

RESISTANCE DES SOLS AUX MALADIES

MISE EN EVIDENCE DE LA RESISTANCE D'UN
SOL DE LA PALMERAIE DE MARRAKECH
AUX FUSARIOSES VASCULAIRES

My. Hassan SEDRA¹

Francis ROUXEL²

INTRODUCTION

Le Bayoud, fusariose vasculaire du Palmier-Dattier (*Phoenix dactylifera L.*) dûe à *Fusarium oxysporum f.sp. albedins*, est la maladie la plus grave de cette culture en Afrique du Nord. En l'espace d'un siècle, il a détruit au Maroc et en Algérie plusieurs millions de palmiers de bonne qualité dattière

(1) I.N.R.A. Centre Régional de la Recherche Agronomique du Haouz Présahara B.P. 533
Marrakech - Maroc.

(2) I.N.R.A. Station de Pathologie Végétale B.P. 29 Centre de Recherche de Rennes - Le Rheu -
35650. - France.

(PEREAU - LEROY, 1958 ; DJERBI, 1982). Actuellement, il constitue une menace pour la Tunisie, le Moyen - Orient et les autres pays poenicicoles.

A notre connaissance, toutes les grandes palmeraies marocaines sont atteintes par le Bayoud, exceptée celle de Marrakech. Comme dans le cas d'autres maladies vasculaires d'origine tellurique, la manifestation du Bayoud est conditionnée par plusieurs facteurs dont les principaux résident dans les potentialités génétiques du Palmier-Dattier, l'importance et les capacités infectieuses de l'inoculum du parasite, et l'ensemble des paramètres biotiques et abiotiques du sol. Le non développement de la maladie à Marrakech ne peut s'expliquer par l'absence de palmiers sensibles puisqu'il existe au sein des populations de saïrs* estimées à plus de 100.000 touffes (SAAIDI TOUTAIN, 1977) des variétés telles que Boufeggous, Bouskri et Jihel connues pour leur grande sensibilité au Bayoud et probablement issues des oasis sahariennes. Par ailleurs, l'environnement climatique et cultural de cette région ne s'oppose pas à l'expression de la maladie ; le mode de conduite de la palmeraie de Marrakech est généralement comparable à celui des palmeraies au sein des quelles on retrouve dans la plupart des cas les mêmes cultures associées. Cette région n'est pourtant pas isolée des zones infestées puisque des échanges fréquents entre zones ont eu lieu depuis plusieurs décennies.

Ce constat nous a conduit à faire un rapprochement entre l'absence du Bayoud dans la palmeraie de Marrakech et les phénomènes de résistance de certains sols aux Fusarioses vasculaires décrits dans plusieurs pays (STOTZKY & MARTIN, 1963 ; SMITH & SNYDER, 1971 ; LOUVET et al, 1976 ; SCHNEIDER, 1984 ; TAMIETTI & ALABOUVETTE, 1986).

Des études préliminaires de réceptivité des sols faisant intervenir le modèle Palmier - Dattier - F.o.f.sp. *albedinis* ne nous ont pas permis de démontrer clairement l'existence de différences de comportement entre divers sols du Maroc. Afin de pallier les inconvénients liés à ce modèle (hétérogénéité du matériel végétal, durée du test très longue), il nous a paru intéressant de faire appel au modèle lin - F.o.f.sp.*lini* proposé par ALABOUVETTE et al (1982) pour étudier la réceptivité des sols aux fusarioses vasculaires.

* : Saïrs = palmiers issus de semis naturel de graines obtenus par hybridation naturelle.

Dans un premier temps, nous avons comparé la réceptivité du sol de la palmeraie de Marrakech à celle de cinq autres sols, parmi lesquels deux sols de référence français connu par leur résistance aux fusarioses vasculaires.

Dans un second temps, nous avons comparé le comportement de l'inoculum de *F.o.f.sp. albedinis* et de *F.o.f.sp. lini* dans les sols étudiés, par une étude de la germination de chlamydospores des deux champignons placées au contact de ces sols.

Enfin, nous avons essayé d'expliquer les différences de comportement mises en évidence par les principales caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de ces sols.

MATERIEL ET METHODES

Les sols

Trois des six sols étudiés ont été prélevés dans des palmeraies marocaines :

- Sol de Marrakech de texture Limono-argileuse, de couleur marron. Il s'agit d'un sol propice à la battance qui durcit au séchage. Il est cultivé en céréales et cultures maraîchères associées aux palmiers et aux oliviers. Cette palmeraie est indemne de Bayoud.

- Sol de Zagora, prélevé sur le Domaine Expérimental I.N.R.A de Zagora. De tendance limonosableuse et de couleur rouge-beige, il est constitué d'alluvions du fleuve de Draâ et de sable éoliens. La parcelle de prélèvement, actuellement plantée en jeunes palmiers est également cultivée en blé et orge. Elle correspond à un ancien foyer de Bayoud.

- Sol d'Errachidia, situé sur la Station Expérimentale de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet. C'est un sol limoneux, de couleur gris-beige sur lequel la culture du palmier est souvent associée à celle de plantes fourragères. Le Bayoud s'y développe moins que dans le sol de Zagora.

Deux sols ont été prélevés en France en raison des travaux dont ils ont déjà été l'objet; ils nous serviront de référence de résistance aux fusarioses vasculaires.

- Sol de châteaurenard (Sud-Est de la France), il est résistant aux fusarioses vasculaires (LOUVET et al, 1976). Il s'agit d'un sol limonoargileux.

- Sol de Noirmoutier (Ouest de la France). C'est un sol maraîcher et de texture sableuse. Sa résistance aux fusarioses a été mise en évidence par TAMIETTI & ALABOUVETTE (1986).

Le dernier sol étudié est en fait un mélange terreux constitué de 1/3 tourbe, 1/3 terre franche et 1/3 sable ; ce substrat est très réceptif aux fusarioses vasculaires.

Comparaison de la réceptivité des sols aux fusarioses vasculaires

La méthode utilisée est celle faisant appel au modèle biologique lin - *F.o.f.sp. lini* proposée par ALABOUVETTE et al (1982). L'inoculum du parasite (souche F 60. Mycothèque INRA - LE RHEU) est préparé sous forme de propagules conservées dans du talc selon la méthode décrite par LOCKE & COLHOUN (1974). Chaque sol préalablement desséché, broyé et tamisé (ϕ 2 mm) est infesté avec une gamme de 5 doses d'inoculum comprises entre 250 et 8.800 propagules par g de sol, le témoin recevant du talc stérile. Pour chaque traitement, le sol est réparti en 6 pots (ϕ 8 cm) dans lesquels sont cultivées 6x15 plantes de lin (var. "HERA") très sensible à la fusariose.

La culture est conduite en chambre climatisée à 20-22°C, 50% d'hydrométrie et 16 h d'éclairage. La mortalité des plantes est notée à intervalles de temps régulières, pendant 8 semaines, en fonction des concentrations d'inoculum et des différents sols.

Etude du comportement des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et F.O.f.sp. *lini* au contact des sols.

Les chlamydospores des deux champignons (*F.O.lini-souche* F 60.*F.O. albedinis* = souche D 85.133. Mycothèque I.N.R.A. - MAROC) ont été produites selon la méthode de LOFFLER & SHIPPERS (1985). L'étude de la germination de ces chlamydospores au contact des sols non traités ou traités à la chaleur (110°C, 30 mn) a été réalisée selon une technique inspirée des travaux de ADAMS (1967) et utilisée par ALABOUVETTE *et al* (1980). Le principe de cette technique consiste à placer au contact de chaque sol les chlamydospores préalablement et réparties de façon homogène sur une membrane filtrante. Après 24 h d'incubation à 25°C, la membrane est retirée et rincée; les chlamydospores qui adhèrent sont colorées au bleu d'aniline. Après éclaircissage de la membrane au lactophénol d'Amman, l'observation microscopique permet d'estimer le taux de germination par rapport au nombre total de chlamydospores observées. Chaque comptage porte sur 4 répétitions de 100 à 150 propagales, soit 400 à 600 propagules. La longueur des tubes germinatifs a aussi été appréciée.

Recherches de relations entre les caractéristiques physio-chimiques et microbiologiques des sols et les niveaux de réceptivité aux fusarioses vasculaires.

Analyses physio-chimiques des sols.

L'analyse granulométrique des sols de Maroc et la détermination de certaines propriétés chimiques des sols ont été réalisées par le Bureau d'Etudes de l'Office de Mise en Valeur Agricole du Haouz (Marrakech). Les caractéristiques des sols français utilisées sont celles données par TAMIETTI & ALABOUVETTE (1986).

Analyses microbiologiques des sols.

La densité des populations de différents microorganismes a été estimée par la méthode des suspensions dilutions de sol. Les analyses microbiologiques sont effectuées par incorporation de la suspension du sol dans un milieu malt gélosé acidifié par l'acide citrique pour les champignons et dans un milieu gélosé à base de peptone et d'extrait de levure pour les bactéries et actinomycètes. Les niveaux des populations de *Fusarium* sont estimés sur le milieu sélectif de KOMADA (1975). Pour chaque sol et chaque groupe de microorganismes, 16 boîtes de petri par dilution et 2 dilutions de sol ont été utilisées. Le dénombrement des bactéries et des actinomycètes a lieu après 36 h d'incubation. Celui des colonies fongiques ainsi que leur détermination ont été effectués après 3 à 6 jours d'incubation sous lumière fluorescente.

Les différents sols sont ensuite comparés sur la base de leurs caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ainsi que sur le niveau de leur réceptivité aux fusarioses vasculaires.

RESULTATS

Mise en évidence de la résistance du sol de la palmeraie de Marrakech aux fusarioses vasculaires

La figure 1 démontre le niveau de résistance très élevé du sol de Marrakech tout à fait comparable à ceux de châteaurenard et Noirmoutier ; le pourcentage moyen de plantes attaquées ne dépassant pas 3 p. 100 pour la concentration d'inoculum la plus élevée (8.000 ppgs). Les deux sols d'Errachidia et de Zagora, qui ont des comportements très voisins vis-à-vis de la manifestation de la maladie, présentent des niveaux d'attaque plus élevés avec 15 p.100 de plantes mortes à la plus forte concentration d'inoculum. On peut donc les considérer comme moyennement réceptifs, comparés au mélange terreux qui confirme sa sensibilité au développement de la maladie (45 p.100 de plantes mortes avec 4.000 ppgs).

Germination des chlamydospores de *F.O.f.Sp. albedinis* et de *F.O.f.sp. lini* dans les différents sols.

Les résultats de la figure 2 montrent qu'il existe une assez bonne corrélation entre les comportements du *F.O.f.sp. albedinis* et du *F.O.f.sp. lini* vis-à-vis des sols. Le taux de germination des chlamydospores des deux champignons est globalement très faible dans les sols non traités à la chaleur : il est nul dans le sol de Marrakech, extrêmement faible dans les sols de châteaurenard et Noirmoutier (< 3p. 100) et un peu plus élevé dans le mélange terreux et les deux autres sols (38,3 p.100 pour *F.O.f.sp. albedinis* dans le sol de Zagora). Par ailleurs, les tubes germinatifs formés en sols résistants sont nettement moins développés qu'en sols réceptifs : Après 24 h d'incubation, la longueur moyenne des filaments des deux champignons est de l'ordre de 8 à 20 μ en sols résistants contre 50 à 60 μ dans les sols sensibles.

Les taux de germination des chlamydospores augmentent très fortement quand les sols sont préalablement traités à la chaleur. Ils demeurent cependant un peu plus faibles dans les sols de Marrakech et d'Errachidia (de l'ordre de 60 p. 100), alors qu'ils dépassent 80 p.100 dans le mélange terreux désinfecté.

Comparaison des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des sols

Caractéristiques physico-chimiques

Les principales données sont rassemblées dans le tableau 1. Plusieurs éléments sont susceptibles de différencier les 6 sols étudiés : sur le plan granulométrique, les sols d'Errachidia et Zagora s'apparentent au sol de Noirmoutier par leur terreux élevé en sables. La texture plus fine du sol de Marrakech (limons fins et argile) rapproche par contre ce sol de celui de châteaurenard. Sur le plan chimique, les 3 sols considérés comme réceptifs aux fusarioses vasculaires d'après nos résultats présentent des taux de carbone organique et de

matière organique plus élevés que les deux autres sols marocains. Quant au pH, il est très élevé (proche ou supérieur à 8) dans tous les sols, excepté le mélange terreux (5,5), nettement plus sensible aux fusarioses.

Composition microbiologique

Il apparait que c'est le sol de Noirmoutier qui possède la flore bactérienne la plus abondante ($1,6.10^7$ propagules par gramme) suivi des sols de Marrakech ($1,2.10^7$) et de châteaurenard (10^7). Les autres sols, plus réceptifs, ont des populations nettement plus faibles (de l'ordre de 10^6 propagules par gramme). La flore actinomycétale est abondante dans les 3 sols français et dans le sol de Marrakech. Elle est très faible dans le sol de Zagora (2.10^3 propagules par gramme). Concernant enfin la flore fongique, c'est le sol de Noirmoutier qui est le mieux pourvu, aussi bien au niveau de la flore totale que de la flore fusarienne (35.10^3 propagules par gramme).

CONCLUSION & DISCUSSION

L'emploi du couple lin - *F.O.f.sp. lini* comme modèle d'étude a permis de mettre en évidence un bon niveau de résistance du sol de la palmeraie de Marrakech à la Fusariose du lin. Ce niveau est tout à fait comparable à celui des sols résistants étudiés en France par LOUVET *et al* (1976) et TAMIETTI & ALABOUVETTE (1986). Les conclusions d'ALABOUVETTE *et al* (1980) permettent d'envisager une extrapolation de la résistance aux fusarioses vasculaires, comme il a été fait avec le sol de châteaurenard à l'égard des fusarioses des cultures maraîchères. Les résultats obtenus avec ce modèle confirment donc ceux de nos études préliminaires réalisées avec le couple palmier dattier - *F.O. albedinis* et constituent un progrès décisif dans la démonstration de l'existence du phénomène de résistance de sol au Bayoud dans la palmeraie de Marrakech.

La similitude du comportement de *F.O. albedinis* et de *F.O. lini* dans les différents sols que nous avons étudiés conforte cette hypothèse. De plus une bonne relation est établie entre les

taux de germination des chlamydospores des deux champignons et les niveaux de réceptivité des différents sols : le sol de Marrakech semble constituer un milieu très défavorable à la germination des chlamydospores de *F. oxysporum*, contrairement à ce qu'on observe dans le cas des autres sols de palmeraie, même si nos conclusions doivent être relativisées par le faible taux général de germination des chlamydospores. L'augmentation du taux de germination des chlamydospores, après désinfection des sols va dans le sens d'un rôle de la microflore des sols, peut être complété par l'effet des caractéristiques physico-chimiques de ces derniers.

La comparaison des caractéristiques physico-chimiques des différents sols fait apparaître des éléments intéressants; la texture fine (terreur élevée en limons et argiles) du sol de Marrakech est à rapprocher de celle du sol de Chateaufort, également résistant. Certains auteurs (REINKING & MANNS, 1933 : WALKER & SNYDER, 1933) rapportent l'existence de corrélations entre la résistance de certains sols aux fusarioses vasculaires du bannanier et du pois et leur texture argileuse. En 1963, STOTZKY & MARTIN montrent qu'à quelques exceptions près, tous les sols résistants des bananeraies étudiés contiennent des argiles de type montmorillonite, contrairement aux sols sensibles. MONTFORT (1983) a montré que cette argile joue un rôle important dans l'établissement de la résistance des sols de Chateaufort.

On serait donc tenté de voir là une des particularités susceptible d'expliquer la différence de comportement du sol de Marrakech avec les deux autres sols de palmeraie marocaines étudiés, mais les sols d'Errachidia et Zagora, qui présentent une texture légère, s'apparentent à celui de Noirmoutier, qui est pourtant lui aussi très résistant aux fusarioses.

Dans la limite de cette étude, il est donc difficile de relier les niveaux de réceptivité des sols à leur texture, de même qu'à leurs caractéristiques chimiques, même s'il faut remarquer que les sols résistants sont plus riches en matière organique, carbone et azote que les sols sensibles.

Lock wood (1977) analysant les phénomènes de la fongistase a suggéré que la forte fongistase observée dans un sol résulte d'une compétition intense entre les micro-organismes pour l'énergie. Cette compétition peut notamment s'exercer entre champignons pathogènes et non pathogènes pour le carbone (ALBOUVETTE et al, 1985) ou entre champignons pathogènes et bactéries pour le fer (SCHER & BAKER, 1982).

La caractéristique microbiologique essentielle des sols résistants que nous avons étudiés (Marrakech, Châteaurenard, Noirmoutier) par rapport aux autres sols est l'abondance de leur flore bactérienne (de l'ordre de 10^7 propagules par g de sol). Plusieurs auteurs pensent que ces microorganismes jouent un rôle important dans la résistance des sols (ARJUNARIO, 1971 ; SMITH & SNYDER, 1971, 1972 ; TU *et al*, 1975 ; SMITH, 1977 ; SCHER & BAKER, 1980, 1982 ; SIMEONI *et al*, 1987). Ces derniers auteurs, et plus récemment LEMANCEAU *et al* (1988) ont démontré que dans les sols à pH élevé, ce qui est le cas ici, la compétition pour le fer est l'un des facteurs limitant les activités des *Fusarium oxysporum* pathogènes. Faute d'analyse, la comparaison de ces sols sur la base de leur composition chimique en oligoéléments, et particulièrement le fer, n'a pas été effectuée. Il convient donc de poursuivre ces expérimentations en essayant d'analyser de façon plus fine la composition et la flore bactérienne du sol de Marrakech, et en essayant de préciser la nature des mécanismes de compétition s'exerçant dans ce sol.

Parallèlement les études seront poursuivies sur d'autres sols de Marrakech comparés à ceux provenant de palmeraies dévastées par le Bayoud, en vue de confirmer nos résultats, si possible après amélioration du modèle palmier dattier - *F.O. albedinis*.

La démonstration de la résistance des sols de la palmeraie de Marrakech au Bayoud est en effet très utile, d'une part pour permettre la sauvegarde des variétés du palmier dattier de bonne qualité dattière, menacées ou en voie de disparition, mais aussi pour progresser dans la connaissance de l'écologie du *F.O.f.sp. albedinis*.

RESUME

L'évaluation de la réceptivité des sols aux fusarioses vasculaires à l'aide du modèle lin-fusarium oxysporum f.sp.linii montre que le sol de la palmeraie de Marrakech présente un niveau de réceptivité tout à fait comparable à celui des sols français résistants, châteaurenard et Noirmoutier. Le pourcentage moyen de plantes malades après infestation de ces sols à la dose de 8000 propagules par g de sol ne dépasse pas 3%. Dans le cas des sols de palmeraies, Zagora et Errachidia, ce pourcentage atteint 15%. Cependant, le mélange terreux ; substrat

le plus réceptif, présente un niveau d'attaque égal à 45% uniquement avec 4000 propagules par g.

Une bonne relation est établie entre les niveaux de réceptivité de ces sols et les taux de germination des chlamydospores du *F.o.sp.lini*. De plus, il existe une assez bonne concordance entre les comportements du *F.o.f.sp.lini* et du *F.o.sp.albadinis* vis à vis des sols. En effet, les taux de germination des chlamydospores des deux champignons sont plus faibles en sols résistants (0 à 3%) qu'en sols sensibles (3 à 38, 3%) et augmentent (60 à 90%) après traitement à la chaleur. Ceci montre le rôle que pourrait jouer la microflore tellurique dans la réceptivité de ces sols.

Parmi les différentes caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des sols considérées, seule l'abondance de la flore bactérienne permet de différencier de manière significative le sol de Marrakech (1.2×10^7 germes / g) et les sols résistants ($1 - 1.6 \times 10^7$) des sols plus réceptifs étudiés ($\cong 10^6$ germes/g).

Ces résultats, discutés par rapport aux données bibliographiques permettraient de mettre en évidence la résistance aux fusarioses vasculaires du sol de la palmeraie de Marrakech et de formuler les hypothèses sur la nature des mécanismes impliqués dans cette résistance. Ceci, pourrait en outre, expliquer l'absence du bayoud dans cette palmeraie.

SUMMARY

The evaluation of soil receptivity to *Fusarium* wilts using an experimental system of flax-*Fusarium axysporum* f.sp.*lini* shows that the soil of Marrakesh presents a comparable receptivity level to french suppressive soils, Chateaurenard and Noirmontier. After soil infestation at 8000 propagules per g, the average percentage of wilted plants does not go beyond 3%. In the case of date palm grove soils of Zagora and Errachidia, this percentage reaches 15%. However, the most conducive substrate presents a level receptivity equal to 45% with only 4000 propagules per g.

A good relation is established between the levels of soil receptivity and the rates of *F.o.f.sp.lini* chlamyospore germination. Furthermore, the behaviours of *F.o.f.sp.lini* and *F.o.f.sp.albedenis* in the soils are comparable. Indeed, the rates of germinated chlamyospores of these two pathogens are lower in suppressive (0 to 3%) than conducive (3 to 38,3%) soils, and increase (60 to 90%) when the soils have been previously heat-treated. This shows the role of telluric microflora in disease receptivity of these soils.

Among the different physico-chemical and microbiological characteristics studied, only the abundance of bacterial flora allows a significative differentiation between Marrakesh soil (1.2×10^7 propagules per g) ; suppressive soils ($1-1.6 \times 10^7$) and the studied conducive soils (10^6 propagules per g).

These results, discussed in relation to literature data, should allow the demonstration of fusarium-wilt suppressiveness of Marrakesh date palm grove soil and the formulation of hypotheses on the nature of concerned mechanism in this suppressiveness. This, in order to explain the absence of Bayoud disease in this area.

ملخص

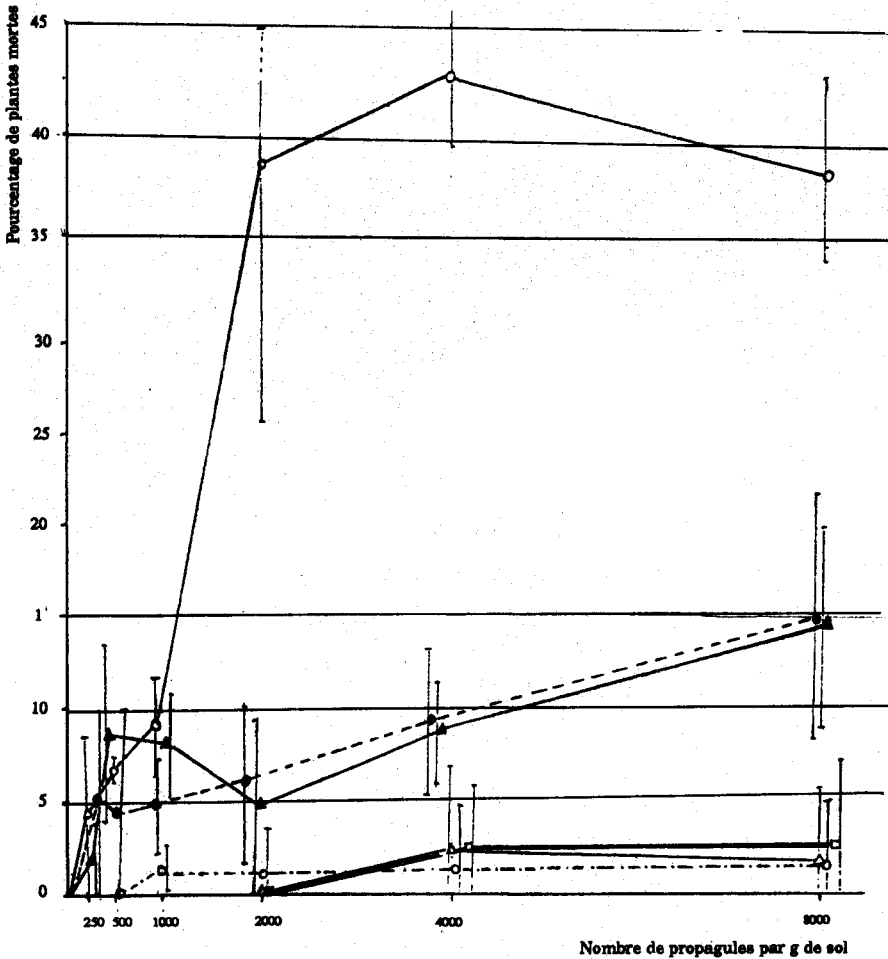
إن قياس استقبالية التربة للأمراض الوعائية (الفيزاريومية) باستعمال نموذج نبات الكتان و متطفله *Fusarium oxysporum I° sp. Lini* يبين لنا أن تربة واحة مراكش و متطفله تظهر مستوى الاستقبالية يشبه مستوى الاتربة الفرنسية المقاومة، "شاتورنار" و "نوار موتيمي" معدل النسبة المئوية للنبات المصابة بعد تلوث التربة بالفطر الطفيلي (8 000 بويقة/غرام) لا يتعدى 3 ٪. بالنسبة لأتربة الواحات المغربية، زاكورة و الراشدية يطل هذا المعدل إلى 15 ٪. أما التربة "الاصطناعية" الأكثر حساسية للأمراض، فيصل مستوى الإصابة إلى 45 ٪ بعد تلوثها فقط ب 4 000 بويقة/غرام.

إن النتائج المحصل عليها تبين أن هناك علاقة جيدة بين مستوى استقبالية هذه التربة و نسبة إنبات بويقات *F. O. f. sp. Lini* داخلها. كذلك إن بويقات هذا الأخير و بويقات *F. O. f. sp. albedinis* تنبت في نسب متقاربة، تتراوح من 0 إلى 3 ٪ في التربة المقاومة و من 3 إلى 38,3 ٪ في التربة الحساسة، و ترتفع إلى 60 - 90 ٪ بعد تعقيم التربة بالحرارة الرطبة. فهذا يبين الدور الذي يمكن أن تلعبه الجراثيم الموجودة داخل التربة في استقبالية هذه الأخيرة.

من بين الخصائص الفيزيائية، الكيماوية و الحياتية للاتربة التي قنا بدراستها، نجد أن كثافة جراثيم الباكتريا هي العامل الوحيد الذي يمكن تمييز تربة مراكش ($10^7 \times 1.2$ جرثومة/غ) و التربة المقاومة ($1.6 - 1 \times 10^7$) عن التربة الحساسة (حوالي 10^6 جرثومة/غ).

بالمقاومة مع الدراسات الأخرى المنشورة في المراجع حول هذا الموضوع، فإن النتائج التي حصلنا عليها تمكن طرح فرضيات حول طبيعة و أسباب مقاومة تربة واحة مراكش للأمراض الوعائية. وذلك لتفسير غياب مرض البيوض في هذه الواحة.

Figure 1: Réceptivité de 6 sols à la fusariose vasculaire du lin pourcentages moyens et écart-types de plantes atteintes de fusariose 8 semaines après infestation des sols avec des doses croissantes de *Fusarium oxysporum* f.sp.lini



○—○	Mélange terreux	□—□	Marrakch
▲—▲	Errachidia	△—△	Châteaurenard
▴-▴	Zagora	○-○	Noirmoutier

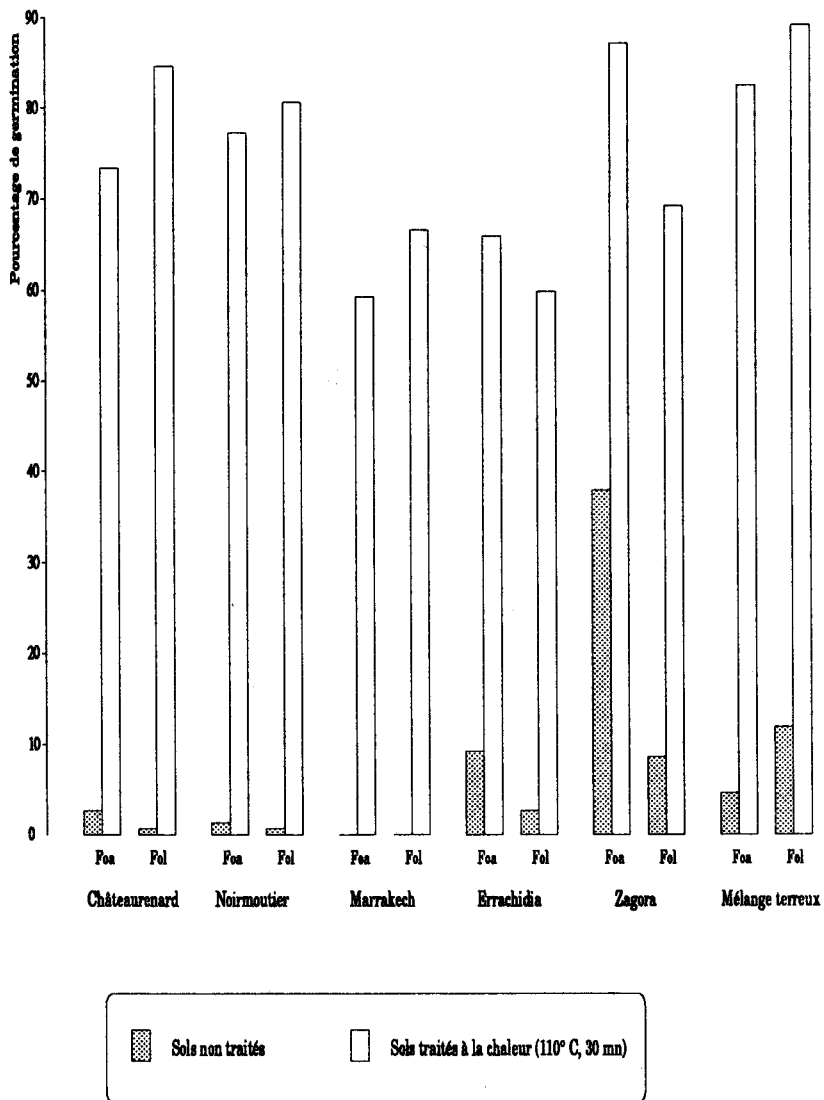
Tableau 1: Principales caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des sols étudiés

Caractéristiques		Sols du Maroc			Sol de France		
		Marakech	Errachidia	Zagora	Château renard	Noir moutier	Mélange terreux
Physico-chimiques (1)							
Sables grossiers (2-0,2mm)	p.1000	94	64	69	5	531	-
Sables fins (0.2-0.05mm)	p.1000	161	599	710	98	119	-
Limons grossiers (0.05-0.02mm)	p.1000	125	127	78	192	33	-
Limon (0.02-0.002mm)	p.1000	267	123	52	152	49	-
Argile (0.002mm)	p.1000	385	65	113	227	104	-
PH eau		8,3	8,6	8,6	7,9	7,9	5,5
C. organique (méthode Arme)	p.1000	17,33	3,69	2,3	22,6	13,7	-
Matière organique	p.100	29,88	6,4	4,1	38,8	23,5	-
N.K jeidahl	p.100	1,88	0,48	0,34	2,93	1,79	-
C/N		9,22	7,7	7	7,71	7,65	-
Calcaire total	p.100	93	407	62	318	162	-
Calcaire actif	p.100	-	20	-	92	7	-
Capacité d'échange M.eq	p.100	-	-	-	0,29	0,48	-
Sel Nacl	p.1000	1,02	0,67	1,09	-	-	-
Microbiologiques (2)							
Bactéries		12375	2506	312	9837	16437	63
Actinomycètes		1625	250	1,9	2875	594	1006
Champignons		6,9	51,5	18,8	23,2	143	92
Fusarium		3,1	1,4	1,2	1,9	35	4,3

(1) Analyses physicochimiques des 3 sols du Maroc réalisées en 1986 par l'Office de Mise en Valeur Agricole du Haouz-Marrakech
Données physicochimiques concernat les sols de Châteaurenard et Noirmoutier extraites de TAMIETTI et ALABOUVETTE (1986)

(2) Nombre ($\times 10^6$) des propagules par gramme de sol sec

Figure 2: Taux de germination des chlamydozoospores de *F.o.sp.albedinis* (Foa) et de *F.o.f.sp.lini* (Fol) mises en incubation pendant 24 h au contact des sols non traités et traités à la chaleur (110° C, 30 mn).
Moyennes de 4 répétitions avec leur écart-type.



BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, P.B. 1976 buried membrane filter method for studying behavior of soil fungi. *Phytopathology*, 57, 602-603
- ALABOUVETTE, C.; ROUXEL F. & LOUVET, J. 1980. Recherches 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 (1), 21 - 30
- ALABOUVETTE, C.; COUTEAUDIER; Y. & LOUVET J. 1982. Comparaison de la réceptivité de différents sols et substrats de culture aux fusarioses vasculaires *Agronomie*, 2 (1), 1-16.
- ALABOUVETTE, C.; COUTEAUDIER, Y. & LOUVET J. 1985. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. XI Etude comparative du comportement des *Fusarium* spp. dans un sol résistant et un sol sensible aux fusarioses vasculaires enrichis en glucoses *Agronomie*, 5 (1), 63-68.
- ARJUNARIO, V. 1971, Biological control of cotton wilt. III. In vivo effect of antagonists of the pathogene *Fusarium vasinfectum*. *Proc. Indian Acad. Sci. sect B.* 74 : 53-62.
- DJERBI, M. 1982. Le Bayoud en Algérie, problèmes et solutions FAO. Regional Projet for palm and dates research Centre in the Near East and North Africa-Baghdad, Iraq 45 PP.
- KOMDA, H. 1975. Development of a selective Medium for quantitative Isolation of *Fusarium oxysporum* from Natural Soil. *Rev. of Plant Protect. Res.* 8 : 114-125.

- LEMANCEAU, P.; ALABOUVETTE, C. & 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 de glucose. *Agronomie*, 8 (2) 155 - 162.
- LOCKE, T. et COLHOUN, J. 1974. Contribution to a method of testing oil palm seedling for resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* Toovey. *Phytopathol. Z.*, 79 : 77 - 92.
- LOCKWOOD, J.L.; 1977. Fungistasis in soils. *Biol. Rev.*, 52, 1 - 43.
- LOFFLER, H.J.M. et SCHIPPERS, B. 1985. Inhibition of chlamyospore production in *Fusarium oxysporum* by ammonia and high ion concentrations. *Can J. Microbiol.* 31 : 508 - 512.
- LOUVET, J.; ROUXEL, F. & ALABOUVETTE, C. 1976. Recherche 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.
- MONTFORT, F. 1983. Contribution aux recherches sur la résistance des sols aux Fusarioses vasculaires. Etude de l'influence de la fraction argileuse du sol de châteaurenard sur l'expression des mécanismes de résistance. Thèse de docteur en 3ème cycle. Université de Rennes I. 100 pp.
- PEREAU-LERLOY, P. 1958. Le palmier Dattier, Inst. Franc. de recherches fruitières, Outre-mer. (1. F.A G.), 142
- REINKING, C.A. & MANNUS, M.M., 1933. Parasitic and other *Fusaria* counted in tropical soils. *Z Parasitenk.*, 6. 23. 75.

- SAAIDI, M. & TOUTAIN, G. 1977. Production de la palmeraie de Marrakech rapport 3 p.
- SCHER, A.M. et BAKER, R. 1980. Mechanisms of biological control in a fusarium suppressive soil. *Phytopathology* 70 : 412 - 417.
- SCHER, A.M. et BAKER, R. 1982. Effects of *Pseudomonas putida* and synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens. *Phytopathology*, 72 : 1567 - 1573.
- SCHNEDER, R.W. 1984. Effects of non pathogenic strains of *Fusarium oxysporum* on celery root infection by *F. oxysporum* f.sp. *spii* and a novel use of the linweaver-burk double reciprocal plot technique, *phytopathology*, 74 : 645 - 653.
- SMITH, S.N. 1977. Comparison of germination of pathogenic fusarium soils conductive and suppressive to wills. *Phytopathology*, 67, 502 - 510.
- SMITH, S.N.; 1 SNYDER, W.C. 1971. Relation ship of inculum density and soil types to severity of fusarium wilt of sweet potato. *Phytopathology*, 61, 1049 1051.
- SMITH, S.N. & SNYDER W.C., 1972. germination of fusarium oxysporum in soils favourable and infavourable to wilt establishment. *Phytopathology*. 62, 273-277.
- STOTZKY, G. & MARTIN, R.T., 1963. Soil mineralogy in relation to the spread of fusarium wilt of banana in Central America. *Plabt soil*, 18, 317, 338.
- SIMECNI L., A.; LINDSAY, W.L. 1 BAKER R., 1987 Critical iron level associated with biological control of fusarium wilt. *Phytopathology* 77 : 1057 - 1061.

- 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 Noirmontier aux fusarioses vasculaires. *Agronomie*, 6 : 541 - 548.
- TU, C.C.; CNEN, Y.N. et CNEN, M. 1975. Flax fusarium wilt suppressive soil in Taiwan. *Plant Protection Bul Taiwan*, 17 : 390 - 399.
- WALKER, J.C. & SNYDER, W.C., 1933. Pea wilt and root rots. *wis. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 242, 1) 16.