

35

ROYAUME DU MAROC



P.9

# AL AWAMIA

REVUE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE MAROCAINE



Direction de la Recherche Agronomique

— RABAT —

AVRIL 1970

## SOMMAIRE

	pages
Préface .....	1
I. BRYSSINE & G. TOUTAIN. — Etude des sols palmeraies .....	1
A. BOUZOUBAA, C. MICHEL & G. TOUTAIN. — Contribution à l'étude de la fertilité des sols des palmeraies marocaines et de la fertilisation des cultures associées .....	31
J. RODERBOURG. — Etude de l'influence de la couverture du sol (luzerne) sur l'assimilation du phosphore par les palmiers-dattiers à l'aide du $^{32}\text{P}$ .....	49
D. RODRIGUE & G. TOUTAIN. — Le complexe phénicolé maghrébin .....	57
P. RIEUF. — Champignons parasites identifiés au Maroc sur <i>Phoenix dactylifera</i> L. ....	103
G. I. PERTI. — Les moyens de lutter contre la cochenille blanche du palmier-dattier <i>Parlatoria blanchardi</i> Targ .....	105
A. LEGTAS. — Sensibilité variétale du palmier-dattier à l'attaque de <i>Parlatoria blanchardi</i> Targ .....	119
E. LAVILLE. — Principes et méthodes de sélection de palmier résistants aux maladies fongiques .....	123
G. VIENNOT-BURGIN. — Réflexions sur les champignons phytopathogènes telluriques .....	129
P. BROCHARD & D. DUBOST. — Observations sur une forme particulière de deperissement brusque du palmier-dattier dans le département des oasis (Algérie) .....	137
P. BROCHARD & D. DUBOST. — Progression du « Bayoud » dans la palmeraie d'In-Salah (Tidikelt-Algérie) .....	143
G. TOUTAIN. — Observations sur la progression d'un foyer actif de bayoud dans une plantation régulière de palmier-dattier .....	155
J. LOUVERT, J. BULIT, G. TOUTAIN & P. RIEUF. — Le bayoud, fusariose vasculaire du palmier-dattier symptômes et nature de la maladie moyens de lutte .....	161
P. HETHENER. — Pour une recherche sur l'écologie du <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Albedinis</i> .....	183
N. BOUNAGA. — Quelques aspects de la physiologie d'une souche de <i>Fusarium oxysporum albedinis</i> (KILL et MAIRE) MALENÇON, agent de la maladie de bayoud .....	193
D. DUBOST, L. KECHACHA & B. RETHER. — Etude des enzymes pectionolytiques et cellulolytiques d'une souche monospore de <i>Fusarium</i> f. sp. <i>Albedinis</i> (KILL et MAIRE) MALENÇON .....	195
P. BROCHARD & D. DUBOST. — Mise au point concernant les cas de fusariose observés sur palmier-dattier dans l'oued Rhirh (Algérie) .....	213

Pour tous renseignements concernant LES CAHIERS DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE et la revue AL AWAMIA, s'adresser à

Services d'Édition, d'Impression et de Diffusion Institut National de la Recherche Agronomique  
B.P. 415 Rabat R.P.

Règlement par virement au compte courant postal REGIE DE RECETTES DES SERVICES  
EDITION ET DIFFUSION « INRA » RABAT C/C 452 88.

ROYAUME DU MAROC



# AL AWAMIA

REVUE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE MAROCAINE



Direction de la Recherche Agronomique

— RABAT —

AVRIL 1970



## P R E F A C E

Le premier Congrès d'Agronomie Saharienne s'est tenu à Zagora du 8 au 10 avril 1970.

L'originalité de cette rencontre vient du choix du site : Contrairement aux habitudes acquises en matière de réunions scientifiques, les congressistes ont fui la capitale, et ont tenu à être présents sur le lieu même de leur travail, à quelques pas d'une station expérimentale. Le chaleureux accueil des habitants et des autorités locales constitue le meilleur hommage à cette innovation.

L'intérêt profond des travaux présentés dans ce numéro de la revue *Al Awamia*, tient à trois points principaux :

— Tout d'abord, cette rencontre a permis de faire le point des travaux réalisés dans trois pays du Maghreb. Les chercheurs et les intellectuels ainsi rassemblés, ont prouvé qu'ils avaient leur rôle à jouer dans l'édification de l'unité maghrébine au même titre que les responsables d'autres secteurs de la vie sociale.

— En second lieu, les thèmes abordés concernaient des domaines très divers de l'Agronomie Saharienne — certes la phoéniculture et la lutte contre le Bayoud ont occupé une place prépondérante dans les communications ; il n'en reste pas moins que les cultures associées au Palmier ont été prises en considération. Des propositions intéressantes pour le développement des régions sahariennes ont également été formulées.

— Enfin ce congrès s'est achevé par l'élaboration d'un plan à long terme de recherches et d'expérimentation coordonné à l'échelon maghrébin ; les prochaines rencontres permettront de mesurer le chemin parcouru dans la réalisation de nos objectifs communs.

Que tous ceux qui ont organisé et participé à cette rencontre, soient vivement remerciés.

H. FARAJ

Directeur de la Recherche Agronomique



# ETUDE DES SOLS DES PALMERAIES

## I. Evolution d'un sol de palmeraie par la culture et la fumure

I. BRYSSINE \* et G. TOUTAIN \*\*

### SOMMAIRE

#### I. *Introduction*

#### II. *Conditions écologiques de l'étude*

1. Situation géographique
2. Climat
3. Sols
4. Nature de l'eau d'irrigation

#### III. *Etude expérimentale*

1. Description des essais
2. Résultats obtenus

#### IV. *Etude microbiologique*

- A. Conditions de l'étude
- B. Exposés des résultats
- C. Discussions des résultats

#### V. *Conclusions générales*

---

\* Chef du laboratoire de microbiologie du sol, DRA, Rabat.

\*\* Chef de la station centrale de recherche sur le palmier dattier, DRA, Marrakech.

Al Awamia, 35, pp. 1-30, avril 1970.

## I. Introduction

Au moment où le Gouvernement marocain décide de mettre en valeur la vallée du Draâ, il nous semble indispensable de rassembler un minimum de données sur l'évolution des sols de la région, afin de faciliter la tâche des divers techniciens agricoles chargés de cette réalisation.

L'augmentation de la possibilité en eau due à l'aménagement hydraulique de la vallée, notamment l'implantation du barrage de Zaouiat Nourbaz, permettra de récupérer des secteurs de palmeraies abandonnés depuis une quinzaine d'années. On pourra ainsi, en appliquant les méthodes utilisées à la station phénicicole du Nebch, irrigation, apport d'engrais, culture de couverture, mettre en valeur les palmeraies à régénérer et, en donnant l'exemple, encourager les petits fellahs à améliorer leurs procédés de culture.

L'objet de cette étude est d'exposer les résultats des essais entrepris, ainsi que des renseignements recueillis sur la microflore dans la station citée durant une période de trois années (1966-1969).

## II. Conditions écologiques de l'étude

### 1. Situation géographique

La Station Phénicicole du Nebch est située en zone présaharienne marocaine sur la rive droite de la moyenne vallée de l'Oued Draâ (longitude 5°52', latitude 30°19', altitude 600 m). La palmeraie de Zagora fait suite à la palmeraie du Ternata et se trouve en face de la palmeraie de M'Soula située sur la rive gauche.

### 2. Climat

Le nombre d'années d'observations météorologiques successives est malheureusement restreint. Jean CHAMAYOU (3) donne une excellente analyse du climat du cours moyen du Draâ et réunit les observations météorologiques échelonnées de 1931-1964. Nous avons extrait de ce travail les données concernant la Station de Zagora, et nous les avons complétées par les observations des années 1966 à 68. Le poste météorologique de l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole de Zagora a mis à notre disposition ses cahiers d'observations ce qui nous a permis de procéder à une étude sommaire des variations de la température du sol.

TABLEAU 1

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>1967</b>												
Moyenne des maxima	19,2	19,5	25,0	25,1	31,5	35,5	41,0	40,3	33,5	28,2	21,2	16,1
Température moyenne	11,9	13,2	18,6	18,8	24,4	28,9	33,9	33,6	27,5	21,5	15,9	9,8
Moyenne des minima	4,6	6,9	12,2	12,4	17,7	22,3	26,8	26,8	21,4	15,0	10,5	3,5
Amplitude	14,6	15,6	12,8	12,7	13,4	13,2	15,2	13,5	12,1	13,2	10,7	12,6
Précipitation en mm	0	10,0	0	16,2	16,0	0	0	3,0	63,0	15,0	26,0	tr
<b>1968</b>												
Moyenne des maxima	17,3	19,6	22,5	27,7	32,4	36,5	39,4	39,9	34,9	30,9	24,8	19,0
Température moyenne	10,6	13,1	16,2	21,0	25,9	29,7	33,4	31,9	28,6	24,0	18,1	12,8
Moyenne des minima	3,9	6,6	9,8	14,3	19,3	22,9	27,3	23,7	22,2	17,1	11,4	6,6
Amplitude	13,4	13,0	12,7	13,9	13,1	13,6	12,1	15,3	12,7	13,8	13,9	12,2
P.écipitation en mm	0	4,5	2,0	6,7	tr	tr	1,0	5,6	tr	0	0	12,0

### a. Précipitations

La pluviométrie moyenne enregistrée à Zagora entre 1931 et 1969 oscille autour de 78 mm par an. Elle s'étale en moyenne sur 19 jours seulement. A la période d'automne relativement humide de septembre à décembre, succède une période relativement sèche de janvier à février. La saison humide de printemps, limitée au mois de mars, est suivie par une période sèche estivale d'avril à août inclus. Les saisons sont donc d'une durée inégale et un décalage de la saison humide d'automne vers l'hiver est souvent observé. Les averses de printemps peuvent avoir lieu en avance, au mois de février et même au mois de janvier. D'une année à l'autre la quantité de pluie peut varier du simple au quadruple. C'est ainsi qu'on a enregistré 31,9 mm en 1966, 133,2 mm en 1967 et 31,8 mm en 1968 au poste de l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole de Zagora.

### b. Températures

Selon CHAMAYOU la vallée moyenne du Draâ est l'une des régions du Maroc où la température atteint les valeurs les plus élevées. A Zagora, la moyenne annuelle des maxima est de 31,2°C et la moyenne annuelle des minima de 14,9°C. Les extrêmes absolus enregistrés au cours des années 1931-1964 sont + 52°C en août 1937 et — 5°C en janvier 1948. Les températures les plus élevées se situent en juillet. Si l'on considère que la saison chaude est la période durant laquelle les moyennes des maxima sont supérieures à 30°C, sa durée sera alors de 7 mois à Zagora.

La valeur maximale de l'amplitude journalière extrême qui se situe au printemps du mois d'avril atteint 27,7°C à Zagora.

### c. Définition du climat

Tous ces facteurs permettent de considérer le climat de Zagora comme présaharien, semi-désertique à tendance continentale, avec un coefficient d'EMBERGER égale à 6,7. Toutefois, dans les palmeraies, dont fait partie notre station expérimentale, l'humidité relative de l'air, due aux eaux d'irrigation, crée un microclimat sensiblement différent de celui qui règne dans la région environnante dépourvue de végétation et d'eau.

## 3. Les sols

Les sols de la station expérimentale du Nebch se développent sur les alluvions de l'Oued Draâ. De couleur beige claire en surface,

ils sont plus foncés en profondeur. Ces sols sablo-argileux assez légers, riches en sable fin mais pauvres en limon, deviennent plus lourds en dessous de 50 cm de profondeur. La teneur en calcaire est faible en surface (moins de 10 % de  $\text{CaCO}_3$ ), elle augmente progressivement vers la base du profil, où le taux de carbonate de calcium atteint 14 %.

a. Caractères physico-chimiques des sols

TABLEAU 2

Prof. en cm	Analyse granulométrique					Humi- dité %	HE	C %	N %	C/N	pH
	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Calcai- re %						
0-20	21,4	11,2	51,9	6,9	9,8	1,8	7,6	0,079	0,001	7,2	8,2
20-50	25,3	11,8	46,2	4,9	12,8	1,4	7,3	0,065	0,013	5,0	8,2
50-100	32,6	12,2	38,6	5,9	14,2	2,0	9,4	0,040	0,008	5,0	8,3

La structure de la partie supérieure du profil est particulière à l'état sec ; celle de l'horizon profond est franchement massive. Mais dès que le sol est laissé sans couverture végétale on voit apparaître dans toute l'épaisseur de la coupe, et surtout dans les horizons superficiels, de très larges fentes.

La capacité de rétention de ce sol, déterminée à  $\text{pF} = 2,5$ , est moyenne ; elle est plus importante dans les horizons profonds.

La fertilité naturelle de ce sol paraît peu élevée, les taux d'azote et de carbone étant faibles. Toutefois, le rapport C/N montre la richesse de l'humus en azote surtout dans les 50 cm superficiels.

TABLEAU 3  
Résultats d'analyses des sols de Zagora

N°	ECHANTILLON	C %	N %	C/N
Parcelle 1	0 - 20	0,079	0,011	7,2
	20 - 50	0,065	0,013	5,0
	50 - 120	0,040	0,008	5,0
Parcelle 10	0 - 20	0,248	0,030	8,3
	20 - 50	0,176	0,028	6,3
	50 - 120	0,048	0,011	4,4
Parcelle 15	0 - 20	0,148	0,023	6,4
	20 - 50	0,348	0,042	8,3
	50 - 120	0,435	0,047	9,2

TABLEAU 3 a

Composition chimique hypothétique des eaux d'irrigation en milliéquivalents par litre

Dates	n°	ClK	ClNa	Cl <sub>2</sub> Mg	SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> Ca	SO <sub>4</sub> Mg	CO <sub>3</sub> Ca	CO <sub>3</sub> Mg	Total	$\frac{K, Na}{Ca, Mg}$	$\frac{Mg}{Ca}$	$\frac{SO_4}{Cl}$
4.4.66		0,7	38,6	3,2	—	4,9	—	26,4	26,2	108,2	0,647	0,952	0,114
27.11.67	12	1,3	25,9	1,5	—	43,1	—	33,4	13,1	20,9	0,374	0,617	1,333
10.11.67	10	1,1	42,0	—	0,8	32,6	0,7	—	24,6	64,9	0,951	1,229	0,771
10.11.67	14	0,8	40,5	9,3	—	28,4	8,4	—	12,3	120,9	0,703	1,052	0,732
5.12.67	13	1,0	42,3	1,0	—	29,0	—	2,5	15,1	31,7	0,762	0,800	0,657
5.12.67	11	0,8	33,7	—	—	29,9	5,4	—	23,7	78,9	0,851	0,966	1,030
5.12.67	15	0,7	38,4	3,9	—	31,6	12,2	—	8,2	128,1	0,642	0,931	0,933
30.10.68	1	0,6	38,2	5,2	—	34,0	7,1	—	13,8	83,7	0,633	0,805	0,933
30.10.68	4	0,5	36,0	—	10,8	27,6	5,3	—	21,3	101,9	0,900	0,907	1,140
30.10.68	6	0,6	40,0	2,4	—	32,1	6,1	—	24,9	83,7	0,864	0,848	0,889
17.12.68	2	0,5	38,0	3,0	—	33,2	14,7	—	10,4	62,3	0,629	0,846	1,153
17.12.68	5	0,4	39,2	4,5	—	29,9	16,5	—	7,8	131,0	0,864	0,961	1,041
17.12.68	7	0,6	38,0	3,5	—	32,8	13,0	—	12,1	95,2	0,629	0,872	1,090
8.1.69	3	0,7	37,9	7,6	—	33,8	7,2	—	17,1	39,1	0,628	0,818	0,975
8.1.69	8	0,6	39,2	6,9	—	31,8	14,8	—	6,7	110,6	0,660	0,892	1,000
8.1.69	9	0,4	40,0	6,6	—	30,6	16,3	—	6,2	121,5	0,679	0,946	0,923

#### 4. *Variations de la température et de l'humidité des sols*

Ces éléments sont étudiés dans la partie « Condition d'étude » (p. 12).

#### 5. *Nature des eaux d'irrigation*

Les eaux d'irrigation utilisées à la station du Nebch sont soit pompées dans des puits creusés dans le périmètre de la station, soit prélevées dans la séguia alimentée par l'Oued Draâ. Leur composition est donnée dans le tableau 3.

En ce qui concerne leur salure totale, celle-ci varie suivant le point de prélèvement (1,3 % à 4,5 %) et selon l'époque. Mais, malgré cette variabilité, leur composition ionique reste assez constante. Les eaux contiennent surtout des chlorures et des sulfates en quantités presque équivalentes ( $SO_4/Cl = 0,973$ ) avec une certaine prédominance des alcalino terreux par rapport aux cations alcalins ( $K + N/Ca + Mg = 0,718$ ) et une certaine richesse en calcium  $Mg/Ca = 0,899$ . Ces cations et anions forment surtout le chlorure de sodium (38 %) et le sulfate de calcium (32 %), tandis que la teneur en carbonate serait plutôt réduite (19 %).

### III. *Etude expérimentale*

#### 1. *Description des essais culturaux* (voir plan de la station)

Les deux premières années agricoles 1966-67 et 1967-68 ont été réservées aux essais indicatifs. Au cours de la première année, diverses cultures traditionnelles ont été mises en place : blé dur, blé tendre, maïs, orge, fèves, oignons, navets, carottes, courges, courgettes, pastèques, melon, tomates, aubergines, piments, luzerne. En ce qui concerne les introductions de plantes nouvelles : fenugrecs, carthame, lin, tournesol, arachide, et des mélanges fourragers pois, orge, vesces avoine ont été cultivés. Les rendements ont été faibles et d'autant plus réduits que nous n'avions en notre possession, à l'époque, que très peu d'engrais minéraux et pas du tout de fumier.

Pendant la deuxième année agricole, les essais culturaux ont eu pour objet l'étude des variétés, des dates de semis, et celle des fumures.

Les cultures expérimentales étaient le palmier-dattier, la luzerne, le henné, les blés, les orges, les fèves, les maïs, les carottes, les navets, les oignons, l'ail, la menthe, le persil, les piments, les poivrons, les pastèques, les melons, les courges, les tomates, les aubergines, *Vigna sinensis*, la betterave et le coton...

Les rendements ont été supérieurs à ceux de la première année, car nous avons utilisé une fumure organique et une fumure minérale. (TABL. 4 a).

Les résultats obtenus durant ces deux années nous ont conduits à établir un programme d'expérimentation à moyen terme qui a débuté dès septembre 1968. Pendant la saison agricole 1968-69, les essais ont été du même type qu'en 1967-1968 avec, en plus, la mise en place d'expérimentations concernant l'action des précédents culturaux. Les cultures installées sont les mêmes que l'année précédente moins la betterave et avec en plus les daturas et le sorgho.

#### Répartition des cultures dans le temps sur les parcelles

Afin de pouvoir établir un parallèle entre l'évolution du sol et les rendements des végétaux obtenus en fonction des méthodes de cultures, nous avons distingué 5 groupes de parcelles dans le Nebch.

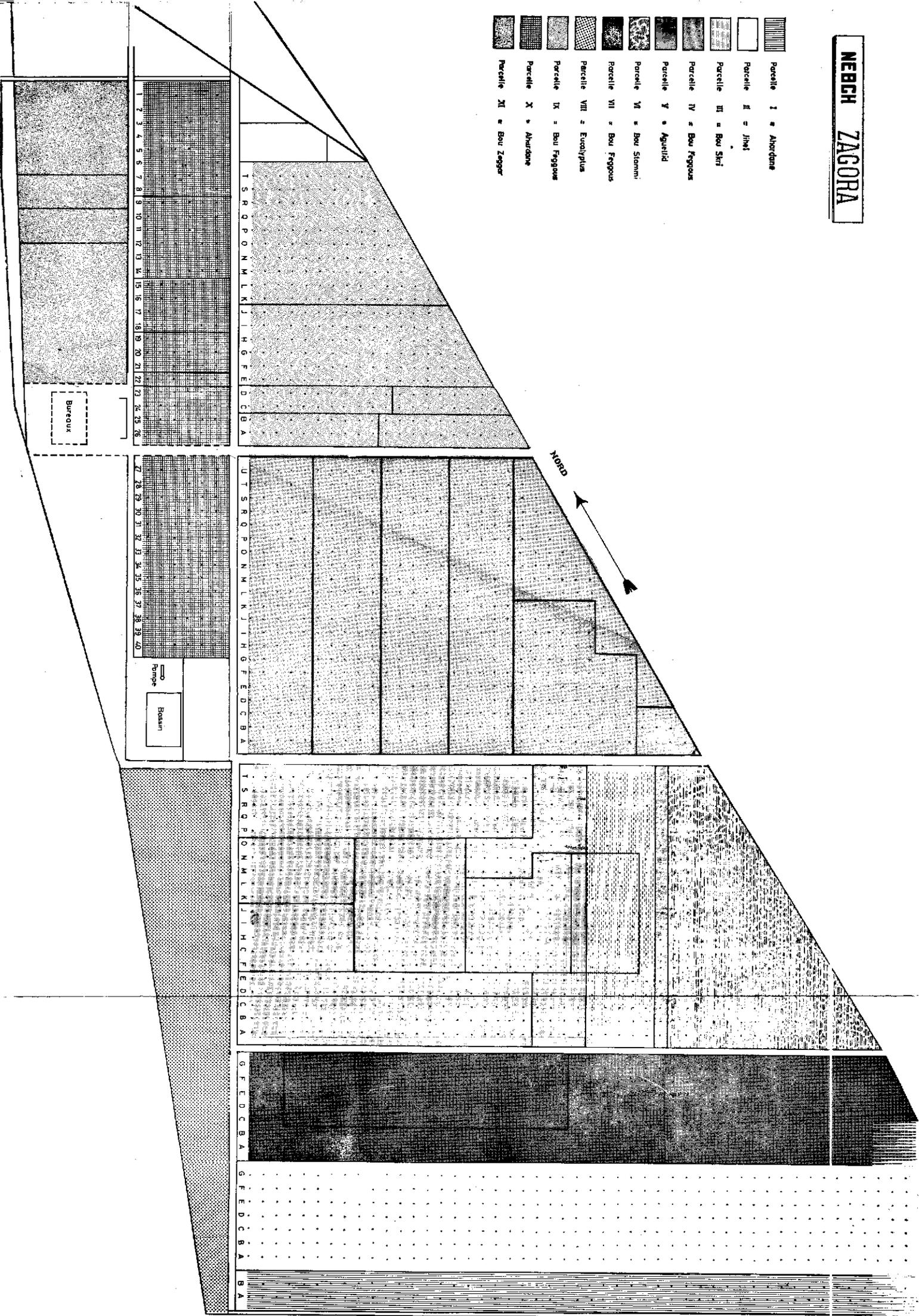
1. Parcelles de palmiers-dattiers cultivés seuls : P1 - P2 - P3
2. Parcelles de palmiers-dattiers associés à une culture sous-jacente pendant une saison agricole : P5 - P6
3. Parcelle de palmiers-dattiers associés à des cultures sous-jacentes pendant deux saisons agricoles consécutives : P4
4. Parcelle de palmiers-dattiers associés à des cultures sous-jacentes pendant trois années agricoles : P9 Sud - P9 Nord - P10 Sud - P10 Nord - P10 U.P.F. - P11
5. Parcelle de luzerne cultivée seule pendant 4 années agricoles : P15.

#### Irrigations et fumures distribuées aux parcelles

Ces données sont groupées dans les tableaux 4 a et 4 e et concernent les parcelles divisées en 5 groupes.

# MEBCH ZAGORA

-  Parcelle I = Abordane
-  Parcelle II = Jini
-  Parcelle III = Bou Sini
-  Parcelle IV = Bou Fegous
-  Parcelle V = Aguelid
-  Parcelle VI = Bou Stamm
-  Parcelle VII = Bou Fegous
-  Parcelle VIII = Eucalyptus
-  Parcelle IX = Bou Fegous
-  Parcelle X = Abordane
-  Parcelle XI = Bou Zeqer



1<sup>er</sup> groupe

TABLEAU 4 a

n° des parcelles	Volumes des irrigations en m <sup>3</sup> /ha			Fumure azotée en kg/ha			Observations
	1967	1968	1969	1967	1968	1969	
1	3 000	5 600	7 200	0	0	0	
2	3 000	5 600	14 400	0	0	0	Ces parcelles n'ont reçu aucune fumure organique ni phospho-potassique
3 Est	3 000	5 600	7 200	0	0	0	
3 Ouest	15 000	18 000	22 000	0	0	91,5	

Ces parcelles n'ont pas été cultivées sauf la parcelle 3 Ouest où l'on a installé une plantation de palmiers-dattiers.

2<sup>e</sup> groupe

TABLEAU 4 b

N° des parcelles	Volume des irrigations m <sup>3</sup> /ha			Observations
	1967	1968	1969	
5	3 000	7 200	14 000	Ces parcelles n'ont reçu aucune fumure. En 1968 elles ont été semées en fèves (cultures d'homogénéisation)
9	3 000	7 200	14 000	

3<sup>e</sup> groupe

TABLEAU 4 c

N° de la parcelle	Volume des irrigations m <sup>3</sup> /ha			Volume des fumures organiques et minérales						
				Engrais vert			Fumier	Azote	Phosphore	Potasse
	1967	1968	1969	67	68	69	1969	1969	1969	
4	3 000	7 200	15 000	10 T			50,4 T	65,3	54,9	49,5

Les cultures pratiquées sont les fèves, le blé, l'oignon, le maïs, les piments, les tomates, les aubergines, les pastèques, les melons et les courges.

TABLEAU 4 d

N° des parcelles	Volume des irrigations m <sup>3</sup> /ha			Volume des fumures organiques et minérales à l'ha											
	Fumier			Azote			Phosphore			Potasse					
	1967	1968	1969	1967	1968	1969	1967	1968	1969	1967	1968	1969			
9 Sud	6 250	7 047	9 960	0	23,2	14,6	10,6	56,9	58,2	11,2	75,4	22,1	6,6	52,8	26,5
9 Nord	6 644	14 880	12 352	0	9	25,2	0	40,4	108,8	0	81,2	84	0	0	54
10 Sud	14 400	15 000	15 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Nord	10 000	8 000	15 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 U.P.F.	9 688	10 600	15 025	48	43,2	24,8	20,4	51,6	104,4	30,6	110	64,8	19,2	45,6	46,8
11	6 878	9 111	4 896	0	11,2	0	0	25,3	40,1	0	44,2	26,8	0	93,3	38,8

Les cultures pratiquées sont : fenugrec, carthame, tournesol, lin, arachide, vesce-avoine, palmier-dattier, luzerne, henné, blés, orges, fèves, maïs, sorgho, carottes, navets, oignons, piments, pastèques, melons, courges, tomates, aubergine, vigne, betterave, coton, datura.

TABLEAU 4 e

N° de la parcelle	Volume des irrigations m <sup>3</sup> /ha			Observations
	1967	1968	1969	
15	9 600	4 800	13 200	Cette parcelle n'a pas reçu de fumure et comporte une luzernière qui a été mise en place en 1965

## 2. Résultats obtenus

TABLEAU 5

## Rendements des cultures dans les différents groupes de parcelles

Parcelles	Cultures pratiquées sous palmiers-dattiers	Rendements/ha		
		1967	1968	1969
1 <sup>o</sup> groupe	Néant	0	0	0
2 <sup>o</sup> groupe	Fèveroles (hiver)	0	enfouissement	0
3 <sup>o</sup> groupe	Blé (hiver)		engrais vert	38,69 qx
	Oignon semences (hiver)		fèveroles engrais vert à	13,21 qx
	Mais (été)		faible végétation	8 qx
	Piment (été)			40 qx
	Tomates (été)			90 qx
	Aubergine (été)		»	160 qx
	Pastèque (été)		»	80 qx
	Melon (été)		»	25 qx
	Courges (été)		»	65 qx
4 <sup>o</sup> groupe	Fenugrec	19 qx		
	Carthame	8 qx		
	Tournesol	5 qx		
	Lin	5 qx		
	Arachide	3 qx		
	Pois-chiche	100 qx		
	Vesce-avoine	25 qx		
	Palmier-dattier	11,5 qx	37,50 qx	25 qx
	Luzerne	539 qx	950 qx	1150 qx
	Henné		30 qx	25 qx
	Blés durs	20 qx	23 qx	43 qx
	Blés tendres	15 qx	28 qx	59 qx
	Orges	18 qx	40 qx	45 qx
	Fèves	8 qx	21 qx	20 qx
	Maïs	8 qx	26 qx	
	Sorgho			16 qx
	Carottes	140 qx	184 qx	253 qx
	Navets	180 qx	282 qx	523 qx
	Oignons	150 qx	191 qx	300 qx
	Pastèques	90 qx	112 qx	
	Piments	180 qx	191 qx	
	Melons	160 qx	232 qx	
	Courges	120 qx	255 qx	
Tomates	160 qx	103 qx		
Aubergine	70 qx	110 qx		
Be'terave		292 qx		
Coton	10 qx	18 qx	22 qx	
Datura Metfel			140 qx	
Stramonium			144 qx	
5 <sup>o</sup> groupe	Luzerne	110 qx	90 qx	280 qx

A l'analyse de ce tableau, nous remarquons que les rendements des cultures augmentent au fur et à mesure que le sol est cultivé depuis plus longtemps.

Les cultures pratiquées intensivement, comme sur les parcelles du groupe 4, c'est-à-dire pendant 6 saisons agricoles successives, font apparaître des augmentations de rendements qui, en général, sont spectaculaires. Le blé dur et les oignons doublent leur rendement en 3 ans, le blé tendre le multiplie par 4, l'orge par 2,5, les carottes par 2 et les navets par 1,5. Le coton et la luzerne dépassent légèrement le double des rendements de la 1<sup>re</sup> année. Par contre, si le palmier-dattier accuse une baisse la troisième année par rapport à la seconde, c'est à cause du phénomène d'alternance bien connu chez les arbres fruitiers. Dans la parcelle 5 cultivée depuis 4 ans, le faible rendement de la luzerne est dû à l'insuffisance et à l'irrégularité des irrigations.

#### IV. Etude microbiologique

##### A. Conditions de l'étude

Le sol de la parcelle n° 1, choisi comme profil type de la station du Nebch, a été analysé pour la 1<sup>re</sup> fois en 1967. Nous avons procédé à la détermination de la composition granulométrique, de l'humidité équivalente, fait le dosage du carbone et de l'azote et rassemblé tous les résultats dans le tableau 2. En mai 1969, nous avons refait les mesures des taux de carbone (méthode d'Anne) et de l'azote (méthode Kjeldhal) dans les profils de la parcelle n° 1 (non cultivée et irriguée), dans la parcelle n° 10 (cultivée et ayant reçu des engrais et l'irrigation) et dans la parcelle n° 15 de la luzerne. (TABLEAU 3).

Nous avons effectué, à trois reprises, au cours de l'essai, les prélèvements des échantillons des sols en vue de leur analyse microbiologique. Ces prélèvements ont été faits dans les horizons de 0-20 cm, de 20-50 cm, de 50-120 cm. Le premier prélèvement date de juin 1967, le deuxième, d'octobre 1968 et le dernier, de mai 1969. Outre les analyses microbiologiques, nous avons dosé, dans les mêmes échantillons, le taux d'humidité et mesuré leur pH.

Dans chaque échantillon nous avons déterminé les groupes suivants :

- Azotofixateurs aérobies et anaérobies ;
- Germes dénitrificateurs ;
- Germes nitrificateurs ;
- Germes cellulolytiques.

Les méthodes d'analyses employées sont celles décrites par POCHON et TARDIEUX en 1962. Les résultats d'analyses sont groupés dans le tableau 6. Pour faciliter l'exposé, nous avons réuni les résultats analytiques des parcelles qui ont reçu les mêmes traitements. Ainsi sont groupés les résultats d'analyses des parcelles I, II, III qui, n'ayant reçu aucun amendement ont été seulement irriguées ; des parcelles V et VI cultivées pendant une saison seulement ; des parcelles IX, X, XI mises en culture durant 6 saisons (deux cultures par an) et la parcelle IV qui n'a reçu des cultures que pendant deux saisons. Pour terminer, nous donnons les résultats d'analyse de la luzernière. Etant donné l'importance du régime thermique des sols pour la vie microbienne, nous avons procédé à son étude grâce aux données fournies par la station météorologique de l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole de Zagora. Les géothermomètres ont été installés au cours du mois de juin 1968 aux profondeurs de 5, 10, 20, 50 et 100 cm de profondeur. La période d'observation d'un an va de l'été 1968 à l'été 1969. D'après ces données nous avons calculé les moyennes des maxima et des minima journaliers, la moyenne mensuelle des maxima, des minima et l'amplitude moyenne diurne. Ces résultats sont présentés dans le tableau 7.

## B. Exposé des résultats

### a. Activité microbiologique

Nous allons décrire brièvement par année nos observations microbiologiques (TABL. 6).

1. *Année 1967* : L'examen de ce tableau nous montre qu'en juin 1967 les cultures d'*Azotobacter* ont été obtenues seulement à partir d'échantillons provenant de la luzernière, les échantillons des autres parcelles en étant dépourvus. Aucune culture de *clostridium* ne s'était développée.

Les germes dénitrificateurs ne pouvaient être mis en évidence dans les parcelles I, II, III et ils étaient peu nombreux dans les échantillons de surface provenant des parcelles V, IX, X Nord et XI. Par contre, dans la parcelle de la luzernière, leur nombre était moyen dans tout le profil.

Les germes nitreux étaient présents dans tous les échantillons analysés. Leur taux était faible dans les prélèvements des parcelles II et III et moyen dans les autres.

TABLEAU

	N° de la parcelle	Profondeur en cm	pH			Humidité en %			Nombre d'Azotobacter au 15 <sup>e</sup> jour		
			1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai	1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai	1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai
Palmiers-dattiers cultures sans cultures sous-jacentes	I	0-20	8,0	6,9	7,3	0,1	0,5	2,7	0	80	0
		20-50	7,8	7,2	7,1	0,4	2,3	6,7	0	0	500
		50-120	7,9	7,4	6,9	0,3	3,3	8,7	0	0	500
	II	0-20	8,1	7,2	7,1	0,3	0,5	1,5	0	0	0
		20-50	8,2	7,4	6,9	0,6	5,5	9,5	0	0	500
		50-120	8,3	7,4	7,4	0,4	8,0	11,5	0	0	1 800
	III	0-20	8,0	7,0	7,1	0,5	1,4	1,5	0	500	0
		20-50	8,1	7,3	7,1	0,3	3,5	4,4	0	0	180
		50-120	8,3	7,3	7,2	0,5	7,0	7,6	0	500	500
cultures pendant 1 an	V	0-20	8,0		7,4	0,3	0,7	1,7	0	900	180
		20-50	8,2	7,4	7,4	1,0	2,2	3,6	0	0	500
		50-120	8,3	7,2	7,4	0,7	6,7	10,6	0	0	500
VI	0-20	7,9	7,5	7,4	0,7	0,5	1,4	0	0	500	
	20-50	8,1		7,6	0,3	0,6	1,6	0	500	5 000	
	50-120	7,9	7,2	7,4	0,6	5,5	6,8	0	0	5 000	
2 ans de cultures	IV	0-20	8,2	6,8	7,7	0,2	8,0	2,0	0	0	800
		20-50	8,2	7,0	7,8	0,3	9,0	12,6	0	0	500
		50-120	8,2	7,2	7,5	0,4	10,5	15,0	0	0	900
X	0-20	8,2	7,1	7,6	1,8	1,0	4,7	0	5 000	5 000	
	20-50	8,1	7,0	7,5	2,0	2,0	7,5	0	500	1 800	
	50-120	8,1	7,2	7,3	6,1	2,0	13,5	0	500	5 000	
Cultures sous-jacentes pendant 3 ans	X Sud	0-20	7,3	7,0	7,6	2,0	1,4	11,7	0	5 000	500
		20-50	7,3	7,0	7,4	6,1	3,0	14,2	0	400	500
		50-120	7,5	6,9	7,3	8,5	5,0	18,2	0	400	900
	X Nord	0-20	8,2	6,8	7,4	5,3	3,8	4,0	0	500	500
		20-50	8,1	7,0	7,4	8,8	8,0	8,5	0	0	180
		50-120	7,9	6,8	7,3	9,7	5,7	7,4	0	400	500
	XI	0-20	8,1	7,1	7,2	1,3	3,0	2,6	0	400	5 000
		20-50	8,1		7,4	1,8	4,0	4,6	0	0	500
		50-120	8,2	7,1	7,5	2,1	5,0	6,8	0	400	0
	UPF E 1	0-20	8,0	7,2	7,3	1,6	6,0	8,9	0	400	5 000
		20-50	8,3	7,0	7,3	4,8	6,0	10,4	0	400	5 000
		50-120	8,2	7,0	7,5	8,9	10,0	11,1	0	0	50 000
UPF E 2	0-20	8,1	6,9	7,6	2,5	5,0	2,7	0	500	50 000	
	20-50	8,1	7,2	7,4	4,0	5,0	6,8	0	400	9 800	
	50-120	8,2	7,1	7,4	4,2	6,6	9,1	0	0	9 800	
UPF E 3	0-20	8,1	7,2	7,5	2,8	6,0	5,1	0	5 000	9 800	
	20-50	8,1	7,3	7,4	4,4	7,0	7,5	0	400	5 000	
	50-120	8,3	7,0	7,4	4,6	5,0	9,0	0	400	180	
La luzernière	XV	0-20	8,1	7,1	7,3	1,7	4,4	6,1	80	500	9 000
		20-50	8,1	7,2	7,3	4,8	7,1	10,8	150	400	5 000
		50-120	8,3	7,2	7,3	7,1	11,1	12,3	500	500	50 000

Nbre de Clostridium au 15 <sup>e</sup> jour			Nbre de Cellulolytiques au 21 <sup>e</sup> jour			Nbre de bact. dé- nitrifiant 15 <sup>e</sup> jour			Nbre de germes nitreux au 21 <sup>e</sup> jour			Nbre de germes nitrique au 21 <sup>e</sup> jour		
1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai	1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai	1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai	1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai	1967 Juin	1968 Nov.	1969 Mai
0	0	0	0	0	180	0	0	5 000	2 800	500	5 000	500	500	5 000
0	0	0	0	0	400	0	5 000	5 000	5 000	0	5 000	500	5 000	50 000
0	0	500	0	0	400	0	50 000	50 000	500	0	50 000	0	5 000	5 000
0	400	0	0	0	0	0	5 000	5 000	500	0	5 000	0	500	5 000
0	500	0	0	0	500	0	5 000	5 000	500	0	1 200	0	500	1 200
0	0	0	0	0	500	0	5 000	50 000	500	0	60	0	5 000	5 000
0	0	0	0	0	180	0	5 000	50 000	500	0	50 000	0	500	5 000
0	0	0	0	500	500	0	5 000	50 000	500	500	50 000	500	500	5 000
0	0	80	0	500	1 800	0	5 000	500	500	500	50 000	500	5 000	50 000
0	0	0	0	0	80	0	5 000	50 000	5 000	500	1 200	5 000	50 000	5 000
0	0	0	0	0	0	0	5 000	500	5 000	0	1 200	500	5 000	5 000
0	0	0	0	500	3 000	0	5 000	5 000	500	0	14 000	0	50 000	5 000
0	0	80	0	500	500	0	50 000	500	500	0	500	500	5 000	5 000
0	0	500	0	500	5 000	0	50 000	5 000	0	0	5 000	0	5 000	5 000
0	0	900	0	500	5 000	0	50 000	5 000	5 000	0	50 000	0	5 000	5 000
0	0	0	0	5 000	500	0	50 000	5 000	5 000	0	50 000	0	5 000	5 000
0	0	0	0	500	5 000	0	5 000	50 000	5 000	500	50 000	0	5 000	5 000
0	0	900	0	5 000	2 200	0	5 000	5 000	5 000	500	50 000	500	5 000	5 000
0	0	0	0	5 000	5 000	500	5 000	5 000	50 000	500	500	500	5 000	125
0	0	500	0	0	500	5 000	50 000	50 000	50 000	500	5 000	500	5 000	5 000
0	0	0	0	500	500	5 000	50 000	5 000	50 000	500	500	500	50 000	5 000
0	0	500	0	0	1 800	0	50 000	5 000	5 000	500	500	500	5 000	5 000
0	500	1 900	0	0	1 800	0	5 000	50 000	5 000	500	5 000	500	5 000	5 000
0	500	0	0	0	5 000	0	5 000	5 000	5 000	500	50 000	500	5 000	50 000
0	0	80	3 000	0	0	500	500	5 000	5 000	500	5 000	500	50 000	5 000
0	0	80	0	0	5 000	500	500	5 000	5 000	0	50 000	0	5 000	500
0	0	0	0	500	0	0	50 000	0	50 000	0	50 000	0	50 000	50 000
0	0	5 000	400	0	50 000	0	50 000	0	50 000	500	50 000	500	0	50 000
0	0	500	40	0	500	0	5 000	5 000	5 000	0	50 000	0	5 000	5 000
0	400	500	0	0	5 000	0	5 000	5 000	5 000	0	50 000	0	5 000	5 000
0	0	80	0	0	5 000	0	50 000	5 000	5 000	500	5 000	5 000	5 000	50 000
0	0	180	0	0	1 800	0	5 000	5 000	5 000	0	5 000	0	5 000	500
0	500	500	0	0	50 000	0	5 000	5 000	5 000	0	50 000	0	500	5 000
0	500	80	1 500	0	5 000	0	5 000	500	5 000	500	50 000	500	5 000	5 000
0	5 000	80	0	0	5 000	0	5 000	5 000	5 000	0	50 000	0	50 000	5 000
0	400	180	0	0	1 800	0	500	50 000	5 000	0	12 000	0	5 000	400
0	0	0	0	0	900	500	50 000	5 000	50 000	50 000	50 000	500	5 000	50 000
0	0	0	0	0	500	5 000	5 000	5 000	50 000	0	50 000	0	5 000	50 000
0	0	0	0	0	500	0	50 000	5 000	50 000	0	5 000	0	5 000	50 000
0	0	0	1 500	5 000	9 000	5 000	5 000	5 000	5 000	500	50 000	500	5 000	50 000
0	0	0	0	5 000	900	5 000	5 000	5 000	50 000	500	50 000	500	5 000	50 000
0	0	0	0	5 000	1 800	0	5 000	5 000	50 000	500	50 000	500	5 000	50 000

Les germes nitriques se retrouvaient dans toutes les parcelles, leur taux étant plus élevé dans les horizons de surface que dans ceux de profondeur.

Les germes cellulolytiques étaient rares. Dans le sol des parcelles I, II, III, VI, IX, XI, nous n'avons pas obtenu de cultures décomposant la cellulose. Celle-ci a été décomposée par les champignons dans les cultures provenant des horizons superficiels des parcelles X Nord et de l'U.P.F. (E-1 et E-3). Dans le sol provenant de l'horizon superficiel de la luzernière, on a obtenu une culture bactérienne décomposant la cellulose.

2. *Année 1968* : Au cours de cette année, dans les parcelles ne portant que des palmiers-dattiers, la présence d'*Azotobacter* était irrégulière. Dans les unes, il était absent, dans les autres, (parcelle III) il ne se trouvait en faible quantité qu'à partir de 20 cm de profondeur. Les parcelles cultivées pendant une saison en étaient soit complètement dépourvues (parcelle VI et IV), soit faiblement pourvues (parcelle V). Dans les parcelles cultivées pendant six années consécutives on a pu noter leur développement moyen dans toutes les parcelles. Enfin dans la luzernière, le nombre d'*Azotobacter* a augmenté par rapport à l'année 1967.

Le *Clostridium* s'est développé dans les échantillons provenant des horizons inférieurs des parcelles X Sud, U.P.E.F. (E-1 et E-2), tandis que dans la parcelle de l'U.P.F. (E-2), il était présent dans tout le profil.

Dans tous les échantillons analysés, on a observé une certaine activité dénitrifiante. Le taux des germes était assez élevé, sauf dans la luzernière et dans la parcelle X Nord. Dans ces parcelles, leur taux restait égal à celui de 1967. Les germes nitreux sont peu abondants dans les parcelles I et III. Aucune activité ne s'est manifestée dans la parcelle II. Dans les parcelles V et VI, nous n'avons constaté la présence de nitrites que dans l'horizon de surface. Les parcelles XI et X Nord et celles de l'U.P.F. sont également pauvres en ces germes. Par contre, les parcelles XI et X Sud et les échantillons provenant de la luzernière en sont plus riches.

On trouve d'avantage de germes nitriques que nitreux. Leur taux, faible dans les parcelles I, II, III, est plus élevé dans les parcelles V et VI. Dans les parcelles XI, X Nord, X Sud et la luzernière, leur taux est également faible. Il est plus élevé dans les parcelles de l'U.P.F.

On a pu noter le développement des champignons cellulolytiques dans les échantillons des horizons profonds des parcelles III et V. Dans les parcelles IV et VI, la cellulose a été décomposée par des bactéries mélangées aux champignons tout le long du profil. Dans les échantillons des parcelles IX, X Sud et U.P.E. (E-1), les champignons se sont développés tandis que, dans la luzernière, la cellulose a été décomposée dans tout le profil par des bactéries dont le taux était élevé.

3. *Année 1969* : Les *Azotobacter* ont été trouvés à un taux moyen dans les parcelles I, II, III à partir de 20 cm de profondeur. Dans les parcelles VI, V, IV, on a pu obtenir des cultures même en surface. Les parcelles de l'U.P.F. IX, X, XI Sud et X Nord et la luzernière ont fourni des cultures riches en *Azotobacter*.

Nous avons obtenu des cultures de *Clostridium* à partir de tous les échantillons de profondeur. Toutefois, les échantillons provenant de la luzernière étaient dépourvus de ces germes.

Le taux des germes nitreux s'est accru depuis 1968. On les a trouvés en faible nombre dans les parcelles I, II et en nombre élevé dans la parcelle III. Dans les parcelles V et VI le taux de ces germes a été moyen dans les horizons de surface et élevé à partir de 50 cm de profondeur. Dans la parcelle IV, ils étaient nombreux dès la surface. Dans les parcelles IX, X Sud, X Nord et XI ainsi que dans les parcelles U.P.F., ils se trouvaient en quantité moyenne dans les horizons superficielles et sont devenus plus abondants en profondeur à partir de 50 cm. Par contre, tout le profil de la luzernière était riche en germes nitreux.

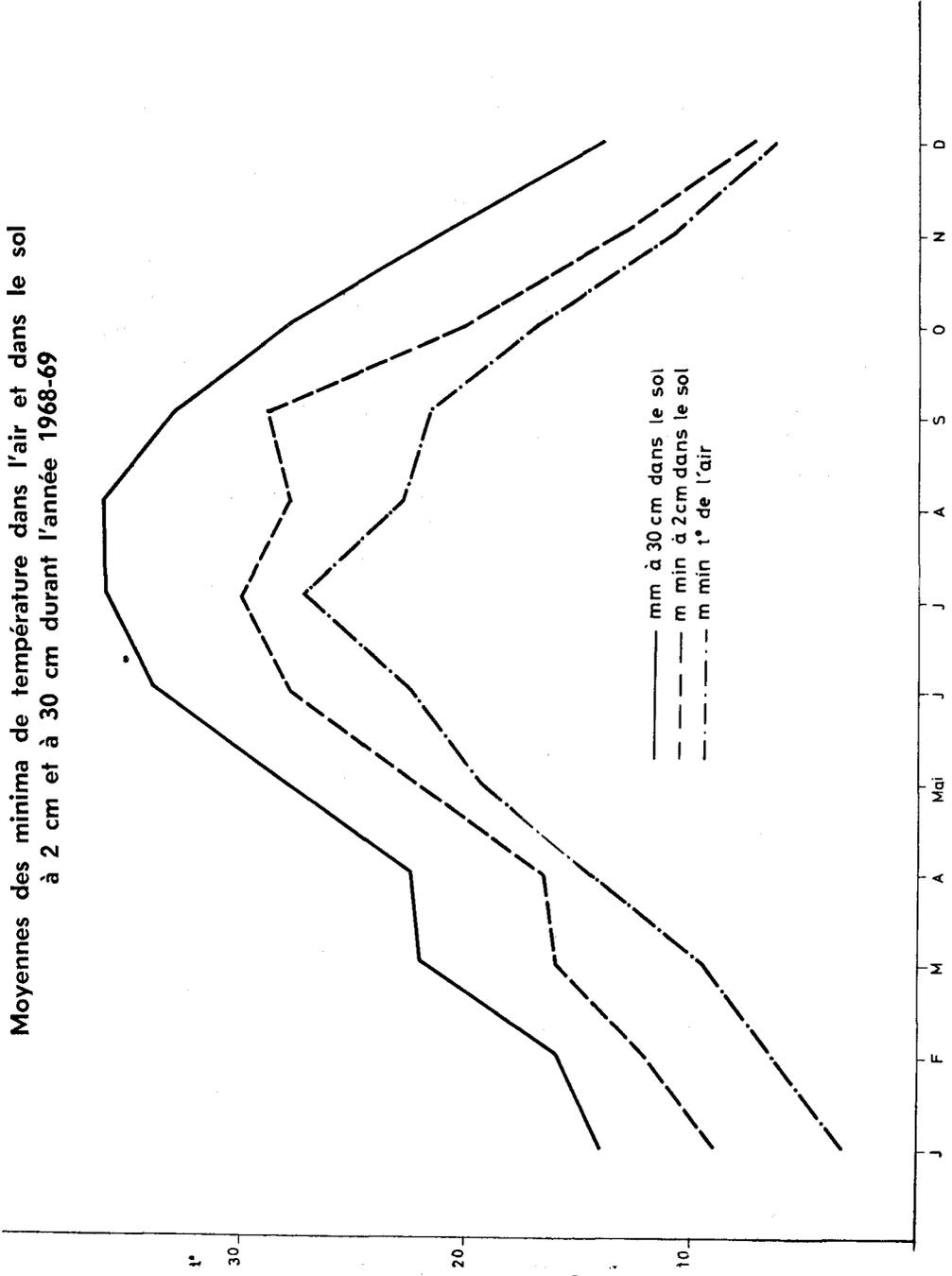
Les germes nitriques étaient moyennement nombreux ; leur taux suivait de près les germes nitreux. Dans la luzernière, il était élevé.

Les germes cellulolytiques étaient présents en faible quantité dans les parcelles cultivées seules. Dans la parcelle V, le taux, faible en surface, devenait élevé en profondeur. Dans les parcelles VI et IV, les germes cellulolytiques étaient présents en nombre élevé tout le long du profil. Dans toutes les parcelles cultivées pendant les six saisons, ils étaient moyennement abondants. Dans la luzernière, la présence des germes cellulolytiques en quantité élevée a été notée dans les horizons de surface, mais leur taux était plus faible en profondeur.

Notons enfin que dans tous les cas, la cellulose a été décomposée par les bactéries.

GRAPHIQUE 1

Moyennes des minima de température dans l'air et dans le sol  
à 2 cm et à 30 cm durant l'année 1968-69



### b. Régime thermique

L'examen du tableau VII nous montre que la température du sol évolue suivant les saisons et la profondeur. Elle reste cependant au-dessus de 0°C toute l'année. La température la plus basse a été enregistrée en décembre, dans l'horizon superficiel (4°,5C) et la plus haute, en juillet, dans l'horizon profond de 5 cm (49°,7C).

La température moyenne nocturne (minima) varie à 2 cm de profondeur, de 7°,7C en décembre à 30°,9C en juillet, tandis que la température moyenne diurne (maxima) évolue, aux mêmes époques de 18°,4C à 46°,4C.

Dans les couches inférieures à 2 cm, le régime des températures nocturnes et diurnes est semblable, les valeurs les plus élevées étant atteintes au mois de juillet, époque à partir de laquelle les températures sont décroissantes. Seulement, les températures nocturnes augmentent régulièrement tandis que les valeurs diurnes vont en diminuant progressivement avec la profondeur au printemps et en été. Elles décroissent jusqu'à 10-20 cm puis augmentent de nouveau en profondeur en automne et en hiver.

Les températures nocturnes de la couche superficielle augmentent encore en septembre (augmentation de 0,6°C), alors qu'à ce même niveau les températures diurnes sont déjà décroissantes (diminution de 2°C). La diminution des maxima est donc plus rapide et plus forte que l'augmentation des minima.

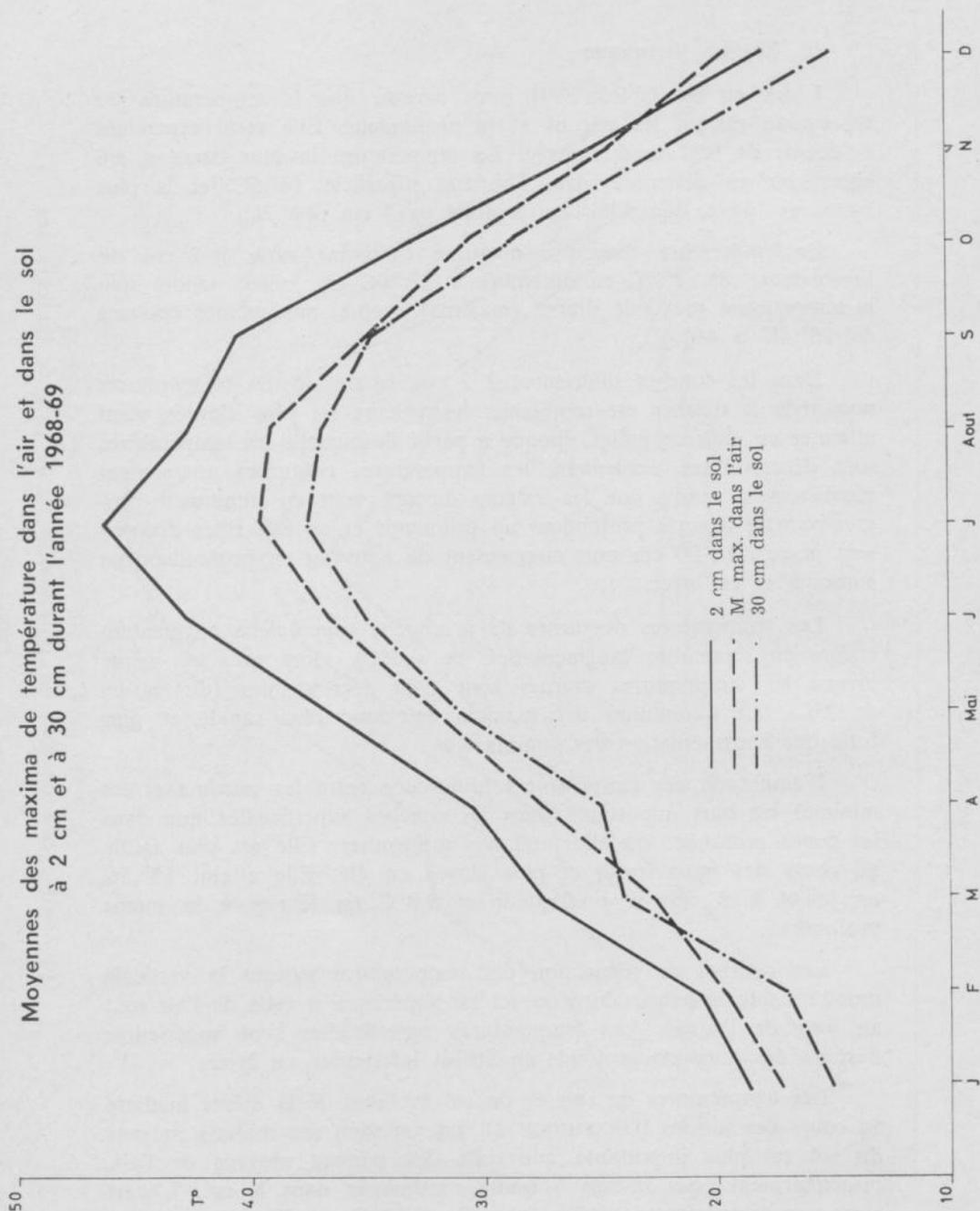
L'amplitude des températures (différence entre les maxima et les minima) est plus importante dans les couches superficielles que dans les zones profondes où elle tend à s'uniformiser. Elle est plus faible au cours des mois froids et plus élevée en été. Elle atteint 15°,5C en juillet à 2 cm de profondeur et 8,8°C en février à la même profondeur.

Les courbes de répartition des températures suivant la verticale montrent que la température du sol est supérieure à celle de l'air tout au long de l'année. Les températures superficielles sont supérieures à celles des horizons profonds en été et inférieures en hiver.

Les températures de l'air et du sol évoluent de la même manière au cours des saisons (GRAPHIQUE 1). La variation des minima moyens du sol est plus importante que celle des minima moyens de l'air, principalement ceux relevés à trente centimètres dans le sol. L'écart entre ces températures oscille entre 7 et 13°C. A deux centimètres, dans le sol, l'écart est moindre (1 à 7°C environ).

GRAPHIQUE 2

Moyennes des maxima de température dans l'air et dans le sol à 2 cm et à 30 cm durant l'année 1968-69



L'évolution des maxima moyens de l'air est comprise entre ceux observés à 2 et à 30 cm dans le sol, exception faite du mois le plus froid où ils sont supérieurs à ceux de la couche superficielle du sol (GRAPHIQUE 2).

L'écart entre les maxima de l'air et ceux de l'horizon profond de trente centimètres varie à 1°C à 3°C, par contre, celui observé entre les valeurs sous abri et à deux centimètres dans le sol, est plus important, près de 7°C environ en été, 1°C en hiver.

Ainsi donc, les minima moyens de l'air sont inférieurs à ceux du sol durant toute l'année; par contre, si on observe le graphique représentant les moyennes des maxima de l'air et celui du sol, on constate que la courbe des températures de l'air se place entre celles se rapportant aux couches du sol à 2 cm et à 30 cm de profondeur.

Les températures moyennes mensuelles de l'air sont inférieures à celles de l'horizon à trente centimètres de profondeur; le sol est plus chaud que l'air tout au long de l'année. La différence entre ces températures oscille de plus de 5°C au printemps à moins de 2 degrés en décembre.

L'influence du réchauffement diurne du sol est donc plus important que celle de l'air.

### C. Discussion des résultats

#### 1. L'année 1967

Lors du prélèvement de juin 1967, nous avons constaté que le sol était très sec malgré 16 mm de pluie tombée en mai 1967. La température de l'air était assez élevée avec une moyenne des maxima pour ce mois de 35,5° et une moyenne des minima de 22,3°. Les différentes mesures de température du sol faite en juin 1968 nous donnent les résultats suivants: 43,2° à 2 cm de profondeur comme moyenne des maxima journaliers, et 36,6°C à 30 cm; à 50 cm et à 100 cm la température dépasse 32°C. Selon KARAGUISCHEIVA qui a travaillé dans le Kasachstane, la température optimale de développement des germes du sol est de 27 à 30°C. A partir de 30°C, les cellules dégénèrent, à 38°C la croissance est presque arrêtée et à 42°C elle est nulle. Si l'on tient compte de toutes ces données, les conditions écologiques ont été fortement défavorables à cette époque pour les microorganismes dans le sol de Zagora à réaction franchement basique.

**TABLEAU 7**

Prof. en cm	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Moyenne des minima journaliers en °C</b>												
2 cm	9,1	12,1	16,1	16,2	23,0	28,3	30,9	28,6	29,2	20,0	13,3	7,7
5 cm	10,4	13,1	17,7	18,1	24,9	29,9	32,0	31,0	28,2	25,6	15,6	9,3
10 cm	11,7	14,2	19,9	20,7	27,2	32,2	35,0	34,1	31,0	22,6	17,9	11,5
20 cm	13,2	15,5	21,8	22,6	28,9	34,1	36,4	34,2	32,7	26,4	19,8	13,3
30 cm	14,1	16,5	22,4	22,6	29,5	34,5	36,5	36,3	33,3	28,4	21,2	14,7
50 cm	15,3	17,6	23,0	24,4		supérieur à 32°C				29,3	22,7	16,1
100 cm	17,9	18,8	22,8	24,6		supérieur à 31°C				30,4	25,1	19,9
<b>Moyenne des maxima journaliers en °C</b>												
2 cm	18,6	20,9	27,8	30,2	37,5	43,2	46,4	42,9	40,9	33,2	24,9	18,4
5 cm	16,4	19,3	8,4	27,2	33,9	38,8	42,0	39,5	37,2	30,6	22,2	16,3
10 cm	15,1	18,4	5,4	26,1	32,0	37,9	40,1	37,8	33,5	29,1	21,3	15,5
20 cm	15,3	17,5	3,0	26,8	31,2	36,5	38,1	37,8	34,9	29,5	21,4	15,2
30 cm	15,3	17,2	1,6	25,0	31,4	35,4	37,7	37,1	34,9	29,3	22,1	15,5
50 cm	16,2	18,1	0,8	25,0		supérieur à 32°C				30,1	23,2	16,9
100 cm	18,2	19,0	0,1	24,8		supérieur à 31°C				30,5	25,8	20,4
<b>Moyenne mensuelle en °C</b>												
2 cm	13,9	16,7	31,2	23,2	30,3	35,5	38,0	35,8	32,8	26,8	19,1	13,1
5 cm	14,0	16,5	32,1	22,9	30,5	35,4	37,9	35,9	33,3	27,0	19,4	13,7
10 cm	13,2	17,2	28,6	23,6	30,5	35,3	37,5	36,4	33,3	27,4	19,6	13,7
20 cm	13,9	16,4	27,6	23,8	30,2	35,0	37,3	36,4	33,8	27,5	20,5	14,0
30 cm	14,5	16,9	26,8	24,0	30,2	35,0	37,2	36,4	33,8	28,7	21,3	14,5
50 cm	15,9	17,9	25,2	24,7		supérieur à 32°C				29,8	22,9	17,0
100 cm	18,0	18,9	11,3	24,7		supérieur à 31°C				30,3	25,5	20,1
<b>Les températures minimales extrêmes</b>												
2 cm	5,4	8,8	12,9	11,6	14,6	16,0	22,8	22,1	23,0	15,4	8,8	4,5
5 cm	6,6	9,7	15,2	14,0	16,2	17,2	24,5	24,0	24,8	18,7	11,4	6,0
10 cm	9,0	11,6	17,4	16,0	19,0	30,6	31,6	25,8	27,4	21,5	14,5	9,0
20 cm	11,4	13,2	18,4	18,0	22,0	32,9	32,9	30,4	30,0	23,0	16,4	10,2
30 cm	12,4	14,0	19,8	19,0	23,6	33,2	34,6	32,2	31,4	25,1	18,0	13,2
50 cm	14,6	15,8	20,3	21,4	25,6					20,0	20,0	15,1
100 cm	17,6	18,1	34,6	23,3	26,1					28,4	21,5	16,6
<b>Les températures maximales extrêmes</b>												
2 cm	21,6	25,6	22,8	35,5	41,2	45,2	48,6	47,2	46,0	39,2	28,2	22,0
5 cm	19,4	23,4	22,8	32,5	39,6	40,5	49,7	42,6	41,2	35,7	25,4	19,8
10 cm	18,7	22,7	22,8	31,4	36,4	39,6	42,1	42,0	39,0	34,0	24,0	19,8
20 cm	17,6	22,4	22,9	30,4	34,8	37,8	40,5	40,0	38,4	34,7	24,3	17,6
30 cm	17,1	21,7	23,3	28,6	35,4	36,4	39,8	39,2	38,4	32,8	25,2	18,2
50 cm	17,8	21,4	22,7	28,1	32,0						26,5	29,2
100 cm	19,0	20,7	11,2	26,3	31,0						28,6	23,2
<b>Les amplitudes m max - m min</b>												
2 cm	9,5	8,8	26,1	14,0	14,5	14,9	15,5	14,3	11,7	13,2	11,6	10,7
5 cm	6,0	6,2	25,3	9,1	9,0	8,9	10,0	8,5	9,0	8,0	6,8	7,0
10 cm	3,4	4,2	24,8	5,4	6,8	5,7	5,1	4,6	4,6	3,5	3,4	4,0
20 cm	2,2	2,0	24,0	3,2	2,3	2,4	1,7	3,6	2,2	3,1	1,6	1,9
30 cm	1,2	0,7	23,8	2,4	0,9	0,9	1,2	0,8	1,6	0,9	0,9	0,8
50 cm	0,9	0,5	22,9	0,6	0	0	0	0	0	0,8	0,5	0,8
100 cm	0,3	0,2	22,7	0,2	0		0	0	0	0,1	0,7	0,5

Les analyses microbiologiques dont les détails ont été donnés dans le paragraphe précédent, nous ont montré que toutes les parcelles sans couverture végétale avaient une microflore réduite. Les germes azotofixateurs aérobies et anaérobies étaient inactifs. La cellulose a été décomposée par les champignons dans les rares cas où l'on a obtenu un développement. La présence de champignons décomposant la cellulose indique, selon MISCHOUSTINE, la pauvreté du sol. Ces champignons ont été observés en Russie dans les sols peu fertiles. Les dénitrificateurs en faible nombre ont été découverts dans quelques parcelles. Ceci nous indiquerait une accumulation possible des nitrates. Les nitrificateurs sont en faible nombre partout. Leur activité nous indique la présence de composés ammoniacaux dans le sol.

Rappelons qu'à ce sujet DOMMARGUES signale l'accumulation préférentielle de l'azote ammoniacal dans la phase avancée de dessèchement du sol. La dessiccation profonde du sol au mois de juin expliquerait donc dans notre cas, une certaine activité des germes nitreux et nitriques constatée dans les échantillons analysés. De plus, pour le même auteur, la nitrification est faite par l'ensemble des groupes des bactéries, champignons, actinomycètes dont on connaît la diversité des exigences écologiques.

Parmi les échantillons prélevés, nous en avons analysé trois provenant de la luzernière âgée de 4 ans. Dans ces échantillons, nous avons trouvé une microflore réduite mais complète avec tous les groupements physiologiques recherchés.

Les *Azotobacter* sont présents dans l'horizon de surface et leur nombre augmente en profondeur. Ceci semble prouver que la couverture végétale permanente, telle que la luzernière, permettait à une microflore de subsister malgré l'insuffisance d'eau en 1967.

Les germes dénitrificateurs et nitrificateurs, présents en nombre équivalent, indiquaient un cycle d'azote bien équilibré.

La cellulose a été décomposée par des bactéries, ce qui nous ferait entrevoir une certaine fertilité de ces sols.

## 2. L'année 1968

En 1968, l'humidité du sol au moment du prélèvement était plus élevée grâce aux irrigations. En effet, ni au mois d'octobre ni au mois de novembre il n'y eut de précipitation à Zagora. La moyenne des maxima du mois de novembre était de 24,8°C et celle des minima 11,4°C. La température du sol était de 24,9°C à 2 cm de profondeur

et 25,8°C à 100 cm. Variant dans de telles limites, la température du sol à cette époque n'était pas un facteur limitant pour la microflore.

Cependant, malgré l'irrigation et les températures favorables on pouvait constater que dans les parcelles où le palmier-dattier était cultivé seul, le sol conservait de l'humidité au-delà de 20 cm de profondeur, tandis qu'il était desséché, entre 0 et 20 cm. Par contre, les parcelles occupées par les cultures restaient humides en surface et, dans la luzernière où la couverture du sol était permanente, le sol gardait encore mieux son humidité. Nous avons déjà signalé un fait analogue dans l'article consacré à l'étude de la microflore de la ferme expérimentale de Toubouassant dans le Tafilalet. L'effet favorable de la couverture végétale permanente sur le régime hydrique là où l'évaporation est très forte par suite de la faible humidité relative de l'air, est indiscutable. Signalons enfin que le pH du sol de toutes les parcelles était moins basique en novembre 1968 qu'en 1967.

Lors de ce prélèvement, bien que les conditions écologiques pour le développement des germes aient été améliorées, tous les groupements des micro-organismes ne participaient pas à l'activité microbiologique avec la même intensité.

Les germes azotofixateurs aérobies étaient présents partout, même dans les parcelles de palmiers-dattiers sans cultures sous-jacentes, mais leur taux était faible. Il était plus élevé là où l'humidité se maintenait dès la surface et où grâce à l'apport de fumier, une flore cellulolytique avait pu se développer, et libérer les substances carbonnées permettant le développement des azotofixateurs. Dans la luzernière, les conditions favorables stimulaient leur développement à tel point que leur taux était plus élevé qu'en 1967.

La répartition des microorganismes cellulolytiques reflète bien le niveau de fertilité des différentes parcelles. Dans la parcelle cultivée en palmier-dattier seul, la destruction de la cellulose était assurée par les champignons comme cela a été constaté lors du prélèvement de 1967. Dans les parcelles cultivées, on a trouvé des associations mixtes, composées de champignons et de bactéries. Dans la luzernière, l'attaque de la feuille de papier a été faite seulement par des bactéries qui, à l'examen microscopique, se sont révélées être *Cytophaga*. Leur présence dans le sol de la luzernière montre que le régime nutritif de cette parcelle s'est amélioré par rapport à celui des autres portant des cultures saisonnières.

Le taux des germes dénitrificateurs a augmenté par rapport à l'année 1967. Ce fait serait la conséquence des conditions favorables

créées dans ce sol, à cette époque, par l'apport d'eau et d'engrais azotés.

L'époque du prélèvement a probablement une influence sur le taux des germes enregistrés.

La présence des cultures influence certainement la dénitrification ; ainsi, on a constaté que sous la luzernière, elle a été plus faible que sous les cultures renouvelées tous les six mois. Le même phénomène a été observé dans les sols du Tafilalet.

Les germes nitreux étaient peu nombreux lors de ce prélèvement, il se peut que le taux des composés ammoniacaux ait diminué par suite des irrigations plus intenses de 1968. Cependant, un nombre élevé de germes nitriques témoigne d'une bonne transformation des nitrites en nitrates à cette époque.

### 3. L'année 1969

Les prélèvements de cette année ont été effectués après les pluies de la fin du mois d'avril et à l'époque où la température du sol variait entre 37,5°C à 2 cm (moyenne des maxima du mois de mai) et 23°C (moyenne des minima du même mois). A partir de 50 cm, la température du sol dépassait déjà 32°C. L'humidité de la majorité des échantillons prélevés en profondeur atteignait ou dépassait largement la capacité de rétention de ce sol. Par contre, dans les horizons supérieurs de 0 à 20 cm des parcelles sans végétation, l'humidité était inférieure à la capacité de rétention.

Le pH de tous les échantillons était moins basique que l'année précédente et voisinait 7,0.

A partir de ces prélèvements, nous avons pu obtenir des cultures riches en microorganismes dans tous les groupes physiologiques recherchés. Les fixateurs d'azote aérobies ont pu être obtenus même à partir des échantillons provenant des horizons profonds des parcelles cultivées en palmier-dattier seul, les germes étant absents dans les horizons superficiels des parcelles.

Les parcelles V et VI ont été sans culture en 1969, mais leur absence n'a pas empêché le développement des *Azotobacters*.

Toutes les parcelles cultivées contiennent ces germes à un taux moyen. L'humidité élevée, la couverture du sol, l'apport des amendements tout en contribuant à améliorer les conditions physicochimiques

ques de ce sol, ont favorisé le développement des azotofixateurs aérobies.

L'augmentation des rendements constatée dans ces parcelles concorde bien avec les résultats trouvés par MISCHOUSTINE qui estime que l'*Azotobacter* exerce surtout une action positive sur les plantes dans les sols très cultivés et amendés par des substances organiques.

DOMMERGUES qui considère l'*Azotobacter* comme hydrophyle dans sa classification estime que ce microorganisme est très exigeant pour ce qui est des conditions du milieu. Ajoutons encore que selon MISCHOUSTINE outre son action azotofixatrice, l'*Azotobacter* a dans le sol une action phytosanitaire. MISCHOUSTINE et MARIENKO ont signalé que ses cultures produisent un antibiotique qui inhibe des champignons microscopiques mais non pas des bactéries. Ainsi, d'après ces auteurs dans la rhizosphère des plantes bactérisées, la croissance des champignons pathogènes se trouve diminuée. Précisons que nous n'avons ni recherché, ni isolé un antibiotique éventuel des sols de Zagora. Ceci pourra être un sujet à traiter à l'avenir ; nous nous contentons seulement de le signaler.

Le taux faible de *Clostridium* nous indique que ce sol enrichi en substances carbonées peut fixer l'azote même en anaérobiose. Selon EMZEV l'apport de fumier et la présence des plantes supérieures stimule le développement des *Clostridium*. Le fait que ce sol de Zagora ait reçu du fumier, peut nous expliquer sa présence dans ces sols.

Nous avons trouvé cette année un taux élevé de dénitrificateurs qui cependant, dans la majorité des cas, était moindre qu'en 1968. Ceci nous indique une certaine stabilisation dans le cycle de l'azote dans les parcelles où les cultures changent tous les six mois. Notons que dans la luzernière l'intensité de dénitrification n'a pas changée depuis 1967.

Les germes nitreux et nitriques étaient présents dans toutes les parcelles. On observait une légère prédominance des germes nitreux, due certainement à l'excès d'eau.

Les germes décomposant la cellulose étaient également présents dans toutes les parcelles. Leur activité reflète bien l'accroissement de la fertilité de ces parcelles. Leur nombre est plus faible dans les parcelles sans culture sous jacentes et plus élevé dans celles couvertes par la végétation. Notons que la cellulose a été décomposée partout par les bactéries.

En résumé, bien que le nombre de prélèvements soit réduit (1 par an) et effectué à des époques différentes (2 au printemps — 1 en automne), et que la quantité de groupements physiologiques recherchés soit restreinte (car il manque les ammonificateurs, les pectinolytiques, les actinomycètes, les champignons), nous pouvons constater qu'à partir d'un sol dépourvu de microflore et dans des conditions climatiques extrêmement rigoureuses, on peut favoriser le développement de la microflore en l'irriguant, en assurant une couverture végétale permanente et en apportant des engrais organiques et minéraux.

L'étude sommaire des sols de la station de Zagora a attiré notre attention sur la vitesse de disparition des composés azotés. Dans ce sol, où la température reste élevée toute l'année, le moindre apport d'eau et d'engrais semble provoquer le développement des germes dénitrificateurs qui appauvrissent le sol en azote nitrique.

Par contre, dans les luzernières, on obtient un régime microbiologique équilibré.

## V. Conclusion générale

Nous pouvons avancer que les zones marginales des palmeraies du Draâ et certains jardins abandonnés depuis longtemps pourront être mis en valeur assez rapidement lorsque leurs besoins en eau seront couverts, par suite de l'équipement hydraulique de la vallée.

En effet, parti d'un sol pauvre sur le Nebch à Zagora, nous constatons que l'application d'une agriculture intensive (hiver, été, irrigations normales fumures adéquates, etc.) a ramené la vie microbiologique et transformé le terrain en un sol agricole réagissant correctement aux fumures et permettant des rendements de cultures comparables à ceux obtenus sur les zones habituellement cultivées.

Si nous faisons un parallèle entre les résultats des analyses microbiologiques des sols des différents groupes de parcelles et leur temps d'occupation par les cultures nous relevons une corrélation certaine. On remarque en effet que la flore du sol s'affirme au fur et à mesure que celui-ci est cultivé plus intensément. Le nombre de germes augmente d'année en année en fonction de la mise en culture et le sol, presque inerte au départ, redevient vivant.

A la flore la plus importante correspondent les sols les plus cultivés ; il s'agit sur le Nebch des groupes de parcelles qui ont reçu des irrigations et des fumures organiques et minérales d'une manière suivie et de celles qui comportent une luzernière favorable au développement des micro-organismes des sols.

## ملخص

يصف الباحثون الاعمال الزراعية التي تجعلنا نحصل على ارض غنية بالمكرفلور وذات انتاج مرتفع انطلاقا من ارض مغروسة بنخيل تركت بدون عناية هذا وقد تستغرق مدة البحث ثلاث سنوات .

## RÉSUMÉ

Les auteurs décrivent les pratiques culturales permettant d'obtenir un sol riche en microflore et ayant un bon rendement en partant d'un terrain d'une palmeraie abandonnée. La durée d'étude exposé est de trois années.

## RESUMEN

Los autores describen las prácticas culturales que permiten obtener un suelo rico en microflora y obtener un buen rendimiento partiendo de un palmar abandonado. La duración del estudio expuesto es de tres años.

## SUMMARY

The authors have outlined the cultural practices leading to obtain a microflora rich soil and able to give a good harvest, starting from a neglected area of palm date tree plantation. Such study lasted three years.

## BIBLIOGRAPHIE

1. BRYSSINE, I. — 1967. La richesse des sols marocains en germes cellulolytiques selon les conditions écologiques. — *Al Awamia*, 24, pp. 83-94, Rabat.
2. — Quelques données sur la microflore des sols présahariens du Tafilalet. — *Al Awamia*, 23, pp. 125-136, Rabat.
3. CHAMAYOU, J. — 1966. Hydrogéologie de la vallée du Draâ moyen. — Thèse de doctorat, 230 p., O.M.V.A., Division des ressources en eau, Rabat.
4. DOMMERGUE, Y. — 1962. Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. — *Ann. Agron.*, t. 13 (4<sup>e</sup>), pp. 265-325 et (5), pp. 391-468, Paris.
5. EMZEV, M.T. — 1967. Les fixateurs anaérobies de l'azote moléculaire in « Azote biologique et son rôle dans l'agriculture ». — Edition Nauka, pp. 230-265, Moscou.
6. KARAGUISCHIEVA, D. — 1963. Les caractères morpho-culturelles des cultures d'*Azotobacter* isolés des sols de Kasachstan. — *Travaux de l'Institut de Pédologie de l'Académie des sciences de Kasachstane*, t. 14, pp. 39-55.
7. MISCHOUSTINE, E.N. — 1968. Microorganismes cellulolytiques des sols de l'URSS. — *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. 115, n° 4, pp. 596-603, Paris.
8. — Action d'*Azotobacter* sur les végétaux supérieurs. — *Ann. de l'Institut Pasteur*, Suppl. au n° 3, Sept. 1966, pp. 121-135, Paris.
9. MISCHOUSTINE, E.N. et V.G. MARIENKO — 1965. Influence des cultures d'*Azotobacter chroococcum* sur la récolte des plantes cultivées. — *Microbiologia*, t. XXXV, n° 5, pp. 863-867.
10. MALACHOVA, P.G. — 1963. La microflore de rhizosphère de certaines plantes du désert Kisilkoum dans « La microbiologie du sol ». — *Taschkent, Ac Naouk, Uzbek SSR*, pp. 170-177.

11. POCHON, J. et H. DE BARJAK — 1958. Traité de microbiologie des sols. — Editions Dunod, 685 p., Paris.
12. POCHON, J. et TARDIEUX — 1962. Techniques d'analyses en microbiologie du sol. — Edition de la Tourelle Saint-Mandé, Paris.
13. TOUTAIN, BENTERRAK et KEDDANE — 1967. Essai sur la fertilisation des sols en palmeraie marocaine. II. Réponse sur le blé à une première fumure minérale. — Al Awamaia, 23, pp. 137-144, Rabat.