

DEVELOPPEMENT SAPROPHYTIQUE DU *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* DANS DIFFERENTS SOLS DE PALMERAIES ET ACTIVITE ANTAGONISTE DE QUELQUES MICROORGANISMES SUR SON COMPORTEMENT

SEDRA My H., et BAH N.,*

ملخص

ان غياب مرض البيوض في واحة مراکش يمكن تفسيره بالعوامل الطبيعية المتعلقة بمقاومة التربة للامراض الوعائية الفوزاريومية. وتبين نتائج قياس كثافة الجراثيم في التربة ومكوناتها الحياتية ان تربة مراکش تحوي عددا اكبر من الجراثيم الفطرية والبكتيرية والاكثينومستية مقارنة مع تربة واحة زاكورة والتربة «الاصطناعية» * الحساستين للبيوض. ويقل معدل كثافة الجراثيم الفوزاريومية في تربة واحة مراکش (672 جرثومة في كل غرام) 4 مرات من الذي يوجد في تربة زاكورة (2694 جرثومة/ غرام) عند مقارنة قدرة الفطر** المسبب لمرض البيوض على النمو في خليط. مركب من تربة للتجربة وسط غذائي للمستعمرة الفطرية، نجد ان معدل قدرة الفطر الطفيلي على النمو يبلغ 100 % في تربة زاكورة، و68.7 % في التربة «الاصطناعية»، و10 % فقط في تربة مراکش. ان نسبة انبات بويقات الفطر (المالكروكونيدا والكلاميدوسبور) في التربة غير المعقمة بالحرارة اكبر في تربة زاكورة (40 % الى 91.2 %) والتربة «الاصطناعية» (24 % الى 48 %) من النسبة الحاصل عليها في تربة مراکش. وترتفع هذه النسبة في جميع الحالات عندما تعقم التربة. من ناحية أخرى عندما تضاف الجراثيم البكتيرية المضادة للفطر الى التربة المعقمة، تنخفض نسبة انبات البويقات الى اقل من 12 % . هذا وتبين هذه الملاحظات ان تربة مراکش لا تناسب نسبيا نمو الفطر الطفيلي في كل مراحل ازدهاره. * التربة «الاصطناعية»، خليط من الرمل والمواد العضوية.

(2 v / 1 v) (Sable/Tourbe)

** *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

كلمات جوهرية : مرض البيوض، نخيل التمر. مقاومة التربة للامراض، تعاكس، تجمع احتلائي، باكتريا.

RESUME

L'absence du Bayoud dans la palmeraie de Marrakech peut être expliquée par les phénomènes de résistance des sols aux fusarioses vasculaires. L'estimation de la densité et la composition de la microflore des sols étudiés montrent que les sols de Marrakech sont plus riches en flore fongique, bactérienne et actinomycétale que le sol de Zagora et le substrat réceptifs au Bayoud. La densité moyenne de la population du *Fusarium* est 4 fois moins importante dans le sol de Marrakech (672 propagules par g du sol sec) qu'en sol de Zagora (2694 propagules par g du sol sec). Dans le mélange: sol à tester et le milieu à coloniser (4v/3v), l'indice moyen de colonisation saprophytique du *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* atteint 100 % dans le sol de Zagora, 68,7 % dans le substrat et seulement 10 % dans le sol de Marrakech. Les pourcentages de germination des macroconidies et chlamydospores du parasite placées au contact des sols non traités à la chaleur sont plus importants dans les sols de Zagora (92,2 % et 40 %) et le substrat E (48 % et 24%) que dans le sol de Marrakech (21,4 % et 0%). Ces pourcentages de germination augmentent considérablement et deviennent non différentiels lorsque les sols sont traités à la chaleur. L'infestation des sols préalablement autoclavés avec les bactéries antagonistes fait diminuer nettement le pourcentage de germination des spores du parasite à moins de 12 %. Ces observations laissent à penser que les sols de la palmeraie de Marrakech sont moins favorables au développement du *F.o. f.sp. albedinis*.

MOTS CLÉS : *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis*, *Phoenix dactylifera* L., résistance des sols aux maladies, Antagonisme, *Pseudomonas* fluorescents, colonisation saprophytique.

ABSTRACT

The Bayoud absence in Marrakech palm grove may be explained by the phenomenon of the soils resistance to *Fusarium* wilt. The estimation of the density and the composition of the soil microflora shows that Marrakech palm grove soils are richer in fungal, bacterial and actinomycetal flora than Zagora soils and the Bayoud conductive substratum. The average density of the *Fusarium* population is 4 times less important in Marrakech soil (672 propagules per g of dry soil) than Zagora soil (2694 propagules per g of dry soil). In the mixture : soil to be tested and the medium to be colonized (4v/3v), the average index of saprophytic colonization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* reaches 100 % in Zagora soil, 68.7 % in the substratum and only 10 % in Marrakech soil. The germination percentage of the parasite macroconidia and chlamydospores put into contact with soils that are not treated with heat are more important in Zagora soils (91.2 % and 40 %) and the substratum (48 % and 24 %) than in Marrakech soil (21.4 % and 0 %). These germination percentages increase considerably and become non differential when the soils are treated with heat. However, the infestation of the soils that are previously autoclaved with antagonistic bacteria decreases clearly the germination percentages of the parasite spores to less than 12 %. These observations suggest that Marrakesh palm grove soil are less favourable to *F.o. f.sp. albedinis* development.

KEY WORDS : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, *Phoenix dactylifera* L., suppressive soils, antagonism, *Pseudomonas* fluorescent, saprophytic colonization.

INTRODUCTION

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) constitue l'élément fondamental de l'écosystème oasien . Il est exposé à l'attaque d'une grave maladie "Bayoud" qui a détruit plus de 10 millions de palmiers au Maroc (Pereau-Leroy, 1958) et plus de trois millions d'arbres en Algérie (Djerbi, 1982) . Cette maladie vasculaire causée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* constitue une menace pour les palmeraies de la Tunisie et les autres pays producteurs de dattes.

Les stratégies de lutte poursuivies consistent en l'utilisation des cultivars et clones résistants au Bayoud . (Louvét et Toutain, 1973 ; Saaidi *et al.*, 1981, Sedra, 1990a) .

La présence de certaines palmeraies encore indemnes au Bayoud, notamment celle de Marrakech a permis l'ouverture d'une voie de recherche sur les sols naturellement résistants à la maladie (Sedra et Rouxel, 1989 ; Sedra, 1990b) . Cette résistance peut être due à la texture argileuse du sol et/ou à la présence de microorganismes antagonistes au parasite (Sedra et Maslouhy, 1992a,b) . Ces derniers auteurs ont isolé à partir des sols de la palmeraie de Marrakech des bactéries antagonistes appartenant au groupe de *Pseudomonas* fluorescents qui exercent *in vitro* une action inhibitrice sur *F.o.f.sp. albedinis* pendant les différentes phases de son développement . Plusieurs auteurs ont montré que les bactéries jouent un rôle primordial dans la résistance des sols aux fusarioses vasculaires (Arjunario, 1971 ; Tu *et al.*, 1975 ; Scher et Baker, 1982 ; Lemanceau *et al.*, 1988 ; Park *et al.*, 1988) .

D'autres chercheurs ont démontré que la population de *Fusarium* saprophyte sont des responsables majeurs de cette résistance des sols (Rouxel *et al.*, 1979 ; Alabouvette *et al.*, 1983 ; Tramier *et al.*, 1983 ; Schneider, 1984 ; Amir et Amir, 1988) .

Dans cet article , notre étude consistait dans un premier temps à estimer la densité des populations de ces différents groupes de microorganismes dans le sol de Marrakech et de Zagora ainsi que dans un substrat préparé au laboratoire et à évaluer la colonisation saprophytique du *F.o. f.sp. albedinis* dans ces sols . Dans un deuxième temps, nous avons évalué l'action de certains microorganismes antagonistes isolés des sols de Marrakech sur le comportement des spores du parasite placées au contact des sols étudiés .

MATERIEL ET METHODES

Estimation de la densité de la microflore des sols

Le dénombrement microbiologique est effectué sur le sol de Marrakech (M2-A), un sol de Zagora (D19-E) et un substrat E préparé au laboratoire (tableau I) . Le substrat et le sol de Zagora sont réceptifs aux fusarioses vasculaires tandis que le sol de Marrakech est peu réceptif à résistant (Sedra et Rouxel, 1989) .

Tableau I : Quelques caractéristiques des sols étudiés .

Sol	Code	texture ¹	PH	C/N	précédent ² cultural ²	réceptivité aux fusarioses vasculaires
Marrakech	M2-A	argilense	8,3	9,2	orge	résistant
Zagora	D19-E	équilibrée	8,6	7,1	orge	réceptif
Substrat E ³	SUBS	-	7,1	-	-	très réceptif

1 : texture déterminée selon le diagramme textural établi par U.S.D.A (Anonyme, (1951)) .

2 : précédent cultural de la culture associée au palmier dattier .

3 : substrat préparé au laboratoire = mélange de sable et de tourbe (1v/2v) .

D'autres caractéristiques de ces sols sont présentées dans le tableau I . Trois échantillons de 2 Kg par sol (6 kg de terre) ont été prélevés à une profondeur située entre 20 et 60 cm et distants de 2 m du pied d'un palmier . Un kg de terre mélangée de chaque sol a été pris au hasard et subit une série d'opérations successives de conditionnement selon la technique proposée par Rouxel et Bouhot (1971) . Les particules de terre ont finalement un diamètre inférieur ou égal à 100 μm . Un gramme de terre conditionnée et homogénéisée est mis en suspension dans 100 ml d'eau distillée stérile . Les dilutions 10^{-2} , 10^{-4} et 10^{-6} sont utilisées pour dénombrer respectivement les populations du *Fusarium*, des champignons et des bactéries-actinomycètes . Les milieux respectifs utilisés pour isoler ces microorganismes sont le milieu de Komada (1975), le PDA¹ acidifié à base d'extrait de pomme de terre et de glucose et le PYA² à base d'extrait de levure et de peptone . Neuf boîtes par dilution et par milieu ont été utilisées . Chaque boîte estensemencée par 0,5 ml de la suspension de terre et 14 ml du milieu sélectif . Le dénombrement des colonies est réalisé après sept jours d'incubation pour les *Fusarium* spp., quatre jours pour les champignons divers et deux à trois jours pour les bactéries-actinomycètes .

Evaluation de l'indice de colonisation saprophytique de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

L'isolat Foa 133 du parasite utilisé a été choisi pour son grand niveau d'agressivité sur les plantules du palmier dattier (Sedra, 1992) . L'étude de

1 : PDA : milieu de culture préparé au laboratoire à base d'extrait de pomme de terre (250 g/l) et d'agar (20 g/l) (pH = 4)

2 : PYA : milieu de culture préparé au laboratoire à base de peptone (6 g/l), d'extrait de levure 3 g/l et d'agar (20 g/l) .

L'aptitude du parasite à la colonisation saprophytique est réalisée dans les sols de palmeraie et le substrat précités . La méthode d'étude est inspirée de celle de Rao (1959) et appliquée par Rouxel (1978) pour étudier la colonisation saprophytique du *F.o. f.sp. melonis* . Le principe de la méthode consiste à évaluer l'aptitude du parasite parmi d'autres microorganismes du sol à coloniser un milieu donné. Ce milieu composé du sable et la farine du maïs renfermant les chlamydospores du *F.o. f.sp. albedinis* est mélangé au sol à tester dans les proportions 0,1/4, 1/2, 3/4 ou 1, puis incorporé dans une eau gélosée . Des pastilles de 6 mm de diamètre prélevées de cette eau gélosée sont placées dans des boîtes de Petri contenant chacune 14 à 15 ml du milieu Czapeck stérile . Les boîtes sont incubées à 25° C, d'abord 24 h à l'obscurité puis exposées à la lumière fluorescente artificielle continue pendant six à sept jours . La surface de la culture colonisée par *F.o. f.sp. albedinis* ou autre champignon est évaluée et exprimée en pourcentage correspondant à l'indice de colonisation saprophytique (ICS) .

Etude de la germination de différentes spores du *F.o. f.sp. albedinis* placées au contact des sols infestés ou non avec les antagonistes .

Les sols M2-A de Marrakech, D19-E de Zagora et le substrat E (subs), ont fait l'objet de cette étude . Les microorganismes antagonistes utilisés ont été isolés des sols de Marrakech et étudiés par Sedra et Maslouhy (1992a) . Il s'agissait des bactéries M-B1, M-B2 et M-B3 appartenant au *Pseudomonas* fluorescents et un actionomucète M-A1 . L'inoculum de ces microorganismes est produit sur milieu gélosé PYA . Les cultures développées de chaque microorganisme sont récupérées et mises en suspension séparément dans un litre d'eau distillée stérile . Environ 3 kg de chaque sol préparé et conditionné sont autoclavés deux fois à 110°C à intervalle de 2 heures . Chaque lot de sol est réparti en petits échantillons de 500 g puis infestés séparément avec différents antagonistes (3 x 10⁶ progauls par g du sol), le témoin est traité avec l'eau distillée stérile .

Sur le milieu PDA, le *F.o. f.sp. albedinis* produit essentiellement des microconidies . Afin d'obtenir des macroconidies suffisantes, nous avons essayé de récupérer les macroconidies au premier isolement du parasite à partir des palmes atteintes de Bayoud . Les jeunes cultures développées à la surface des fragments du rachis sont exposées à la lumière fluorescente une semaine pour favoriser la production des macroconides . Celles-ci sont récupérées puis mises en suspension dans l'eau distillée stérile . Cette suspension est conservée au réfrigérateur (4°C). Une partie de la suspension est utilisée pour produire des chlamydospores selon la technique préconisée par Messiaen et Cassini (1968).

L'étude de la germination des macroconidies et des chlamydospores du *F.o. f.sp. albedinis* placées au contact des sols est réalisée selon la technique décrite par Adams (1967) et appliquée par Rouxel (1978) pour étudier la germination du *F.o. f.sp. melonis* . Le principe de la méthode consiste à étaler une suspension de spores sur une membrane millipore (O = 0,4µm) sous vide . Chaque membrane est enterrée dans des flacons contenant le sol normal ou infesté avec chaque antagoniste . Le sol est humidifié à la saturation . Après 24 h

d'incubation des flacons (25° C), des membranes sont retirées, rincées et colorées . Les préparations sont éclaircies puis montées entre lame et lamelle sous microscope . Le taux germination exprimé en pourcentage moyen est estimé par rapport au nombre total de propagules observées (400 à 500 propagules) . La longueur des tubes germinatifs des spores a été aussi mesurée . Dans un essai préliminaire, l'étude de la cinétique de la germination des macroconidies du parasite a été réalisée seulement dans les sols de Marrakech et de Zagora (24h, 48h et 72h d'incubation) .

RESULTATS

Composition et importance des microorganismes présents dans les sols des palmeraies étudiées .

Le tableau II montre que la densité des populations du *Fusarium* dans le sol de Zagora (2694 propagules par g du sol (ppgs) est nettement plus élevée que celles du sol de Marrakech (674 ppgs) et du substrat (846 ppgs) . En effet, la densité moyenne de la flore fusarienne est 4 fois moins importante dans le sol de Marrakech que dans le sol de Zagora . L'espèce *Fusarium solani* est la plus représentée dans tous les sols . Le sol de Marrakech résistant aux fusarioses vasculaires est plus riche en flores totales fongiques, bactérienne et actionmycétale que le sol de Zagora et le substrat réceptifs à ces maladies .

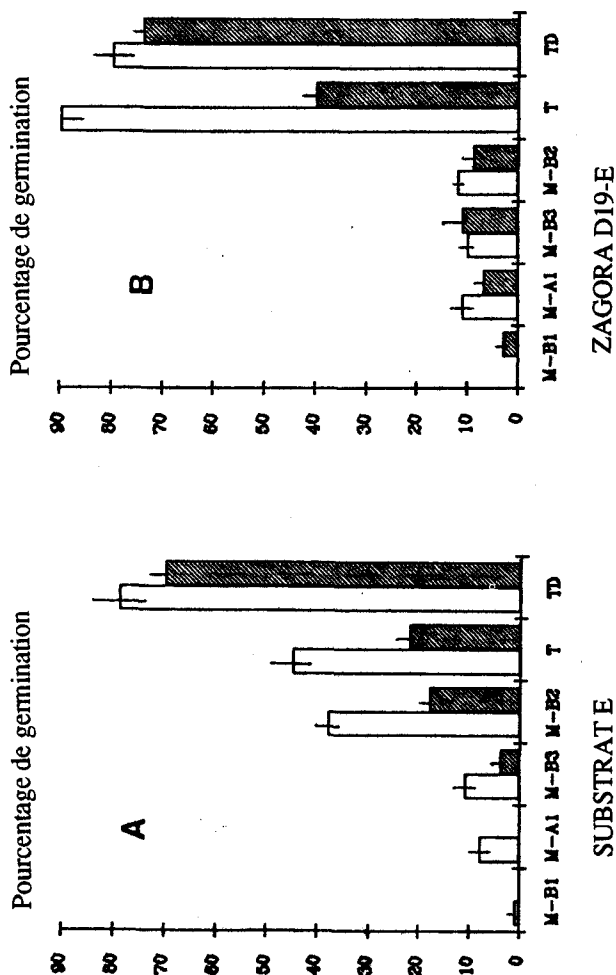
Colonisation saprophytique du parasite et d'autres espèces fongiques

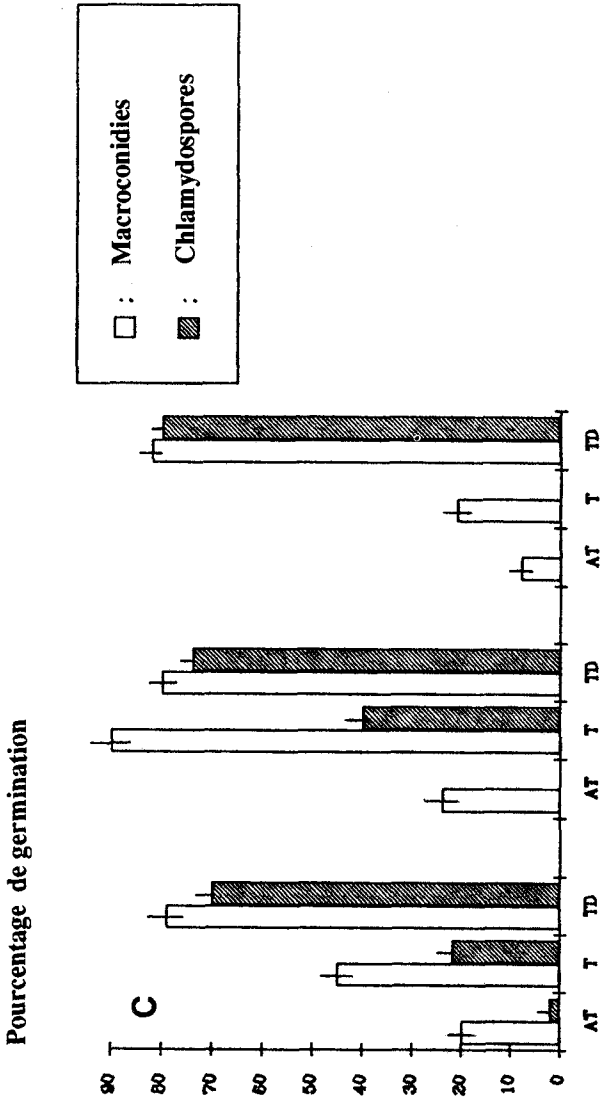
Les résultats présentés dans le tableau III montrent que l'indice de colonisation saprophytique (ICS) du *F.o. f.sp. albedinis* défini précédemment augmente généralement quand la proportion de l'inoculum dans le mélange (sol + inoculum) augmente . Il demeure cependant très faible dans le cas du sol de Marrakech même si cette proportion atteignait 3/4 . En effet, dans ce cas, l'ICS du parasite atteint 100% dans le sol de Zagora, 68,7 % dans le substrat E et seulement 10 % dans le sol de Marrakech . Quant aux autres espèces fongiques colonisatrices, il paraît que l'espèce *Aspergillus niger* présente l'ICS le plus élevé dans tous les sols étudiés . *Trichoderma spp.* ne montre son pouvoir colonisateur que dans le sol de Marrakech avec un ICS variant de 18,1% à 20% quelle que soit la proportion de l'inoculum dans le mélange .

Effet du sol et des antagonistes sur la germination des macroconidies et des chlamydo-spores du *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*

La figure 1 montre que les pourcentages moyens de spores (macroconidies et chlamydo-spores) germées dans le sol de Zagora (91,2 % et 40 %) et le substrat E (48 % et 24 %) sont plus importants que dans le sol de Marrakech (21,4 % et 0%). Lorsque ces sols sont traités à la chaleur, aucune différence nette n'a été observée entre les pourcentages de germination des spores . Ces pourcentages varient en fonction des sols de 76 % à 95 % pour les macroconidies et de 70 % à 85% pour les chlamydo-spores . Les tubes germinatifs des macroconidies sont généralement plus longs dans le sol de Zagora que dans le sol de Marrakech .

Fig. 1 : Pourcentage de germination des chlamydozores et des macroconidies de *F. o. f. sp. albedinis* après 24 h d'incubation dans sols autoclavés et infestés par les antagonistes isolés du sol de Marrakech . Bactéries (M-B1, M-B2, M-B3), Actinomycète (M-A1), TD : sol désinfecté, T : sol naturel, AT : mélange des antagonistes . Moyenne et écart-type calculés sur 4 répétitions de 100 spores .





SUBSTRATE ZAGORA D19-E MARRAKECH M2-A

En effet, ils atteignent 90 μm , soit 4,5 fois la longueur moyenne d'une macroconidie dans 40% des spores germées dans le sol de Zagora, tandis que dans le sol de Marrakech, ces tubes germinatifs ne dépassent pas 30 μm pour 90 % des spores germées (Tableau IV). La figure 2 montre que le pourcentage de germination des spores du parasite diminue en fonction du temps aussi bien dans le sol de Zagora (37,4 % en 24 h à 15,6 % en 72 h) que dans le sol de Marrakech (6 % en 24 h à 3,1 % en 72 h).

Tableau II : Densité et composition de la microflore des sols étudiés des palmeraies .

Microorganismes	sol		
	Marrakech M2 - A	Zagora D19 -E	Substrat E SUBS.
<i>F. oxysporum</i>	22 b	216 a	160 a
<i>F. solani</i>	482 b	1530 a	356 b
<i>F. moniliforme</i>	8 c	516 a	189 b
<i>F. roseum</i>	160 b	432 a	141 b
Total <i>Fusarium</i> spp.	672 b	2694 a	846 b
Flore fongique total (en milliers)	21 a	1 b	2 b
Bactéries et actinomycètes (en milliers)	3000 a	1700 b	702 c
microflore totale (en milliers)	3021 a	1701 b	700 c

1 : Principales espèces dominantes du *Fusarium*. La densité moyenne des populations microbiennes est exprimée en nombre de propagules par g de sol sec.

Les chiffres suivis de la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différents pour $p = 0,05$ (test de Newman et Keuls).

Tableau III : Indice de colonisation saprophytique du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et d'autres espèces fongiques dans différents sols .

Proportion d'inoculum (2)	Sol	Principales espèces fongiques colonisatrices						
		F.o.f.sp albedinis	Aspergillus niger	Aspergillus achraeus	Penicillium spp	Rhizopus spp	Trichoderma spp	
0	M2-A	0 (1)	72,5	7,5	0	0	20	
	D19-E	0	56,2	0	43,7	0	0	
	SUBS	0	100	0	0	0	0	
1/4	M2-A	1,2	57,5	21,2	0	0	20	
	D19-E	50	50	0	0	0	0	
	SUBS	c	100	0	0	0	0	
1/2	M2-A	17,5	31,2	11,2	0	21,2	18,7	
	D19-E	87,5	6,2	6,2	0	0	0	
	SUBS	37,5	43,7	18,7	0	0	0	
3/4	M2-A	10	56,2	13,7	0	0	20	
	D19-E	100	0	0	0	0	0	
	SUBS	68,7	12,5	0	18,7	0	0	
1	M2-A	100	0	0	0	0	0	
	D19-E	100	0	0	0	0	0	
	SUBS	100	0	0	0	0	0	

(1) : Indice moyen de colonisation saprophytique des espèces fongiques dans les sols de Marrakech résistants (M2-A) de Zagora (D19-E) et le substrat E (SUBS.) réceptifs aux fusarioses vasculaires (indice exprimé en pourcentage) .

(2) : Proportion de l'inoculum (farine du maïs + sable infesté avec *F. o. f. sp. albedinis*) dans le mélange : (inoculum et sol à tester).

Tableau IV : Développement des tubes germinatifs des macroconidies du *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* placées au contact des sols étudiés .

Longueur (µm) des tubes germinatifs des macroconidies ¹	pourcentage moyen des spores germées dans les sols ²		
	Zagora D19-E	Substrat E SUBS	Marrakech M2-A
10 - 15 (0,5 - 0,75) ³	0	0	60
50 - 60 (2,5 - 3)	60	73	10
80 - 90 (4 - 4,5)	40	27	0

1 : Longueur (µm) des tubes germinatifs des macroconidies mesurée après 24 h d'incubation à 25 °C .

2 : Pourcentage moyen calculé à partir de 4 répétitions de 100 à 150 spores germées, placées au contact des sols de Marrakech M2 A, Zagora D19-E et du substrat E .

3 : Rapports de la longueur des tubes germinatifs des macroconidies sur la longueur de celles-ci présentés entre parenthèses .

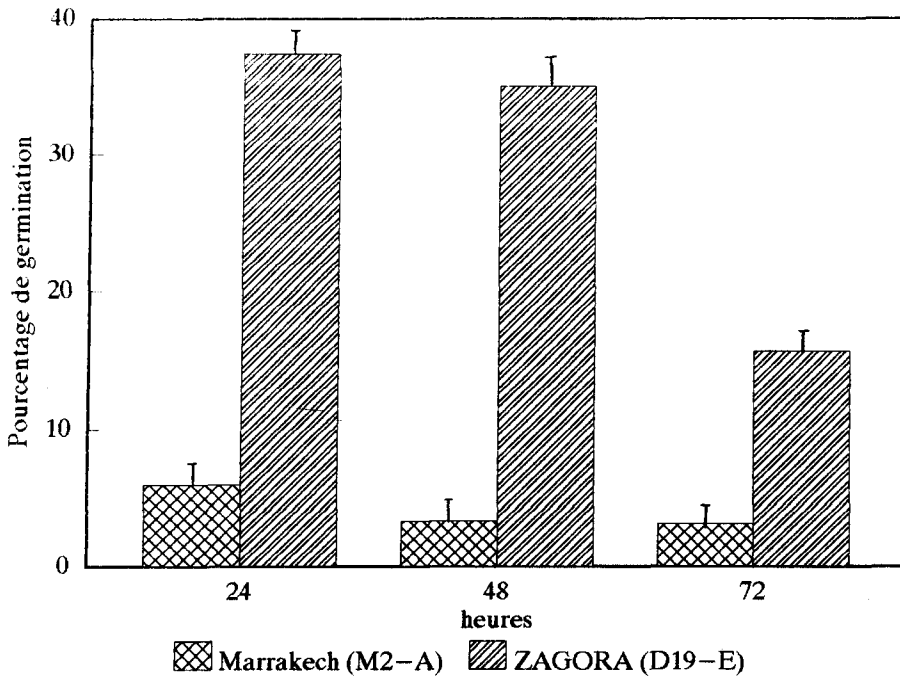
Dans les sols autoclavés puis infestés avec les microorganismes antagonistes au *F.o. f.sp. albedinis*, le pourcentage moyen de germination des spores du parasite diminue par rapport au témoin (Figure 1A,B,C) . La plus forte action inhibitrice de la germination des spores du parasite est exercée par la bactérie M-B1 dans le sol de Zagora et le substrat .

Le pourcentage moyen de germination des spores est inférieur à 12% en présence individuelle des microorganismes exceptée la bactérie M-B2 qui montre une action relativement faible dans le substrat . La présence de tous les antagonistes ensemble dans les sols diminue nettement le pourcentage de germination des spores du parasite .

DISCUSSION

Les résultats exposés dans cet article ont permis de comparer les aptitudes de différents sols à favoriser ou inhiber la germination et le développement saprophytique du *F.o. f.sp. albedinis* . La densité et la composition des microorganismes présents dans ces sols ont été aussi comparées . Il paraît que le sol de Marrakech est le moins favorable à la germination des macroconidies et les chlamydospores du parasite et le plus riche en bactéries et actinomycètes .

Fig 2 : Effet du temps d'incubation sur la germination des macroconidies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* placées au contact des sols de Zagora (D19-E) et de Marrakech (M2-A) . Chaque point correspond à la moyenne (et écart-type) des pourcentages de conidies germées calculés sur 500 à 600 conidies observées soit 4 répétitions de 100 à 150 conidies chacune .



Sedra et Besri (1990) ont montré que les sols de Marrakech sont défavorables à la germination d'autres formes spéciales de *F. oxysporum* . Ces observations confirment encore les résultats que nous avons obtenus (Sedra et Rouxel, 1989) et laissent à penser qu'il existe dans ce sol des phénomènes intenses de fongistase ou d'antibiose qui agissent sur les activités du parasite . Plusieurs auteurs ont rapporté que ces phénomènes en plus de la compétition peuvent être à l'origine de la résistance des sols aux maladies (Lin et Cook, 1979 ; Alabouvette *et al.*, 1983 ; Sabou *et al.*, 1983 ; Elad et Baker, 1985) . Rouxel *et al.* (1979) ont montré que la flore fusarienne saprophyte joue un rôle prépondérant dans la résistance des sols de châteaurenard, le rôle des bactéries thermo-résistants n'étant pas négligeable . Lemanceau *et al.* (1988) ont élucidé la véritable synergie entre ces bactéries et les *Fusarium oxysporum* et *F. solani* saprophytes qui exercent un antagonisme puissant contre les *Fusarium oxysporum* pathogènes . Pour Rosenwig et Stotzky (1979), l'antagonisme exercé

par quelques bactéries du sol sur des champignons semble dû principalement à une compétition pour la source de carbone . Park *et al.* (1988) ont montré que la compétition entre les bactéries (groupe *Pseudomonas* et les *F. oxysporum* pathogènes s'exerce pour le fer disponible . Dans le cas des sols de Marrakech, l'abondance exceptionnelle des bactéries nous a conduit à leur attribuer un rôle prépondérant dans les phénomènes d'antagonisme . En 1989, Sedra et Maslouhy (1992a) ont détecté dans ces sols des bactéries (M-B1, M-B2, M-B3, M-B4 et M-B5) antagonistes au *F.o.f.sp. albedinis* . Ces bactéries appartenant aux groupes des *Pseudomonas* fluorescents exercent *in vitro* une action inhibitrice remarquable . L'infestation artificielle avec les bactéries M-B1, M-B2, M-B3 et l'actinomycète M-A1 des sols de Zagora et du substrat préalablement stérilisé par la chaleur, fait diminuer fortement le pourcentage de germination des spores du *F.o. f.sp. albedinis* et surtout avec la bactérie M-B1 . Certaines actions inhibitrices des bactéries exercées sur les chlamydospores du *F.o. f.sp. cucumerium* ont été élucidées par Sneh *et al.* (1984) . L'inhibition de la germination des chlamydospores du *F. oxysporum* a été aussi observée dans les sols résistants de Salinas (Smith, 1977) et de châteaurenard (Alabouvette *et al.*, 1980) .

L'évaluation de l'indice de colonisation saprophytique (ICS) du *F.o. f.sp. albedinis* montre que l'ICS du parasite est plus faible dans les sols de Marrakech résistants que dans les sols de Zagora et le substrat réceptifs aux fusarioses vasculaires . En France, Rouxel (1978) a constaté que le développement du *F.o. f.sp. melonis* se ralentit en sol résistant qu'en sol sensible . Ces résultats laissent à penser que dans les sols de Marrakech, il existe des microorganismes beaucoup plus aptes à la colonisation saprophytique que ceux qui habitent le sol de Zagora et le substrat . Ce substrat s'est avéré le meilleur sur 13 substrats comparés pour leur aptitude à maintenir la densité du *F.o. f.sp. albedinis* (Sedra, 1993) . Nous avons constaté que *Trichoderma spp.*, parmi les autres espèces fongiques, présente un indice de colonisation saprophytique assez important dans le sol de Marrakech seulement . Le rôle de certaines espèces du *Trichoderma* dans le contrôle des maladies d'origine tellurique est très connu depuis longtemps (Chet *et al.*, 1979 ; Hadar *et al.*, 1984) .

Les résultats présentés dans ce travail à savoir l'abondance exceptionnelle des bactéries dans le sol de Marrakech, la forte fongistase ou antibiose qui s'exercent dans ce sol et probablement la puissante compétition observée entre les microorganismes en dépit du parasite, permettraient de contribuer à l'élucidation de certains aspects de mécanismes de résistance de ce sol aux fusarioses vasculaires y compris le Bayoud . Il est par ailleurs nécessaire de se pencher sur l'étude des interactions microorganismes parasite et plante-hôtes afin d'élucider les causes physico-chimiques ou microbiologiques qui conditionnent le maintien de l'équilibre microbien responsable des mécanismes de résistance aux fusarioses vasculaires des sols de la palmeraie de Marrakech .

REMERCIEMENTS

Nous remercions le professeur M. Besri (IAV-Hassan II Rabat-Maroc) et Dr. F. Rouxel (INRA-Le Rheu - France) pour leurs remarques précieuses et suggestions enrichissantes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAMS, P. B. 1967. A buried membrane filter method for studying Behavior of soil fungi. *Phytopathology*, 57 : 602-603.

ALABOUVETTE, C., COUTEAUDIER Y. et J. LOUVET. 1983. Importance des phénomènes de compétition nutritive dans l'antagonisme entre microorganismes, p. 7-16. In Les antagonismes microbiens, Modes d'action et applications à la lutte biologique contre les maladies des plantes, Proceeding 24ème Coll.Soc. fr. phytopathol., Bordeaux, France 26-28 Mai 1983. Bordeaux, France.

ALABOUVETTE, C., ROUXEL F. et J. LOUVET. 1980. Recherche sur la résistance des sols aux maladies. VII. Etude comparative de la germination des chlamydo-spores de *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* au contact de sols résistants et sensibles aux fusarioses vasculaires. *Ann. Phytopathol.*, 12 : 21-30.

ANONYME, 1951. Soil Survey Manual, U.S. Department of Agriculture Hand Book, n° 18, Washington.

AMIR, H. et A. AMIR. 1988 . Le palmier dattier et la fusariose XIV . Antagonisme dans le sol de souches de *Fusarium solani* vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Rev. Ecol. Biol. sol.*, 25 : 161-174.

ARJUNARAO, V. 1971. Biological control of cotton wilt III. In vivo effect of antagoniste of the pathogen *Fusarium vasinfectum*. *Proc. Indian. Acad. Sci. Sect. B.*,74: 53-62.

CHET, I., HADAR T., ELAD Y., KATAN J. et Y. HENIS. 1979. Biological control of soil-borne plant pathogens by *Trichoderma harzianum*. p.585-591. In Schippers B. and Gams. (ed). *Soil-Borne plant Pathogens*, Academic Press. New York.

DJERBI, M. 1982. Le Bayoud en Algérie, problèmes et solutions. FAO Regional projet for palm and dates research centre in the Near East.

ELAD, Y. ET R. BAKER. 1985. The role of competition for iron and carbon in suppression of chlamydo-spore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, 75: 1053-1059.

HADAR, Y., HARMAN G. E. et A.G. TAYLOR. 1984. Evaluation of *Trichoderma koningii* and *Trichoderma harzianum* from New York soils for biological control of seed rot caused by *Pythium* spp. *Phytopathology*, 74 : 106-110.

KOMADA, H. 1975. Development of a selective Medium for quantitative Isolation for *Fusarium oxysporum* from Natural soil. *Rev. of plant protect. Res.*, 8: 114-125.

- LEMANCEAU, P., ALABOUVETTE C. et Y. COUTEAUDIER. 1988. Recherche sur la résistance des sols aux maladies. XIV. Modification du niveau de réceptivité d'un sol résistant et d'un sol sensible aux fusarioses vasculaires en réponse à des apports de fer ou de glucose. *Agronomie*, 8 : 155-162.
- LIN, Y.S. et R. J. COOK. 1979. Suppression of *Fusarium roseum* "Avenaceum" by soil microorganisms. *Phytopathology*, 69 : 384-388.
- LOUVET, J. et G. TOUTAIN. 1973. Recherches sur les fusarioses vasculaires.VII. Nouvelles observations sur la fusariose du Palmier dattier et précisions concernant la lutte. *Ann. Phytopathol.* 5 :35-52.
- MESSIAEN, G.M. ET R. CASSINI. 1968. Recherches sur les fusarioses IV. La systématique des *Fusarium*. *Ann. Epiphyties* 18 : 241-247.
- PARK, C., PAULITZ J. et R. BAKER. 1988. Biocontrol fo *Fusarium* wilt of cucumber resulting from intetactions between *Pseudomonas putida* et not pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 78 : 190-194.
- PEREAU-LEROY, P. 1958. Le palmier dattier. Inst. Francais de recherches fruitières. Outre-mer (I.F.A.C), 142 pp.
- RAO, A.S., 1959. A comparative study of competitive saprophytic ability in twelve root-infecting fungi by an agar plate method. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 42 : 97-111.
- ROSENWEIG, W.D. et G. STOPTZKY. 1979. Influence of environmental factors on antagonism of fungi by bacteria in soil : clay minerals and pH. *Appl. environm. Microbiol.*, 38 : 1120-1126.
- ROUXEL, F. 1978. Etude de la résistance microbiologique des sols aux fusarioses vasculaires. Application aux sols de la basse vallée de la Durance. Thèse d'Etat. Université Dijon. France.
- ROUXEL, F. et D. BOUHOT. 1971. Recherche sur l'écologie des champignons parasites dans le sol.IV. Nouvelles mises au point concernant l'analyse sélective et quantitative des *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* dans le sol. *Ann. Phytopathol.*, 3 : 171-188.
- ROUXEL, F. ALABOUVETTE C.et J. LOUVET. 1979. Recherches sur l-a résistance des sols aux maladies.IV : Mise en évidence du rôle des *Fusarium* autochtones dans la résistance d'un sol à la fusariose vasculaire du melon. *Ann. Phytopathol.*, 70 : 412-417.
- SAAIDI, M., TOUTAIN G., BANNEROT H. et J. LOUVET. 1981. La sélection du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) pour la résistance au Bayoud. *fruits*. Vol. 36 : 241 - 249.
- SABAOU, N., BOUNAGA N. et D. BOUNAGUA. 1983. Actions antibiotiques mycolytique et parasitaires de deux actinomycètes envers *Fusarium oxysporum*

f.sp. albedinis et autres formes spéciales. Can.J. Microbiol., 29 : 194-199.

SCHER, M. F. et R. BAKER. 1982. Effects of *Pseudomonas putida* and synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens. Phytopathology, 72 : 1567 - 1573.

SCHNEIDER, R. W. 1984. Effects of nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum* on celery root infection by *F. oxysporum f.sp. apii* and a novel use of the linweaver-burk double reciprocal plot technique. Phytopathology, 74 : 645-653.

SEDRA, MY.H. 1990a. Preliminary results on the evaluation of the resistance to the Bayoud on the clone (khalts); cultivars and some hybrids of the date palm trees selected on the fruit quality criterium. p 525. In the Proceeding of the 8th Congress of Mediterr. Phytopathol. Union, Agadir. Morocco 27/10-3/11- 1990.

SEDRA, MY H. 1990b. Study of some moroccan plam grove soils receptivity to *Fusarium* wilts : interest of some study factors. p 527. In the Proceeding of the 8th Congress of Mediterr. Phytopathol. Union, Agadir. Morocco 27/10-3/11-1990.

SEDRA, MY. H. 1993. Preliminary results on the evaluation of the vitroplants to Bayoud disease of some morrocan clones and cultivars of the date palm. In the third Symposium on date Palm. Saudi Arabia . 17-20/1/1993.

SEDRA, MY.H. 1992. Remarques sur la variabilité dans le pouvoir pathogène du *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis*, agent du Bayoud du palmier dattier (sous presse à Al Awamia n° 84).

SEDRA, MY.H. et M. BESRI. 1989. Possibilités de lutte biologique contre la fusariose vasculaire (Bayoud) du palmier. In Revue Mediter., Séminaire sur l'agriculture oasisienne. Touzeur/Nefta, Tunisie. 19-21 Novembre 1988, Tunisie.

SEDRA, MY.H. et M. BESRI. 1990. Behaviour,of some pathogen *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* and stody of the dynamic and the saprophytic colonization on the *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* in different soils of moroccan palm grave.p. 528. In the Proceeding of the 8th Congress of Mediterr. Phytopathol. Union, Agadir. Morocco 27/10-3/11- 1990.

SEDRA, MY.H.et MASLOUHY MY.A. 1992a. La fusariose vasculaire du palmier dattier. Activité antagoniste *in vitro* des bactéries *Pseudomonas* fluorescents et d'autres microorganismes envers *Fusarium oxysporum f.sp. albedinsis*. (soumis à Al Awamia).

SEDRA, MY.H. et MASLOUHY MY.A. 1992b. La fusariose vasculaire du palmier dattier. Action inhibitrice des filtrarts de culture de quelques microorganismes antagonistes isolés des sols de la palmeraie de Marrakech sur le développement *in vitro* du *Fusarium oxysporum f.sp. albedinsis*. (soumis à Al Awamia).

SEDRA, MY.H. et F. ROUXEL. 1989. Résistance des sols aux maladies. Mise en évidence de la résistance d'un sol de la palmeraie de Marrakech aux fusarioses vasculaires. *Al Awamia*, 66 : 35-54.

SNEH, B., DUPLER M., ELAD Y. et R. BAKER. 1984. Chlamyospore of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* as affected by fluorescent and lytic bacteria from a *Fusarium* suppressive soil. *Phytopathology*, 74: 1115-1124.

SMITH, S.N. 1977. Comparaison of germination of pathogenic *Fusarium oxysporum* chlamydozoospores in host rhizosphere soils conductive and suppressive to wilts. *Phytopathology*, 67 : 502-510.

TRAMIER, R. MIONNAT J. C. et N. TEBIBEL. 1983. Role of the fungi in the induction of suppressiveness into substrates of *Fusarium* wilt of carnation. *Acta Horti*, 141 : 55-59.

TU, C.C., CHEN Y.H. et M. CHEN. 1975. Flax *Fusarium* wilt- suppressive soil in Taiwan. *Plant Protection Bull. Taiwan*, 17 : 390-399