0	21.0	18.1	12.9	6.5	3.2	11.5
Maximum moyen	17.1	19.2	22.7	25.2	30.5	35.8	38.8	38.1	33.5	28.4	23.2	18.0	27.5
Moyenne la plus basse	9.0	8.9	12.3	17.3	20.0	26.0	28.6	28.0	24.9	18.7	13.5	8.3	——
Moyenne la plus haute	11.2	13.5	17.5	19.4	24.5	28.7	31.4	30.5	26.9	21.9	16.1	13.5	——
Minimum Absolu													
Humidité relative 6h													
12h													
18h													
Point de rosée 6h	2.0	0.5	3.5	5.9	7.0	10.7	11.5	14.1	14.4	10.7	5.3	2.2	
18h	2.6	0.6	2.7	4.8	6.3	8.8	10.4	11.7	12.1	10.1	6.0	3.3	
Amplitude thermique moyenne	14.3	15.9	15.8	15.3	16.7	16.9	17.8	17.3	15.4	15.4	16.0	14.3	16.0
Vent moyen mensuel (V. km/h)	3.26	3.34	5.18	7.75	6.52	7.52	6.32	5.82	5.06	3.20	2.80	2.85	4.98
Evaporomètre de Piche mm/j.	2.7	4.1	5.2	6.8	8.3	11.1	11.3	10.0	6.9	5.0	3.7	2.8	
Evapotranspiration kikuyu 1962 - 1966 mm/mois	50	56	95	156	198	233	260	237	163	114	86	48	1966
Température au sol 1961 - 63													
Minimum	2.0	2.5	5.8	11.0	14.7	18.3	19.5	19.3	17.1	12.0	7.2	0.7	
Maximum	26.2	34.4	34.1	42.6	50.7	51.5	57.8	54.4	51.3	42.7	31.1	26.1	
Moyenne	14.1	18.5	20.0	26.8	27.7	34.9	38.7	36.8	34.2	27.4	19.2	13.4	25.8

III. - LES ESSAIS CULTURAUX

1 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La parcelle du Service pédologique était située au Nord-Est du périmètre irrigable. D'une superficie total de 2 ha elle était divisée en trois sous parcelles :

- palmiers déglet-en-nour : 0,5 ha
- oliviers : 1 ha.
- cultures annuelles : 0,5 ha.

L'installation remonte à février 1952, date à laquelle eut lieu le piquetage et le nivellement du terrain. Les arbres furent mis en place en août suivant, puis au mois de novembre un brise vent en roseaux de Gabès. Ces roseaux ont été renforcés ensuite avec des tamarix. Bénéficiant d'une irrigation permanente, puisque longé par la séguia principale en terre, roseaux et tamarix se développèrent à une allure extraordinaire. L'effet protecteur fut cependant très vite insuffisant. De 1958 à 1962 sous l'effet du surpaturage et malgré la création d'une dune artificielle par les forestiers les mouvements de sable allèrent en s'amplifiant au point que le brise-vent menaçait d'être enfoui sous une dune. Une double haie tamarix et roseau fut donc installée à quelques mètres en retrait obligeant à sacrifier les deux premières rangées d'oliviers et de dattiers.

Nous reviendrons longuement sur ce problème en fin d'article. La parcelle était en effet exposée de plein fouet aux vents de sable et l'ensablement fut, avec l'irrigation, l'obstacle majeur à notre expérimentation.

Le réseau d'irrigation s'est limité au départ à quelques séguias en terre. Le module d'irrigation, 18 l/sec, excédait largement les besoins. Cependant en 1960 devant l'importance des déperditions d'eau dans les séguias en terre on installa un réseau plus étanche : conduite primaire fixe en matière plastique Ø120 mm avec bouches d'irrigation et tuyaux «Seppic» mobiles Ø100 mm pour distribuer l'eau dans les planches. Grâcevà ce réseau les doses d'irrigation furent mieux controlées. Un dispositif expérimental prévoyait l'apport comparé de deux doses d'irrigation : E.T.P. et 0,7 E.T.P. Malheureusement à partir de 1961 d'énormes fuites dans la colonne du sondage amenèrent la formation d'un lac au voisinage de la parcelle. L'infiltration latérale de ce lac rendait illusoire tout essai de mesure de l'alimentation en eau des cultures.

Le personnel employé était réduit :

- Un agent du service pédologique chargé de la surveillance des travaux et des observations météorologiques.
- Deux manœuvres spécialisés.

En outre il était fait appel à des ouvriers de très courtes périodes correspondant aux travaux de labour, nivellement et désensablement.

2 - RESULTATS

2.1. - Evolution du sol.

Des prélèvements ont été effectués dans des conditions variables et analysés avec des méthodes peu uniformes. Nous avons essayé de les regrouper et de les présenter dans le tableau 2.11 sous une forme et avec des unités comparables. Le tableau 2.12 présente des résultats systématiques obtenus à la fin de l'expérimentation. La méthode analytique est celle préconisée au Hand Book nº 60 de l'US Department of Agriculture (analyse d'une pate saturée de sol).

La lecture de ces tableaux montre que l'irrigation a provoqué une légère salure du sol. Les derniers prélèvements effectués en 1967 indiquent une salure non négligeable mais tolérable par de nombreuses espèces. On note un accroissement de conductivité au niveau des racines entre 50 et 100 cm. En été l'évaporation intense entraine une concentration en sel très importante. Il se forme une couche pulvérulente où nous avons noté en juin 1960 une conductivité de 42 mmhos/cm (0,68 % de Chlore).

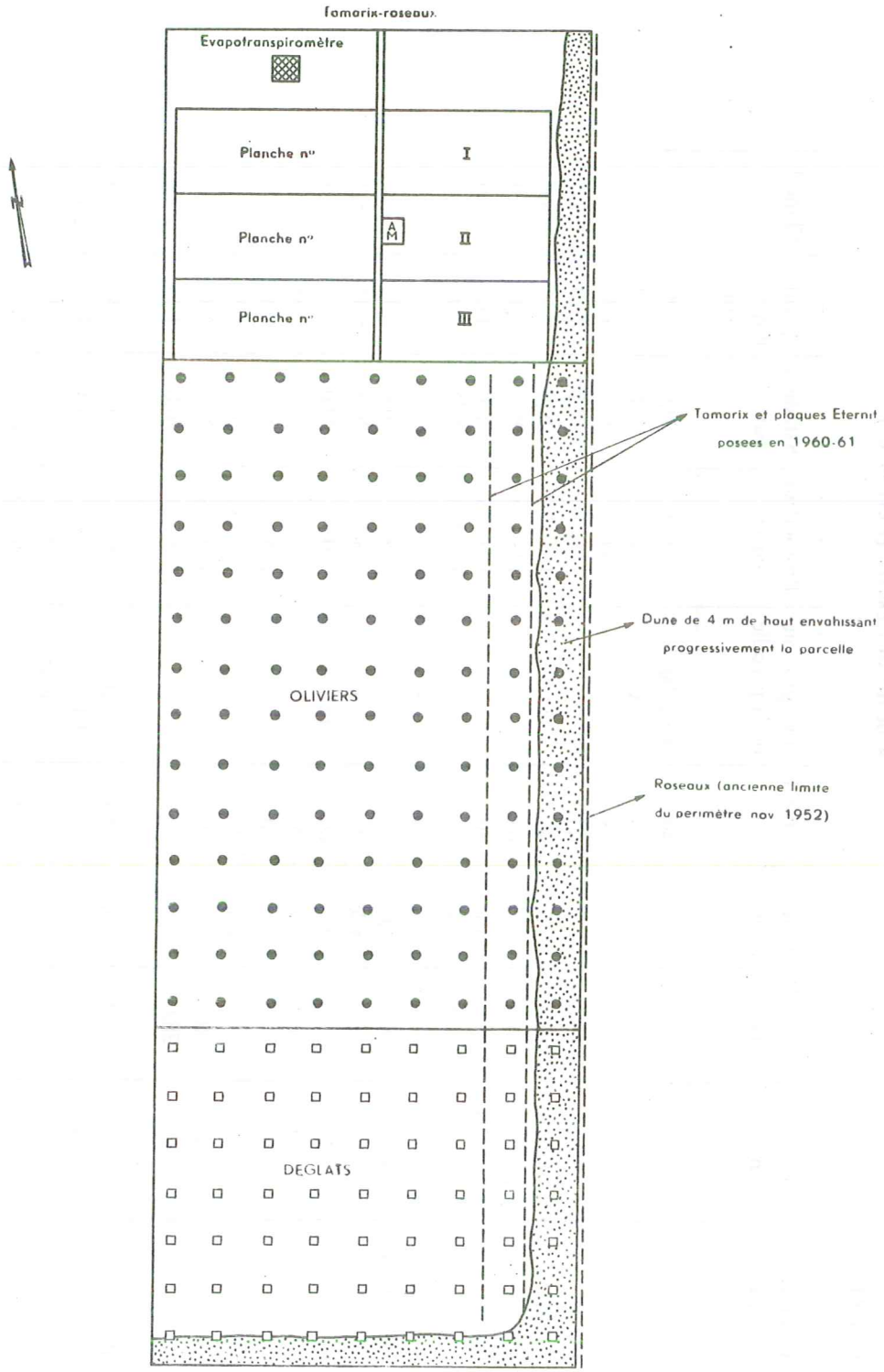
L'alcalisation ne s'est pas manifestée, chose normale dans un sol aussi sableux.

SALURE DU SOL DANS LA PARCELLE DE KSAR RHILANE AU COURS DES ESSAIS

(Teneur en Cl % de terre sèche)

TABLEAU 2.11

	1964 Planche 5	1956 Planche 5	1956 Oliviers	1960 Oliviers	1967 Oliviers	1967 Culture	1967 Hors péri.
0-10 cm	0,036	0,029	0,042	0,036	0,052	0,022	0,057
10-20 «	0,021						
20-30 «	0,020	—	0,042	0,085	0,034	0,021	0,019
30-40 «	0,020						
40-50 «	0,036	0,043	0,042	0,032	0,022	0,084	0,014
50-60 «	0,016						
60-70 «	0,020	0,043	0,071	0,090	0,053	0,035	0,010
70-80 «	0,016						
80-90 «	0,026	0,058	0,114		0,015	0,033	0,010
90-100 «	0,075						
100-120 «	0,033	0,029	0,042				
120-140 «	0,017	0,029	0,028		0,009	0,034	0,010
140-160 «	0,011	-	0,042		0,027	0,083	0,014
160-180 «	0,028	-	0,042		0,014	0,029	0,015
180-200 «	0,026	0,029					



PARCELLE DE KSAR RHILANE

Echelle 1/1.000e

SALURE DU SOL DANS LA PARCELLE DE KSAR RHILANE

à la fin des essais (Février 67)

TABLEAU 2.12

Désignation de la parcelle	Profondeur en cm	Sat. de la pate %	Cond.. mmhos/ cm	Cl me/l	Désignation de la parcelle	Profondeur en cm	Sat. de la pate %	Cond. mmhos/ cm	Cl me/l
Parcelle I	0-25	28,4	7,8	40	Parcelle des oliviers	0-25	29,6	7,90	50,0
	25-50	27,6	12	75		25-50	27,6	6,40	35,0
	50-75	28,4	5,1	25		50-75	30,4	4,30	20,0
	75-100	25,6	11,5	60		75-100	27,2	8,10	55,0
	100-125	26,4	7,6	45		100-125	28,0	2,65	15,0
	125-150	28,8	8,0	65		125-150	27,6	2,45	10,0
	150-175	28,8	6,15	40		150-175	26,0	4,6	30,0
	175-200	28,4	6,4	45		175-200	27,2	2,9	15,0
Parcelle II	0-25	30,0	2,65	15	Parcelle des palmiers Déglats	0-25	26,0	5,42	35,0
	25-50	28,0	3,35	20		25-50	26,8	5,42	35,0
	50-75	28,0	9,6	60		50-75	28,0	3,6	20,0
	75-100	26,8	3,9	20		75-100	28,0	2,55	15,0
	100-125	28,0	5,7	30		100-125	25,2	5,3	35,0
	125-150	28,0	4,05	25		125-150	26,0	4,35	25,0
	150-175	28,8	2,00	10		150-175	28,8	2,45	15,0
	175-200	28,0	3,35	20		175-200	26,8	3,35	20,0
Parcelle III	0-25	31,2	4,35	20,0	Parcelle en dehors du périmètre	0-25	29,2	7,3	55,0
	25-50	30,0	4,35	20,0		25-50	26,4	3,75	20,0
	50-75	29,6	11,00	80,0		50-75	27,2	2,3	15,0
	75-100	28,0	5,90	35,0		75-100	27,2	1,95	10,0
	100-125	26,4	6,20	35,0		100-125	26,4	1,85	10,0
	125-150	27,6	6,6	35,0		125-150	26,4	2,15	10,0
	150-175	42,7	9,00	55,0		150-175	26,8	2,75	15,0
	175-200	26,8	5,90	30,0		175-200	28,0	2,25	15,0

22. - Les cultures

22.1. - Oliviers

Couvrant une surface d'un hectare (125 × 80 m) *la plantation* a été effectuée en août 1952 sous la direction de M. DESSUS et la surveillance de M. Ahmed Chérif. Les arbres ont été plantés à 9 × 9 m (126 arbres/ha) dans des trous de 1m3. Les souchets provenaient de la pépinière de Ben Gardane. Par la suite une vingtaine d'oliviers ont dû être remplacés. Les souchets ayant été fournis par les Services de l'Agriculture leur provenance est variée et de ce fait la plantation n'est plus homogène.

L'irrigation (0,4 1/sec./ha environ) avait lieu de mars à octobre tous les 12 jours et d'octobre à février tous les 20 jours, soit 10 irrigations par an. A partir de 1960 le nombre d'irrigation a été ramené à 3 ou 4 mais le volume d'eau a été augmenté.

Le développement végétatif fut excellent. Les arbres mesuraient 15 à 40 cm en mai 1953, 40 à 80 cm en octobre de la même année, 1m20 en 1954, 2m en 1955. En 1967 ils atteignaient des hauteurs considérables : 4 à 5 m. Les tailles ont été plus fréquentes et légères. On signale quelques accidents : gelée en février 1956, sauterelle en juin 1958.

La floraison, chaque année, fut abondante mais beaucoup de fleurs tombaient. Un petit nombre de fruits se formait mais tous se déssèchaient et tombaient pendant les mois d'été. On note une seule récolte en 1965 : 250 kg d'olives .Toutes les feuilles présentaient des cicatrices sous forme de petits points jaunes : les cicatrices étaient dues à l'impact des grains de sable sur les feuilles. On relevait également des cicatrices sur quelques troncs.

22.2. - Palmiers

La plantation couvre 0,5 ha. (80 × 62 m). Les Djebars mis en place en Août 1952 par M.A. Chérif sont des Déglat-En-Nour du Nefzaoua (Bechelli). L'écartement est 9 × 9 m (63 palmiers).

L'irrigation (0,8 1/sec/ha. en principe), revenait tous les jours pendant les 20 premiers jours de la plantation, puis une fois par semaine pendant les deux mois suivants. Sur les arbres adultes on pratiquait15 à 20 irrigations par an, tous les 12 jours de mars à octobre, tous les 20 jours d'octobre à fin février.

Le développement végétatif fut bon. Il y eut 19 manquants au départ (30 % de manquants, chiffre normal). Les premiers régimes apparurent en 1955. A partir de 1959 tous les arbres produisaient des régimes.

En 1960 et les années suivantes on prit l'habitude de réduire le nombre de régime à 4 pour ne pas épuiser l'arbre. Les rendements atteignent 12 et 13 kg par arbre en 1964 et 1965. Mais la qualité des fruits est très médiocre.

L'état sanitaire de la plantation est également souvent médiocre. Dès 1959 les attaques de Cochenilles (Parlatoria Blanchardi) se généralisèrent et ne purent être maîtrisées malgré des traitements sévères : enlèvement et brulis des feuilles les plus atteintes, pulvérisation d'huile blanche. Il faut reconnaitre que, faute d'une étude sérieuse, les traitements n'ont peut être pas été effectués au moment où leur efficacité eut été maximum. L'isolement du périmètre en est en grande partie la cause.

2.23. - **Les cultures fourragères**

2.231) - **La luzerne**

La variété cultivée était le plus souvent la luzerne de Gabès qui a un meilleur comportement que la luzerne de Provence (1959 : 28 t/ha contre 18,7 t/ha).

Le semis s'effectuait soit en novembre en mélange avec de l'orge, soit au printemps. Les semis d'automne sont préférables. Il est probable que la plante est mieux installée pour aborder les rigueurs de l'été. En outre en cas d'irrégularité de la levée il est possible au printemps suivant de combler les vides.

A signaler en effet la difficulté qu'on rencontre à obtenir des parcelles homogènes avec des cultures à petites graines. Le remède consisterait à pratiquer quelques irrigations par aspersion jusqu'à levée complète de la culture.

La fumure à consisté depuis 1960 en un apport de 600 kg/ha de super en début de culture.

L'irrigation avait lieu tous les 15-20 jours en hiver, tous les 10 jours d'avril à novembre. Le débit peut être estimé à 0,45 1/sec/ha en hiver et 0,9 1/sec/ha en été.

Le nombre de coupes passait de 6 à 8 en première année à 10-13 coupes en seconde année. On observe generalement un ralentissement de la végétation en novembre et décembre.

Les rendements sont très satisfaisants : 60 à 80 t/ha de fourrage vert en première année, 130 à 150 t/ha en seconde et troisième année. P. DESSUS signale même des rendements de 180 à 200 t/ha dans la première culture (1952-1955).

Les attaques parasitaires obligent à prévoir des traitements : chenilles de noctuelles de juin à septembre chaque année et sauterelles épisodiquement (1955 à 1959).

2.232. - **Sorgho fourrager**

Le Sorgho fourrager n'a été testé qu'une année en 1966.

Le semis a eu lieu le 9 Juin. Il y'a eu 16 irrigations et 3 coupes. Le rendement a été de 22 t/ha.

La sensibilité du Sorgho au vent de sable semble devoir restreindre l'intérêt de cette culture.

2.233. - **Autres espèces fourragères**

En 1960 M. THIAULT spécialiste des plantes fourragères à la PAVA avait tenté d'introduire de nouvelles espèces.

Le semis avait eu lieu le 16 janvier.

L'irrigation revenait tous les 8 jours au début, tous les 15 jours par la suite. M. THIAULT pensait réduire progressivement les doses d'irrigation jusqu'à l'arrêt presque total ou tout au moins un apport très réduit. Quelques espèces avaient un bon comportement :

— Agropyrum élongatum (donne une couverture du sol assez dense, mais de petite taille : 20 cm)
— Agropyrum intermédium
— Festuca arundinacea : résiste bien à la gelée.
— Paspalum dilatatum : donne des touffes plus grosses et plus ligneuses que l'agropyrum.
— Bromus catharticus
— Bermuda grass = cynodon dactylon
— Parkinsonia : croissance normale, taille 1m50 à 1m60.

Les caroubiens, après une bonne reprise, séchaient dès qu'ils atteignaient 10 cm de haut.

Enfin il y eut un échec total ou à peu près total pour :
— Gleditchia triocanthos
— Agropyrum desertorum
— Bouteloua curtipendula
— « gracilis
— Buschia dactyloïdes.

Cet essai uniquement limité au comportement de quelques espèces nouvelles n'a pas été poursuivi. Il ressort que seuls Festuca Arundinacea et Agropyrum elongatum sont vraiment prometteurs.

2.24. - **Les céréales**

2.241) - **L'Orge**

Cette céréale est déjà cultivée couramment par les nomades.
De 1954 à 1958 on a comparé 3 variétés :
— Orge Martin
— Orge Frigui
— Orge Ardaoui

La dernière semble donner les résultats les plus réguliers. Les rendements moyens avoisinent 15 qu/ha. Mais bien protégée du vent et bien cultivée l'orge peut donner des rendements de 30 à 40 qu/ha.

2. 242. - **Le blé**

Après essais comparatifs de 3 variétés (Blé Hmira, blé Frigui et blé de l'oasis), essai du reste peu concluant, la culture du blé a été plus particulièrement axée sur la variété Florence-Aurore.

Le semis avait lieu en octobre novembre.

Le nombre d'irrigation était limité à 3 : au semis, à l'épiaison et avant la floraison. Le fait que la seconde irrigation soit apportée avant ou après l'épiaison ne change pas sensiblement les résultats.

Sans engrais *les rendements* sont faibles : 6 - 8 qu/ha. Avec une forte fumure N - P les rendements ont atteint 30 qu/ha.

Le blé est sensible aux vents de sable. Comme pour la luzerne il est difficile de réaliser des semis réguliers en terrain aussi sableux.

2. 243. - **Maïs - Sorgho**

Ces deux cultures ont été essayées avec des résultats médiocres. Elles succédaient à une culture de blé.

Les semis étaient donc tardifs : Avril - Mai.

L'irrigation était importante : 13 à 14 irrigations.

Les rendements malgré une fumure abondante oscillaient entre 5 et 7 qu/ha.

Les attaques de chenilles (noctuelles) ont nécessité plusieurs traitements.
Les vents de sable tardifs ont eu des effets néfastes.

244. - **Coton**

Le Coton longue fibre Pima 67 à été introduit en 1959. Les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque le coton succèdait à une luzerne.

Le semis ne peut avoir lieu avant mi-avril (température trop basse). On semait à 1 m × 0,25 m.

La fumure était importante (200 kg/ha de super, 100 kg/ha de sulfate de potasse et 100 kg environ de perlurée au semis et en couverture après l'éclaircie).

On irriguait avant semis, puis, après semis, tous les 10 jours jusqu'à la floraison, tous les huit jours ensuite, soit 20 à 24 irrigations par culture.

Les traitements à l'endrin et la cryolithe ont été effectués régulièrement.
Les rendements oscillaient assez régulièrement entre 15 et 20 qu/ha. Par suite de la rareté des pluies d'automne, le coton est d'excellente qualité.

26) - **Autres Essais**

«Quelques cultures maraichères : salade, radis, blettes, betteraves, courges, pastèques, piments, melons, oignons, ail ont donné lieu à des essais restreints indiquant néanmoins des résultats intéressants, supérieurs à la moyenne» (P. DESSUS).

3) - CONCLUSION DE L'EXPERIMENTATION

3.1. - Sol

L'irrigation pendant les 14 ans de culture n'a pas entrainé de salinisation excessive. Après un accroissement brutal lors des premières irrigations, la salure s'est stabilisée. La profondeur et la texture du sol expliquent l'absence de nappe phréatique et une salure en relation avec l'eau d'irrigation.

La teneur en matière organique reste faible et dans tous les cas une fumure organique et minérale est indispensable pour obtenir des rendements corrects.

Le programme d'étude prévu en 1960 concernant l'étude de l'influence des amendements organiques et engrais minéraux sur la teneur en matière organique et la structure du sol n'a pu être entrepris valablement en raison des difficultés dues à l'éloignement du périmètre (transport du matériel, surveillance des essais). On peut cependant affirmer que sur des sols aussi pauvres une fumure à haute dose est *indispensable* pour obtenir des résultats culturaux corrects notamment sur les céréales.

3.2. - Cultures

Par contre, l'ensemble de la parcelle a été constamment en culture et les renseignements fournis sont importants.

32.1. - Oliviers

- Malgré un état végétatif toujours excellent et une floraison abondante les oliviers ne fructifient pas. Une exception à noter en 1965 où une récolte de 250 kgs d'olive de très petite dimension a été faite.

Toutes les hypothèses possibles sur cette stérilité ont été émises par les différents techniciens ayant visité le périmètre (déséquilibre nutritif, taille insuffisante, irrigation trop importante, notamment au moment de la nouaison, froid tardif, variétés stériles). En fait une accentuation de la taille n'a rien changé. Un essai engrais azoté en blocs à six répétitions avec 0 - 5 - 10 kg d'ammonitre par arbre n'a pas amélioré la production.

Il semble en définitive que *le sable soit responsable* pour une large part de la mauvaise fécondation observée.

32.2. - Palmiers Déglat-En-Nour

Les résultats obtenus sont moyens quant à la quantité mais très médiocres quant à la qualité des dattes. En effet, celles-ci sont très souvent pourries, recouvertes de sable et de cochenilles. Plusieurs traitements à l'huile blanche n'ont pas réussi à éliminer ces parasites en raison de l'absence d'un programme phytosanitaire appliqué à l'ensemble du périmètre. D'autre part, les pulvérisations n'ont pas été toujours effectuées au moment adéquat, fonction du cycle de reproduction et de développement des cochenilles.

Ces dernières années, le rideau de Tamarix (Coté Sud) a certainement nuit à l'aération et l'ensoleillement des arbres, de même que l'ensablement et une fumure minimum. Placés à l'intérieur du grand périmètre, dans de meilleures conditions, les palmiers se comporteraient mieux. On a vu dans les chapitres consacrés à la bioclimatologie une explication de ces résultats médiocres.

32. 3. - **Cultures fourragères**

a) - **Luzerne de Gabès.** Les excellents résultats obtenus les premières années (150 à 200 t/ha de fourrage vert) ont diminué sensiblement mais il est très facile d'obtenir entre 100 et 150 t/ha de fourrage vert pour une luzernière de deuxième année avec 12-13 coupes par an. On peut donc préconiser sans crainte la luzerne comme ressource fourragère de base pour l'approvisionnement des troupeaux.

Le semis en Automne avec l'orge parait une bonne solution et les levées sont meilleures, ce qui constitue un avantage certain pour le développement ultérieur de la luzerne.

En hiver les gelées causent certains dégats, mais ce sont surtout les noctuelles qui dévastent la culture (juillet-août). Les attaques ont été en s'accentuant les dernières années et les traitements ne sont pas toujours efficaces.

Par contre les maladies cryptogamiques (mildiou etc...) n'ont pas été observées.

b) - **Sorgho fourrager**

Il est possible de faire au moins 3 coupes (20 t/ha de fourrage vert). Mais dans les premiers stades de végétation le vent de sable et le sirocco causent des dégats importants. Pour être concluant l'essai devrait être repris dans des zônes mieux abritées du vent de sable. L'intérêt du Sorgho fourrager est de pouvoir occuper le terrain à la suite d'une culture récoltée précocement.

c) - **Autres espèces fourragères**

Les essais de M. THIAULT n'ont pas eu de suite. Retenons l'intérêt de la fétuque, qui a déjà fait ses preuves ailleurs, et de l'agropyrum dans la mesure où il est toléré par le bétail.

324. - **Cultures annuelles**

a) - **Céréales**

Différentes céréales (orge, blé dur etc...) ont été essayées avec des rendements très divers.

Le blé tendre (Florence Aurore) avec une fumure minérale correcte atteint facilement entre 20 et 30 qux/ha.

Le Sorgho ne dépasse pas 5-8 qux/ha.

b) - **Maîs**

Les essais très limités donnent des résultats médiocres, vent de sable et parasitisme sont des handicaps sérieux pour cette culture.

325. - **Coton :** D'une façon générale cette culture réussit bien. Les rendements observés sont constants (moyenne de 20 qux/ha) et la qualité excellente. Les gelées de novembre ne permettent pas toujours une récolte complète. D'autre part, les vents de sable et sirocco sont dangereux pour le coton en début de végétation, ainsi que les basses températures du sol (cf. bioclimatologie).

33. - Protection contre le vent

La barrière de roseaux de Gabès (bordure Est-Nord-Est) est maintenant complètement envahie par une dune de sable (4 mètres de haut) qui a investi la première rangée d'oliviers et de palmiers.

Le système prévu en 1960-61 (Plaques Eternit et Tamarix) entre le 1er et le 3º rang d'arbres et à 10 m en retrait de la première haie de roseaux a permis de ralentir au moins pour l'instant l'avancée de la dune à l'intérieur du périmètre.

En fait la parcelle expérimentale a servi en partie de bouclier pour le reste du périmètre. Pour être efficace la lutte contre l'ensablement aurait dû se situer bien à l'extérieur de celui-ci. En effet la dune artificielle créée à l'aide d'une barrière en plaquettes ondulées «Eternit» à 200 m à l'Est par le service des Forêts a complètement disparu sous un champ de dunes.

L'ensablement généralisé de toute la bordure Nord-Est, Est et Sud-Est et ceci jusqu'à plusieurs centaines de mètres est un phénomène remarquable. L'Erg voisin s'est formé en une douzaine d'années. A l'origine, un tel ensablement n'existait pas. Le fait essentiel est donc la multiplication inexorable des dunes de sable. La disparition complète des peuplements de Caligonum en est la cause. La fixation du sol n'étant plus assurée, son équilibre précaire est détruit et on assiste à une véritable désertification de la région.

IV. CONCLUSIONS GENERALES

Recommandations pour la mise en valeur du périmètre de Ksar Rhilane et des périmètres à créer dans les Dahars

1°) - **Toute mise en valeur sérieuse doit commencer par la protection du périmètre contre les vents de sable**

Il ne nous appartient pas de nous prononcer sur les moyens à adopter mais l'expérience montre que seul un travail suivi et une surveillance constante peuvent être efficaces. De l'avis de M. MARION Directeur de l'Institut de Reboisement de Tunis (1967), les mesures de protection doivent comporter :

- une surveillance du troupeau (charge limite et rotation des paturages).
- une protection à plat sur une zone périphérique à mettre intégralement en défends.
- une protection rapprochée par dune artificielle et brise vents.

En outre des mesures très sévères : interdiction de défricher les touffes de Caligonum, fourniture de combustible à très bon marché seront indispensables pour décourager les charbonniers.

2°) - **Irrigations**

Le réseau primaire actuel doit être remis en état et surtout complété par un secondaire également étanche afin d'éviter les pertes énormes par infiltration. Le taux d'irrigation sera fonction de l'étancheité du réseau et oscillera de 1,2 l/s/ha à 0,8 l/s/ha. La fréquence variera avec la nature des cultures : une fréquence de 7 à 10 jours semble un maximum comme dans tous les périmètres du Sud.

La fumure organique et minérale reste indispensable. Il est certain que sans engrais (phosphatés et potassiques notamment) les rendements deviennent dérisoires exceptés les toutes premières années de mise en culture.

3°) - **Traitements phytosanitaires**

Contrairement à ce qu'on aurait pu croire, les rigueurs du climat n'ont pas supprimé les problèmes phytosanitaires. Les pullulations d'insectes (Noctuelles, Cochenilles etc...) sont intenses. Les difficultés de communication avec le Nord du pays rendent les traitements prohibitifs. Ce facteur constituera le plus grand obstacle au développement de cultures sensibles.

4. - CHOIX DES CULTURES

4.1. - Cultures arbustives

Les palmiers sont la principale culture arbustive à généraliser. L'humidité en période de maturation déprécie de manière considérable la qualité de la Déglat-En-Nour. Il serait préférable de s'orienter vers la production d'espèces mieux adaptées (Ftimi, Kentichi).

Le grenadier et le figuier ne devraient pas poser de problèmes particuliers. Quant à l'olivier, il ne peut pas être retenu sauf quelques arbres éventuellement dans les zônes les mieux protégées.

4.2.- Cultures maraîchères

La rigueur du climat (gelées fréquentes) interdit évidemment toute possibilité de primeurs. Par contre les légumes traditionnels : carotte, navets, cucurbitacées, piment, ail, oignon, betterave etc..., malgré des essais restreints donneront de bons résultats.

4.3.- Coton

Il réussit à Ksar Rhilane mais pour des raisons diverses, notamment l'éloignement du périmètre, il ne semble guère possible de le cultiver sur de grandes surfaces.

4.4.- Céréales :

Ce sont les cultures qui intéressent au premier chef les nomades et ce sont les seules qu'ils savent pratiquer car elles leur permettent de satisfaire leurs besoins alimentaires immédiats. En outre elles trouvent nécessairement leur place dans un assolement équilibré. L'orge et le blé tendre sont les céréales qui donnent les meilleurs résultats.

4.5.- Cultures fourragères :

Elles sont destinées à fournir un appoint fourrager aux troupeaux des nomades.

a) - **La luzerne de Gabès** devrait constituer la base de toute culture à Ksar Rhilane. Semée en Automne avec l'orge, elle atteint dès sa 2ème année un rendement de 100 à 150 t/ha de fourrage vert.

b) - En été le Sorgho fourrager permet de compenser la chute de rendement de la luzerne (attaque des chenilles). En hiver, le chou fourrager et la fetuque seraient peut être intéressants mais n'ont pas été suffisamment expérimentés au moins en ce qui concerne le chou fourrager.

Au bout de douze ans l'expérimentation menée à Ksar Rhilane par le service pédologique a permis de dégager un certain nombre de cultures possibles : cultures vivrières, fourrages, blé, coton, palmiers. Elle a permis aussi de mesurer les immenses difficultés auxquelles se heurte la mise en valeur : climat très rude, éloignement qui rend prohibitifs les transports d'engrais, de semence, et l'exportation des récoltes. Le choix définitif dans l'adoption d'un plan de mise en valeur devra tenir compte de ces difficultés. Il devra aussi tenir compte de certains facteurs humains. Les habitants de la région, essentiellement des bergers nomades, n'ont pas de tradition ni une compétence suffisante pour pouvoir exploiter d'eux-mêmes le périmètre. Il est donc indispensable de prévoir un solide encadrement chargé à la fois de guider les agriculteurs et de faire appliquer avec rigueur les mesures de protection du périmètre contre les sables : mise en défends périphérique, entretien des brise-vents.

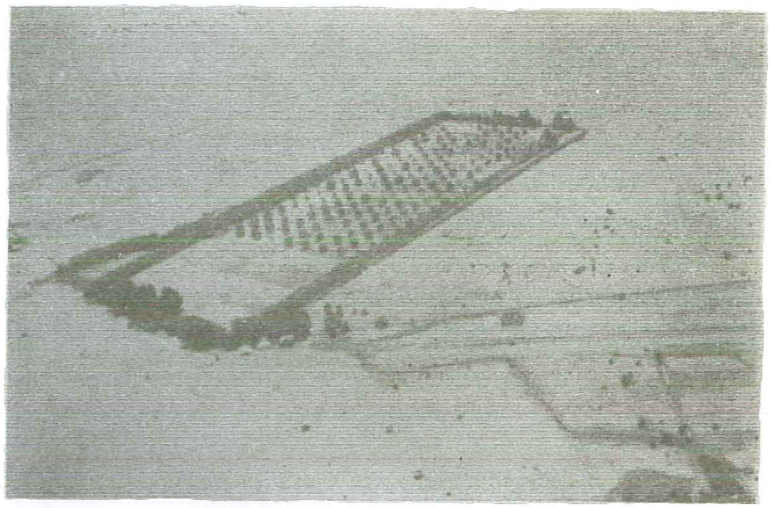


Photo N° 1 Vue aérienne de la parcelle expérimentale de Ksar Rhilane
En bas à droite le périmètre en cours d'aménagement
En haut à gauche la barrière dressés par le Service des Forêts forme une ligne derrière laquelle les dunes viennent s'accumuler

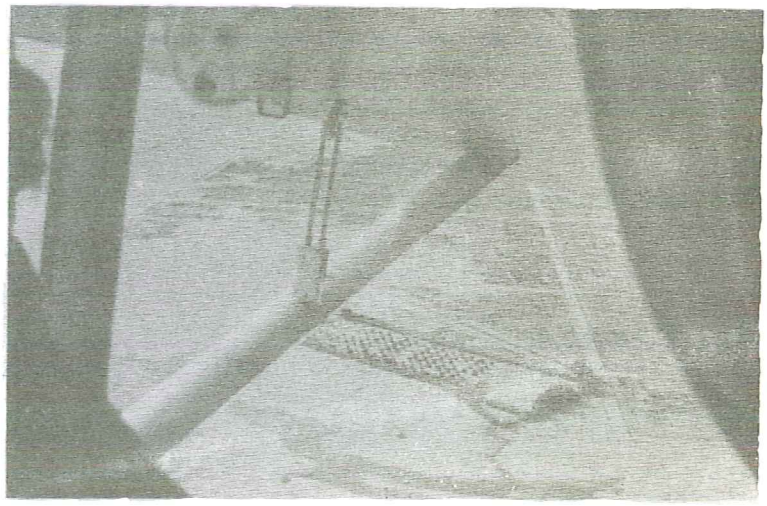


Photo N° 2 Vue aérienne de la parcelle expérimentale en 1963. Au second plan le périmètre irrigué

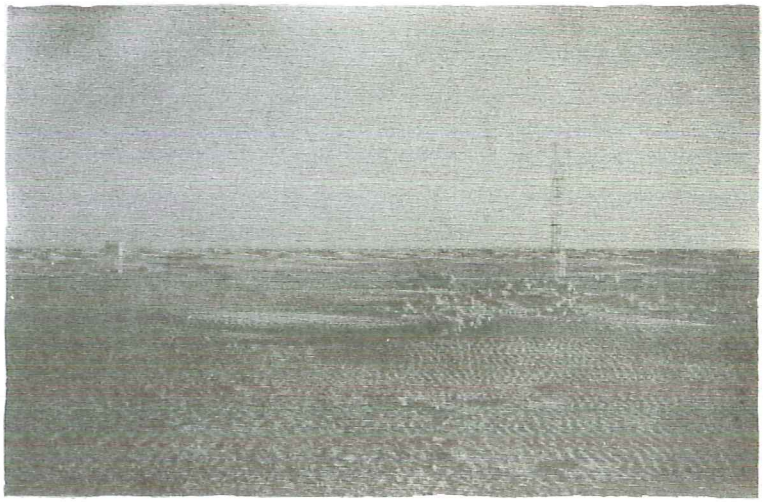


Photo N° 3 Le poste météorologique "Erg", à l'extérieur du périmètre

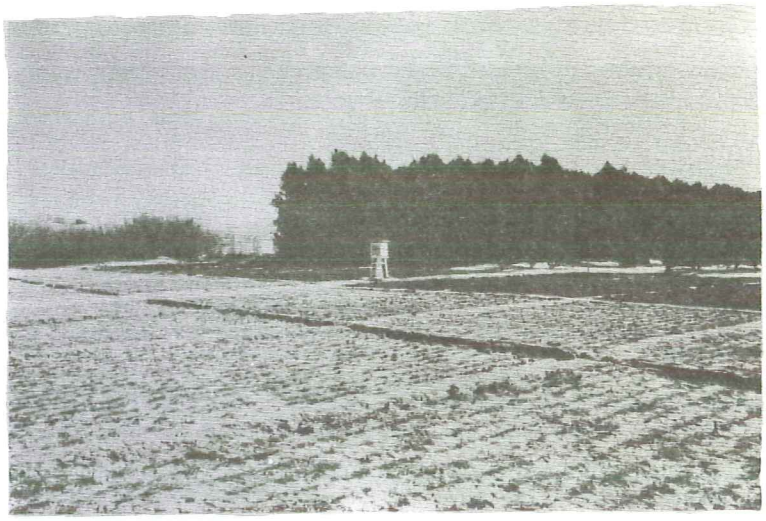


Photo N° 4 Le poste météorologique "Oasis" au milieu de la parcelle des cultures annuelles (luzerne)

Photo N° 5 Les oliviers âgés de 15 ans

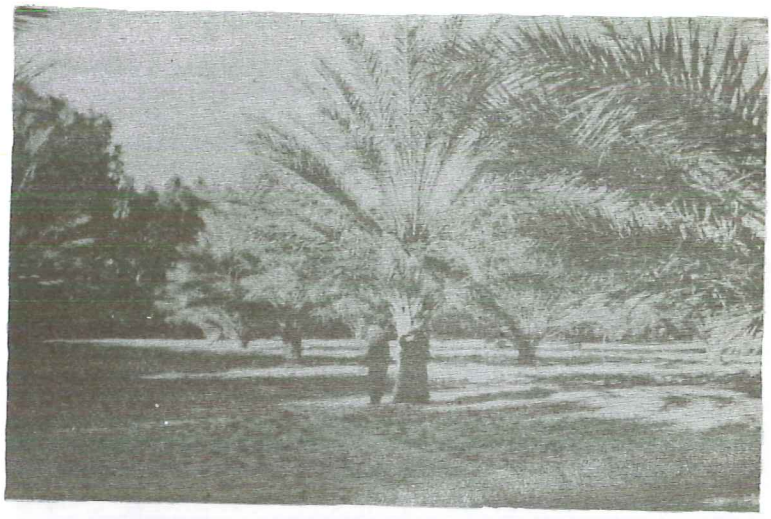


Photo N° 6 La parcelle de palmiers Déglat en Nour âgés de 15 ans

Photo N° 7 Une Séguia fumant au petit matin. Noter la protection de la parcelle de luzerne par une puissante haie de roseaux

Photo N° 8 Une parcelle en culture traditionnelle dans le périmètre de Ksar Rhilane

Photo N° 9 Dune artificielle créée par le Service des Forêts et submergée par les dunes vives à gauche

Photo N° 10 A perte de vue les dunes, telles les vagues de l'océan, montent à l'assaut du périmètre de Ksar Rhilane. Leur formation, en l'espace d'une dizaine d'années est due à l'arrachage du calligonum et au surpâturage
Au fond on aperçoit le poste météorologique "Erg"

Photo N° 11 Après avoir submergé la dune artificielle du Service des Forêts, les dunes vives envahissent la parcelle expérimentale (à gauche et derrière l'observateur) qui a servi de bouclier au périmètre irrigué

BIBLIOGRAPHIE

COINTEPAS J.P. (1960) - Compte rendu concernant la parcelle d'essais de Ksar Rhilane période 1952-1960 - Service Pédologique, ES - 30, ronéo 20 p.

DESSUS P. (1952) - Note préliminaire concernant le périmètre de Ksar Rhilane (Garrat Bou Flidja).
Service Pédologique - 432 E - ronéo 6 p. cartes.

DESSUS P. (1955) - Compte rendu concernant la parcelle d'essais de Ksar Rhilane (Période 1952-1955).
Service Pédologique 880 E - ronéo photos. p. 13

MARION J. (1967) - Compte rendu d'une tournée effectuée à Ksar Rhilane (note roneo S1/232/IRT).

ETUDE DE L'APTITUDE DES SOLS DE LA REGION DE BEJA

A LA CULTURE DE LA BETTERAVE

Par : P. MARTINI

Ingénieur Agronome - Pédologue ORSTOM.

L'APTITUDE DES SOLS DE LA REGION DE BEJA

A LA CULTURE DE LA BETTERAVE

Après quelques années d'expérimentation, la culture de la betterave en grande culture a été introduite en 1961 à la suite de la construction de la raffinerie-sucrerie de Béjà. Le choix de Béjà a été entre autre commandé par la climatologie de la région qui semblait présenter une pluviométrie moyenne suffisante pour assurer des rendements convenables en sec sur des sols réputés riches.

L'étude de l'implantation du périmètre betteravier a été effectuée par les Ingénieurs Conseil Néerlandais en 1959. Ils ont adopté pour l'aptitude betteravière optimale des vertisols profonds à drainage général satisfaisant, des sols bruns calcaires et rendziniformes assez profonds sur croûte, des sols alluviaux bien drainés de texture fine. Le choix de ces types de sol semblait judicieux, leur limitation sur le terrain a été correcte malgré quelques erreurs marginales dûes probablement à la méthode d'extrapolation sur topographie aérienne.

Malgré celà on s'aperçoit en dépouillant les résultats de rendement des quatre campagnes écoulées, que sur environ trois cents agriculteurs ayant cultivé de la betterave dans la région de Béjà, Souk El Khemis, une vingtaine seulement a dépassé la production fatidique de 20 T/ha permettant de couvrir les frais de culture. Ceux-ci d'après les renseignements que j'ai pu obtenir auprès de certains bons agriculteurs se monteraient à 120 D (il faut cependant noter que les agriculteurs qui ont avancé ce chiffre ont à peu près régulièrement obtenu des rendements dépassant 20 T/ha).

Il s'agissait donc pour nous, d'essayer de savoir dans quelle mesure le sol était responsable de la faiblesse des rendements et quelles étaient éventuellement les solutions à apporter du point de vue localisation ou conduite de la culture. Cette étude a été menée à la fin de la campagne 1965 - 1966.

LE CADRE NATUREL

La région étudiée se situe dans un rayon d'une quinzaine de kilomètres autour de Béjà.

Le relief en est ondulé vers le Sud, plus accidenté vers le Nord.

Les formations de marnes et calcaires éocènes et miocènes y forment l'essentiel du paysage. Les formations marneuses calcaires et souvent faiblement gypseuses dominent autour de Béjà et dans les vallées du Munchar et de Ksar Mezouar.

Au quaternaire ancien et moyen les croûtes calcaires ont probablement occupé une assez grande place. Retaillées par l'érosion, dont le travail a été facilité par la faible résistance du substrat marneux, elles n'ont actuellement qu'une très faible importance dans la région du Munchar et de Ksar Mezouar. Elles conservent une certaine extension aux environs de Béjà.

Mis à part la Kroumirie et les Mogods la région de Béjà est une des plus arrosées de Tunisie. Elle reçoit en moyenne 550 à 600 mm de pluies annuelles surtout sous forme de pluies d'hiver et de début de printemps.

La conjonction de la lithologie et de la climatologie a donné naissance à des vertisols qui constituent la plupart des terres agricoles de la région. Ils occupent les flancs des croupes marneuses (ils sont faiblement accentués sur les pentes moyennes à relief convexe et accentués sur les pentes faibles et les reliefs à profils concaves) et les terrasses des oueds où les caractères vertiques semblent partiellement hérités.

Les glacis encroûtés portent des sols bruns calcaires ou rendziniformes d'épaisseur variable et de texture fine sur croûte ou encroûtement calcaire.

Les affleurements de calcaires et les marnes en forte pente portent des sols squelettiques ou peu évolués d'érosion.

METHODE DE TRAVAIL

Nous disposions pour aborder cette étude des cartes pédologiques levées par A. MORI et A. FOURNET (1965) et du rapport I.C.N. sur la betterave dans la région de Béjà (1959). Nous avons pu d'autre part relever à la sucrerie de Béjà les superficies plantées et les rendements obtenus par chaque agriculteur. Les dossiers de la Sucrerie ne contenaient évidemment aucune localisation précise des parcelles plantées.

Un premier travail a donc été de relever sur le terrain les différentes parcelles ayant porté ou portant actuellement une culture de betterave.

Nous avons ensuite procédé à l'implantation et à l'examen de profils pédologiques dans un certain nombre de parcelles.

L'observation et la description des profils a été systématiquement accompagnée d'une observation des systèmes radiculaires et de l'aspect général de la végétation. A proximité de chaque emplacement de profil nous avons également effectué une pesée de racines décolletées portant sur deux rangs et cinq mètres de longueurs sur chaque rang. Ceci dans le but d'avoir non pas une estimation absolue des rendements mais seulement un classement relatif de l'état de la culture aux différents points d'observation.

Ces observations nous ont amené à sélectionner un certain nombre de parcelles où les différences d'état végétatif ne semblent pas pouvoir se justifier par des différences marquées d'état sanitaire (infestations parasitaires) ou de façons culturales autre que celles ayant une action directe sur le profil cultural (infestation de mauvaises herbes, semis defectueux etc...). Ces distinctions se sont avérées souvent difficiles. L'historique cultural des parcelles a été la plupart du temps difficile à connaitre et nous avons souvent dû nous contenter de la connaissance du précédent cultural immédiat (en général fourrage ou légumineuse).

Rappelons ici quelques originalités de la culture de la betterave en Tunisie par rapport à ce qu'elle est en Europe. Le semis se fait en Novembre et la récolte en Juillet. Cela amène quelque bouleversement dans les assolements betteraviers classiques. Le semis précoce impose en particulier un précédent qui libère le sol suffisamment tôt pour permettre les façons culturales.

La conduite normale de la culture impose un premier labour immédiatement après la récolte. Un second labour doit être effectué une quarantaine de jour plus tard afin d'éliminer les adventices et préserver quelque peu les réserves en eau du sol.

En fonction de ces travaux on conseille généralement un assolement de type quadriennal comportant derrière la betterave deux pailles puis un fourrage, un engrais vert et une jachère cultivée.

Cet assolement n'est malheureusement pas toujours respecté et la betterave vient trop souvent derrière une paille ce qui affecte considérablement l'exécution des travaux et partant les rendements.

RESULTATS

Les facteurs de croissance qui semblent le plus se rattacher aux propriétés physico-chimiques du sol telles qu'on peut les déterminer par l'analyse du profil cultural sont l'alimentation générale en eau et les possibilités d'enracinement offerte à la plante. La morphologie du pivot, très influencée par la structure de surface conditionne également le rendement.

L'ALIMENTATION EN EAU DE LA PLANTE [1]

Le déficit hydrique est certainement le facteur qui détermine le plus souvent une forte baisse des rendements. En fin de période de végétation, même dans les zones les mieux alimentées et où le développement de la plante est correct nous avons pu observer un flétrissement temporaire à peu près chaque jour aux heures chaudes de l'après midi.

Le déficit en eau s'est surtout fait sentir à partir du 15 Mai jusqu'à la récolte. Encore faut-il signaler les conditions particulières de cette campagne. Le début du printemps a été exceptionnellement pluvieux. Il est tombé en Mars 96 mm, total qui n'est dépassé qu'une année sur 5 et surtout en Avril 104 mm, pluie dont la période de retour est de 50 ans . Septembre, Octobre, Novembre et Décembre à répartition subnormale avaient été suffisamment pluvieux pour assurer la levée, Janvier et Février avaient été eux particulièrement secs mais en début de croissance les besoins de la plante en eau étaient limités. Cette sècheresse d'hiver s'est en fin de compte averée favorable pour la culture de la betterave car elle a permis d'effectuer sans difficulté les travaux de binage et démariage dont l'exécution pose partois des problèmes.

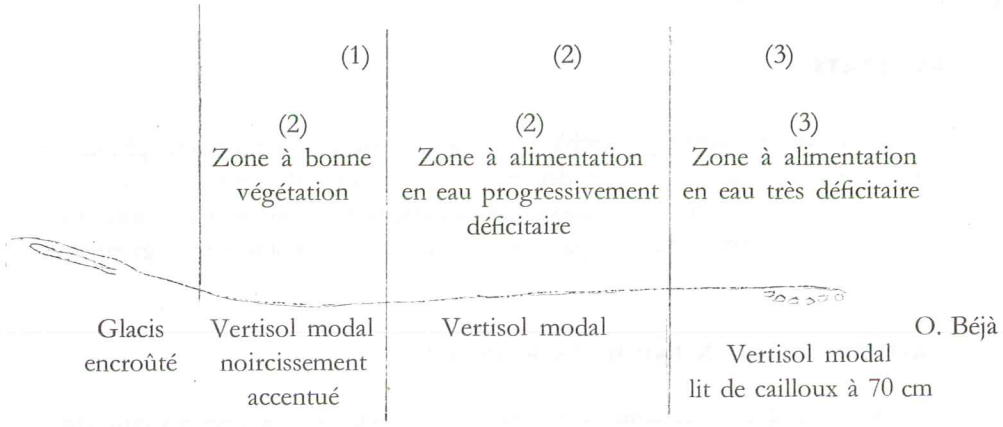
Nous avons donc affaire à une année particulièrement favorable, cependant, malgré les pluies du mois d'Avril, nous avons pu constater qu'en certaines stations la betterave marquait préférentiellement un déficit dans son alimentation en eau.

Apport d'eau par ruissellement - Influence de la topographie

Sur une parcelle établie sur la terrasse de l'oued Béjà en travers de la vallée et occupant toute la largeur de la terrasse depuis l'oued jusqu'aux glacis et aux croupes marneuses qui le dominent nous avons pu observer le phénomène suivant :

I) Les renseignements concernant la pluviométrie sont extraits de :
J. CRUETTE, Etude des Pluies Mensuelles de la Région de Béjà, B.I.R.H. Juin 1966.

A la base du glacis et sur la bordure extérieure de la terrasse les betteraves ont une belle végétation, puis au fur et mesure qu'on se rapproche de l'oued les betteraves, progressivement souffrent de plus en plus de la sècheresse, la souffrance s'accentue brutalement en bordure immédiate de l'oued.



Les sols correspondant à chacune des zones sont des vertisols alluviaux à caractères vertiques accentués avec une faible tendance grumosolique. Nous avons pu cependant constater quelques dfférences entre les trois profils observés:

Dans la zone (1) le sol est frais sur 2 m de profondeur les fentes de retrait ne sont pas ouvertes, seule une légère fissuration assez localisée est visible. Le poids des racines décolletées sur deux rangs et cinq mètres de longueur a atteint 19k800.

Dans la zone (2) le sol est plus sec sur 60 cm, des fentes de retrait de 4 à 5 mm commencent à apparaître. Le noircissement parait moins accusé que pour le profil précédent. Le poids des racines récoltées dans les mêmes conditions que précédemment fut de 16k 400.

En bordure de l'oued un lit de galets à 70 cm peut assurer un drainage et un écoulement vers l'oued qui expliquerait la plus grande siccité du profil et la présence de fentes de retrait de 2 cm. Le poids des racines s'èffondre à 9k300.

Cette parcelle est assez significative du point de vue de l'alimentation en eau. Les conditions de travail du sol et l'état sanitaire de la culture sont identiques sur toute la parcelle. Les propriétés du sol sont très semblables du point de vue développement du profil, structure et probablement dotation en éléments minéraux.

Seuls les apports d'eau par ruissellement en tête de la parcelle donnant naissance à une zone mieux alimentée à la rupture de pente et peut-être l'exportation d'eau par le drain naturel que constitue l'oued peuvent expliquer les différences de végétation. Ceci est confirmé par les différences d'humidité des profils. faciles à détecter morphologiquement dans ces vertisols par l'apparition, la profondeur et la largeur des fentes de retrait.

Le fait qu'à la rupture de pente le noircissement du sol soit plus accentué peut indiquer une certaine permanence du phénomène.

Ce gradient a pu être observé sur presque toutes les parcelles établies en travers de la vallée de l'oued Béjà. Il n'est plus sensible sur les parcelles de la ferme Ben Chiboub où les betteraves reçoivent un complément d'eau par aspersion.

Dans d'autres cas, en particulier lorsque le relief est constitué de croupes marneuses la topographie affecte non seulement la distribution de l'eau mais la morphologie du profil surtout par érosion et colluvionnement. Nous avons pu observer sur une parcelle de la ferme ex-Venèque deux profils distants d'une centaine de mètres sur un versant de marnes vindoboniennes.

Au tiers supérieur de la pente le sol est un vertisol à caractère moyennement accentué sur formation de marnes altérées, peut-être légèrement alcalisé. Le profil est frais sur 45 cm. Au dessous il est complètement sec; de larges fentes de retrait (3 à 4 cm) débitent l'horizon en gros prismes, on retrouve dans les fentes des chaumes non décomposés de l'année précédente. Les racines de betterave bien réparties dans l'horizon supérieur sont dans l'horizon inférieur cantonnées aux fentes de retrait où elles développent un chevelu abondant et un épais feutrage de poils absorbants, les racines dans cet horizon ne pénètrent absolument pas les éléments de la structure. Le flétrissement partiel des parties aériennes indique une souffrance manifeste par manque d'eau.

En bas de pente le sol est un vertisol lithomorphe modal profond (1,8 m) probablement colluvionné. A la même époque d'observation que le profil précédent il était frais sur toute son épaisseur, aucune fente de retrait n'était encore visible. L'enracinement des betteraves était profond et homogène sur tout le profil, les éléments de la structure bien pénétrés par les racines.

Ce phénomène est général dans la région de Béjà, le Munchar; il s'attenue dans la région un peu plus arrosée de Ksar Mezouar.

Nous n'avons noté dans la region de Béjà aucun symptome indiquant que les betteraves souffrent d'hydromorphie. Au Munchar nous avons observé de très belles betteraves sur un vertisol ou la nappe au mois de Juin était encore à 1m30. Celà est vraisemblablement à rattacher à la sècheresse particulière de l'hiver qui a précédé nos observations. A. MORI nous a signalé une extension plus grande des nappes en hiver à pluviométrie normale, des accidents seront alors à craindre.

— **Texture**

L'alimentation en eau de la plante est également réglée par des caractéristiques intrinsèques du profil essentiellement texture et profondeur du sol.

La texture des sols du Béjaoua est très homogène le taux d'argile varie généralement de 45 à 60 % la fraction 0-50$^{\mu}$ représentant 80 à 95 % du total. Les capacités de rétention à pF 2,7 se situent entre 35 et 45 % pour les vertisols, entre 25 et 35 % pour les sols calcimorphes et certains sols hydromorphes à encroûtement de nappe. L'eau retenue à pF 4,2 varie entre 15 et 30 %. La précision de nos analyses est trop faible pour que nous puissions donner des chiffres en ce qui concerne l'eau utile.

Nous avons cependant pu noter dans une petite zone sur la rive gauche de l'oued Béjà, a proximité du confluent avec la Medjerda, que des betteraves installées sur des sols à texture limoneuse à limono-argileuse souffraient beaucoup de la sècheresse.

Une autre observation effectuée en compagnie de P. BUREAU à Souk El Khemis nous a permis de constater sur un sol peu évolué de texture argilo limoneuse l'effet depressif important d'un lit de cailloux faisant drain à 80 cm alors que dans la même parcelle avec des horizons de surface à texture équivalente mais sans couche drainante la végétation était satisfaisante. (photographie nº 1 - 2 - 3).

— Profondeur du sol

La profondeur du sol exploitable par les racines interfère aussi considérablement sur l'alimentation en eau de la plante. Quand elle en a la possibilité, la betterave envoie ses racines très profondément, nous en avons noté à plus de deux mètres sur des vertisols bien humectés et bien travaillés en surface.

Le comportement de la plante est différent suivant que l'obstacle à l'enracinement favorise ou au contraire freine le stockage de l'eau dans les horizons superficiels. La présence d'une croûte calcaire à 45 cm a un effet beaucoup moins catastrophique que celle d'un lit de cailloux à la même profondeur. Nous avons pu cette année observer d'assez belles betteraves sur des croûtes calcaires à 45 cm (photo nº 4 et 5). Cette observation ne doit cependant pas être généralisée en raison de la répartition particulière de la pluviométrie de cette campagne. Il est possible qu'en année à printemps sec les résultats soient très décevants sur ces types de sol.

La présence d'une semelle de labour ou un emiettement insuffisant des horizons de surface provoque également une forte baisse du volume colonisé. Bien que l'obstacle ne soit pas absolu le changement d'orientation de la racine et la difficulté de pénétration des éléments de la structure l'empêche d'atteindre une profondeur suffisante, et l'alimentation en eau semble beaucoup plus déficitaire dans les parcelles mal travaillées.

En résumé dans la région de Béjà le sol pouvant le mieux assurer l'alimentation en eau de la betterave sera un sol en position topographique telle que s'il ne reçoit pas d'apport d'eau complémentaire par ruissellement, au moins n'en subisse pas d'évacuation latérale. Il devra avoir une capacité de rétention suffisante permettant d'éviter un dessèchement rapide du profil au printemps. En l'absence de couches très filtrantes une profondeur de 1 m est à souhaiter. Ces stations correspondent en général dans la région à des vertisols modaux.

LA STRUCTURE

La structure par les contraintes qu'elle impose au développement du pivot et parce qu'elle conditionne partiellement le développement du système radiculaire général a une très grande importance.

LA STRUCTURE DE SURFACE : est profondément influencée par les façons culturales, sa stabilité est cependant assez caractéristique du type de sol dans lequel elle se développe.

En fin de période végétative on peut observer sur les vertisols deux types de structure : une structure nuciforme à polyédrique moyenne à fine, aérée, bien individualisée et une structure de type cubique à lamellaire, à éléments peu poreux et excessivement cohérents.

Le premier type de structure est très fréquent sur les vertisols modaux où la pellicule de battance superficielle à tendance à se briser en petits agrégats polyédriques Les sols calcimorphes sur croûte donnent, eux naissance à une structure de type grumeleux à nuciforme dont les agrégats sont beaucoup plus poreux que ceux qui se développent dans les vertisols. Ces deux types de structure de surface semblent bien convenir à la betterave. (photographies nº 6 et 7).

Les sols peu évolués à caractère vertique et les vertisols peu accentués présentent souvent une stabilité structurale plus faible. Ceci explique la reprise en masse fréquent constatée de l'horizon de surface. On constate alors la présence sur 10 cm d'un horizon à structuré cubique excessivement compact. De telles structures s'accompagnent presque toujours d'un mauvais état végétatif de la culture.

Nous avons cependant pu en particulier sur des vertisols modaux, observer sur des parcelles voisines les deux types de structure. Il nous fait alors rattacher ces différentes aux façons culturales. Il est en effet très fréquent de constater une remontée très sensible de l'indice d'instabilité structurale dans les horizons de labour par rapport à celui des horizons immédiatement sous jacents (voir graphique). La perméabilité, elle, n'est pas contre que très peu affectée.

La plupart des points représentatifs des horizons de labour se situent au dessus de la droite de régression Log 10 IS - Log 10 K, les points représentatifs des horizons sous jacents étant beaucoup plus répartis de part et d'autre de la droite.

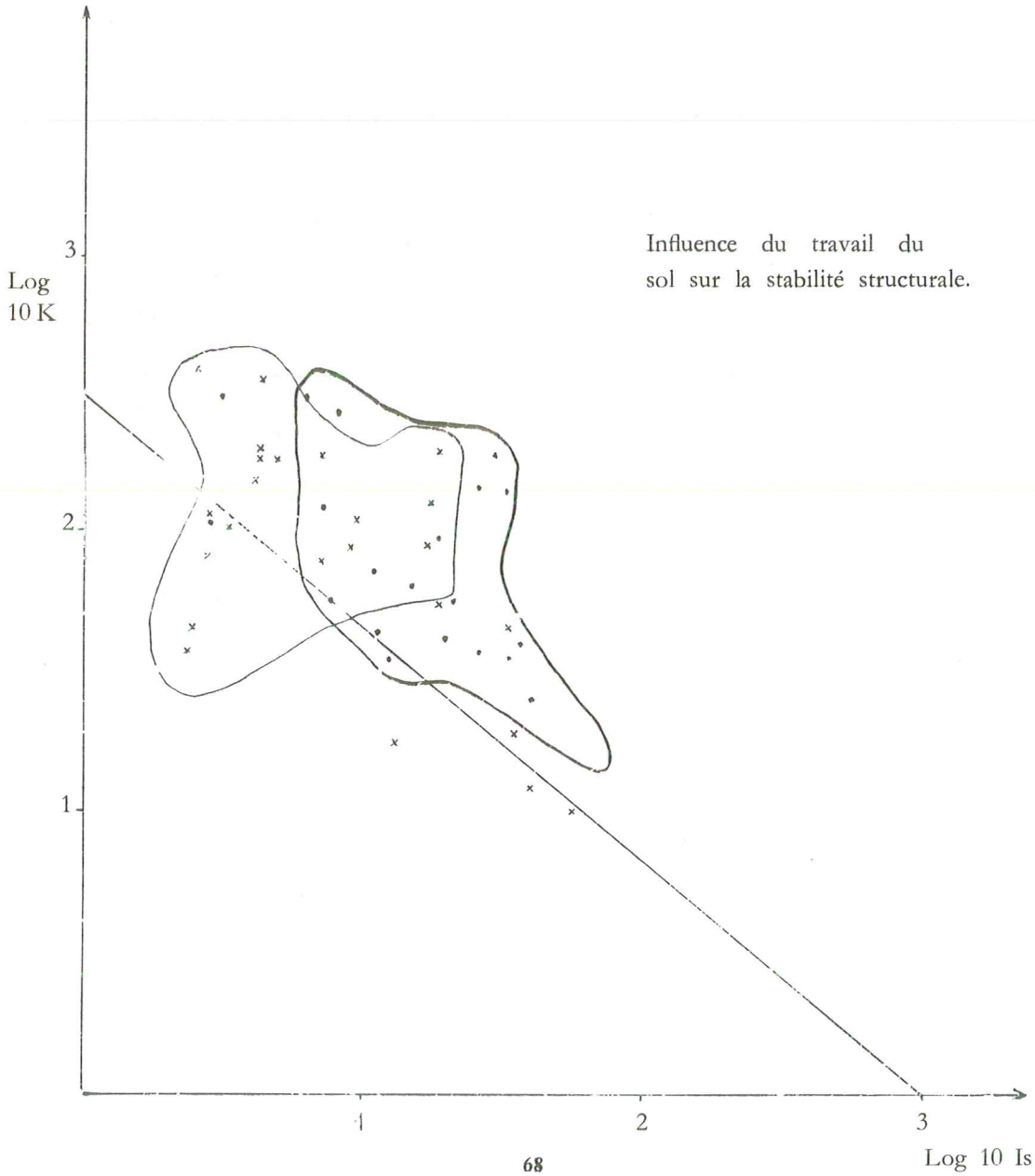
Il semble que l'humidité du sol au moment du labour ait une grande importance. Il faut d'une part assurer un emmiettement correct du labour pour éviter la conservation de gros agrégats polyédriques qui provoquent souvent l'apparition de betteraves fourchues et éviter une pulvérisation trop poussée par les façons superficielles qui risque de favoriser la reprise en masse de l'horizon de surface aux premières fortes pluies. Un planage satisfaisant est également à souhaiter car nous avons constaté que les structures massives se localisaient préférentiellement dans les zones de stagnation ou d'écoulement préférentiel de l'eau. Nous leur avons vu leur extension maximum sur une parcelle établie sur un sol peu évolué à caractères vertiques récevant une irrigation d'appoint par submersion.

Il faut à ce propos signaler que l'aspersion à base pression ne parait pas avoir de conséquences aussi néfastes.

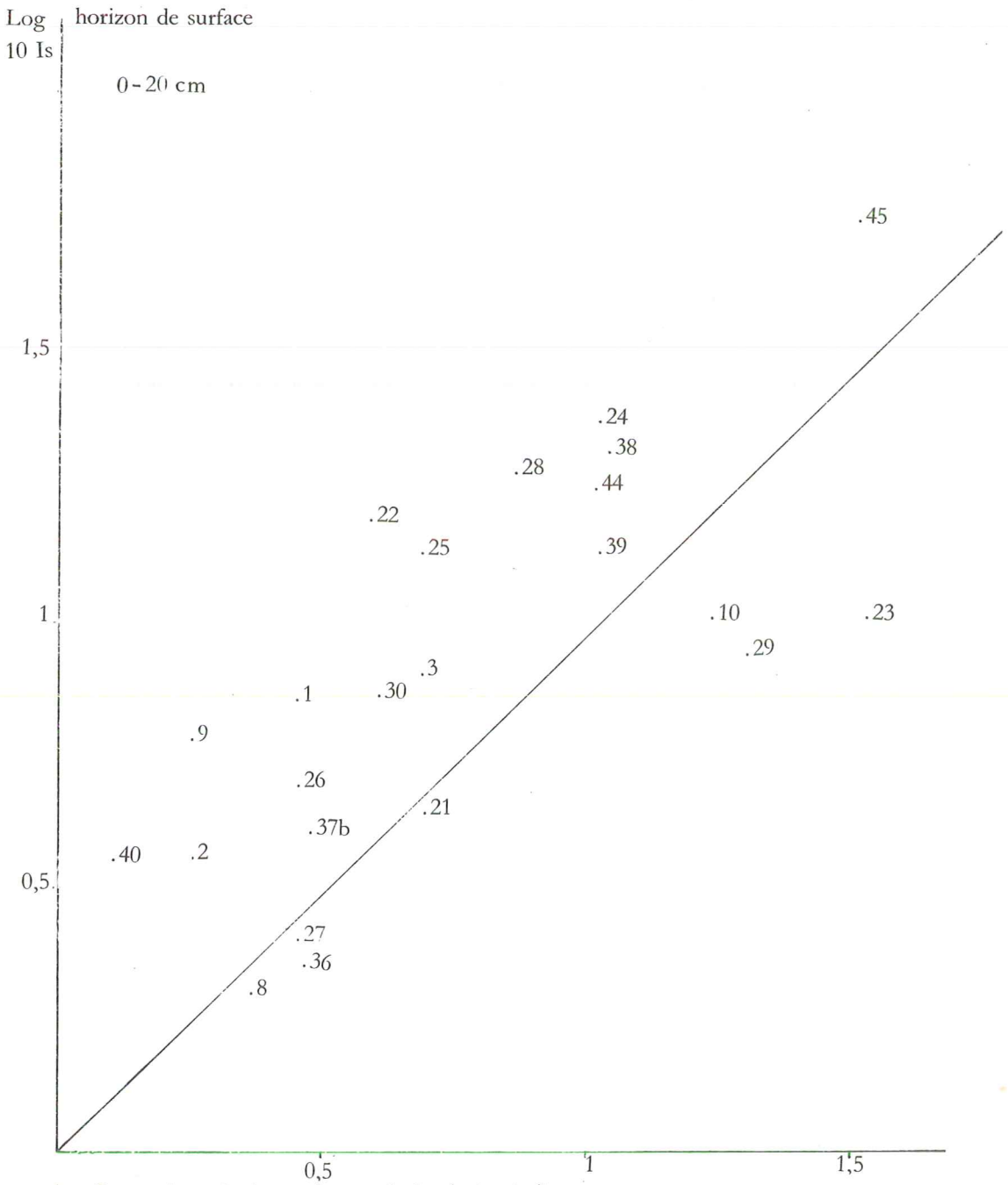
Une semelle de labour à structure lamellaire très compacte et très consistante épaisse de 2 à 7 cm apparaît très souvent à la base des horizons travaillés. Elle est d'autant plus éfaste que le labour est moins profond. ELOJ est d'autant plus néfaste que le labour est moins profond. Elle provoque très souvent lorsqu'elle se situe à une quinzaine de cm de profondeur l'apparition de betteraves systématiquement fourchues. L'influence sur le rendement technologique est considérable, lorsqu'elle est plus profonde elle intervient comme nous l'avons signalé plus haut sur la colonisation des horizons inférieurs (photographie nº 8 et 9).

• Horizon de labour

× Horizon sous-jacent



Influence du travail du sol sur la stabilité structurale.



* Les points situés au dessus de la droite indiquent une baisse de la stabilité dans l'horizon de surface.

* Les points situés au dessous de la droite indiquent une augmentation de la stabilité !ns l'horizon de surface.

Log 10 Is horizon de profondeur (20-40 cm)

LA STRUCTURE DE PROFONDEUR : n'est pas affectée par le travail du sol, les sols profonds étant la plupart du temps des vertisols, elle est généralement massive en gros prismes se débitant en petits polyédres puis en plaquettes gauchies et imbriquées; son comportement vis à vis des racines est très largement influencée par son humidité. Nous avons vu précédemment que les gros éléments de structure n'étaient pas pénétrés par les racines quand ils étaient secs.

Les radicelles sont écrasées contre les éléments structuraux et ne developpent un chevelu abondant que dans les fentes de retrait.

Par contre la colonisation est très satisfaisante lorsque le sol reste humide sur une grande profondeur. Ceci est parfaitement en accord avec les travaux de Maertens à Chateauroux qui indique une forte influence de l'humidité sur la pénétrabilité aux racines des sols argileux. Dans le vertisol ce phénomène parait encore accentué du fait d'une part de l'extrême compacité des éléments structuraux à sec, d'autre part par le foisonnement de la structure à l'huméctation. Il y a donc concomitance d'éléments défavorables déficit en eau et très forte résistance à la pénétration radiculaire.

Ceci accentue les baisses de rendements les années à printemps sec lorsque le profil se dessèche bien avant la fin de la période végétative. L'intérêt d'une irrigation par aspersion qui permet de pallier le déficit en eau et conserve leur accessibilité aux horizons inférieurs apparait comme évident.

DELIMITATION CARTOGRAPHIQUE DES ZONES APTES A LA CULTURES BETTERAVIERES

Muni des ces observations assez fragmentaires et n'ayant qu'une valeur partielle car elles ne se sont étendues que sur une campagne à pluviométrie assez particulière nous avons essayé à l'aide des documents existants* en les précisant sur photographie aériennes quand celà s'est avéré nécessaire, une délimitation cartographique des zones aptes à la culture de betterave.

Nous avons retenu comme sols convenant bien à la culture de la betterave les vertisols modaux profonds, certains sols peu évolués à texture fine bien structurés, certains sols calcimorphes profonds. Tous doivent être situés sur pente faible ou nulle, bénéficier si possible d'apport d'eau latéraux et ne pas présenter de couche trop drainante ni d'accident de mauvais drainage ou d'alcalisation à moyenne profondeur.

Nous avons observé d'assez belles parcelles de betterave sur des sols rendziniformes de texture fine sur une croûte ou un encroûtement calcaire à 45 cm. Cependant l'étalement insuffisant de nos observations dans le temps nous impose une grande prudence quant aux potentialités de ces sols.

Nous avons donc été amenés à délimiter trois types de zones correspondant à :

(1) Une bonne aptitude à la culture de la betterave
(2) Une aptitude moyenne ou incertaine à la culture de la betterave.
(3) Une inaptitude très probable à la culture de la betterave.

Dans (2) et (3) nous avons indiqué le facteur limitant les rendements ou interdisant la culture, profondeur de sol insuffisante, pente trop forte, texture trop légère, hydromorphie trop accentuée ou alcalisation trop proche de la surface.

Dans certaines zones de la catégorie (1) nous avons indiqué lorsque celà nous a semblé utile la possibilité ou la nécessité d'un mode particulier de conduite de la culture.

La terrasse récente de l'oued Béjà, bénéficie d'une topographie plane, de sols profonds relativement bien structurés en surface et de la proximité d'un oued perenne dont l'eau est douce. Nous y avons indiqué l'intérêt d'une irrigation par aspersion.

Dans la région de Ksar Mezouar la pluviométrie est plus forte, l'apparition de mouillères plus fréquentes. Dans le fond de la vallée du Munchar un engorgement temporaire de surface et des remontées de nappes sont à craindre en hiver humide. Nous avons dans ces deux zones conseillé un modelé des champs pour permettre l'évacuation des eaux excédentaires qui permettra une meilleure conservation de la structure de surface et un départ plus rapide de la végétation en fin d'hiver début de printemps.

*
**

Il nous faut en conclusion insister sur les limites de validité de notre étude. Nos observations étalées sur une période courte d'une seule campagne à répartition pluviométrique très anormale ne doivent être généralisées qu'avec une grande prudence. Une poursuite de l'étude pendant une ou deux campagnes serait le minimum nécessaire pour arriver à des conclusions surtout en ce qui concerne les bilans hydriques. Le comportement des sols soumis à des pluies d'intensité et de répartition différente devrait être étudié de façon plus approfondie en fonction de leurs propriétés intrinsèques et de leur position dans le paysage.

Nous pouvons cependant dores et déjà avancer que la culture de la betterave en sec dans la région de Béjà est placée dans des conditions difficiles de production. Le choix de sols assurant une bonne alimentation en eau et le meilleur développement végétatif possible est indispensable.

Il ne résoudra cependant pas tous les problèmes les aléas du climat méditerranéen ne nous laissant pas espérer une certitude de réussite. La pratique généralisée d'une irrigation de complément par aspersion permettrait pour un cout relativement faible (au moins en ce qui concerne la terrasse de l'oued Béjà) de régulariser la production et d'obtenir des augmentations de rendement assez spectaculaires.

La betterave est d'autre part excessivement sensible aux façons culturales; le meilleur sol s'il est mal travaillé ne donnera que de très médiocres rendements. Dans ce domaine il semble qu'une étude approfondie des façons culturales appropriées et une intensification de la vulgarisation soit absolument indispensable.

INFLUENCE D'UN ENCROUTEMENT CALCAIRE PEU PROFOND SUR L'ENRACINEMENT

0

Horizon de labour - brun foncé - sablo-argileux
Structure nuciforme à polyédrique moyenne avec localement une structure cubique porosité forte - cohésion moyenne à faible consistance moyenne - calcaire fort - débris d'encroûtement remontés jusqu'en surface par le labour sec.

20

Encroûtement calcaire - limoneux faiblement feuilleté porosité moyenne à faible - consistance et cohésion moyenne - quelques passages verticaux de racines - légèrement frais.

75

Argile limoneuse beige brun à plages blanches. Structure en éclats polyédriques porosité faible - calcaire diffus et gros amas pulvérulents - quelques galets calcaires.

Betteraves à belle végétation la racine principale s'enfonce dans l'encroûtement.

INFLUENCE D'UN ENCROUTEMENT CALCAIRE SUR LA VEGETATION

Aspect d'un champ de betteraves bien développées sur un encroûtement calcaire à 20 cm

INFLUENCE D'UNE COUCHE DRAINANTE SUR L'ALIMENTATION EN EAU

---0

Gris brun;argilo-limoneux, structure polyédrique assez peu développée,porosité moyenne à faible, consistance forte, cohésion moyenne,calcaire fort, sec

---50

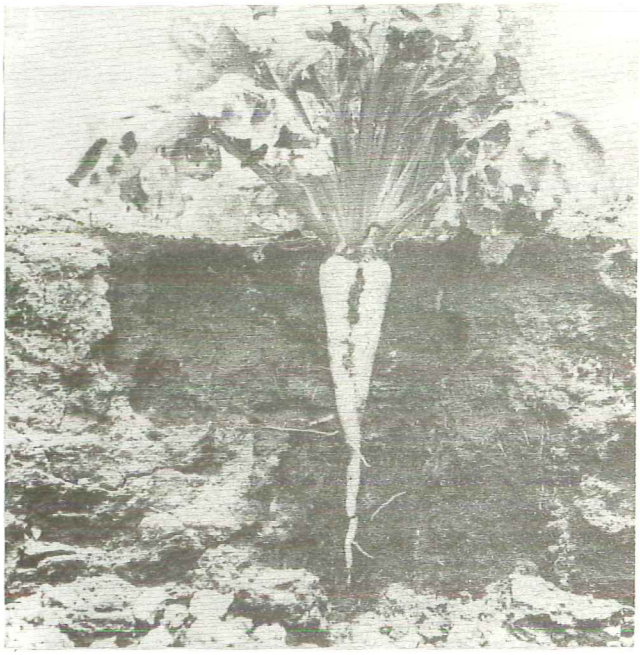
Galets roulés de toutes dimensions dans une matrice sablo-argileuse-sec

Aspect physionomique du champ

Au premier plan les betteraves souffrent considérablement de la sècheresse

Au fond la végétation est plus satisfaisante (absence du lit de cailloux drainant et position en rupture de pente)

INFLUENCE DE LA STRUCTURE SUR L'ENRACINEMENT



Betterave à bel enracinement profond sur un sol brun calcaire tirsifié à structure polyédrique grossière.

On peut cependant noter une légère tendance au départ horizontal des radicelles développées au niveau du fond de labour

Aspect physionomique du champ

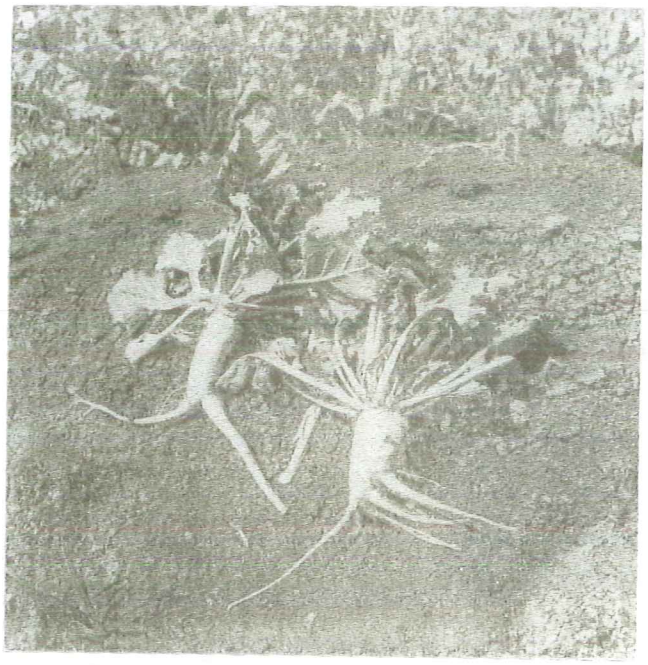
Betteraves en bon état végétatif malgré une attaque de casside

INFLUENCE D'UNE SEMELLE DE LABOUR OU D'UN HORIZON A STRUCTURE LAMELLAIRE SUR LA COLONISATION DES HORIZONS INFERIEURS

Départ sub-horizontal du pivot sur un fond de labour très consistant à structure cubique à lamellaire

Départ horizontal de racines sur une semelle de labour à 20 cm, les horizons inférieurs sont très peu colonisés

INFLUENCE DE LA SEMELLE DE LABOUR SUR LE DEVELOPPEMENT DU PIVOT



Betteraves fourchues
Développement et rendement technologique faibles

Le couteau donne l'échelle

Betteraves peu developpées et systématiquement fourchues sur semelle de labour à 15 cm

LE PISTACHIER : CONDITIONS DE CLIMAT ET DE SOL

par Rachid GADDAS

Ingénieur en Chef à la Division des sols

LE PISTACHIER : CONDITIONS DE CLIMAT ET DE SOL

1 - INTRODUCTION :

Le pistachier était cultivé en Tunisie depuis l'antiquité dans la région de Sfax et de Gafsa. Les pistaches (variété de Sfax) très recherchées, car leur goût est excellent et elles sont plus parfumées que la plupart des variétés d'Orient, donnaient lieu autrefois à une exportation importante vers différents ports de la Méditerranée. Mais les superficies jadis réservées à cette culture se sont rétrécies au début de ce siècle, au profit d'autres spéculations, telles que l'olivier ou le palmier qui donnent à la population des denrées de première nécessité et qui posent moins de problèmes du point de vue multiplication et greffage.

Le pistachier est un arbre rustique peu exigeant, il s'adapte à différents types de climats et de sols. Il existe un dicton «Si le sol ne convient pas à d'autres cultures, il convient au pistachier». C'est pourquoi on rencontre le plus souvent cet arbre planté dans des conditions défavorables : sols peu profonds, squelettiques, rocailleux, salés (bordure de sebkha) ou dans des régions à pluviométrie trop faible pour assurer la réussite d'autres types de cultures en sec.

Dans la région de Mateur, une parcelle de pistachiers plantée depuis une vingtaine d'années a été réalisée sur des rendzines à croûte calcaire peu profonde.

A Sfax, de nombreuses parcelles de pistachiers sont installées sur des sols peu évolués à croûte presque affleurante ou sur des terrains salés.

Ces zones privilégiées dans lesquelles nous avons pu observer l'état végétatif et parfois même le rendement des pistachiers en relation avec le type de sol et de climat nous ont permis de voir jusqu'à quel point cet arbre était rustique et d'étudier les facteurs limitants pouvant influencer sa production. D'ailleurs de nombreuses études et expérimentations ont été entreprises pour mieux connaître la biologie du pistachier, ses exigences édaphiques et son intérêt économique.

Plusieurs parcelles ont été plantées depuis 1963(1); de même, de nombreux essais de comportement des pistachiers dans différents types de sols et sous différents climats ont été installés et sont actuellement suivis (2).

2 - VARIETES : EXTENSION GEOGRAPHIQUE, AIRE DU PISTACHIER

Le pistachier (genre Pistacia) appartient à la famille des Anacardiaceae. C'est un arbre dioïque qui comprend de nombreuses espèces, dont les plus connues sont :

- Pistacia vera L. (Pistachier franc)
- Pistacia atlantica Desf. (Batoum)
- Pistacia mutica Fish et Mey
- Pistacia lentiscus L.
- Pistacia khinjuk Stoks
- Pistacia integerrima Stewart
- Pistacia terebinthus L., etc...

Toutes ces espèces, exepté *Pistacia vera,* sont des espèces sauvages et ne donnent pas de fruits comestibles; elles sont utilisées comme porte-greffes; ou bien, elles sont exploitées pour leur bois, car, dans plusieurs régions, elles constituent des forêts naturelles. En Tunisie on rencontre trois espèces :

(1) Projet de planification rurale intégrée de la Tunisie Centrale.

(2) Voir les études de P. JACQUY et M. MLIKA - PEDAEP, Tunis.

Pistacia lentiscus L.
Pistacia terebinthus L.
Pistacia atlantica Desf.

Pistacia lentiscus L.

Il a un port buissonnant et se trouve dans le Nord du pays : zone de Tabarka, le Kef, et Thala, ainsi que sur la zone côtière du Nord et du Centre et plus rarement dans le Sud de la Tunisie centrale. On le trouve depuis l'étage humide inférieur dans la série du chêne-liège jusqu'à l'étage semi-aride supérieur dans la série de l'olivier lentisque à caroubier.

Pistacia terebinthus L.

Il atteint une dizaine de mètres de haut. On le rencontre aussi dans le Nord et sur la Dorsale. Il constitue un excellent porte greffe et un pollinisateur de Pistacia vera. Il n'existe pas dans les régions arides, mais pousse surtout dans les climats semi-arides et subhumides.

Pistacia atlantica Desf.

C'est un arbre vigoureux, de très grande taille, atteignant jusqu'à 20 m de haut. Il existe dans les régions qui bordent le Sahara et résiste bien à la sécheresse et à la chaleur.

En Tunisie centrale, on le rencontre en particulier dans la région de Sbeitla, Sidi-Bou-Zid et Maknassy, Regueb et Bled Thala, parfois associé au jujubier (*Ziziphus lotus*) et même au cactus.

Dans ces régions où la pluviométrie est très faible, on trouve les arbres les plus vigoureux soit dans les zones d'écoulement ou d'accumulation des eaux, (région des Ouled M'Hamed près de Sidi-Bou-Zid), soit dans certains refuges montagneux où ils reçoivent un apport d'eau supplémentaire dû au ruissellement.

D'autre part, cet arbre (le batoum) considéré en Afrique du Nord comme arbre sacré, est utilisé pour son ombre dans les enceintes des marabouts et des cimetières.

Pistacia vera L. (*Pistachier franc*)

C'est la seule espèce cultivée, dont les amandes comestibles sont réputées et estimées pour leur goût et leur arôme.

Elle existe à l'état naturel en Asie centrale et au Proche Orient où les habitants la cultivaient depuis la plus haute antiquité. Elle aurait été introduite en Europe méditerranéenne au début de l'ère chrétienne et de là elle se répandit en Afrique du Nord et en particulier en Tunisie.

C'est un arbre qui atteint 10 à 15 m de haut. Il est d'autant plus vigoureux que les conditions de climat et de sol sont plus favorables.

3 - INFLUENCE DU CLIMAT

3.1- Pluviométrie

Le pistachier est un arbre xérophile, il supporte des climats très secs et peut vivre dans des régions où la pluviométrie est inférieure à 200 mm, mais il ne prospère et ne donne de bons rendements que si les conditions sont meilleures.

Il semble qu'il supporte la sécheresse mieux que l'olovier, l'amandier ou le figuier. Mais pour assurer la récolte, il est nécessaire, sous des pluviométries aussi faibles, de donner au moins deux ou trois irrigations de complément. Souvent ce complément est fourni grâce à des aménagements de tabias ou de jessours (1) qui augmentent localement l'infiltration des eaux de pluie.

Ces dernières années d'importantes plantations de pistachiers ont été réalisées dans la région de Médenine - Beni Khaddèche sur des zones aménagées en jessours; les résultats sont déjà très encourageants à cause de l'accumulation de l'eau dans ces petits barrages. La pluviométrie moyenne de la région est de 250 mm par an.

Dans la plupart des pays où le pistachier pousse à l'état naturel la pluviométrie varie entre 250 mm et 600 mm par an. Les pluviométries faibles doivent toujours être compensées par des positions topographiques favorables, un sol profond et une bonne perméabilité; par contre, les pluviométries élevées doivent être accompagnées d'une pente assez forte pour assurer le ruissellement de l'eau excédentaire et faciliter le drainage. En terrain plat et sur des sols profonds à texture moyenne, une pluviométrie de 350 à 400 mm par an est nécessaire pour un bon développement et une bonne fructification.

A Chico en Californie les périodes prolongées de sécheresse et de chaleur, en été ont provoqué le jaunissement des feuilles et leur chute au mois d'août, tandis qu'avec une irrigation en juillet, les feuilles sont restées vertes et ne sont tombées qu'en novembre (période normale de chute) (24).

En Syrie, pendant les années très sèches et sur les terrains peu profonds, le pistachier souffre beaucoup; les bourgeons se dessèchent et tombent, comme cela s'est passé en 1957 (15).

Les périodes pendant lesquelles tombent les pluies influencent beaucoup la production : il est préférable d'avoir le maximum de pluie dans la période qui précède la floraison et dans celle qui la suit; par contre, des pluies abondantes pendant la floraison peuvent compromettre la récolte car elles empêchent la fécondation. Pendant cette période, les pistachiers ont besoin d'une certaine humidité atmosphérique. Dans les zones côtières de Tunisie (Sfax - Maharès) l'hygrométrie élevée complète la faiblesse des précipitations.

Lorsque la floraison est accompagnée d'une période de sécheresse ou de vents chauds et violents (sirocco), les fleurs se dessèchent et la pollinisation ne se produit pas.

---

(1) Petits ouvrages en pierres qui freinent l'érosion hydrique et permettent aux eaux de pluies des talwegs de s'infiltrer.

3.2- **Température :**

Le pistachier supporte bien les températures très élevées, en été, ainsi que les températures très basses, en hiver.

Les hautes températures sont nécessaires pour le bon développement et la maturité des fruits :

En Angleterre quelques pistachiers ont été introduits au 16e siècle, mais les fruits n'arrivent pas à maturité à cause de la fraicheur de la période estivale (25).

En Iran, les meilleurs vergers de pistachiers se trouvent sur le Plateau central, qui est réputé pour son climat désertique et où les températures d'été dépassent souvent 40° C.

De même, cet arbre pousse bien en Californie, dans les vallées de Sacramento et de San Joachim, sous des températures analogues.

Arbre à feuilles caduques, il supporte bien les basses températures hivernales car elles coïncident avec la période de dormance. De nombreux auteurs pensent même que les hivers assez froids sont nécessaires pour rompre la dormance des bourgeons et permettre une bonne fructification au printemps suivant.

D'après Whithouse des pistachiers à Sacaton (Arizona), donnent une récolte tous les 5 ans environs, car les hivers ne sont pas suffisamment froids.

Mais, en Tunisie, la réussite du pistachier dans la région côtière de Sfax et de Gabès nous indique que les basses températures ne sont pas nécessaires. Dans ces régions les hivers sont doux, le climat tempéré par la proximité de la mer et la température ne descend que de manière exceptionnelle au dessous de 0°C. A Gabès, la température est descendue au dessous de zéro, 8 fois en 15 ans pendant les mois de janvier et février.

En Kusba (U.R.S.S.), le pistachier supporte des températures qui arrivent à - 18°C. Au Turkestan, il supporte sans dégâts des températures de - 30° C. dans les zones montagneuses.

En Syrie, dans la région d'Alep, la température est descendue en 1910-1911 à - 10°C, ce qui a causé la destruction de 300.000 oliviers alors que les pistachiers n'ont subi aucun dommage. En 1950 dans la même région la température est descendue en janvier et pendant 10 jours jusqu'à - 23°C, sans causer de dégats aux pistachiers (15).

Par contre, les gelées tardives arrivant en mars-avril, c'est à dire après le départ de la végétation et au moment de la floraison, sont catastrophiques et peuvent faire perdre toute la recolte.

Au Turkestan, les gelées tardives du mois d'avril 1902 ont détruit toute la floraison.

3.3- **Altitude :**

En Tunisie, les pistachiers sauvages ou cultivés se trouvent à des altitudes variables allant du niveau de la mer à plus de 1000 m d'altitude.

L'influence de l'altitude joue surtout sur des différences de pluviométrie (toujours plus importante sur les hauteurs) et des différences de température (plus froide en altitude).

Il semble que le meilleur développement de *Pistacia vera* soit atteint à des altitudes variant entre 600 et 1200 m. A 2000 m, le pistachier se trouve simplement à l'état d'arbrisseau, ne dépassant pas 2 m de haut (6).

Ce problème d'altitudes élevées ne se pose même pas en Tunisie.

3.4- **Vent :**

Très résistant au vent, le pistachier supporte même des siroccos en été. Mais, les vents violents survenant pendant la période de floraison provoquent la chute des fleurs et empêchent une bonne pollinisation. Par contre, les vents calmes et les brises chargées d'un peu d'humidité sont nécessaires pour le transport du pollen des arbres mâles vers les arbres femelles.

Le pistachier est un arbre de côteaux balayés par le vent; une exposition ensoleillée et aérée lui est indispensable (5).

4 - **LE SOL :**

C'est un arbre très peu exigeant au point de vue sol, à tel point que beaucoup d'auteurs conseillent sa culture sur les sols les plus pauvres, ceux qui ne conviennent à aucune autre spéculation. En effet, on observe souvent des peuplements de pistachiers dans des régions où les sols sont squelettiques, érodés et caillouteux; ainsi, en Syrie, à Aïn Tiné, et en Sicile, dans la région de Bronte.

Pour comprendre la rusticité du pistachier et sa résistance aux conditions difficiles nous devons examiner son système racinaire.

4.1- **Les racines du pistachier :**

Nous avons fait de nombreuses observations sur l'enracinement du pistachier dans différents types de sols de Tunisie et à différents âges, depuis la germination des graines en pépinière jusqu'à l'âge de plusieurs siècles.

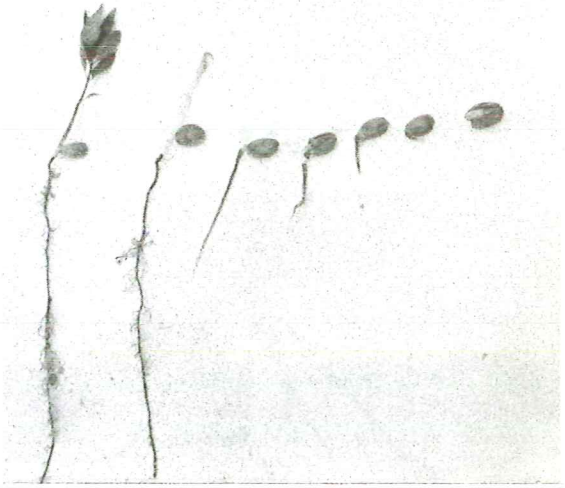
Ces observations nous ont montré la puissance de l'enracinement qui permet à l'arbre de puiser l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à son développement à grande profondeur et à grande distance.

En observant la germination des graines de pistaches en pépinière, on peut remarquer l'importance du système racinaire et la rapidité de sa croissance.

La jeune plante développe une racine principale pivotante qui porte des racines latérales nombreuses. La racine principale peut atteindre 50 cm environ, un mois seulement après la germination, et 1,5 m, au bout de la première année du semis. Cette racine qui croît très rapidement est toujours brisée lors de la transplantation, surtout dans les pépinières installées sur des terrains lourds.

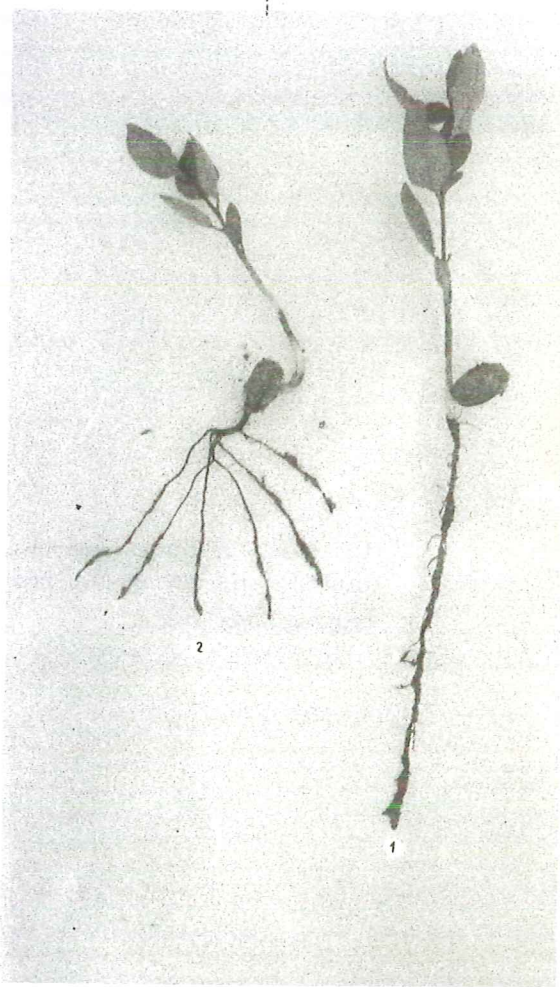
Actuellement on pratique le pincement de la racine au niveau de la coiffe, au moment de la mise en pépinière des graines germées; cela permet de remplacer la racine pivotante par un système radiculaire fasciculé, qui rend plus facile la transplantation et augmente les chances de reprise (13).

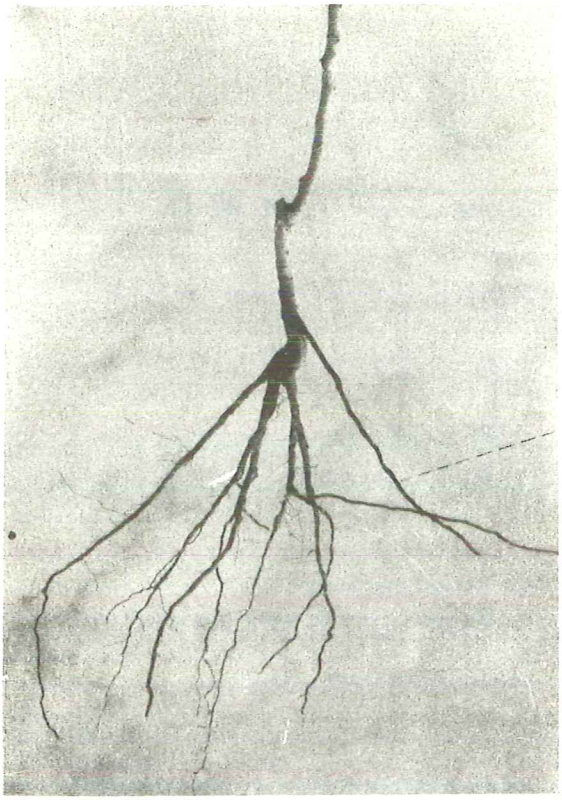
Germination de graines de pistaches en pépinière (Chébika).



(1) Racine pivotante
(2) Racine fasciculée après pincement de la coiffe

eunes pistachiers plantés dans un terrain sableux.
La racine est 5 à 6 fois plus longue que la tige.





Pistachier greffé.
racine pincée.

Les racines rencontrant un obstacle (mauvaise structure du sol) prennent une direction horizontale.

Pendant les premières années les racines se développent surtout verticalement, si le terrain le permet, sinon, elles suivent les fissures ou les fentes de retrait et s'adaptent au terrain dans lequel elles se trouvent de façon à pallier aux mauvaises conditions. En effet, le développement des racines varie en fonction des facteurs limitants climatiques ou édaphiques, et souvent, lorsque les conditions de sol sont médiocres, le système aérien est peu développé et les racines sont très longues.

Il existe aussi une adaptabilité des différentes espèces aux conditions de climat et de sol. C'est pourquoi, le choix des portes greffes est très important pour la réussite des cultures.

Cependant, malgré la rusticité du pistachier, il existe des limites à partir desquelles il ne produit plus et dépérit.

Les éléments déterminants pour l'aptitude des sols à la culture du pistachier sont basés sur la profondeur du sol, la présence d'un hardpan (ex. croûte ou encroûtement calcaire ou gypseux), la texture, la salure et l'hydromorphie.

4.2- **La profondeur du sol :**

Le pistachier peut pousser sur des sols peu profonds, mais ceci n'indique pas qu'il préfère les mauvais terrains ni qu'il faut le condamner à occuper uniquement des sols squelettiques. Il supporte des conditions qui ne conviennent à aucune espèce fruitière, il arrive même à éliminer d'autres espèces arbustives moins résistantes :

> En Syrie, d'après Khalife Taher, certains agriculteurs plantent la vigne ou le figuier au pied même du pistachier; ils produisent pendant que ce dernier est jeune et improductif, puis, lorsqu'il grandit, il les élimine d'une façon naturelle.

Lorsque la profondeur du sol est très réduite il est nécessaire d'avoir une pluviométrie élevée pour que le pistachier puisse subsister et produire. Ainsi les pistachiers poussant en Sicile sur des sols squelettiques formés de laves volcaniques bénéficient de la richesse des laves en éléments fertilisants, de la matière organique existant dans la litière forestière et reçoivent des précipitations annuelles de plus de 600 mm. Les arbres poussant dans ces conditions ont besoin d'une certaine fissuration de la roche sous-jacente, où les racines pénètrent pour trouver les éléments nutritifs nécessaires à leur développement.

Malgré la possibilité d'adaptation du pistachier aux sols peu profonds, on remarque que dans ce cas l'arbre reste toujours chétif et peu productif. Par contre, sur les sols profonds et sains il se développe bien et donne des rendements élevés.

En Tunisie, en plus des zones montagneuses où affleurent les formations géologiques dures (calcaires et grès), il arrive souvent de rencontrer dans les sols des croûtes ou des encroûtements calcaires ou gypseux qui constituent un obstacle pour le passage des racines. Mais parfois, sous des climats secs et lorsque ces croûtes se trouvent à une certaine profondeur, elles peuvent constituer un facteur améliorant pour le sol puisqu'elles arrêtent l'eau de pluie et forment une réserve d'humidité qui sera utilisée pendant les périodes sèches. *Ainsi, la présence d'une croûte ou d'un horizon imperméable entre* 1,5 *et* 2 *m de profondeur dans un sol de texture grossière à moyenne correspond, dans les zones à faible pluviométrie, aux meilleurs sols pour la culture du pistachier en sec.*

Dans la région de Sfax (Parcelle Nouri : route de l'hôpital) des pistachiers, âgés de 2 siècles, sont plantés sur un sol sableux à encroûtement calcaire surmontant une croûte calcaire dure :

Description du profil :

0-15 cm : Beige clair 7,5 YR 5/6 sableux, réaction HCl forte, structure particulaire, porosité bonne, sec, nombreux cailloux en surface, quelques débris d'helix, quelques racines de pistachiers.

15-35 cm : Beigne clair 7,5 YR 5/6 sableux, réaction HCl forte, structure en éclats, porosité bonne, sec, quelques petits cailloux calcaires, débris de poterie, quelques racines de pistachiers.

35-45 cm : Beigne clair 7,5 YR 5/6 sableux, réaction HCl forte, structure en éclats à polyédrique, porosité bonne, sec, quelques pseudomyceliums calcaires, très nombreuses racines de pistachiers.

45-55 cm : Encroûtement calcaire blanc, caillouteux assez consolidé.

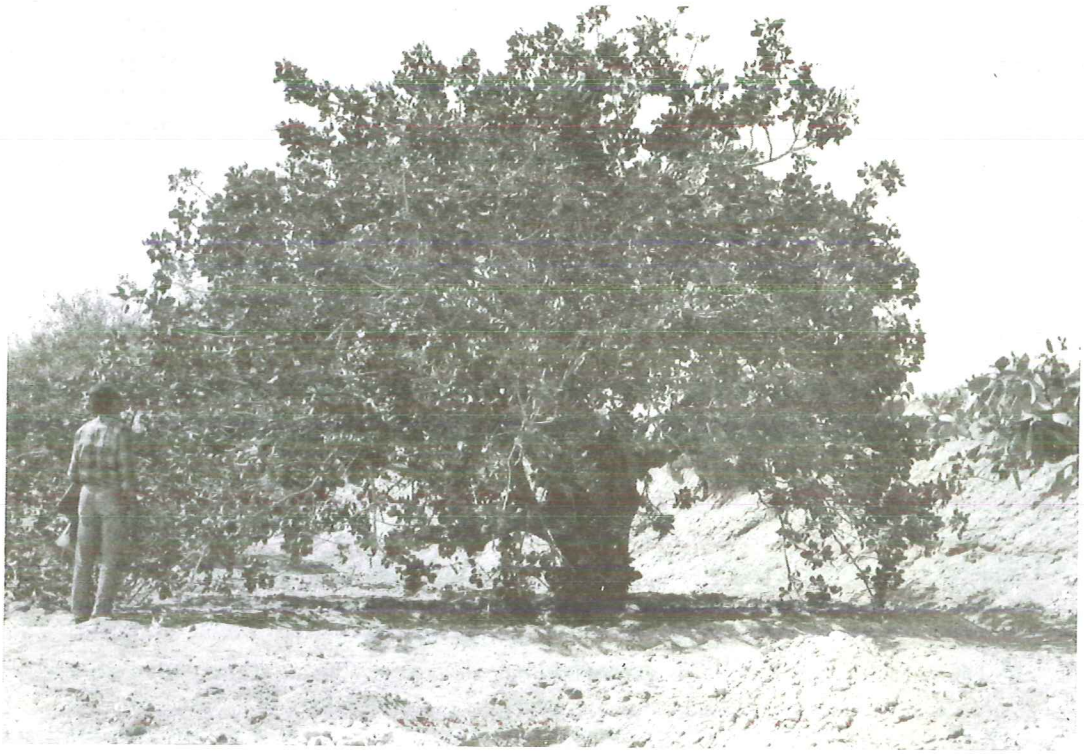
>-55 cm : Croûte calcaire dure, feuilletée sur 20 cm, passant à une dalle calcaire blanche très dure.

Nous remarquons que la profondeur de sol utile est de 45 cm et que le maximum de densité des racines de pistachier se trouve dans l'horizon 35 à 45 cm. Ces racines s'arrêtent brusquement au niveau de l'encroûtement calcaire qui constitue un horizon imperméable à l'eau.

Dans cette parcelle ce sont uniquement les racines latérales qui assurent le développement des arbres qui sont vigoureux et productifs en sec sous une pluviométrie ne dépassant pas 200 mm par an. Certains de ces arbres produisent jusqu'à 80 kg de fruits frais par an.

Analyses du sol :

Profondeur	pH	CO3 Ca total	Matière organique	Conductivité
0-15 cm	8,8	18,7	0,45	1,61
15-35 cm	9,1	18,7	0,31	1,75
35-45 cm	8,8	9,7	0,38	1,87



Pistachier agé de 2 siècles sur un sol à croûte calcaire superficielle. (Sfax)

Sol à croûte calcaire.
Les racines sont concentrées au dessus de la croûte

Dans la même parcelle certains arbres sont plus chétifs, car l'horizon sableux superficiel n'a qu'une trentaine de centimètres d'épaisseur, cette profondeur n'est pas suffisante pour l'enracinement du pistachier et, même, les labours peuvent nuire aux arbres car toutes les racines se trouvent dans l'horizon de labour et risquent d'être brisées par la charrue.

4.3- La texture

La texture sableuse à moyenne convient à la culture du pistachier, car elle permet la pénétration à grande profondeur des racines qui se développent très rapidement dès le jeune âge.

Les sols sableux sont surtout favorables au Batoum (*Pistacia atlantica*) qui peut atteindre 20 m de haut et 15 m d'envergure. Lorsque le sol est sableux et profond, le pistachier envoie ses racines verticales à plusieurs mètres de profondeur, ce qui lui permet de résister à de longues périodes de sécheresse.

Sur les sols argileux, l'arbre se développe mal et souffre beaucoup de la sécheresse. D'ailleurs la réussite des pistachiers de Mateur sur des sols de texture assez fine est dûe à la pluviométrie élevée (500 m par an), d'une part et à la richesse du sol en matière organique (jusqu'à 4 %) qui améliore la structure, d'autre part.

En Turquie et en Russie, les variétés *Pistacia khinjuk* et *Pistacia mutica* poussent à l'état sauvage sur des sols argileux riches en calcaire (24).

4.4- La structure

La structure est toujours liée à la texture, à la richesse en matière organique et au travail du sol.

Ainsi les régions à pluviométrie faible ne peuvent convenir à la culture du pistachier que si la structure est bonne et la porosité forte. Les racines étant très longues, une forte compacité les gène dans leur développement, de même la présence de fentes de retrait peut les briser pendant la période sèche.

Les structures, prismatiques et cubiques liées à la texture fine constituent un facteur limitant et les racines contournent les éléments de structure et s'aplatissent dans les fentes de retrait.

Sur les sols limono-argileux à structure cubique de la pépinière de Chebika on peut constater que les racines des plants greffés de Pistachiers ne pénètrent pas dans les éléments de structure et changent de direction à chaque fois qu'elles rencontrent les faces lissées des cubes.

4.5- Le calcaire et le pH

Les sols de Tunisie sont généralement très riches en calcaire. Les pistachiers de Mateur, Sfax, Maknassy et Sened sont pour la plupart plantés sur des sols à croûte ou encroûtement calcaire à faible profondeur; ils contiennent 15 à 30 % de CO3 Ca total et même plus au niveau de l'encroûtement. L'excès de calcaire ne semble pas nuire au pistachier qui pousse parfois sur des affleurements de calcaires durs ou de grès calcaires sans manifester de phénomènes de chlorose. Lorsque l'accumulation calcaire forme

un encroûtement ou une croûte, l'arrêt des racines à ce niveau peut être expliqué par l'effet mécanique dû à la dureté de ces formations, car les racines pénètrent en profondeur lorsque l'encroûtement est tendre ou la croûte fissurée. De plus les croûtes et encroûtements calcaires constituent des niveaux imperméables qui retiennent l'eau de pluie; or les racines se concentrent surtout dans ces zones humides.

Dans d'autres pays on a constaté des rendements faibles sur des sols dépourvus de calcaire; ces rendements ont été augmentés de façon notable avec la pratique du chaulage.

Les sols riches en calcaire (ou en autres éléments basiques) bénéficient aussi d'un pH élevé, condition nécessaire pour un bon développement du pistachier. Celui-ci supporte bien des pH légèrement supérieurs à 9 (Sfax 9,12 et Mareth 9,06).

En Sicile, les pistachiers greffés sur *Pistacia terebinthus* poussent aussi sur certains sols acides.

4.6- **Le gypse**

Dans le Centre et le Sud tunisien, la plupart des sols contiennent un certain pourcentage de gypse diffus ou microcristallisé, qui se concentre parfois et forme un encroûtement ou une croûte gypseuse. Le gypse ne semble pas avoir d'effet dépressif sur les pistachiers des zones d'Oasis, ni sur ceux de la région de Maknassy et de Hadjeb El-Aïoun plantés en sec sur des terrains à croûte gypseuse peu profonde.

Dans l'Oasis de Mareth-Zarat, les racines de pistachiers sont concentrées dans un horizon contenant 18 % de gypse, tandis que l'horizon sous-jacent formant un début d'encroûtement gypseux (49,05 % de gypse) ne contient que très peu de racines.

Les croûtes et encroûtements gypseux peuvent, lorsqu'ils se trouvent à une certaine profondeur, constituer en culture sèche un horizon imperméable qui retient les eaux de pluie et les met à la disposition des arbres.

4.7- **L'hydromorphie**

Si les pistachiers s'adaptent aux terrains pauvres, peu profonds et aux longues périodes de sécheresse, par contre ils ne supportent pas les sols mal drainants ou comportant une nappe d'eau près de la surface. Comme les amandiers, ils sont sensibles aux «pieds mouillés» et on doit éviter l'excès d'eau en cas d'irrigation. Dans les régions pluvieuses, les peuplements naturels de pistachiers se rencontrent sur des terrains en pente et bien drainants. Mais dans les régions sèches (Tunisie centrale), ils occupent surtout les zones d'épandage d'eau de crues, dayas, vallées d'oued, et c'est uniquement là qu'ils ont pu survivre et supporter les périodes de sécheresse prolongées.

En cas d'humidité excessive du sol, ce sont les parties végétatives qui se développent aux dépens des organes reproductifs (15); de même, l'excès d'humidité favorise certaines maladies des racines et du collet.

La présence d'une nappe à plus de 2 m de profondeur peut favoriser le développement du pistachier qui envoie ses racines jusqu'au niveau de la frange capillaire pour puiser l'humidité.

4.8- **La salure et l'alcalisation**

Le problème des sols salés et des eaux salées est très important en Tunisie; par conséquent il est bon d'étudier les espèces résistantes au sel et de déterminer le degré de leur résistance. En ce qui concerne le pistachier, il n'existe pas d'études sur sa tolérance à la salure, mais de nombreux auteurs le citent parmi les espèces qui tolèrent le sel.

Dawatchi rapporte, qu'en Iran, certains agriculteurs jugeant la présence de sel nécessaire au développement des pistachiers ont fait des apports de Na Cl au pied des arbres. Les apports de 500 g de sel par arbre n'ont pas montré d'effet nocif.

Mais nous n'irons pas jusqu'à faire des apports de sel dans nos pistacheraies, car les sols de Tunisie en contiennent très souvent, et même, dans le Nord du pays où le sel est absent, les pistachiers poussent bien et produisent. Des observations et des expérimentations sont nécessaires pour fixer la limite de salinité au dessus de laquelle nous devons éviter de le planter.

Dans la région de Gafsa, des pistachiers sont irrigués avec une eau de 5 g/l de sel sur des terrains de texture assez légère.

A Ksar Gheriss (Parcelle CRUESI), les pistachiers âgés de 5 ans, plantés sur des sols sableux et irrigués avec une eau à 4,5 g/l de résidu sec, ont commencé à produire dès leur 5e année.

Dans la région de Mareth-Zarat (au Sud de Gabès), quelques pistachiers cultivés en sec, en bordure d'Oasis, près d'une sebkha supportent bien la salure. Ces arbres bénéficient des eaux de drainage de l'Oasis dont la salure est élevée.

Un profil pédologique a été effectué dans cette parcelle où, en dehors d'une végétation halophile, seuls quelques palmiers continuent à végéter :

Description du profil

Végétation : *Suaeda maritima*
Atriplex glauca
Reaumuria vermiculata

Topographie: *Plane*

0-5 cm : Couleur brun jaune foncé, 10 YR 4/4 à l'état humide), texture sableuse (sables fins), structure particulaire.
Porosité bonne, consistance faible, réaction HCl forte, nombreux débris de feuilles, croûte de battance, sec.

5-25 cm : Brun jaune foncé 10 YR 4/4, texture sableuse, structure en éclats. Porosité bonne, consistance faible, réaction HCl forte, nombreuses petites taches blanches d'accumulation saline, quelques taches noires (débris de matière organique).
Légèrement frais, quelques racines de pistachier.

25-55 cm : Brun jaune foncé 10 YR 4/4, texture sableuse, structure en éclats, porosité très bonne, consistance faible, réaction HCl forte, quelques petites taches blanches d'accumulation saline, quelques veinules gypso-calcaires, quelques racines pétrifiées. Frais, quelques racines de pistachier.

55-95 cm : Brun jaune 10 YR 4/4, texture sableuse, structure en éclats, porosité bonne, consistance faible, réaction HCl forte, nombreuses taches blanches d'accumulation gypso-saline. Frais à humide.
Dans la partie inférieure de cet horizon on trouve le maximum de densité de racines de pistachier (racines horizontales). Ces racines sont gorgées d'eau (turgescentes).

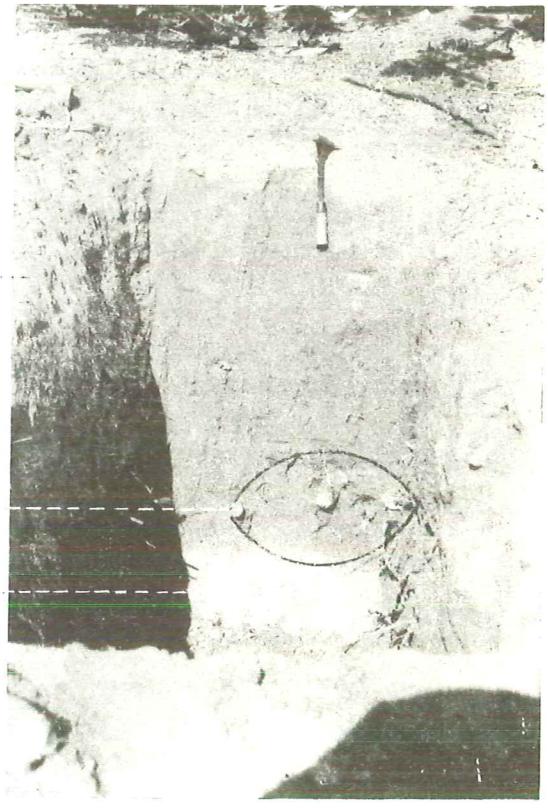
95-105 cm : Couleur bigarrée (brun clair à beige clair) texture sableuse, structure en éclats, porosité bonne, consistance faible, réaction HCl forte, accumulation gypseuse (c'est un horizon de transition vers l'encroûtement gypseux sous-jacent). Humide, quelques racines de pistachier.

105-200 cm: Encroûtement gypseux, couleur brun jaune 10 YR 6/4, sableux, structure en éclats, consistance moyenne. Humide, racines absentes.

Les conditions de forte salure, confirmées par la végétation halophile semblent être bien supportées par les pistachiers.

Pistachier de grande taille sur un sol salé d'Oasis
Végétation : Sueda Maritima
Atriplex glauca
Reaumuria Vermiculata
(Zarat - Mareth)

Profil sous le pistachier.
Les racines sont concentrées au dessus de l'encroûtement gypseux à 90 cm de profondeur.



Analyses

Profondeur	Argile	Limon	Sables TF	Sables F.	Sables G.	pH	CO3 Ca total	Gypse	M.O.	Cté mm-hos	Cl meq/1
0-5 cm	13,0	6,8	14	64	Tr.	9,06	20,4	3,83	0,53	145	1072,5
5-25 cm	13,3	3,5	12	73	Tr.	9,08	15,5	0,95	0,36	23,5	205,0
25-55 cm	12,4	9,6	19	58	Tr.	8,92	22,4	2,5	0,24	20,0	152,0
55-95 cm	15,4	8,8	15	50	Tr.	8,78	25,7	18,0	0,21	16,8	122,5
95-105 cm	Floculé		5	35	Tr.	8,78	16,3	49,05	0,24	17,0	132,5
» 105 cm	Floculé		11	34	Tr.	8,82	22,8	70,87	0,17	17,7	142,5

L'horizon superficiel 0-5 cm riche en efflorescences salines dues aux remontées capillaires, possède une salure excessivement élevée (145 mmhos), qui est assez fréquente dans les zones de bordure d'Oasis qui ne sont pas irriguées et lessivées régulièrement. Mais, la très faible épaisseur de cet horizon salé ne semble pas avoir d'influence sur l'état des pistachiers et des palmiers. C'est surtout la salure des horizons compris entre 25 cm et 95 cm qui nous intéresse, car c'est là que se concentrent les racines de pistachier.

Dans ces horizons la salure varie de 17 à 20 mmhos, alors que les arbres sont d'une vigueur rarement observée, vigueur due sans doute à l'alimentation du pistachier à partir de la nâppe.

Remarquons que les observations et les échantillons analysés ont été effectués en été, c'est à dire pendant la période la plus défavorable.

Par contre, à Sfax (Km 16 route de Gabès), des pistachiers plantés en bordure de sebkha sur des terrains à texture un peu plus argileuse en profondeur et de salure à peu près analogue dans les horizons à concentration racinaire intense sont moins vigoureux et certains parmi eux ont même commencé à dépérir.

Analyses

Profondeur	Argile	Limon	Sables TF	Sables F.	Sables G.	pH	CO3 Ca total	Gypse	M.O.	Cté en mhos	Cl meq/1	Na% T calculé	SAR
0-10 cm	10,9	1,8	10	59	15	8,64	0,07	27,3	0,69	2,35	9,00	2,2	2,48
10-30 cm	11,6	1,0	9	60	17	8,94	0,35	15,9	0,31	13,4	77,5	23,9	21,56
30-80 cm	17,2	8,1	9	45	19	8,86	2,65	17,5	0,34	17,0	100,0	29,1	28,22
80-130 cm	24,2	13,1	13	37	10	8,74	0,66	24,0	0,14	13,2	77,5	24,4	22,29
>130 cm	17,0	5,6	11	45	19	8,69	0,73	20,0	0,07	12,3	75,0	21,6	18,90

Dans cette parcelle, la salure élevée des horizons comportant les racines de pistachiers est accompagnée, d'une part, d'un taux de gypse assez faible (2,65 % seulement) et, d'autre part, d'une alcalisation élevée Na/T = 29,1.

Nous pouvons donc considérer qu'une salure comprise entre 17 et 20 mmhos peut être supportée par le pistachier si d'autres facteurs limitants comme l'alcalisation ne viennent pas s'y ajouter.

Dans les sols salés riches en gypse la salure de 17 à 20 mmhos ne semble affecter ni la vigueur ni la production de cet arbre.

5 - LES POSSIBILITES DE CULTURE DU PISTACHIER EN TUNISIE

Lorsque nous considérons toutes les exigences édaphiques et climatiques du pistachier, nous pouvons affirmer que cet arbre rustique et peu exigeant est capable de se développer sur tout le territoire tout en préconisant des irrigations de complément dans la partie Sud de la Tunisie centrale et des plantations irriguées dans le Sud.

De nombreuses parcelles ont été récemment plantées dans toutes les régions naturelles, y compris au Sahara tunisien (région de Fort-Saint), pour étudier le développement, le comportement et la productivité du pistachier sousdifférents climats.

Il peut être planté sur tous les terrains convenant à l'olivier avec la possibilité de déborder vers les terrains marginaux en particulier en ce qui concerne la salure et la résistance aux hivers froids.

Dans le Nord et le Cap-Bon

Le climat ne pose pas de problèmes et la culture est possible en sec car les pluies sont suffisantes. On peut planter aussi bien dans les plaines que sur les zones montagneuses. Mais on doit éviter les basses plaines alluviales de la Medjerdah et de ses affluents où se rencontrent les alluvions à texture fine, les vertisols et les sols hydromorphes.

Dans le Centre

La région des hauts plateaux (Thala-Foussana) est très favorable au point de vue climat et sol, en particulier les plateaux gréseux du Mio-pliocène de Bou Dries et de Bled Zelfane, sur lesquels on rencontre des sols bruns steppiques profonds à texture grossière.

Dans les plaines de Kasserine, Sbeitla, et Sidi-Bou-Zid ce sont surtout les sols sableux ou à texture moyenne qui peuvent convenir.

Dans la région de Maknassy-Sened et Gafsa-Nord, la pluviométrie étant très faible on doit réserver au pistachier les zones recevant un apport d'eau supplémentaire par ruissellement; sinon quelques irrigations d'appoint seraient nécessaires.

Les régions du Sahel de Sousse et de Sfax où dominent les plantations d'oliviers conviennent aussi au pistachier.

Dans le Sud

Les conditions d'aridité prononcée du climat et la salure des eaux d'irrigation nous obligent à réserver au pistachier des sols sableux et bien drainants. Parfois dans les zones recevant 150 à 250 mm de pluie, il est possible d'aménager certains thalwegs pour permettre la rétention des eaux de pluie et leur infiltration sur de petites superficies qui peuvent être plantées. Les régions sahariennes peuvent convenir au pistachier, à condition que les siroccos et les vents de sable ne soufflent pas pendant la floraison.

6 - CONCLUSION

Le pistachier connait, depuis quelques années, une grande extension en Tunisie, dans le Bassin méditerranéen et en Asie. La puissance de son enracinement et sa tolérance aux conditions sévères de climat et de sol en font une espèce de choix adaptée aux régions pauvres.

On lit dans le «Livre de l'Agriculture» d'Ibn Al Awam que : «Le pistachier croît sur les montagnes et dans les terres dures et compactes au point qu'on le voit soulever les pierres avec ses racines».

Mais il serait intéressant de connaître l'état et la productivité de ces arbres qui poussent dans de mauvaises conditions, et de savoir le nombre d'années nécessaires pour qu'il commencent à fructifier.

Certains agriculteurs pensent même que le labour, la taille et l'arrosage des pistachiers peuvent avoir des conséquences néfastes pour la production et la vie même des arbres et qu'il est préférable de les laisser sans aucun soin pour obtenir de meilleurs résultats, car c'est un arbre «qui n'aime pas qu'on s'en occupe».

En réalité, le pistachier malgré sa rusticité préfère comme tous les autres arbres des sols profonds, sains, bien drainants, une pluviométrie suffisante et des soins culturaux : taille, labours, desherbages, pollinisation, irrigation et apports de matière organique et d'engrais; son développement dans ces conditions n'en est que meilleur et sa production plus importante.

Le pistachier en sec, planté sur des terrains médiocres, ne donne qu'une production aléatoire et ne fructifie qu'au bout de 15 à 20 ans.

Par contre, des pistachiers irrigués, plantés sur des sols profonds, sableux et bien entretenus ont donné à Ouled M'Hamed (Gamouda).

- quelques fruits à 3 ans ½
- 0,750 kg en moyenne à 5 ans ½
- 5 kg en moyenne à 6 ans ½ : avec un maximum de 11 kg de fruits frais par arbre (P. Jacquy).

L'écologie du pistachier est encore peu connue; aussi serait-il souhaitable que des études poussées soient effectuées pour éclaircir le problème des portes greffes et l'adaptation des principales variétés aux différents climats et sols de Tunisie, et d'approfondir nos connaissances concernant la résistance du pistachier à la sècheresse, en étudiant la relation entre le bilan hydrique et la productivité du pistachier.

Fruits de pistachier avant la maturité (Mareth)

BIBLIOGRAPHIE

1- AYEER, M. 1967 - La culture du Pistachier en Turquie. *Fruits,* Vol 22, nº 8.

2- BRICHET, J. 1910 - Le Pistachier. *Bull de la direction de l'agriculture du Commerce et de la Colonisation,* Tunis, p. 55.

3- CROSSA-RAYNAUD, P. 1949 - Renseignements à tirer d'une mission en Italie Le Pistachier. *Tunisie Agricole,* nº 9.

4- DAWATCHI, G.A. 1958 - Etude biologique de la faune entomologique des Pistacia sauvages et cultivés. *Rev. de Pathologie et d'entomologie agricole de France,* tome 37.

5- EVREINOFF, V.A. 1948 - Le Pistachier. *Fruits d'Outre Mer,* vol 3, nº 2.

6- EVREINOFF, V.A. 1955 - Le Pistachier. *Journ. Agric. trop.,* vol 2, nº 7-9, p. 387-415.

7- GADDAS, R. 1962 - Etude pédologique du Périmètre de l'Oued El Abid (Cap-Bon). Ministère de l'Agriculture, Tunis. Archives du Service pédologique, nº 226.

8- GADDAS, R. 1963 - Etude pédologique du Périmètre de l'Oued Raraï (Ghardimaou). Ministère de l'Agriculture, Tunis. Archives du Service pédologique, nº 245.

9- GADDAS, R. ; BERNARD, J. ; LE FLOCH, J. et LEGALL, A. 1964 - Etude pédologique de la zone de Sbeitla - Djilma - Hadjeb El Aïoun. Ministère de l'Agriculture, Tunis. Archives du Service pédologique, nº 296.

10- GADDAS, R. ; BERNARD, J. ; LE FLOCH, J. et LEGALL, A. 1966 - Etude pédologique de la zone de Thala-Foussana - Sbiba. Ministère de l'Agriculture, Tunis. Archives du Service pédologique, nº 322.

11- GADDAS, R. ; BERNARD, J. ; LE FLOCH, J. ; LEGALL, A. 1966 - Etude pédologique de la zone de Kasserine Feriana. Ministère de l'Agriculture, Tunis. Archives du Service pédologique, nº 323.

12- GADDAS, R. ; BERNARD, J. ; LE FLOCH, J. et LEGALL, A. 1966 - Etude pédologique de la zone de Gafsa Maknassy. Ministère de l'Agriculture, Tunis. Archives du Service pédologique, nº 324.

13- JACQUY, P. 1963 - 1970 :
- Le Pistachier
- Etudes diffusées par le Projet de planification rurale intégrée de la Tunisie centrale (PRITC).
- Projet d'expérimentation en arboriculture, Elevage et Pâturages (PEDAEP)
- Renseignements oraux
- Tournées sur le terrain

14- JAMIN, R. 1954 - La multiplication du pistachier. *Le Colon Français de Tunisie,* nº 2325, p. 1 et 3.

15- KHALIFE TAHER, 1959 - Recherches sur la culture du Pistachier en Syrie. *Inst. Agronomique de l'Etat, Gembloux.* Thèse non éditée.

16- LE HOUEROU, H.N. 1962 - Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie Méridionale. Seconde partie, la flore - *Inst. Recherches Sahariennes,* 229, mémoire nº 6, Alger.

17- LONG, G. 1954 - Contribution à l'étude de la végétation de la Tunisie centrale, *Ann. Service Botanique de Tunisie,* vol. nº 27, 388 p.

18- MAURI, N. 1955 - Le Pistachier et ses possibilités au Maroc. *Bull. Soc. Agr. Maroc,* nº 64, p. 3-13.

19 - MLIKA, M. 1969 - La culture du Pistachier au Moyen-Orient. *Compte rendu de tournée*. Projet PEDAEP.

20 - MONJAUZE, A. 1968 - Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie. *Bull. Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord,* t. 56.

21 - NEGRE, R. 1958 - Réflexions sur la répartition du pistachier de l'Atlas et du jujubier dans l'étage méditerranéen aride au Maroc. *Bull. de la Soc. des Sciences Nat. et Phys. du Maroc,* t. 38, nº 1, p. 9.

22 - SCARONE, F. 1939 - Remarques sur les améliorations à apporter à la culture du pistachier. *Rev. de Botanique appliquée,* p. 415.

23 - WHITEHOUSE, WE. STONE, Cl et JONES, L.E. 1946 - Vigor of Pistacia seedling progenies during first season in nursery. *Proc. Amer. Soc. Hort. sc.,* vol. 48, p. 137-140.

24 - WHITEHOUSE, WE. 1957 - The Pistachio nut; a new crop for the western United States. *Economic Botany,* vol. 2, nº 4, p. 281-321.

25 - WOODROOF, J.G. 1967 - Les pistaches. *Tree Nuts. The Avi Publishing Compagny inc.* (USDA) Westport. Connecticut.

NOTE EXPLICATIVE CONCERNANT LA LEGENDE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DE LA TUNISIE AU 1 : 1.000.000.

PAR J. P. COINTEPAS

NOTE EXPLICATIVE CONCERNANT LA LEGENDE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DE LA TUNISIE AU 1 : 1.000.000

La carte pédologique au 1/1.000.000º de la Tunisie représente la synthèse des nombreuses études régionales réalisées depuis 1952 tant par le Service Pédologique de Tunisie que par des organismes tels que l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.), la Société Centrale pour l'Equipement du Territoire (S.C.E.T.), la Compagnie des Techniques Hydrauliques et Agricoles (COTHA), la Société Générale des Techniques Hydro-Agricoles (S.O.G.E.T.H.A.) et les pédologues du projet FAO de Planification Rurale Intégrée de la Tunisie Centrale (1).

La classification utilisée dans la légende est la classification française de G. AUBERT (1965) adoptée par la Division des Sols de Tunisie. C'est une classification morphogénétique en ce sens qu'elle utilise comme critère de classification les caractères intrinsèques (morphologiques ou physicochimiques) résultant d'une pédogénèse. Elle divise les sols du monde en onze classes. Neuf d'entre elles sont représentées en Tunisie.

SOLS MINERAUX BRUTS

Sur la carte au 1/1.000.000º, ils sont représentés en blanc avec une trame noire permettant de distinguer Reg, Erg, sols d'apport ou sols d'érosion. Dans le Centre où les reliefs montagneux portent essentiellement des lithosols et des régosols, une surcharge en points jaunes signale la présence de reliques de sols calcimorphes (rendzines ou sols bruns calcaires) qui vont en se rarefiant du Nord au Sud.

SOLS PEU EVOLUES

Les sols peu évolués d'origine climatique

Les sols peu évolués climatiques correspondent à des apports plus ou moins récents dans les vallées des Matmatas ou autour des massifs du Sud .Le profil est peu développé. L'horizon de surface est fréquemment remanié par le vent. Certains profils rappellent les descriptions des sols gris subdésertiques sans qu'on puisse les y rattacher de façon certaine. Compte tenu de l'échelle de la carte les sols peu évolués climatiques ont été représentés en association avec les sols de reg.

Les sols peu évolués d'origine non climatiques correspondent soit aux dunes fixées (Mogods) soit aux dépots alluviaux de texture variable. Selon les cas on a distingué des tendances hydromorphe, vertique, ou salée pouvant aller localement jusqu'à l'existence de vertisols ou de sols halomorphes modaux.

---

(1) *Une étude monographique des sols de Tunisie est en préparation la première partie consacrée aux sols de la Tunisie septentrionale paraitra prochainement dans cette revue.*

SOLS CALCOMAGNESIMORPHES

1°) - **Sols calcaires**

On a voulu nettement distinguer les sols sur croûte calcaire des sols développés sur roche géologique.

Dans le premier cas on est en présence d'un sol polyphasé dans lequel la croûte (ou l'encroûtement) a pu prendre naissance mais qui au cours des variations climatiques du quaternaire s'est aminci. Dans la phase actuelle la croûte subit un processus de fragmentation et devient à son tour une sorte de roche-mère pour le sol. Dans le Nord les profils de sols sur croûte varient de la rendzine (parfois très peu épaisse) au sol brun calcaire. La texture est moyenne, la structure polyèdrique bien développée. En descendant vers le Sud la texture devient plus légère, la structure est moins individualisée, plus massive. L'assimilation du profil a une rendzines constitue une extension, certes discutable, du concept central mais qui a été adoptée pour la clarté de la représentation cartographique.

Dans le second cas on est en présence de sols relativement jeunes et dont l'évolution se poursuit actuellement sans grands changements. Ces sols sont situés sur les reliefs où ils alternent avec les sols peu évolués (sols lithosoliques) et les sols minéraux bruts (lithosols ou régosols). Ils peuvent suivant la nature de la roche-mère être associés à des sols rouges méditerranéens (calcaires durs, grès non calcaires, roches salifères du Trias) ou à des vertisols lithomorphes (marnes, marno-calcaires).

Les baguettes obliques noires en surcharges indiquent une forte dégradation par l'érosion (dominance des lithosols ou régosols sur les sols calcimorphes).

Les sols sur croûte calcaire sont généralement situés sur les glacis en bordure des plaines ou des fossés où ils disparaissent sous les alluvions récentes de la haute terrasse. Ils ont la même position topographique, la même accumulation calcaire que les sols isohumiques châtains. Ils s'en distinguent par un profil calcaire et une structure polyédrique moyenne ou fine qui les rapprochent des sols calcomagnésimorphes. Ce sont des sols intergrades. La création d'un groupe «marron» (cf. classification française C.P.C.S. - 1966) à définition plus large que celle des sols châtains actuels permettrait de les assimiler à des sols isohumiques.

2°) - **Sols à accumulation gypseuse**

Ce sont les sols décrits par P. ROEDERER, P. BUREAU (1961) et M. SOURDAT (1962). Mais leur domaine s'est élargi. Associés aux sols rendziniformes sur le Trias de Sakiet Sidi Youssef (J-Y. LOYER - 1970), ils s'épanouissent largement à partir d'une ligne Gafsa - Sousse.

Ils couvrent les dômes miopliocènes où ils sont souvent disséqués en dentelles ou «Chebkha» (Chebkhet el Hanech près de Metlaoui) et associés à des régosols. Ils s'étendent sur des glacis qu'ils fossilisent (bordures Nord et Sud du Chott Fedjej).

VERTISOLS

La représentation des vertisols se contente de séparer sols topolithomorphes et sols lithomorphes. En fait ces deux unités sont souvent imbriquées. Il a donc fallu effectuer des regroupements donnant l'importance principale au sol le plus répandu.

De ce fait les sols topolithomorphes apparaissent plus rares qu'ils ne le sont réellement dans le paysage ou ils forment des zones étroites et allongées dans le fond des vallées (Béjaoua...) creusées dans les marnes.

SOLS ISOHUMIQUES

Dans la classification française ils appartiennent à la sous classe des sols «Subtropicaux» évoluant sous un pédoclimat frais pendant la saison pluvieuse. Trois groupes sont représentés en Tunisie.

Une première unité cartographique répond à la définition des sols chatains (Dans la classification française proposée par la C.P.C.S. - 1967 on les désignerait sous le terme de sols *marrons*) ou chatain-rouges tant modaux, qu'encroûtés ou vertiques. Leur extension est limitée (glacis entourant les roches salifères du Trias et les grès non calcaire de l'Oligocène).

La seconde unité cartographique représente les sols bruns (pour lesquels la classification C.P.C.S. de 1967 propose le terme général de *siérozems*). On a distingué sur la carte au 1/1.000.000º, les sols bruns modaux ou encroûtés et les sols bruns associés à des lithosls et sols calcimorphes (rendzines essentiellement), sur des butte-témoins à croûte calcaire. Il est fréquent en effet d'observer des sols bruns développés sur des limons récents emboités dans une surface ancienne encroûtée et disséquée en longues lanières. De même la présence de gypse en profondeur ou en affleurement dans les zones érodées est signalée par le signe indicatif de gypse (v) en trame noire.

La troisième unité a été assimilée aux siérozems de la classification 1965. Il s'agit de sols bruns peu développés sur matériau récent avec une accumulation calcaire diffuse et un taux de matière organique réduit. A. CHAUVEL (1964) dans la région de Sidi Bou Zid a décrit ces mêmes sols sous le nom de sols bruns jeunes, et A. MORI (1964) à Maknassy les a appelé sols bruns clairs. Mais les seules surfaces représentables à l'échelle du 1/1.000.000º se localisent à Jerba (M. POUGET, 1967) où on a distingué comme pour les sols bruns deux unités : une unité simple et une unité en association avec des sols à croûte calcaire.

SOLS A MULL

Les sols bruns à Mull ont un profil peu différencié. Ils se développent sur matériau rouge du Trias (Jebel Lansarine) ou sur Terra Rossa (Jebel Serdj).

L'unité, sols bruns, bruns lessivés et lessivés hydromorphes associés à des lithosols, régosols est une unité caractéristique de la Kroumirie ou la complexité du flysch oligocène ne permet pas de séparer les différents types de sols inclus dans cette unité.

L'unité sol lessivé, sols lessivés podzoliques se limite aux roches-mères très filtrantes de Kroumirie : grès oligocène et matériau conglomératique sablo-gréseux du Miopliocène. Le phénomène de podzolisation, très localisé, peut être favorisé par la présence de résineux ou la dégradation de la forêt de chêneliège.

SOLS FERSIALLITIQUES

Ils appartiennent à la sous-classe des sols rouges et bruns méditerranéens. Assez répandus sur les massifs crétacés et éocènes de la région de Béjà ainsi qu'au pied du Jebel Serdj, l'importance qui leur a été donnée sur la carte au 1/1000.000º ne doit pas faire illusion. Les superficies qu'ils couvrent sont assez réduites.

SOLS HALOMORPHES

Les sols à encroûtement salin ou à horizon superficiel poudreux occupent toutes les dépressions (Gara, Sebkha...). Ils sont très salés. Ils sont vraisemblablement aussi très alcalisés lorsque les matériaux sont argileux, ce qui est généralement le cas dans le Nord de la Tunisie. Par contre l'alcalisation est plus difficile à déterminer dans le Sud où les teneurs en argiles sont plus faibles. En outre la présence de gypse ôte toute signification à ce caractère. En milieu hydromorphe cette présence de gypse se traduit par la formation d'un encroûtement de nappe qui est signalé sur la carte par la trame noire du gypse.

Les sols à alcali très salés, moyennement et peu salés correspondent aux sols à structure dégradée mais non lessivés de la classification française.

Il faut rappeler en effet qu'en Tunisie les sols à structure dégradée, lessivés en argile (Solonetz) semblent à peu près inexistants.

SOLS HYDROMORPHES

Les sols hydromorphes représentés sur la carte au 1/1.000.000º appartiennent à la sous-classe des sols minéraux. Bien qu'on ait décrit quelques rares tourbières et sols semi-tourbeux en Kroumirie leur représentation ne saurait figurer sur une carte générale.

Les sols à gley se limitent à quelques dépressions dans le Nord du pays où l'absence de calcaire dans le flysch oligocène favorise l'individualisation et le lessivage du fer (Garaa Sedjenane, marais de Bulla Régia...). La nappe provoque une faible salure de profondeur sur l'ensemble de la zone mais peut dans les parties les plus basses donner naissance à des taches de sols halmorphes.

Les sols à pseudogley s'épanouissent largement dans les Mogods (Sedjenane) où le climat et la lithologie sont favorables à leur développement. En dehors de cette région, le centre de la Tunisie présente quelques sols à pseudogley dans le fond des petites garas.

Les sols à redistribution du calcaire apparaissent dans les dépressions où l'environnement géologique est moyennement calcaire et non gypseux .Au niveau de battement de la nappe se développe un encroûtement calcaire qui durcit lorsque la nappe disparait par drainage (Dépression d'El Mahrine près de Mornaghia, dépression d'El Haouaria, plaine du Krib, plaine de l'Ariana).

Les sols à encroûtement gypseux procèdent de la même pédogenèse. Mais l'encroûtement est formé de microcristaux de gypse. Ils apparaissent dans le Centre (près de la Sebkha Méchiguig) et le Sud.

Ils sont généralement salés en profondeur. Lorsque la salure augmente et remonte jusqu'en surface ils ont été considérés comme des sols halomorphes très salés à encroûtement gypseux.

BIBLIOGRAPHIE

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

BUREAU (P.) - ROEDERER (P.) - 1961 - Contribution à l'étude des sols gypseux du Sud Tunisien : Croûtes et encroûtements gypseux de la partie Sud du golfe de Gabès, Bull. Ass. Fr. Et. du Sol pp. 150 - 176. (mois d'Août).

BUROLLET (P.F.) - 1956 - Contribution à l'étude Stratigraphique de la Tunisie Centrale, Tunis, Ann. des mines et de la Géologie N°18, 22 pl., 345 p.

CHAUVEL (A.) - 1964 - Etude des sols du périmètre de l'Office de Sidi Bou-Zid - Tunis-Service Pédologique N° 281, 8 cartes, 98 p. multigr.

Commission de Pédologie et Cartographie des Sols (C.P.C.S.) - 1967 - Classification des sols - Ecole Nat. Sup. Agro. Grignon, 87 p. multigr.

JAUZEIN (A.) - 1967 - Contribution à l'étude géologique des confins de la Dorsale Tunisienne, Tunis, Ann. des Mines et de la Géologie N° 22, 4 pl., 475 p.

LOYER (J-Y.) - 1970 - Etude pédologique de l'URD de Guarn Halfaya - Tunis Division des Sols N° 412 - 1 carte, 34 p.

MORI (A.) - 1964 - Etude de Sidi Mehedeb - Zone Nord - Tunis, Service Pédologique N° 331, 8 cartes, 63 p. multigr.

SOURDAT (M.) - 1962 - Etude pédologique du périmètre de Sidi Mehedeb Zone Sud - Tunis, Service Pédologique, N° 257, 3 cartes, graphiques, tableaux, 106 p. multigr.

POUGET (M.) - 1967 - Etude pédologique de l'île de Jerba - Tunis, Service Pédologique n° 320, 2 cartes, 53 p. multigr.

Direction, rédaction, impression et diffusion
Division des Sols - Avenue de la République
Tunis - Port. Tél. 246.232