

**LA FUSARIOSE VASCULAIRE (BAYOUD)
DU PALMIER DATTIER :
I : ISOLEMENT DES MICROORGANISMES
ANTAGONISTES ENVERS
Fusarium oxysporum f.sp. *albedinis*
A PARTIR DES SOLS RESISTANTS
DE LA PALMERAIE DE MARRAKECH**

SEDRA My H.* et MASLOUHY My A.*

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى البحث بتربة واحات النخيل عن جراثيم مضادة للفطر المسبب لمرض البيوض والى تقويم نشاطها على هذا الجرثوم في الوسط الاصطناعي. اسفرت نتائج تضاد الفطر الطفيلي مع الجراثيم المعزولة من تربة واحات مراکش ودرعة عن انتقاء 6 جراثيم مضادة للفطر من بين 420 جرثومة مختبرة. هذه الجراثيم المضادة عزلت كلها من تربة واحة النخيل بمراكش المقاومة للبيوض. وتتكون من 4 باكتيريا، فطر واحد واكتنوميست واحد لم يتمكن تحديد نوعه. ان مواجهة الفطر الطفيلي مع الجراثيم المضادة داخل الوسط الاصطناعي اسفرت عن كبح ومنع نمو الفطر الطفيلي (من 24 % الى 47 %) كما ان اثمار بويقات هذا الفطر على جانب منطقة الكبح قد انخفض انخفاضاً ملحوظاً (من 70 % الى 99 %). كل هذه الملاحظات جعلتنا نفكر ان هذه الجراثيم تفرز مواد كيميائية مضادة لنمو الفطر الطفيلي

* Laboratoire de Pathologie Végétale - Mycologie, Centre Régional du Haouz-Pré-Sahara. INRA-BP. 533 -Marrakech-MAROC

RESUME

Cette étude consiste à rechercher dans les sols de palmeraies des microorganismes antagonistes au *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et à apprécier leur activité *in vitro* sur ce parasite. Les tests d'antibiose effectués entre le parasite et les microorganismes isolés des sols de palmeraies de Marrakech et du Drâa, ont permis de sélectionner parmi 420 microorganismes 6 antagonistes exerçant une activité inhibitrice vis-à-vis du parasite. Ces antagonistes isolés à partir des sols de Marrakech résistants au Bayoud, sont composés de 4 bactéries *Pseudomonas* fluorescents (M-B1, M-B2, M-B3, M-B4), d'un champignon *Stachybotrys* sp. (M-C1) et d'un actinomycète (M-A1) non identifié. La confrontation *in vitro* des colonies des antagonistes avec celles du parasite se traduit par une inhibition (de 24% à 47% selon les antagonistes) de la croissance du parasite. La sporulation des colonies de ce dernier en bordure de la zone d'inhibition est fortement réduite (70% à 99%). Ces observations laissent penser à l'existence d'une action inhibitrice mettant en jeu des substances de nature chimique.

ABSTRACT

This study is meant to search in the palm grove soils for microorganisms antagonist to *Fusarium oxysporum* F.sp. *albedinis* and also to evaluate their *in vitro* activity against this pathogen. The antibiosis tests realised between the pathogen and the microorganisms isolated from conducive soils of Draa and suppressive ones of Marrakech allowed the selection of 6 antagonists from 420 microorganisms. All these antagonists were isolated from Marrakech soils and are 4 isolates of fluorescent *Pseudomonas* (M-B1, M-B2, M-B3, M-B4), one fungus *Stachybotrys* sp. (M-C1) and one unidentified actinomycete (M-A1). The confrontation *in vitro* between the antagonist and the pathogen leads to the inhibition of the growth of the parasite (from 24% to 47% according to the antagonists). The sporulation of the pathogen on the border colonies on inhibition area is highly reduced (70% to 99%). These observations believe to fact that there is an inhibitory activity in which some chemical substances could be involved.

KEY WORDS : *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, microbial antagonism, *Pseudomonas* fluorescentes, *Stachybotrys* sp., actinomycet, soil suppressiveness to the diseases.

INTRODUCTION

Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (F.o.a) est la maladie la plus grave de cette culture en Afrique du Nord. Au Maroc et en Algérie, des dégâts considérables dus à cette maladie ont été enregistrés (Pereau-Leroy, 1958. Djerbi, 1982). On sait que toutes les palmeraies marocaines ne sont pas touchées de manière identique par le Bayoud. L'absence de la maladie dans certaines d'entre elles (Marrakech par exemple) semble liée au phénomène de résistance du sol (Sedra, 1985; 1993; Sedra et Rouxel, 1989). Ceci nous a conduit à nous interroger sur les facteurs du sol qui limitent l'importance de ce phénomène dans les palmeraies. L'absence du Bayoud dans cette palmeraie peut être due aux phénomènes de résistance de certains sols aux fusarioses vasculaires décrites dans plusieurs pays (Stotzky et Martin, 1963; Smith et Snyder, 1971; Louvet et al., 1976 ; Scher et Baker, 1982; Schneider, 1984; Tamietti et Alabouvette, 1986; Simeoni et al., 1987).

Cook et Baker (1983) ont rapporté que le rôle des microorganismes est prépondérant dans les mécanismes de résistance de sols aux maladies, en liaison avec l'activité antagoniste de certaines fractions microbiennes à l'encontre des agents phytopathogènes. Ces activités sont variées et peuvent être classées en 3 types : la compétition, l'antibiose et le parasitisme-prédation. Les mécanismes en cause ont été rapportés par de nombreux auteurs (Lockwood, 1964; Homma et al., 1979; Pussard et al., 1979; Mangenot et Diem, 1979; Liu et Baker, 1980; Chet et Baker, 1981; Schneider, 1982; Sneh et al., 1984; Elad et Baker, 1985; Alabouvette, 1986; Baker et al., 1986; Lemanceau et al., 1988; Rouxel, 1991; Rouxel et al., 1991).

L'antibiose traduit une action inhibitrice qu'exerce un microorganisme sur l'agent pathogène en produisant des substances antibiotiques, des enzymes ou des composés volatils. La mise en évidence et l'identification des antibiotiques *in vitro* sont relativement simples, mais par contre compliquées *in situ* en raison de leur faible concentration (Dommergues et Mangenot, 1970; Mangenot et

Tableau I : Quelques caractéristiques physico-chimiques et culturales des sols étudiés.

Palmeraie	Localité	Texture (1)	C/N	Précédent culturel
Marrakech (Palmeraie indemne du Bayoud)	Est	Argileuse	9,2	Jachère
	Nord Ouest	Argileuse	8,7	blé
		équilibrée	10,7	Luzerne
Drâa (foyers de maladie)	Fezouata Tinzouline Tarnata (2)	équilibrée	7,1	Jachère
		équilibrée	6,8	Luzerne
		équilibrée	7,0	blé

(1) : Texture du sol déterminé selon le diagramme textural U.S.D.A, in soil survey (1951), profondeur du sol analysé; 20 à 60 cm.

(2) : Domaine Expérimental de Zagora (INRA).

Diem, 1979). Plusieurs auteurs ont montré l'importance de l'activité antibiotique des bactéries dans la limitation de la gravité des maladies d'origine tellurique (Howell et Stipanovic, 1979; 1980; Papavizas et Lumsden, 1980; Sneh et al., 1984; Weller et Cook, 1986).

Suite à nos résultats antérieurs relatifs à l'existence de différentes intensités de fongistase dans les sols, ainsi qu'à l'abondance de la flore bactérienne et actinomycétale dans les sols peu réceptifs et résistants (Sedra, 1990; Sedra et Besri, 1990; Sedra et Bah, 1993), nous avons cherché à connaître la fraction de la microflore susceptible d'intervenir par antibiose dans l'expression des phénomènes de résistance des sols de palmeraie en évaluant l'intensité de l'antibiose exercé *in vitro* par les microorganismes isolés de ces sols vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albédinis*.

MATERIEL ET METHODES

Isolement et purification des microorganismes

La recherche de microorganismes antagonistes a été réalisée au niveau de la rhizosphère de palmier, dans 3 sols de Marrakech indemnes de Bayoud et 3 autres prélevés dans des foyers de maladie dans la vallée du Drâa. Le tableau I indique la situation et quelques caractéristiques physico-chimiques de ces sols. Pour chaque sol, l'échantillon final est composé de 10 sous-échantillons de terre prélevés le long de la diagonale de la parcelle et dans une couche de terre située entre 20 et 60 cm de profondeur et dans laquelle le palmier développe un système racinaire puissant (Munier, 1973; Toutain, 1977). Des isolements sont effectués après incorporation de la suspension du sol dans un milieu malt gélosé acidifié par l'acide lactique (pH = 4) pour les champignons (dilutions 10^{-3} et 10^{-4}) et dans un milieu gélosé à base de peptone et d'extrait de levure pour les bactéries et actinomycètes (dilutions 10^{-5} et 10^{-6}). Les espèces de *Fusarium* sont isolés et identifiés sur le milieu de Komada (1975) (dilutions 1/50 et 10^{-2}). Douze boîtes d'analyse ont été utilisées par dilution et par groupe de microorganismes.

Test d'antibiose

La technique utilisée est inspirée de celle des cultures opposées, préconisée par Patel et Brown (1969). Le principe de sélection des microorganismes antagonistes est basé sur leur confrontation *in vitro* avec les colonies du parasite (souche Foa 133). Plus de 700 microorganismes ont été isolés à partir des sols précités, purifiés et enfin regroupés selon leurs espèces pour les *Fusarium*, leurs genres pour les autres champignons et l'aspect morphologique général des colonies pour les bactéries et les actinomycètes. 420 microorganismes ont été pris au hasard (un échantillon par groupe de microorganismes) pour apprécier leur activité antagoniste. Le tableau II indique le nombre de microorganismes testés par groupe. Les confrontations sont réalisées en boîtes de Petri sur le milieu PDA non acidifié à base d'extrait de pomme de terre (25%), de glucose (2%) et de gélose (2%). Des pastilles de 4mm de diamètre prélevées à la périphérie de cultures du parasite et de chaque microorganisme à tester sont placées simultanément face à face à une distance d'environ 50 mm. Chaque traitement est

répété 4 fois. Les cultures sont incubées à 23-27°C sous éclairage fluorescent continu pendant 8 jours. La notation consiste à mesurer le rayon des colonies du *F.o. f.sp. albedinis* face aux microorganismes testés. Les microorganismes montrant une activité antagoniste très marquée sont retenus pour les études ultérieures. L'identification des microorganismes a été faite à l'aide des clés établies par Messiean et Cassini (1967) et Komada (1976) pour les *Fusarium*, Gilman (1957) et Barnett et Hunter (1972) pour le reste de la flore fongique. Les bactéries sont d'abord déterminées selon des critères morphologiques, puis à l'aide d'un nombre limité de caractères biochimiques (tableau V). Certains groupes de bactéries sont enfin identifiés par la technique de fluorescence sur milieu de KING et al. (1948).

Tableau II : Microorganismes telluriques isolés des sols de Marrakech et du Drâa et testés vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* pour leur action antagoniste *in vitro*.

Microorganismes	Nombre de microorganismes testés		Total
	Sols de Marrakech	Sols du Drâa	
<i>Penicillium</i> sp.	10	12	22
<i>Aspergillus</i> sp.	15	15	30
<i>Rhizopus</i> sp.	5	5	10
<i>Alternaria</i> sp.	3	4	7
<i>Trichoderma</i> sp.	8	5	13
Autres champignons	14	19	33
<i>Fusarium</i> :			
<i>F. solani</i>	6	6	12
<i>F. roseum</i>	6	6	12
<i>F. moniliforme</i>	6	6	12
<i>F. oxysporum</i>	6	6	12
Bactéries	81	86	167
Actinomycètes	42	48	90
Total	202	218	420

Evaluation *in vitro* de l'activité des antagonistes sur la croissance mycélienne du parasite

L'effet inhibiteur des microorganismes antagonistes retenus est apprécié *in vitro* sur la croissance mycélienne du parasite selon la technique précitée des cultures opposées (paragraphe dernier). Chaque traitement est répété 10 fois. La mesure du rayon de la colonie face à l'antagoniste est faite tous les 2 jours et pendant 10 jours. Deux témoins sont utilisés : pour le premier, le parasite est mis en culture seul; dans le deuxième cas, il est confronté soit à une bactérie (BNA), soit à un actinomycète (ANA) ou à un champignon (CNA) non antagonistes (non identifiés).

Appréciation de l'activité *in vitro* des antagonistes sur la sporulation du parasite

La sporulation est évaluée sur les colonies âgées de 10 jours, six rondelles ($\phi=4$ mm) ont été prélevées sur la périphérie d'une colonie du parasite face à l'antagoniste puis mises en suspension dans une solution d'acide acétique N/10. La solution est chauffée pendant quelques minutes pour hydrolyser la gélose (Djerbi, comm. person.) permettant ainsi la libération des spores (mélange de microconidies, macroconidies et de chlamydo-spores). Après estimation de la concentration de la suspension sur cellule de Malassez, les résultats sont exprimés en nombre de spores produites par cm^2 de la colonie. Cette évaluation a été faite de la même façon dans le cas des témoins.

RESULTATS

Détection des antagonistes

Sur un total de 420 microorganismes testés, 12 seulement soit 4,4 % manifestent *in vitro* une activité antagoniste plus ou moins marquée vis-à-vis du *F.o.f.sp. albedinis* (tableau III) : 9 bactéries, 2 actinomycètes et un champignon; 9 de ces microorganismes étant isolés à partir des sols de la palmeraie de Marrakech.

Tableau III : Nombre et origine des microorganismes antagonistes au *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*.

Sols	Nombre de microorganismes testés	Nombre de microorganismes antagonistes		Groupe de microorganismes
		déTECTés (1)	retenus (2)	
Drâa	218	3	0	2 bactéries 1 actinomycète
Marrakech	202	9	6	7 bactéries 1 actinomycète 1 champignon

(1) : microorganismes détectés sur la base de leur activité antagoniste observé par rapport aux autres microorganismes testés.

(2) : microorganismes retenus sur la base de leur forte activité antagoniste au *F. o. f. sp. albedinis*.

Le tableau IV montre que les 3 microorganismes de la palmeraie du Drâa manifestent une faible activité antagoniste en comparaison avec ceux de la palmeraie de Marrakech. En effet, le rayon moyen des colonies du parasite varie de façon significativement de 38 mm (D-B2) à 42 mm (D-B1) contre 24 mm (M-B1) à 30 mm (M-B4). L'effet des antagonistes sur la croissance mycélienne du parasite est illustré par l'exemple de la bactérie M-B1 (Planche I). Seuls les microorganismes M-B1, M-B2, M-B3, M-B4, M-C1 et M-A1 ont donc été retenus (tableau IV) pour apprécier leur activité antagoniste sur le développement du parasite.

Tableau IV : Importance de l'activité antagoniste des microorganismes retenus sur le développement du parasite.

Origine	microorganismes antagonistes	Rayon (mm) des colonies du parasite face aux antagonistes (1)
Marrakech	bactérie M-B1	24 ± 1
	bactérie M-B2	30 ± 0,8
	bactérie M-B3	25 ± 1
	bactérie M-B4	30 ± 1
	bactérie M-B5	30 ± 0,8
	bactérie M-B6	29 ± 1
	bactérie M-B7	27 ± 0,8
	actinomycète M-A1	35 ± 1,1
	champignon M-C1	29 ± 0,8
Drâa	bactérie D-B1	42 ± 1
	bactérie D-B2	38 ± 1
	actinomycète D-A1	41 ± 0,8
	Témoin (Foa seul)	45 ± 1

1 : Rayon (mm) moyen des colonies du *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) suivie de l'écart-type calculé à partir de 4 répétitions.

2 : Bactéries M-B1, M-B2, M-B3 et M-B4 : *Pseudomonas* fluorescents ; champignon M-C1 : *Stachybotrys* sp. Les autres bactéries et actinomycètes n'ont pas été identifiés.

Description et détermination des antagonistes

Les méthodes d'identification des microorganismes antagonistes ont permis de rattacher les isolats des bactéries au groupe des *Pseudomonas* fluorescentes (tableau V). Les bactéries M-2 et M-B3 présentent une fluorescence plus intense que celle des autres bactéries. L'examen macroscopique et microscopique rattache le champignon au genre *Stachybotrys*. Quant à l'actinomycète, nous n'avons pas pu le déterminer.

Tableau V : Tests d'identification des bactéries antagonistes du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Bactéries antagonistes	Tests d'identification						Genre
	Gram	Forme	Catalase	Oxydase	Ferm glu*	Fluorescence sur milieu KING B	
Bactérie M-B1	-	b**	+	+	-	faible	<i>Pseudomonas</i> groupe des : <i>Pseudomonas</i> fluorescents
Bactérie M-B2	-	b	+	+	-	intense	
Bactérie M-B3	-	b	+	+	-	intense	
Bactérie M-B4	-	b	+	+	-	faible	

* Ferm. glu. : Fermentation du glucose

** bacille.

Aptitude des antagonistes à réduire la croissance mycélienne et la sporulation du parasite

La figure 1 montre que la croissance mycélienne du parasite est ralentie puis arrêtée à distance par la présence des antagonistes. En effet, au 8ème jour, le rayon moyen des colonies du parasite confronté aux antagonistes (24 à 38 mm) est significativement inférieur à celui des colonies du parasite seul (45 mm). Parmi les antagonistes, la plus forte action est obtenue par la bactérie M-B1 alors que l'actinomycète M-A1 manifeste la plus faible inhibition. Par ailleurs, la confrontation avec les microorganismes non antagonistes ne modifie pas la vitesse de la croissance mycélienne du parasite de manière significative. Les colonies du parasite et des microorganismes non antagonistes entrent en contact au 6ème jour pour le champignon CNA et l'actinomycète ANA, et au 8ème jour pour la bactérie BNA.

La sporulation des colonies du parasite confronté avec les antagonistes subit une réduction importante et significative (0,05) par rapport aux témoins (tableau VI). En effet, le nombre de spores (essentiellement des microconidies) estimé par cm^2 varie de 100×10^3 (bactérie M-B1) à 216×10^3 (actinomycète M-A1) pour les antagonistes contre 7330×10^3 (parasite seul) à 8830×10^3 (bactérie BNA).

Tableau VI : Influence des *microorganismes antagonistes* ou non sur la sporulation des colonies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (F oa).

Microorganismes	Nombre de spores ($\times 10^3$) par cm^2 de la colonie du Foa
M-B1	100 \pm 40 g
M-B2	400 \pm 40 e
M-B3	220 \pm 50 f
M-B4	660 \pm 48 c
M-C1	510 \pm 60 d
M-A1	2160 \pm 1067 b
ANA	7830 \pm 2910 a
BNA	8830 \pm 1597 a
CNA	8160 \pm 1139 a
T. F oa	7330 \pm 2640 a

Nombre moyen des spores (essentiellement microconidies) et écarts-type calculés à partir de 10 comptages moyens par microorganisme. Les chiffres affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents pour $p=0, =0,05$ (test de Signere).

DISCUSSION

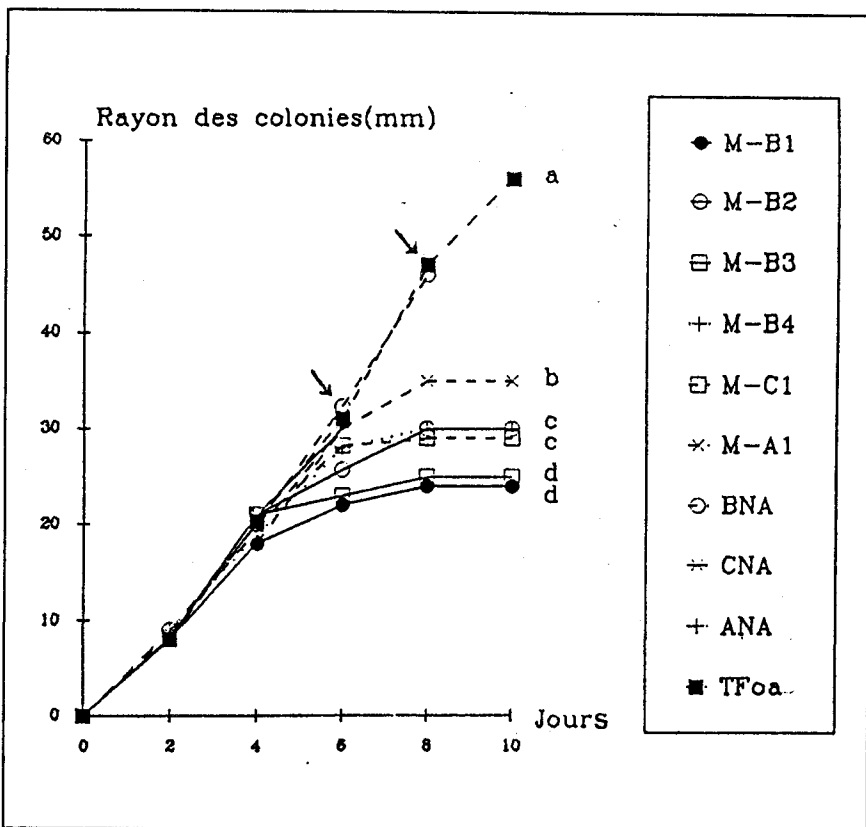
Les tests d'antibiose réalisés à partir de la microflore isolée de sols de palmeraies ont permis de sélectionner 12 microorganismes antagonistes dont 9 sont isolés de sols résistants de Marrakech. Ces résultats doivent être relativisés, puisque notre méthode de détection des antagonistes repose sur le hasard ou sur la représentativité des groupes de microorganismes. Toutefois, il est difficile d'une part de tester pratiquement tous les microorganismes mis en évidence sur le milieu d'isolement et d'autre part de prévoir l'importance des microorganismes antagonistes dans un sol donné. La méthode que nous avons choisie n'est par conséquent qu'une sorte de sondage effectué dans chaque groupe de microorganismes. Elle est plutôt qualitative. On peut penser en outre, que ces tests sont mal adaptés à la détection de champignons antagonistes puisque les modes d'activité de ceux-ci sont, en général, liés aux phénomènes de compétition. Des études ultérieures pourront apporter plus d'informations sur la densité et la distribution des fractions de la microflore d'antagonistes.

La détection, basée sur les phénomènes d'antibiose de quelques microorganismes antagonistes, à savoir des bactéries *Pseudomonas* fluorescentes, un actinomycète et un champignon *Stachybotrys* sp., ne permet pas de leur attribuer un rôle majeur dans les mécanismes de résistance des sols puisqu'il existe d'autres activités d'antagonisme tels que la compétition dont nous ignorons à l'état actuel l'intensité dans les différents sols étudiés. Toutefois, les microorganismes détectés dans nos conditions, se montrent capables d'agir sur le parasite dans ses différentes phases de développement.

Fig 1 : Croissance mycélienne des colonies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) confrontées aux microorganismes antagonistes ou non. Rayon moyen (mm) des colonies. Les points (10 ième jour) affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents pour $p : 0,05$ (test de NEWMAN & KEULS).

----) Contact des colonies du Foa avec ANA, CNA (6ème jour) et BNA (8ème jour).

Antagonistes : *Pseudomonas* fluorescents (M-B1, M-B2, M-B3, M-B4), *Stachybotrys* sp. (M-C1), Actinomycète (M-A1); non antagonistes : bactérie (BNA), champignon (CNA), actinomycète (ANA); TFoa : parasite seul..



En effet, le tableau VII présentant une synthèse des résultats, montre que les antagonistes agissent sur le parasite pendant les différentes phases de son développement *in vitro*. L'intensité de cette activité antagoniste varie en fonction des antagonistes. La croissance mycélienne du parasite est affectée par la confrontation directe avec les antagonistes (24% à 47,8 %).

Tableau VII : Activité inhibitrice *in vitro* des microorganismes antagonistes sur le développement du *Fusarium oxysporum* F. sp. *albedinis* (Foa).

Souches	pourcentage d'inhibition	
	Sporulation	Croissance mycélienne
Antagonistes :		
<i>Pseudomonas</i> fluorescents		
M-B1	98,6	47,8
M-B2	94,5	34,8
M-B3	97	45,6
M-B4	91	34,8
<i>Stachybotrys</i> sp. (M-C1)	93	37
Actinomycète (M-A1)	70,5	24
Non antagonistes :		
bactérie (BNA)	0	0
champignon (CNA)	0	0
actinomycète (ANA)	0	0

Pourcentage moyen d'inhibition de la croissance mycélienne et de la sporulation du parasite calculé selon la formule suivante :

$$\text{valeur (t) - valeur (m)}$$

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{valeur (t) - valeur (m)}}{\text{valeur (t)}} \times 100$$

avec t = témoin culture du Foa seul. m = microorganisme antagoniste ou non.

D'autre part, la sporulation est fortement réduite : de 70,5 % à 98,6% en fonction des antagonistes. D'autres études réalisées récemment ont montré que certaines bactéries isolées du sol de Marrakech comme la bactérie M-B6, manifestent aussi un effet inhibiteur sur la croissance *in vitro* de *F.o.f.sp. lini*, contrairement à la bactérie E-B2 isolée du sol d'ERRACHIDIA (E11-E) Sedra, résultats non publiés). Les 3 microorganismes (D-B1, D-B2, D-A1) isolés des sols sensibles du Drâa n'ont pas été retenus pour les études présentes en raison de leur très faible activité antagoniste. Les bactéries antagonistes (M-B6, M-B7, M-B8) n'ont été non plus retenues du fait qu'elles manifestent dans les essais préliminaires, des activités comparables à celles de certaines bactéries retenues. Nous nous limitons donc dans ce travail à l'étude de l'effet inhibiteur des 6 antagonistes isolés dans sols de Marrakech.

Si le nombre d'antagonistes détectés (environ 4,4%) apparaît faible par rapport au nombre de microorganismes testés de sol de Marrakech, il nous semble difficile à l'état actuel d'estimer l'importance quantitative de ces antagonistes dans ces sols. Cependant, nous pensons que les bactéries antagonistes proviennent d'un groupe important de bactéries morphologiquement semblables,

dont on a choisi une cinquantaine pour le test. Les recherches visant à évaluer l'importance de ces bactéries parmi la microflore totale sont en cours. Lemanceau et al. (1988) étudiant les mécanismes de résistance de sols de Châteaurenard, ont constaté que la densité des populations bactériennes de *Pseudomonas* fluorescents jouent un rôle déterminant dans la résistance est relativement faible. Par ailleurs, l'activité inhibitrice *in vitro* des antagonistes sur le développement du parasite révèle le rôle de substances de nature chimique. Des résultats non publiés (Sedra) ont montré que plus le décalage dans le temps entre l'ensemencement des pastilles du parasite (en 2ème lieu) et celles des antagonistes est grand, plus l'activité inhibitrice de la croissance mycélienne du parasite est élevée. Ceci conforte l'hypothèse selon laquelle ces antagonistes sécrètent des substances antibiotiques. Ces dernières sont émises dans le milieu agissant directement sur le parasite par une lyse du mycélium et des phialides. Ceci est à l'origine du phénomène d'aplatissement des colonies observé face aux antagonistes. Les différences d'intensité du pouvoir inhibiteur des antagonistes pourraient être liées à la nature des substances antibiotiques sécrétées et d'autre part, à leur taux de production. L'identification des bactéries antagonistes a permis de les rattacher au groupe des *Pseudomonas* fluorescentes. Les propriétés antagonistes de ce groupe ont été rapportées par plusieurs auteurs (Howell et Stipanovic, 1979; Sher et Baker, 1982; Digat, 1983; Olivier et Guillaume, 1983; Lemanceau et al., 1988; Loper et al., 1988; Park et al., 1988). Mishaghi et al. (1982) ont établi une corrélation entre la quantité de pigments fluorescents et le pouvoir antagoniste de ces *Pseudomonas*.

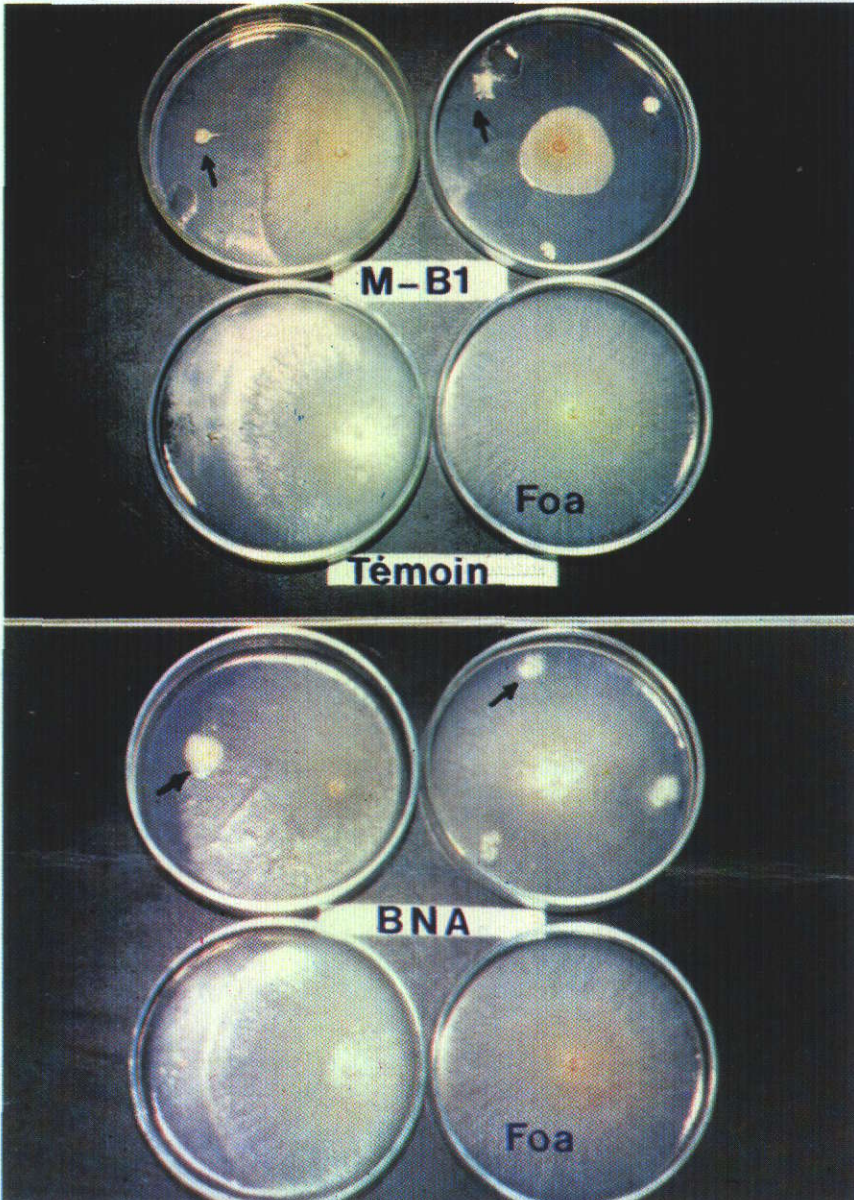
A notre connaissance, le pouvoir antagoniste de *Stachybotrys* sp. à l'encontre d'autres microorganismes n'a pas été rapporté dans la littérature. Quant à l'activité antagoniste de l'actinomycète M-AI, elle est en accord avec la littérature (Dommergues et Mangenot, 1970; Leclerc, 1977) indiquant une synthèse fréquente d'antibiotiques chez les actinomycètes. Dans le cas du Bayoud, Sabou et al. (1980) ont décrit l'activité parasitaire d'un actinomycète sur *F.o* f.sp. *albedinis*. D'autre part, Amir (1988) a mis en évidence l'antagonisme de souches de *Fusarium solani* sur ce parasite. Dans certains sols de la palmeraie tunisienne qui est jusqu'à présent indemne de Bayoud, Takrouni et Dutrecq (1991) ont réussi à isoler un champignon (*Acromonium* spp.) antagoniste envers *F.o* f.sp. *albedinis*.

En conclusion, on peut penser que la présence des antagonistes dans les sols de Marrakech contribue à la manifestation de phénomènes de fongistase beaucoup plus intenses qu'en sols du Drâa. Il serait important dans l'avenir de purifier les substances antibiotiques sécrétées par ces antagonistes et étudier leur action sur le développement du parasite. Il serait en outre très utile de chercher l'existence d'autres phénomènes liés à la compétition exercée par d'autres microorganismes, en vue d'élucider l'éventuelle synergie entre les mécanismes en jeu dans la résistance des sols. D'autre part, il importe également d'apprécier des capacités inhibitrices des antagonistes dans le sol.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dr. Djerbi M. (Ex-Coordonateur du Projet PNUD/FAO Rab/88/024) pour ses conseils précieux, Mr. Imzilm (Département de Microbiologie - Faculté des Sciences Marrakech) qui a eu l'amabilité d'identifier les bactéries par des procédés biochimiques.

Planche 1 : Inhibition in vitro de la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) par la bactérie M-B1 (*Pseudomonas fluorescens*) (en haut). La bactérie BNA non antagoniste n'a pas d'effet sur la croissance mycélienne du parasite (en bas).



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alabouvette C., 1986. *Fusarium* wilt-suppressive soils from the Châteaurenard region : review of a 10-year study. *Agronomie*, 6(3) : 273-284.
- Amir H. et Amir A., 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 (2) : 57-74.
- Anonyme, 1951. U.S.D.A. Diagramme Textural. In Soil Survery Manual. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook, n°18, Washington.
- Baker R., Elad Y. et Sneh B., 1986. Physical, biological and host factors in iron competition in soils. 77-84. In : T.R. Swinburne : "Iron, siderophores and plant diseases". NATO ASI SERIES A. vol 117, 351 pp.
- Barnett H.L. et Hunter B., 1972. Illustrated genera of imperfect fungi : third edition. 240 pp.
- Chet I. et Baker R., 1981. Isolation and biocontrol potentiel of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 71 : 286-290.
- Cook R.J. et Baker K.F., 1983. The nature and prattice of biological control of plant pathogens. Am. Phytopatholol. Soc., St. Paul, USA. 539p.
- Digat B., 1983. Modes d'action et effets des rhizobactéries promotrices de la croissance et du développement des plantes. In "Les antagonismes microbiens. Modes d'action et applications à la lutte biologique contre les maladies des plantes". 24ème Coll. Soc. Fr. Phytopathol. Bordeaux, 26-28 Mai 1983, 360pp.
- Djerbi M., 1982. Bayoud en Algérie, problèmes et solutions. FAO. Régional Projet For Palm and Dates Research Centre in the Near East and North Africa Baghdad. Iraq, 45pp.
- Dommergues Y. et Mangenot F., 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie, Editeurs. 796pp.
- Elad Y. & Baker R., 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.
- Gilman J.C., 1957. A manual of soil Fungi. The Iowa State University Press, Ames. Iowa USA. 450pp.
- Homma Y., Sitton J.W., Cook R. J. et Old D.M., 1979. Perforation and destruction of pigmented hyphae et *Gaeumannomyces graminis* by *Vampyrellid amoebae* from Pacific Northwest what field soils. *Phytopathology*, 69 : 1118-1122.
- Howell C. R. et Stipanovic R. D., 1979. Control of *Rhizoctonia solani* on cotton seedlings with *Pseudomonas fluorescens* and with an antibiotic produced by the *Bacterium*. *Phytopathology*, 69 : 480-482.

- Howell C. R. et Stipanovic R. D., 1980. Suppression of *Pythium ultimum* induced damping-off cotton seedlings by *Pseudomonas fluorescens* and its antibiotics, pyoluteorin. *Phytopathology*, 70 : 712-715.
- King J. V., Campbell J. R. et Eagles B. A., 1948. Mineral requirement for fluorescen production by *Pseudomonas*. *Canad. J. of Research*, 26c : 514-519.
- Kloepper J. W., Leong J., Teintze M. et Schroth M. N., 1980. *Pseudomonas* siderophore : a mechanism explaining disease - suppressive soils. *Curr. Microbiol.*, 4 : 327-330.
- Komada H., 1975 . Development of a selective Medium for quantitive Isolation of *Fusarium oxysporum* from Natural soil. *Rev. of Plant Protect. Res*, 8 : 114-125.
- Komada H., 1976. Quantitative estimation of *Fusarium* from naturel soil. Text for Workshop. Komada Medium. June 9 pp.
- Leclerc H., 1977. Microbiologie appliquée. DOIN, Ed., Paris.
- Lemanceau P., Alabouvette C. et Couteaudier Y., 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 du glucose. *Agronomie*, 8(2) : 155-162.
- Lindberg G. D., 1981. An antibiotic lethal to fungi. *Plant Diseases*, 65 (8) : 680-683.
- Liu S. et Baker R., 1980. Mechanism of biological control in soil suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70 : 404-412.
- Lockwood J. L., 1964. Soil fungistasis. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 341-362.
- Loper J. E., 1988. Role of fluorescent siderophore production in biological control of *Pythium ultimum* by a *Pseudomonas fluorescens* strain. *Phytopathology*, 78 : 166-172.
- Louvet J., Rouxel F. et Alabouvette C., 1976. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. I-Mise en évidence de la nature microbiologique de la résistance d'un sol au développement de la Fusariose vasculaire du Melon. *Ann. Phytopathol.*, 8 : 425-436.
- Mangenot F. et Diem H. G., 1979. Fundamentals of biological control. In "Ecology of rot pathogens". Krupa S.V., Dommergues Y.R., Editeurs, 207-265.
- Messiaen G.M. et R. Cassini, 1968. Recherches sur les fusarioses. IV. La systématique des *Fusarium*. *Ann. Epiphyties* 18, (2) : 241-247.
- Mishagui I. J., Stowell L. J., Grogan R. G. et Spearman L. C., 1982. Fungistatic activity of water soluble fluorescent pigment of fluorescent *Pseudomonads*. *Phytopathology*, 72 : 33-36.
- Munier P., 1973. Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions

tropicales. XXIV Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. 221p.

Olivier J. M. et Guillaumes J., 1983. Propriétés antagonistes de *Pseudomonas* fluorescents. 315-326. In "Les antagonismes microbiens. Modes d'action et application à la lutte biologique contre les maladies des plantes." Bordeaux, Mai 1983, coll. de l'I.N.R.A., 1983, 360pp.

Papavizas B.C. et Lumsdem R. D., 1980. Biological control of soil-borne fungal propagules. Ann. Rev. Phytopathol. 18 : 389-413.

Park C. S., Paulitz T.C. et Baker R., 1988. Biocontrol of *Fusarium*-wilt of cucumber resulting from interactions between *Pseudomonas putida* and non-pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum*. Phytopathology, 78 : 190-194.

Patel J. J. et Brown M.E., 1969. Interactions of *Azotobacter* with rhizosphere and root-surface microflora. Plant and soil, 31 : 273-281.

Pereau-Leroy P., 1958. Le palmier dattier au Maroc. Ministère de l'Agriculture. Inst. Franc. Rech. Outre-mer, Paris. 142pp.

Pussard M., Alabouvette C. et Pons R., 1979. Etude préliminaire d'une amibe mycophage *Thecamoeba granifera* sp. minor. Protistologica, 15, (2) : 139-149.

Rouxel F., 1991. Natural suppressiveness of soils to plant disease. Biotic interactions and soil-borne diseases. ABR Beemster et al (eds), Elsevier, 287-296.

Rouxel F., B. Tivoli, A. Sarniguet et Lucas P., 1991. La réceptivité des sols aux agents phytopathogènes. Biofutur, Mai 1991 : 35-43.

Sabou N., Amir H. et Bounaga D., 1980. Le palmier dattier et la fusariose . X. Dénombrement des actinomycètes de rhizosphère; leur antagonisme vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Ann. Phytopathol., 12 : 253-257.

Scher M.F. et Baker R., 1980. Mechanism of biological control of *Fusarium*-suppressive soil. Phytopathology, 70 : 412-417.

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

Schneider R.W., 1982. Suppressive soils and plant disease. Ann. phytopathol. Soc., USA, 88p.

Schneider R.W., 1984. Effects of non-pathogenic 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 : 646-653.

Sedra My. H., 1985. Potentiel infectieux et réceptivité de quelques sols de palmeraie à la fusariose vasculaire de palmier dattier (Bayoud) causée par *Fusarium oxysporum* F.sp. *albedinis* (Kil & Maire) Malençon. Thèse de 3ème cycle. Inst. Agro. Véter. Hassan II- Rabat. 88p.

Sedra My. H., 1990. Receptivity of some Moroccan palm grove soils to

Fusarium wilts. 8th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union. 28 October - 3 November 1990. Agadir, Morocco. P521.

Sedra My.H., 1993. Lutte contre le Bayoud, Fusariose vasculaire du Palmier Dattier causée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* : Sélection des cultivars et clones de qualité, résistants et réceptivité des sols de palmeraies à la maladie. Thèse de Doctorat Es-Sciences. Faculté des Sciences, Université Cadi Ayad, Marrakech, 142p.

Sedra My. H. et Besri M., 1990. Behaviour of some pathogen *Fusarium oxysporum* and study of the dynamyc and the saprophytic colonization of the *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* in different soils of Moroccan palm grove. 8th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union. 28 october - 3 November 1990. Agadir, Morocco. p523.

Sedra my. H. et Rouxel f., 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. INRA-Rabat.

Sedra My. H. et Bah N., 1993. La fusariose vasculaire du palmier dattier, Développement saprophytique et comportement du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* dans différents sols de palmeraies. Al Awamia 82 : 53-70.

Simeoni L.A, Lindsay et Baker W.L., 1987. Critical iron level associated with biological control of *Fusarium* wilt. Phytopathology, 77 : 1057-1061.

Smith N. et Snyder W.C., 1971. relationship of inoculum density and soil types to severity of *Fusarium* wilt of sweet potato. Phytopathology, 61 : 1049-1051.

Sneh B., Dupler M., Elad Y. et Baker R., 1984. Chlamydo-spore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* as affected by fluorescent and lytic bacteria from *Fusarium* suppressive soil. Phytopathology, 74 : 1115-1124.

Stotzky G. et Martin R.T., 1963. Soil mineralogy in relation to the spread of *Fusarium* wilt of banana in Central America. Plant soil, 18 : 317-338.

Takrouni L.M. et Dutreq A., 1991. Les flores bactérienne et fongique de quatre sols tunisiens. Leur pouvoir antagoniste à l'égard du *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*, agent du Bayoud du palmier dattier, Symposium International de Phytopharmacie et de Phytiairie. 7 Mai 1991. Gent. Belgique.

Tamietti G. et Alabouvette C., 1986. Résistance des sols aux maladies. XIII-Rôle des *Fusarium oxysporum* non pathogènes dans les mécanismes de résistance d'un sol de Noirmoutier aux fusarioses vasculaires. Agronomie, 6 (6) : 541-548.

Toutain G., 1977. Eléments d'Agronomie Saharienne. De la recherche au développement. Jouve (Paris), 277p.

Weller D.M. et Cook R.J., 1986. Suppression of root diseases of wheat by fluorescent *Pseudomonas* and mecanismes of action, 99-107. In T.R. Swinburne "Iron, siderophores, and plant disease", Edt. NATO ASISERIES A, Vol. 117,351pp.