

NOTE AU SUJET
DE L'ACTIVITE MICROBIOLOGIQUE
DE QUELQUES TYPES DE SOLS DES DOUKKALA

I. BRYSSINE

SOMMAIRE

Conditions écologiques

Conditions de travail

Méthodes d'étude

- Cycle de l'azote
- Cycle du carbone
- Interprétation

Interprétation des résultats

- Richesse microbiologique des sols
- Dynamique de l'activité microbiologique selon les groupes fonctionnels
- Activité microbiologique des sols selon leur type pédologique

Conclusion

Au cours de l'année 1960, nous avons eu l'occasion de procéder à l'étude rapide de quelques types de sols des Doukkala en vue de rechercher des relations entre les types pédologiques et leur activité microbiologique. Le choix de cette région nous a été dicté par le fait que l'étude des sols

de cette plaine, poursuivie depuis 1942, a conduit à l'établissement d'une carte pédologique en cours de publication. Nous possédions donc des renseignements sur les caractères des profils, les conditions de leur formation et de leur évolution, ainsi que sur leur répartition dans le pays.

Conditions écologiques

La plaine des Doukkala, située au sud d'El Jadida (ex-Mazagan), se présente comme un plateau vallonné accolé au massif primaire des Rehamna, dominant au nord-ouest les chaînons des dunes côtières consolidées. Cultivée en sec depuis longtemps, elle couvre 200 000 ha environ. Son intérêt économique est très grand.

1. Climat

Le climat des Doukkala peut être classé parmi les climats semi-arides avec le facteur de pluie de Lang (P/T) égal à 17 à Sidi Bennour, centre de la plaine ; cette sécheresse de climat est d'autre part conditionnée par des températures élevées au cours de l'année (moyenne : 18,2°C).

La faible pluviométrie de la région est accompagnée d'un nombre restreint de jours de pluie (47), ce qui donne une intensité de pluie égale à 6,5 mm par jour.

Les températures maximales restent relativement élevées au cours de l'année : elles oscillent autour de 18,6°C pendant les mois d'hiver pour remonter vers 33,4°C pendant l'été. Les températures minimales sont par contre très basses par rapport aux températures maximales : 5,4°C pendant l'hiver, 15,7°C pendant l'été. Il faut noter aussi que l'automne est plus chaud (19,7°C) que le printemps. Les températures diminuent rapidement au cours des mois d'automne où l'abaissement atteint 11°C en moyenne, puis descendent plus lentement (2,8°C) pendant l'hiver. Au printemps et en été, les températures augmentent régulièrement (6,9°C par saison).

L'automne et l'hiver sont relativement pluvieux : 106 mm (soit 34 % de la hauteur totale annuelle) en automne, 124 mm (soit 40 %) en hiver, tandis que le printemps est plus sec avec 75 mm de pluie seulement (soit 24 %). L'intensité des pluies est très grande en automne et en hiver où elle atteint respectivement 7,5 et 7,0 mm par jour. Il faut aussi remarquer que pendant toute l'année l'humidité de l'air reste relativement élevée ; en effet, on a noté au cours de l'été 1954 les valeurs suivantes : 80 % en mai, 74 % en juin, 80 % en juillet, 72 % en août, 75 % en septembre, 81 % en octobre.

2. Sols

Les sols des Doukkala évoluent donc dans des conditions de climat semi-aride qui devient semi-humide au cours de l'hiver seulement. Cette aridité du climat semble surtout être due aux faibles précipitations car les conditions thermiques paraissent être assez « clémentes ». Les conditions de transformation des roches, qui semblent propices à l'évolution rapide des sols en automne à cause des températures élevées et des nombreuses précipitations, sont moins accentuées en hiver à cause de l'abaissement de la température. La sécheresse du printemps ne paraît pas favorable à la pédogenèse.

Les roches à partir desquelles se forment les sols du pays sont principalement soit un grès calcaire pliocène, soit des limons calcaires quaternaires plus ou moins encroûtés. La texture des sols formés directement sur le grès calcaire, ou sur ses produits de décomposition, est sableuse avec une dominance de sable fin. Celle des sols, formés sur limons calcaires ou non, est sablo-argileuse ou même argilo-sableuse.

L'argile rouge provenant de l'altération des grès donne généralement naissance aux sols rouges sableux lessivés.

La gamme des sols formés au dépens des limons quaternaires est beaucoup plus variée. La majeure partie du centre du périmètre est couverte par des sols châtaîns, sols à régime aéro-pédique. Vers le sud-est, on passe progressivement aux sols tirsifiés et aux tirs, sols à régime aéro-hydropédique. L'ensablement superficiel des limons conduit aux sols ocre à régime hydropédique. Sur les dépôts alluviaux actuels et sub-actuels, on trouve des sols jeunes (faïd) analogues aux dess du nord du Maroc.

Enfin, il faut signaler la présence de nombreuses dépressions artificielles (dayas) creusées pour emmagasiner les eaux de pluies hivernales et qui s'assèchent en été.

Conditions de travail

1. Matériel

Au cours de l'année 1960, nous avons effectué quatre prélèvements (au mois de février, au mois de mai, au mois d'août et au mois de novembre) dans les différentes stations d'étude choisies dans les Doukkala, en accord avec J. WILBERT, chargé de l'établissement de la carte des sols

de cette région ; ces prélèvements correspondent aux types pédologiques suivants :

- Tirs argileux L-275 et sableux L-282
- Sol tirsifié LJS
- Sol châtain (de la vallée de l'oued Fahrer) L-255
- Sol châtain jeune enterré sous faïd (dans la vallée de l'oued Fahrer) peu évolué L-253.
- Sol lessivé L-245
- Sol ocre foncé L-257
- Terre de daya

2. *Nature des sols*

La composition granulométrique de ces terres est plutôt argilo-sableuse, pas ou peu calcaire (voir TABLEAU II). Seul le tirs lourd L-275 est fortement argileux. Toutefois les horizons superficiels de certains sols (sols châtaîns de l'oued Fahrer, sol lessivé et sol ocre) sont franchement sableux (ensablement superficiel).

En ce qui concerne l'humus, les tirs paraissent être bien pourvus en cet élément, tandis que dans les autres sols son taux est plus faible, surtout dans les horizons superficiels ensablés. Dans tous les profils, la teneur en azote est peu élevée. D'après les valeurs du rapport C/N la matière organique des tirs paraît plus grossière que celle des autres sols.

Dans les tirs et le sol ocre la réaction du sol est franchement basique ; elle devient neutre dans les sols châtaîns et le sol lessivé.

Ces sols ne sont pas salés, quoiqu'on observe un certain enrichissement en sels solubles vers le bas des profils (au-dessous d'un mètre).

3. *Conditions climatiques de l'année 1960*

Dans le TABLEAU III nous reproduisons les données météorologiques de l'année 1960, données malheureusement incomplètes. Toutefois, d'après ces chiffres, nous pouvons nous rendre compte que l'hiver et le printemps de cette année ont été beaucoup plus chauds que ceux de l'année dite « normale ». Ceci est dû à la fois aux températures maximales et minimales des mois d'hiver et à celles assez élevées du printemps. En automne les différences ont été négligeables, le mois d'octobre fut assez frais et très pluvieux ; par contre, le printemps et l'automne (surtout le mois de novembre) furent bien secs.

TABLEAU I

Description des profils *

(d'après J. WILBERT)

Tirs noir grossier argileux L-275

Surface : grumeleuse et crevassée.

- 0-10 : noir argileux, massif fissuré ;
- 10-60 : noir argileux, massif prismatique grossier ;
- 60-100 : noir argileux, massif tétraédrique ;
- 100-150 : bigarré jaune-noir, massif polyédrique.

Tirs noir grossier plus sableux L-282

- 0-15 : noir argileux, massif polyédrique grossier ;
- 15-60 : noir argileux, prismatico-cubique grossier ;
- 50-100 : noir argileux à mouchetures blanches calcaires, massif tétraédrique, nombreux granules calcaires ;
- 100 + : ocre argileux, massif polyédrique grossier.

Sol châtain de la vallée de l'oued Fahrer

Sol châtain jeune, enterré sous faïd

- 0-15 : limoneux non-calcaire, massif poreux (faïd) ;
- 15-110 : brun foncé, argilo-limoneux, massif très dur et grossier, quelques fissures.

Sol faiblement tirsifié de Jemaâ Sahim

- 0-20 : brun-gris foncé, argileux à tendance polyédrique, fine en surface ;
- 20 + : jaune-brun sur les parois des fentes, argileux, massif fissuré à structure tétraédrique, taches calcaires blanches friables.

Sol sableux lessivé

Sol ocre foncé, un peu rougeâtre (hydromorphe par ensablement sur argile foisonnante L-257)

- 0-15 : sableux, plus ou moins particulaire, sans galets ;
- 15-30 : brun foncé, argilo-sableux, massif poreux, polyédrique grossier ;
- 30-70 : argileux, massif prismatique à tendance prismatico-cubique, à arêtes vives, surface des mottes brune, intérieur compact jaune-ocre, manifestation de réduction de fer ;
- 70-90 : argileux, structure cubique plus fine ;
- 90 + : jeune massif calcaire à nodules.

Terre de daya, tirsification de bas-fonds, actuelle ou récente

Surface à plaquettes d'argile non poreuse, noire, puis horizon fissuré noir, passant en profondeur à une argile jaune-ocre à bigarrure noire le long des fentes, calcaire.

* La profondeur est exprimée en cm.

TABLEAU II
Caractères analytiques des profils étudiés

PROF. cm	ANALYSE MÉCANIQUE %				MATIÈRE ORGANIQUE				pH	E.S. ‰	C.F.	H.E.
	Arg.	Lim.	S.f.	S.g.	Calc.	C × 1,72 %	N ‰	C/N				
Tirs noir grossier lourd L-275												
0-10	57	13	20	6	3	1,65	0,78	12	7,6	1,05	18	22
10-50	58	13	17	9	2	1,43	0,72	12	7,9	1,28	19	
50-100	58	12	17	9	3	1,25	0,78	9	8,2	1,82	21	
100-140	58	12	17	10	3	1,14	0,51	13	8,3	1,17	21	
140 +	47	11	12	6	24	0,35	0,21	10	8,3	1,82	13	
Tirs noir grossier léger L-282												
0-15	27	5	50	17	1	1,50	0,85	10	7,75	0,90	4,95	21,4
15-50	34	5	36	25	1	1,38	0,83	10	7,25	1,03	4,50	21,5
50-100	34	5	36	24	2	1,10	0,50	13	8,3	1,37	4,20	22,3
100 +	32	6	34	26	3	0,50	0,41	7	8,2	1,73	4,95	27,2
Sol châtain L-255 de la vallée de l'Oued Fahrer												
Surf.	11	11	58	19	0	0,93	0,63	9	6,9	0,81	1,65	10,6
± 30	34	13	38	12	0	1,22	0,74	9	6,85	0,65	5,40	23,3
± 130	32	13	31	18	12	0,22	0,34	3	nd	1,36	5,50	24,0

± 50	32	13	31	18	12	0,22	0,34	3	nd	1,36	5,50	24,0
± 130												

Sol châtain jeune (faid) L-253 de la vallée de l'Oued Faher

Surf.	10	14	67	9	0	0,88	0,58	9	6,8	0,74	1,95	12,2
± 30	25	17	52	4	0	0,65	0,52	7	7,05	0,54	5,25	16,4
± 60	23	22	53	3	0	0,43	0,51	5	7,20	0,54	4,50	16,2
± 100	10	9	50	30	0	0,17	0,24	4	7,90	—	1,20	10,8

Sol lessivé L-245 (Boulaouane)

Surf.	6	2	64	25	0	0,67	0,48	8	7,45	0,74	2,55	8,9
± 30	22	3	48	24	0	0,73	0,62	8	7,40	0,68	6,00	15,2
± 60	17	2	18	14	48	0,92	0,46	11	—	—	10,05	22,6

Sol ocre foncé L-257

Surf.	7	1	63	27	0	0,44	0,27	10	7,9	0,68	0,90	9,9
± 30	37	3	40	16	0	0,71	0,60	7	7,3	1,10	6,45	22,8
± 60	35	1	43	16	0	0,49	0,35	8	7,95	0,97	5,25	23,6
+ 100	31	2	29	11	23	0,37	0,37	5	8,45	1,38	—	—

- S.f. = Sables fins
- S.g. = Sables grossiers
- E.S. = Extrait sec
- C.F. = Coefficient de fêtrissement
- H.E. = Humidité équivalente

TABLEAU III

Conditions météorologiques de l'année 1960
(Poste de Sidi Bennour)

Chiffres en italique = année normale
Chiffres romains = 1960

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANNUEL
Moyenne des maxima												
<i>21.9</i>	<i>23.1</i>	<i>24.5</i>	<i>26.3</i>	<i>28.7</i>	<i>29.3</i>	<i>34.1</i>	<i>35.4</i>	<i>35.2</i>	<i>25.9</i>	<i>24.8</i>		
25.0	26.9	27.3	28.3	30.1	28.5	33.4	35.7	37.9	23.7	27.4		
Moyenne des minima												
—	<i>7.9</i>	<i>10.4</i>	<i>10.5</i>	<i>13.7</i>	<i>16.8</i>	—	<i>18.0</i>	<i>15.6</i>	<i>11.3</i>	<i>9.5</i>		
—	10.0	13.6	11.4	16.3	19.2	—	18.3	15.3	8.7	9.4		
Moyenne des maxima et des minima												
—	<i>15.5</i>	<i>17.5</i>	<i>18.4</i>	<i>21.2</i>	<i>23.1</i>	—	<i>26.7</i>	<i>25.4</i>	<i>18.6</i>	<i>17.2</i>		
—	18.5	20.5	19.9	23.2	23.9	—	27.0	26.6	18.5	18.4		
Précipitations												
<i>38.3</i>	<i>38.4</i>	<i>37.6</i>	<i>27.3</i>	<i>14.5</i>	<i>3.1</i>	<i>0.1</i>	<i>0.3</i>	<i>6.1</i>	<i>36.9</i>	<i>52.6</i>	<i>49.6</i>	<i>305</i>
78.3	36.6	38.3	17.6	7.9	10.7	0	0	0	49.5	28.2	76.8	380
Nombre de jours de pluie												
13	7	11	4	2	2	0	0	0	5	3	17	64

Méthodes d'analyses

Dans ce travail nous avons étudié les variations annuelles du cycle de l'azote et du cycle du carbone en employant la méthode d'évaluation des groupements fonctionnels, mise au point à l'Institut Pasteur par le Prof. POCHON.

1. Cycle de l'azote

a. Fixation de l'azote moléculaire

— Fixation aérobie

Principe : appréciation du degré de développement d'une culture (essentiellement *Azotobacter*) par formation d'un voile [1].

Technique : ensemencement d'un milieu liquide ne contenant pas d'azote combiné avec des suspensions-dilutions de terre et leur répartition en tubes bien aérés.

— Fixation anaérobie

Principe : appréciation d'une culture (essentiellement *Clostridium*) par un dégagement gazeux [1].

Technique : ensemencement d'un milieu liquide ne contenant pas d'azote combiné avec des suspensions-dilutions de terre et leur répartition en tubes peu aérés.

b. Nitrification

Principe : on recherche séparément l'activité des ferments nitreux et celle des ferments nitriques.

Technique : ensemencement de deux milieux électifs liquides répartis en tubes avec des suspensions-dilutions de terre.

Pour la recherche des ferments nitreux, l'azote est apporté sous forme de sulfate d'ammonium. On détermine, après l'incubation, la dilution limite contenant encore des nitrites ou des nitrates par le test à la diphénylamine sulfurique.

Pour la recherche des ferments nitriques, l'azote est apporté sous forme de nitrites de sodium. On détermine, après l'incubation, la dilution limite contenant des nitrates, par le même réactif, mais après l'élimination des nitrites [1].

c. Dénitrification

Principe : recherche de la vitesse de la disparition des nitrates apportés en fonction du temps et des dilutions à l'aide de la diphénylamine sulfurique.

Technique : ensemencement d'un milieu liquide où l'azote est apporté sous forme de nitrates avec des suspensions-dilutions de terre.

2. Cycle du carbone

a. Amylolyse

Principe : recherche de la vitesse de la disparition de l'amidon au moyen du réactif iodo-ioduré en fonction du temps et des dilutions.

Technique : ensemencement d'un milieu liquide où l'amidon est la seule source de carbone avec des suspensions-dilutions de terre.

b. Silico-gel — grains de terre

Principe : utilisation des plaques de silico-gel imprégnées par un milieu sans autre source de carbone qu'une feuille de papier filtre sans cendre, préalablement stérilisée.

3. Méthode d'interprétation des résultats

Toutes les techniques comportant l'ensemencement d'un milieu liquide avec un volume mesuré de suspension-dilution de terre, se proposent d'estimer, en le rapportant à un gramme de terre, le nombre le plus probable de germes viables et capables de proliférer dans ce milieu. Les tables de MC CRADY permettent cette opération dès l'instant où, à chaque dilution, trois tubes au moins ont été ensemencés. La détermination du nombre le plus probable de germes est alors déduite du nombre de tubes positifs pour quelques dilutions consécutives et significatives. Ainsi sont interprétés

des résultats de numération de l'*Azotobacter*, de *Clostridium* et des germes nitriques et nitreux.

Pour exprimer l'activité des bactéries dénitrificatrices et amylolytiques, nous avons procédé aux calculs des surfaces délimitées par les courbes traduisant la vitesse de la disparition du substrat pendant la durée de l'expérience (10 jours). Les détails de ces calculs sont donnés dans notre précédente note [1].

Interprétation des résultats

Les résultats analytiques sont consignés dans les TABLEAUX IV et V. L'étude de ces tableaux nous montre que l'activité microbiologique des échantillons étudiés a été très variable selon les types de sol.

Dans les uns, elle restait assez uniforme au cours de l'année, tandis que dans les autres elle variait énormément. En valeur absolue, ces variations pouvaient atteindre des proportions très élevées ; pour ces raisons, nous exposons d'abord la richesse des sols du point de vue microbiologique, puis l'allure générale de la dynamique et enfin l'activité microbiologique selon les types étudiés.

1. Richesse microbiologique des sols

a. Microflore totale (voir le TABLEAU IV SG *)

C'est la terre de daya qui semble être la plus riche en microflore totale (SG = 345×10^6). Viennent ensuite le sol châtain (SG = 176×10^6), le tirs sableux (SG = 162×10^6) et le sol tirsifié (SG = 155×10^6). Les autres sols sont relativement plus pauvres avec les valeurs SG variant autour de 125×10^6 .

b. Cycle de l'azote

— *Azotobacter*

En ce qui concerne leur richesse en *Azotobacter*, les tirs se détachent nettement des autres sols de la région avec une somme globale, énumérée au cours de l'année, variant autour de 50×10^6 . Dans les autres sols, le taux global d'*Azotobacter* s'abaisse jusqu'à 50×10^2 .

— *Clostridium*

Comme pour le groupe précédent, ce sont les tirs et le sol de daya qui sont les plus riches en *Clostridium* : le développement de ce germe

* SG = Somme globale des numérations.

atteint la dilution — 6 *, ensuite viennent le sol tirsifié, châtain et sableux lessivé où le développement progresse jusqu'à la dilution — 4, et enfin le sol ocre et le sol châtain jeune où le développement va jusqu'à la dilution — 3.

— Germes nitriques et nitreux

Dans tous les sols, on constate le développement des germes nitriques jusqu'à la dilution — 5, dans deux échantillons (un de sol de daya et un autre de sol ocre) le développement progresse jusqu'à la dilution — 6.

Pour les germes nitreux la dilution — 6 est atteinte dans les cas des terres de daya, des deux tirs et du sol ocre, viennent ensuite les sols sableux lessivés et les sols châtains jeunes où le développement atteint la dilution — 5. Dans le sol tirsifié et le sol châtain, on observe un développement seulement jusqu'à la dilution — 4.

— Dénitrification

Le pouvoir dénitrifiant le plus fort est constaté dans les tirs lourds ($\Sigma S^{**} = 157,8$), il est plus faible dans la terre de daya et dans le tirs sableux (les ΣS respectives sont de 137,9 et 134,4). Dans le sol tirsifié et le sol ocre il est encore plus faible ($\Sigma S = 105,7$ et $\Sigma S = 94,1$). Dans le sol châtain jeune comme dans le sol sableux ce pouvoir dénitrifiant est aussi plus faible. Toutefois, les chiffres ne peuvent être comparés aux précédents étant donné que les analyses n'ont pas été faites au mois de février pour ces sols. Les chiffres calculés sont : sols sableux $\Sigma S = 41,1$; sol châtain jeune $\Sigma S = 42,1$. Le sol châtain évolué montre un pouvoir dénitrifiant plus élevé ($\Sigma S = 87,6$).

c. Cycle du carbone

— Amylolyse

Le pouvoir amylolytique est le plus fort dans les tirs lourds ($\Sigma S = 311,7$) ; le sol châtain jeune ($\Sigma S = 234,5$) et le sol de daya ($\Sigma S = 224,2$) ont un pouvoir amylolytique égal et encore élevé. Le tirs sableux et le sol châtain évolué ont un pouvoir amylolytique encore moindre ($\Sigma S = 185,2$ pour le tirs sableux et $\Sigma S = 186,6$ pour le sol

* Dilution — 2 = dilution au $\frac{1}{100}$

Dilution — 4 = dilution au $\frac{1}{10\ 000}$ etc.

** ΣS = Somme des surfaces en mm^2 comprises entre la droite de régression et l'axe des temps jusqu'au 10^e jour. Cette somme est proportionnelle à l'activité de la flore microbienne.

châtain évolué). Viennent enfin le sol tirsifié et le sol lessivé avec respectivement $\Sigma S = 158,4$ et $\Sigma S = 154,5$.

2. Dynamique de l'activité microbiologique selon les groupements fonctionnels

a. Microflore totale

L'analyse du TABLEAU IV nous montre qu'il est possible de répartir les sols des Doukkala en trois groupes :

1. dans le premier groupe (les deux tirs et la terre de daya), la teneur des sols en microflore totale ne varie pratiquement pas au cours de l'année ;

2. dans le second groupe (le sol châtain jeune), elle varie au cours de l'année avec un maximum qui correspond au début de la saison chaude (mai) et un minimum qui correspond au début de la saison pluvieuse (novembre) ;

3. enfin dans le troisième groupe (sol tirsifié, sol châtain, sol lessivé et sol ocre foncé), la plus grande quantité de microflore correspond au début de la saison pluvieuse (novembre), tandis que pendant le reste de l'année la microflore subit des variations notables avec un léger enrichissement au printemps (fin du printemps).

b. Cycle de l'azote

— Fixation de l'azote atmosphérique en aérobiose
Numération d'*Azotobacter* (voir TABLEAU IV)

On peut diviser les sols des Doukkala en deux groupes suivant les caractères des taux d'*Azotobacter* :

dans le premier groupe nous rangeons les sols dans lesquels le nombre d'*Azotobacter* a varié au cours de l'année, avec un maximum de développement très prononcé correspondant à la fin du printemps et un minimum correspondant au mois d'hiver (février). Ce sont les deux tirs argileux et sableux, sol tirsifié, sol châtain et faïd (sol châtain jeune) ;

le second groupe comprend les sols dans lesquels les variations ont été de faible importance. Ce sont la terre de daya, le sol lessivé et le sol ocre. Toutefois, ces sols présentent eux aussi un minimum de développement de l'*Azotobacter* au mois de février.

— Fixation d'azote en anaérobiose
Numération du *Clostridium* (voir TABLEAU IV)

La dynamique de la fixation de l'azote en anaérobiose rappelle celle

de l'*Azotobacter* : minimum de l'activité des germes en hiver (prélèvement du mois de février) et maximum pendant la saison chaude. Toutefois, ce maximum paraît s'étaler dans certains sols (tirs, faïd et sol lessivé) sur toute la durée de l'été (prélèvements des mois de mai et d'août) et non pas au printemps seulement, comme dans le cas de l'*Azotobacter*.

Dans le sol châtain et la terre de daya ce maximum serait déplacé vers l'automne (prélèvement des mois d'août et novembre).

— Nitrification

Germes nitriques et nitreux (voir TABLEAU IV)

Dans tous les sols, l'activité nitrifiante varie avec les saisons : elle présente un maximum très prononcé à la fin du printemps (prélèvements du mois de mai) après le minimum hivernal (mois de février) très net. Au cours de l'été et en automne, elle semble se maintenir à un certain niveau. Cette allure de l'activité nitrifiante paraît commune aussi bien aux germes nitreux que nitriques.

— Dénitrification (voir TABLEAU V)

Contrairement aux autres groupes fonctionnels le maximum de l'activité dénitrifiante correspond plutôt au début de l'année (prélèvements des mois de février et de mai). Elle baisse sensiblement au cours de l'été (prélèvements du mois d'août). En automne elle se maintient au même niveau dans les tirs, le sol châtain, tandis que dans le sol tirsifié, dans le faïd, le sol lessivé et le sol ocre, elle diminue encore davantage.

c. Cycle du carbone

— Amylolyse

D'une manière générale, le pouvoir amylolytique varie relativement peu au cours de l'année, bien qu'il ait une certaine tendance à s'accroître au cours des mois chauds et secs (prélèvements des mois de mai et août). Dans le sol rouge et la terre de daya, le maximum du mois d'août est bien prononcé. Dans les tirs, surtout dans le profil L-275, l'activité amylolytique est bien développée en hiver ; elle diminue ensuite progressivement au cours de l'année.

Du point de vue quantitatif, on observe de grandes différences entre plusieurs types de sols. Toutefois, dans le sol rouge et dans le sol ocre, l'activité amylolytique paraît être plus réduite que dans les autres sols.

3. *Activité microbiologique des sols selon leur type pédologique*

Comme nous l'avons indiqué dans les pages précédentes, l'activité

microbiologique de ces sols varie au cours de l'année ; certains sols sont plus actifs au printemps, les autres en été ou en automne. Il serait important, aussi bien au point de vue théorique que pratique, de pouvoir les comparer entre eux. Pour cette comparaison nous avons utilisé soit la somme globale (SG) des numérations successives (microflore totale, *Azotobacter*, *Clostridium*, germes nitriques et nitreux), soit la valeur moyenne de l'activité annuelle (pouvoir dénitrifiant et amylolytique). En ce qui concerne le pouvoir dénitrifiant, nous avons calculé les moyennes des trois derniers prélèvements seulement pour ceux où le mois de février n'étaient pas faits.

a. Tirs

Les deux échantillons de ce type de sol L-275 (tirs argileux) et L-282 (tirs sableux) ont une activité microbiologique semblable en intensité et en dynamique.

Les deux types de sols ont une microflore totale énumérée à 121×10^6 et 162×10^6 germes par gramme de terre. Leur taux en *Azotobacter* est élevé avec un maximum de développement au printemps et un minimum en automne-hiver.

Le taux de ces terres en *Clostridium* est également élevé avec un maximum de développement en été et un minimum en hiver.

L'activité nitrifiante est très variable selon les saisons, elle est faible en hiver, forte au printemps.

Le pouvoir dénitrificateur est relativement fort en période humide (février-mai) et réduit en période sèche (août-novembre).

Le pouvoir amylolytique est également fort en période humide, il devient faible (la moitié de sa valeur) en période sèche.

b. Sol tirsifié

Si ce type de sol a une microflore totale qui ne diffère pas beaucoup des types de sols précédents, le nombre des germes azotofixateurs est différent. Le nombre d'*Azotobacter* et de *Clostridium* est la moitié de ce qu'on trouve dans le tirs. Ce nombre reste faible en cours d'année comme dans le sol châtain ou le sol sableux.

Le nombre des germes nitrificateurs est aussi plus faible que dans le tirs, il existe un maximum de développement en mai, mais il n'est pas aussi prononcé que dans les tirs. Le pouvoir dénitrificateur est comparable à celui des tirs. Le pouvoir amylolytique est plus élevé que dans les tirs et est surtout plus constant au cours de l'année.

c. Sol châtain

Nous avons analysé deux échantillons de ce type de sol, un sol châtain évolué et un sol châtain jeune. Leur activité microbiologique est semblable pour certains groupes et différente pour les autres. Ces sols ont une microflore totale évaluée à 176×10^6 et 126×10^6 germes par gramme de terre. Leur taux en *Azotobacter* et en *Clostridium* est semblable. Ce taux est faible et reste faible en cours d'année. Les germes nitrifiques et nitreux sont aussi peu élevés, leur taux est maximum en mai. Le pouvoir dénitrificateur est faible dans le sol châtain jeune, et élevé dans le sol châtain évolué. Le pouvoir amylolytique est plus fort que dans les tirs, le maximum d'activité se situant en période chaude (mai-août).

d. Sol sableux lessivé

Ce type de sol a une microflore totale évaluée à 122×10^6 germes par gramme de terre. Le nombre d'*Azotobacter* et de *Clostridium* est faible et constant en cours d'année. Ce nombre a le même ordre de grandeur que celui des sols châtaîns ou sols tirsifiés.

Les germes nitrifiants sont peu nombreux en cours d'année sauf au mois de mai où on note le même nombre que celui atteint dans le sol châtain jeune. Le pouvoir dénitrifiant est faible et sa dynamique est semblable à celle du sol châtain. Le pouvoir amylolytique est plus fort que dans le sol châtain et se rapproche plutôt de celui du sol tirsifié.

e. Sol ocre

Ce sol a une microflore totale plus élevée que le sol sableux lessivé (125×10^6 germes par gramme de terre).

Les azotofixateurs aérobie et anaérobie sont peu nombreux et même les moins nombreux de tous les sols des Doukkala. On ne note aucun maximum annuel dans leur développement.

Le nombre des germes nitrifiants est assez important en hiver et faible dans les autres saisons de l'année.

Le pouvoir amylolytique est le plus faible de tous les sols examinés.

f. La terre de daya

Cet échantillon est le plus riche de toute la série. Nous le traitons en appendice étant donné que ce n'est pas un type de sol, mais un cas particulier.

La microflore totale montre le nombre le plus élevé de tous les sols décrits. Le nombre d'*Azotobacter* est plus réduit qu'on ne pouvait le pen-

ser et atteint la même valeur que dans les sols châtaîns. Le nombre de *Clostridium* est élevé, il est équivalent à celui des tirs. Ce nombre reste élevé tout le long de l'année.

Le nombre des germes nitriques et nitreux est élevé avec un maximum en mai. Le pouvoir dénitrificateur est élevé en hiver et reste assez élevé pendant toute l'année.

Le pouvoir amylolytique est élevé avec un maximum en août.

Conclusion

Dans la plaine des Doukkala on trouve des sols ayant une activité microbiologique plus ou moins importante selon les types pédologiques. Après la comparaison des cycles annuels des différents groupes fonctionnels étudiés, on peut classer ces sols selon leur degré d'activité microbiologique. Ainsi, après l'étude effectuée au cours de l'année 1960, on classe les sols des Doukkala en fonction de leur activité microbiologique dans l'ordre suivant : daya, tirs sableux et argileux, sols tirsifiés, sols châtaîns évolués et jeunes, sols sableux lessivés, sol ocre.

Manuscrit déposé le 10.2.64

ملخص

تفسير في موضوع نشاط علم الجراثيم لبعض
اصول أراضي دكالة

بعد ان حدد المؤلف شروط دراسة العلاقات بين الاحياء والوسط الذي تعيش فيه
وشروط عمل الدراسة يصف طرق التحليل المستعملة لتقويم نشاط علم الجراثيم لبعض
الاصول من اراضي دكالة .

ويعلن المؤلف بالتالي نتائج هذه التحاليل ويدرس بواسطتها نشاط علم الجراثيم لهذه
الاراضي حسب اصلها في التربة

RÉSUMÉ

Après avoir précisé les conditions écologiques et les conditions de travail de l'étude, l'auteur décrit les méthodes d'analyse utilisées pour évaluer l'activité microbologique de quelques types de sols des Doukkala.

Ensuite l'auteur présente les résultats de ces analyses et étudie au moyen de ceux-ci l'activité microbologique de ces sols selon leur type pédologique.

RESUMEN

Nota sobre la actividad microbiológica de algunos tipos de suelos de la llanura de Doukkala

Después de determinar las condiciones ecológicas y las condiciones de trabajo del presente estudio, el autor describe los métodos de análisis utilizados para evaluar la actividad microbiológica de algunos tipos de suelos de la llanura de Doukkala.

El autor presenta después los resultados de estos análisis y estudia mediante ellos la actividad microbiológica de estos suelos según su tipo pedológico.

SUMMARY

Notes on the microbiological activity of some types of soils in the Doukkala region

The author defines the ecological conditions and working procedures applying to her study of the microbiological activity of some types of soils in the Doukkala region, and describes the analytical methods she used in estimating it.

Summarizing the results of these analyses, she details the microbiological activity of these soils according to their pedological type.

TABLEAU V

GROUPES FONCTIONNELS	SOMME GLOBALE	FÉVRIER		MAI		AOÛT		NOVEMBRE	
		Numération	%	Numération	%	Numération	%	Numération	%
Tirs argileux L-275									
Microflore totale	121 × 10 ⁶	40 × 10 ⁶	33	20 × 10 ⁶	17	25 × 10 ⁶	20	36 × 10 ⁶	30
<i>Azotobacter</i>	5,62 × 10 ⁵	5,0 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ⁵	89	6,0 × 10 ⁴	11	1,5 × 10 ²	tr.
<i>Clostridium</i>	1,97 × 10 ⁶	5,0 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ⁴	2	1,9 × 10 ⁶	96	2,3 × 10 ⁴	tr.
Germes nitriques	4,55 × 10 ⁵	5,0 × 10	tr.	4,1 × 10 ⁵	88	6,0 × 10 ³	1	5,0 × 10 ⁴	11
» nitreux	5,06 × 10 ⁶	5,0 × 10	tr.	5,1 × 10 ⁶	99	6,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁴	1
Pouvoir dénitrif.	150,2	42,9	29	65	43	16,5	11	25,8	17
C Pouvoir amylolyt.	312	145	46	60	19	65	21	42	13
Tirs sableux L-282									
Microflore totale	162 × 10 ⁶	40 × 10 ⁶	24	46 × 10 ⁶	28	38 × 10 ⁶	24	38 × 10 ⁶	24
<i>Azotobacter</i>	5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10 ²	tr.	2,0 × 10 ⁶	100	3,0 × 10 ³	tr.	1,9 × 10 ³	tr.
<i>Clostridium</i>	5,0 × 10 ⁶	5,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	1,9 × 10 ⁴	tr.	3,0 × 10 ²	tr.
Germes nitriques	5,1 × 10 ⁵	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ⁵	99	2,8 × 10 ³	tr.	2,8 × 10 ³	tr.
» nitreux	5,0 × 10 ⁶	0	0	5,0 × 10 ⁶	100	1,1 × 10 ³	tr.	2,8 × 10 ³	tr.
Pouvoir dénitrif.	134,0	55	40	65	49	6	5	8	6
C Pouvoir amylolyt.	135	60	32	55	30	37	20	33	18
Sol tirsifié									
Microflore totale	155 × 10 ⁶	25 × 10 ⁶	16	30 × 10 ⁶	19	60 × 10 ⁶	38	40 × 10 ⁶	26
<i>Azotobacter</i>	6,1 × 10 ³	5,0 × 10 ²	8	5,0 × 10 ³	82	3,0 × 10 ²	5	3,0 × 10 ²	5
<i>Clostridium</i>	4,1 × 10 ⁴	9,0 × 10 ²	2	1,9 × 10 ⁴	47	1,9 × 10 ⁴	46	1,9 × 10 ³	5
Germes nitriques	5,1 × 10 ⁵	5,0 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ⁵	99	5,0 × 10 ³	1	5,0 × 10 ²	tr.
» nitreux	5,6 × 10 ⁴	5,0 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ⁴	90	1,2 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ³	9
Pouvoir dénitrif.	105,7	49	46	35	34	15	14	6	6
C Pouvoir amylolyt.	158	46	29	45	28	42	27	25	16
Sol châtain évolué									
Microflore totale	176 × 10 ⁶	34 × 10 ⁶	19	5 × 10 ⁶	3	25 × 10 ⁶	14	112 × 10 ⁶	64
<i>Azotobacter</i>	5,4 × 10 ³	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ³	92	3,0 × 10 ²	6	9,0 × 10	2
<i>Clostridium</i>	7,3 × 10 ⁴	5,0 × 10	1	3,0 × 10 ³	4	3,0 × 10 ⁴	40	4,0 × 10 ⁴	55
Germes nitriques	5,0 × 10 ⁵	0	0	5,0 × 10 ⁵	100	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ²	tr.
» nitreux	5,0 × 10 ⁴	0	0	5,0 × 10 ⁴	98	5,0 × 10	1	5,0 × 10	tr.
Pouvoir dénitrif.	88	0	0	27	30	32	35	30	35
C Pouvoir amylolyt.	187	38	20	54	29	47	25	48	26

Sol châtaîin jeune

Microflore totale	127 × 10 ⁶	28	35 × 10 ⁶	43	12 × 10 ⁶	9	25 × 10 ⁶	20
N	<i>Azotobacter</i>	5,4 × 10 ³	5,0 × 10	93	5,0 × 10 ³	3	1,9 × 10 ²	4
	<i>Clostridium</i>	1,4 × 10 ³	1,9 × 0	34	5,0 × 10 ²	40	1,9 × 10 ²	13
	Germes nitriques » nitreux	5,1 × 10 ⁵	0	98	5,0 × 10 ⁵	1	5,0 × 10 ³	1
	Pouvoir dénitrif.	5,1 × 10 ⁵	0	100	5,0 × 10 ⁵	tr.	5,0 × 10 ³	tr.
C	Pouvoir amylolyt.	224	35	16	41	39	60	27

Sol sableux lessivé

Microflore totale	122 × 10 ⁶	0	0	22	25 × 10 ⁶	21	70 × 10 ⁶	57
N	<i>Azotobacter</i>	1,1 × 10 ⁴	1,5 × 10	46	5,0 × 10 ³	17	4,0 × 10 ³	37
	<i>Clostridium</i>	7,0 × 10 ⁴	5,0 × 10	7	5,0 × 10 ³	86	5,0 × 10	7
	Germes nitriques » nitreux	5,0 × 10 ⁵	0	100	5,0 × 10 ⁵	tr.	5,0 × 10	tr.
	Pouvoir dénitrif.	5,0 × 10 ⁵	0	100	5,0 × 10 ⁵	tr.	5,0 × 10	tr.
C	Pouvoir amylolyt.	155	35	23	50	32	20	13

Sol ocre

Microflore totale	125 × 10 ⁶	10	12 × 10 ⁶	36	18 × 10 ⁶	14	50 × 10 ⁶	40
N	<i>Azotobacter</i>	4,6 × 10 ²	0	11	5,0 × 10	41	2,2 × 10 ²	48
	<i>Clostridium</i>	2,0 × 10 ³	46	2	5,0 × 10	26	5,0 × 10 ²	26
	Germes nitriques » nitreux	5,1 × 10 ⁶	tr.	99	5,0 × 10 ⁶	tr.	5,0 × 10 ⁴	1
	Pouvoir dénitrif.	5,1 × 10 ⁶	tr.	99	5,0 × 10 ⁶	tr.	5,0 × 10 ⁴	1
C	Pouvoir amylolyt.	110	26	24	31	30	20	18

Terre de daya

Microflore totale	345 × 10 ⁶	23	80 × 10 ⁶	29	75 × 10 ⁶	22	90 × 10 ⁶	26
N	<i>Azotobacter</i>	6,1 × 10 ³	5,0 × 10 ²	8	5,0 × 10 ²	83	5,0 × 10	tr.
	<i>Clostridium</i>	5,0 × 10 ⁶	5,0 × 10 ⁴	1	1,9 × 10 ⁶	49	1,9 × 10 ⁶	49
	Germes nitriques » nitreux	5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁶	tr.	5,0 × 10 ³	tr.
	Pouvoir dénitrif.	5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁶	tr.	5,0 × 10 ³	tr.
C	Pouvoir amylolyt.	235	48	21	41	46	36	16

TABLEAU IV

GPT	SOLS	SOMME GLOBALE	FÉVRIER		MAI		AOÛT		NOVEMBRE		
			Numération	%	Numération	%	Numération	%	Numération	%	
Microflore totale	Tirs L-275	121 × 10 ⁶	40 × 10 ⁶	33	20 × 10 ⁶	17	25 × 10 ⁶	20	36 × 10 ⁶	30	
	» L-282	30 × 10 ⁶	40 × 10 ⁶	24	46 × 10 ⁶	28	38 × 10 ⁶	24	38 × 10 ⁶	24	
	Sol tirsifié	155 × 10 ⁶	25 × 10 ⁶	16	30 × 10 ⁶	19	60 × 10 ⁶	38	40 × 10 ⁶	26	
	Sol châtain évolué	176 × 10 ⁶	34 × 10 ⁶	19	5 × 10 ⁶	3	25 × 10 ⁶	14	112 × 10 ⁶	64	
	» jeune	127 × 10 ⁶	35 × 10 ⁶	28	55 × 10 ⁶	43	12 × 10 ⁶	9	25 × 10 ⁶	20	
	Sol sableux lessivé	122 × 10 ⁶	0	0	27 × 10 ⁶	22	25 × 10 ⁶	21	70 × 10 ⁶	57	
	Sol ocre	125 × 10 ⁶	12 × 10 ⁶	10	45 × 10 ⁶	36	18 × 10 ⁶	14	50 × 10 ⁶	40	
	Terre de daya	345 × 10 ⁶	80 × 10 ⁶	23	100 × 10 ⁶	29	75 × 10 ⁶	22	90 × 10 ⁶	25	
	Azotobacter	Tirs L-275	5,62 × 10 ⁵	5 × 10 ²	tr.	5 × 10 ⁵	89	6 × 10 ⁴	11	1,5 × 10 ²	tr.
		» L-282	5,0 × 10 ⁶	5 × 10 ²	tr.	5 × 10 ⁶	100	3 × 10 ³	tr.	1,9 × 10 ²	5
Sol tirsifié		6,1 × 10 ³	5 × 10 ²	8	5 × 10 ³	82	3 × 10 ²	5	3,0 × 10 ²	2	
Sol châtain évolué		5,4 × 10 ³	5 × 10	tr.	5 × 10 ³	92	3 × 10 ²	6	9,0 × 10	4	
» jeune		5,4 × 10 ³	5 × 10	tr.	5 × 10 ³	93	1,5 × 10 ²	3	1,9 × 10 ²	37	
Sol sableux lessivé		1,1 × 10 ⁴	1,9 × 10	tr.	5 × 10 ³	46	1,9 × 10 ³	17	4,0 × 10 ³	48	
Sol ocre		4,5 × 10 ²	0	0	5 × 10	11	1,9 × 10 ²	41	2,2 × 10 ²	tr.	
Terre de daya		6,1 × 10 ³	5 × 10 ²	8	5 × 10 ²	8	5,0 × 10 ³	83	5,0 × 10	tr.	
Clostridium		Tirs L-275	1,97 × 10 ⁶	5,0 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ⁴	2	1,9 × 10 ⁶	96	2,9 × 10 ⁴	1
		» L-282	5,0 × 10 ⁶	5,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	1,9 × 10 ⁴	tr.	3,0 × 10 ²	tr.
	Sol tirsifié	4,1 × 10 ⁴	9,6 × 10 ²	2	1,9 × 10 ⁴	47	1,9 × 10 ³	46	1,9 × 10 ³	6	
	Sol châtain évolué	7,3 × 10 ³	5,0 × 10	1	3,0 × 10 ⁴	4	3,0 × 10 ⁴	40	4,0 × 10 ⁴	55	
	» jeune	13,8 × 10 ³	1,9 × 10 ²	13	5,0 × 10 ²	34	6,0 × 10 ²	40	1,9 × 10 ²	13	
	Sol sableux lessivé	7,0 × 10 ⁴	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ³	7	6,0 × 10 ⁴	86	5,0 × 10 ³	7	
	Sol ocre	1,95 × 10 ³	9,0 × 10 ²	46	5,0 × 10	2	5,0 × 10 ²	26	5,0 × 10 ²	26	
	Terre de daya	3,9 × 10 ⁶	5,0 × 10 ⁴	1	5,0 × 10 ⁴	1	1,9 × 10 ⁶	49	1,9 × 10 ⁶	49	

Germes nitriques Firs L-275 » L-282 Sol tirsifié Sol châtain » » Sol sableux lessivé Sol ocre Terre de daya	+	5,56 × 10 ⁵	5,0 × 10	tr.	4,4 × 10 ⁵	38	6,0 × 10 ³	1	1	11
		5,1 × 10 ⁵	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ⁵	98	2,8 × 10 ³	1	1	2,8 × 10 ³
		5,0 × 10 ⁵	5,0 × 10 ²	tr.	5,0 × 10 ⁵	99	5,0 × 10 ³	1	1	5,0 × 10 ³
		5,0 × 10 ⁵	—	—	5,0 × 10 ⁵	100	5,0 × 10	tr.	tr.	5,0 × 10 ²
		5,1 × 10 ⁵	—	—	5,0 × 10 ⁵	98	7,0 × 10 ³	1	1	5,0 × 10 ³
		5,0 × 10 ⁵	—	—	5,0 × 10 ⁵	100	1,2 × 10 ²	tr.	tr.	5,0 × 10
		5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	1,2 × 10 ²	tr.	tr.	5,0 × 10 ⁴
		5,0 × 10 ⁶	5,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	2,3 × 10 ³	tr.	tr.	5,0 × 10 ³
		5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	6,0 × 10 ³	tr.	tr.	5,0 × 10 ⁴
		5,0 × 10 ⁶	0	0	5,0 × 10 ⁶	100	1,1 × 10 ³	tr.	tr.	2,8 × 10 ³
Germes nitreux Sol tirsifié Sol châtain » » Sol sableux lessivé Sol ocre Terre de daya		5,5 × 10 ⁴	5,0 × 10 ²	1	5,0 × 10 ⁴	90	1,2 × 10 ²	tr.	tr.	5,0 × 10 ³
		5,0 × 10 ⁴	—	—	5,0 × 10 ⁴	100	5,0 × 10	tr.	tr.	5,0 × 10
		5,1 × 10 ⁵	—	—	5,0 × 10 ⁵	98	4,0 × 10 ³	1	1	5,0 × 10 ³
		5,0 × 10 ⁵	—	—	5,0 × 10 ⁵	100	1,2 × 10 ²	tr.	tr.	5,0 × 10
		5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	1,2 × 10 ²	tr.	tr.	5,0 × 10
		5,1 × 10 ⁶	5,0 × 10 ³	tr.	5,0 × 10 ⁶	99	2,3 × 10 ²	tr.	tr.	5,0 × 10 ⁴

Pouvoir dénitrif. Firs L-275 » L-282 Sol tirsifié Sol châtain » » Sol sableux lessivé Sol ocre Terre de daya	*	150,2	42,9	29	65,0	43	15,5	11	11	25,8
		134,0	54,6	40	65,0	49	4,3	5	5	8,1
		105,7	49,3	46	35,4	34	14,8	14	14	52
		87,6	—	—	26,6	30	31,6	35	35	30,4
		42,1	—	—	15,5	63	26,6	37	0	0
		41,1	—	—	26,2	64	9,9	24	24	5,0
		94,1	57,3	61	15,6	17	21,2	23	23	0
		137,1	61,2	45	26,7	17	35,0	26	26	14,2
		312	145	46	60	19	65	21	21	42
		135	60	32	55	20	37	20	20	33
Pouvoir amylolyt. Sol tirsifié Sol châtain » » Sol sableux lessivé Sol ocre Terre de daya		158	46	29	45	28	42	27	27	25
		187	38	20	54	29	47	25	25	48
		224	35	16	41	18	88	39	39	60
		155	35	23	50	32	50	32	32	20
		110	26	24	31	28	34	30	30	20
		235	48	21	41	17	109	46	46	36

* L'activité des germes étudiés est traduite par une surface.

BIBLIOGRAPHIE

1. BRYSSINE, I. — 1962. Etude préliminaire de l'activité microbiologique des sols sableux de la région de Rabat. (Notes et observations). — *Al Awamia*, Rabat, **5**, pp. 161-162.
2. GRILLOT, G. & G. BRYSSINE — 1948. Etude préliminaire des sols du périmètre irrigable des Doukkala. — Conférence faite aux Chambres Française et Marocaine d'Agriculture de Mazagan.
3. FEODOROFF, A. — 1955-1956. Une classification des sols des Doukkala. — *Soc. Sc. Nat. & Phys. Maroc*, Rabat, *Trav. Sect. Pédol.*, t. 10-11, pp. 59-78.
4. JAMINET, R. — 1952. Aperçu des sols des Doukkala. — *Ibid.*, t. 3-5, pp. 43-52.
5. WILBERT, J. — 1959. Sols-types des Doukkala et leurs relations. Exemple : carte schématique des sols des Doukkala, feuille au 50 000^e Sidi Bennour. — *Ibid.*, t. 13-14, pp. 9-34.
6. SASSON, A. & PH. DASTE — 1961. Observations concernant l'écologie de l'*Azotobacter* dans les sols arides du Maroc. — *Compte rendu de la Société de Biologie*, t. CLV N^o 10, p. 1997.