

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
« HOUARI BOUMEDIENNE » FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES



MEMOIRE  
Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER

EN : SCIENCES DE LA NATURE  
Spécialité : ECOBIOLOGIE ET AMELIORATION VEGETALE

PAR : BESSEDIK FADILA  
Sujet



Soutenu le 09/10/2006, devant le jury composé de :

Mr HACENE H	Professeur	USTHB	Président
Mme KADI HANIFI H	Professeur	USTHB	Dteur de Thèse
Mme RAHMANIA F	Maître de Conférence	USTHB	Examineur
Mr AMRANI S	Chargé de Cours	USTHB	Examineur
Mr RIBA A	Chargé de Cours	U-BOUMERDES	Examineur

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>03</b>
<b>I- EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>05</b>
I.1-BOTANIQUE DU PALMIER DATTIER	05
I.2-REPARTITION DU PALMIER DATTIER	06
I.3-LA FUSARIOSE DU PALMIER DATTIER	07
I.3.1-L'AGENT CAUSAL	07
I.3.1.1- CARACTERES MACROSCOPIQUES	10
I.3.1.2- CARACTERES MICROSCOPIQUES	11
I.3.2-SYMPTOMES DU BAYOUD	12
I.3.2 1- NFECTION DE LA PLANTE	13
I.3.2 2-PROPAGATION AU NIVEAU DE LA PALMERAIE	14
I.3.2 3- PROPAGATION ENTRE PALMERAIE	15
I.4- MOYENS ACTUELS DE LUTTE CONTRE LE BAYOUD	17
I.4.1- MOYENS PROPHYLACTIQUES	17
I.4.2- ERADICATION DES FOYERS DU BAYOUD	18
I.4.3- LUTTE CULTURALE	18
I.4.4- LUTE CHIMIQUE	19
I.4.5- LUTTE GENETIQUE	19
I.4.6- LUTTE BIOLOGIQUE	20
<b>II- METHODOLOGIE</b>	<b>25</b>
II.1- CHOIX DES SITES	25
II.2- ETUDE DES SOLS	26
II.2.1- DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE	26
II.2.2- PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS DE SOL	26
II.2.2.1- PRELEVEMENT	26
II.2.2.2-MODE D'ECHANTILLONAGE	26
II.2.3- ANALYSE PHYSICO CHIMIQUE	27
II.3- ETUDE MICROBIOLOGIQUE	28
II.3.1- NUMERATION DES PRINCIPAUX GROUPES MICROBIENS	28
II.3.2- RECHERCHE DE BACTERIES ANTAGONISTES DU FOA <i>IN VITRO</i>	28

II.3.2.1 - CHOIX DES ISOLATS BACTERIENS	28
II.3.2.2- TEST D'ANTIBIOSE	29
II.3.3- IDENTIFICATION DES ISOLATS	30
II.3.3.1- CHOIX DES ISOLATS	30
II.3.3. 2- DETERMINATION DU GENRE	30
I.3.3. 4- TRAITEMENT NUMERIQUE DES ISOLATS	31
<b>III- RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>32</b>
<b>III.1- CARACTERISTIQUES PHYSICO CHIMIQUES DES SOLS</b>	<b>32</b>
<b>III.2- ETUDE MICROBIOLOGIQUE</b>	<b>38</b>
III 2-1 NUMERATION DES PRINCIPAUX GROUPES MICROBIENS	38
III 2-2 DISTRIBUTION VERTICALE DE LA MICROFLORE AU NIVEAU DES DEUX PARCELLES	41
III 2-3 RECHERCHE DE BACTERIES ANTAGONISTES DU FOA <i>IN VITRO</i>	44
III.2-4 CARACTERISATION PHENOTYPIQUE DES ISOLATS	51
III 2-5 TRAITEMENT NUMERIQUE DES ISOLATS	56
<b>CONCLUSION</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>76</b>

### INTRODUCTION GENERALE

Le palmier dattier est d'une importance vitale pour les zones arides du Sahara, il constitue le pilier de l'agriculture saharienne. Malheureusement la culture de cet arbre se trouve menacée par une maladie grave, appelée « Bayoud ». Cette maladie est causée par un mycète : *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* se trouvant dans le sol. Le Bayoud constitue un véritable fléau des palmeraies Nord Africaines, il se trouve actuellement dans un front allant de Ghardaia à Metlili et menace les palmeraies du Sud-Est productrices de la variété Deglet Nour destinée à l'exportation.

Plusieurs auteurs ont montré l'importance des antibiotiques des bactéries dans la limitation de la gravité des maladies d'origine tellurique (Chader et Hacene, 1990; Sneh *et al*, 1984 ; Weller et Cook, 1986). Le sol qui héberge le parasite est une biocénose ou vivent d'autres microorganismes dont la confrontation entre eux et avec le pathogène est inévitable. Des microorganismes peuvent être antagonistes à l'action des pathogènes. L'antagonisme se traduit par une antibiose, par une compétition trophique ou encore par une élimination physique (lyse, hyperparasitisme). L'utilisation de microorganismes antagonistes du pathogène pour lutter contre les maladies d'origine tellurique nécessite des études écologiques préalables. En effet, afin de prévoir une lutte biologique, l'inoculum de microorganismes antagonistes doit être adapté aux conditions du sol renfermant le pathogène (Cook, 1993 ; Weller, 1988). Plusieurs microorganismes sont employés dans plusieurs travaux de recherche dans le monde (Hervas *et al*, 1998 ; Robert *et al*, 1998).

Des travaux axés sur l'étude pédologique et microbiologique des sols des palmeraies Algériennes ont révélé que ces derniers sont pour la plupart sableux et à pH basique, ils peuvent être non salés ou au contraire très salés suivant les régions. La salinité est l'un des facteurs majeurs régissant la distribution des microorganismes (Amir et Amir, 1988 ; Amir, 1991; Sabaou, 1988) y compris celle du pathogène (Riba, 1992).

## INTRODUCTION GENERALE

---

Par ailleurs, la microflore tellurique et d'autres paramètres pédologiques jouent un rôle dans le déterminisme de la réceptivité des sols de quelques palmeraies au Bayoud. Dans le cas du sol de Beni Abbés, la résistance est due à la fois à un antagonisme global mettant en jeu l'ensemble de la microflore tellurique, et à un antagonisme spécifique due aux *Fusarium* autochtones non pathogènes, en plus de la salinité qui influence le bon développement du pathogène, permettant ainsi une meilleure action des antagonistes (Amir, 1991).

Le travail que nous proposons est une autre contribution pour développer et approfondir les connaissances en écologie microbienne des sols des palmeraies, tenant compte des différents facteurs biotiques et abiotiques, afin d'entrevoir et d'ouvrir les perspectives de lutte biologique contre ce fléau qui menace la phoeniciculture.

Le travail rapporté dans ce mémoire concerne dans un premier temps la description des facteurs physico chimiques des sols étudiés, et l'évaluation des différents groupes de microorganismes, afin de définir le ou les facteurs intervenant dans l'expression de la maladie.

Dans une deuxième partie nous nous proposons d'isoler des bactéries ayant un pouvoir inhibiteur *in vitro* vis-à-vis du parasite, et de les caractériser afin de définir leur mode d'action.

## I. EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

Le palmier dattier est Originaire d'Afrique du Nord. Il est abondamment cultivé de l'Arabie au Golfe Persique, où il forme la végétation caractéristique des oasis. Il constitue le pivot de l'écosystème oasien des régions Sahariennes et pré Sahariennes. En effet, le plus souvent le palmier dattier est l'axe principal de la structure d'une oasis, autour de laquelle gravite un ensemble d'autres espèces arboricoles, légumières et fourragères, il constitue la principale culture de rente dans les palmerais Nord Africaine.

### I.1- BOTANIQUE DU PALMIER DATTIER

Le palmier dattier *Phoenix dactylifera* L (d'Après LINNE, 1737), est une plante monocotylédone dioïque, de la famille des palmacées, sous famille des coryphinées dans la classification de Martus et Blum (Munier, 1973).

Le palmier dattier étant dioïque le pollen est apporté de l'arbre mâle sur les inflorescences des palmiers femelles. Selon Bounaga (1985), les semis donnent naissance à des populations d'individus qui ne présentent pas les mêmes caractères que l'arbre femelle dont ils sont issus. Les palmiers femelles qui sont les seuls à assurer la production de fruits sont multipliés végétativement par les rejets. Ces derniers permettent de nommer les variétés.

Le système racinaire du palmier dattier est de type fasciculé avec un maximum de racines entre 40 et 100cm mais celles-ci peuvent être plus profondes. Ce système racinaire est représenté par quatre zones :

- Zone à racines respiratoires,
- Zone à racines de nutrition,
- Zone à racines d'absorption,
- Et une dernière zone qui peut se confondre avec la troisième, et dont l'importance est fonction de la profondeur de la nappe phréatique.

La distribution spatiale et l'importance de ce système racinaire dépendent des caractéristiques agronomiques du sol, du mode de culture, de la profondeur de la nappe phréatique et du cultivar.

### I.2- REPARTITION DU PALMIER DATTIER

Que se soit du côté social, agronomique ou économique, le palmier dattier est d'une importance vitale pour les régions Sahariennes. En effet, la phoeniciculture par son adaptation sur le plan agronomique, occupe une grande place dans l'agriculture oasisienne. Elle constitue la principale ressource des 2.2 millions d'habitants des régions Sahariennes d'Algérie, qui s'étendent sur près de deux millions de kilomètres carrés au Sud des Atlas Sahariens. La culture de la datte est pratiquée au niveau de 17 Wilayas, sur une superficie de 95018 ha. Sur le plan de la répartition géographique, 84,7% des superficies des Wilayas d'El Oued, Biskra, Adrar et Ouargla sont occupées par le palmier dattier. La variété « Dèglet Nour » occupe la première place et représente 53,9% de la production des dattes. La production moyenne de la période (1999/2002) est de l'ordre de 1,6 million de quintaux, (MADR, 2003).

Il est cultivé comme arbre fruitier dans les régions arides et semi arides chaudes. Les principales régions Algériennes productrices de dattes (figure 1) sont : Bechar, Beni Ounif, Vallée de la Saoura, Touat, Gourara, Tidikelt, El Golea, M'zab, Zibann, Oued Rhir, Ouargla et Souf (Munier, 1973).

Du point de vue des variétés, on distingue une prédominance de la «Deglet Nour» dans les zones Sud Est du pays (Zibans, Oued Souf, Oued Ghir), une présence marquée du type «Ghars» dans la cuvette de Ouargla, et des espèces très diverses de palmiers (Degoull) de faible valeur marchande dans le Sud-Ouest.

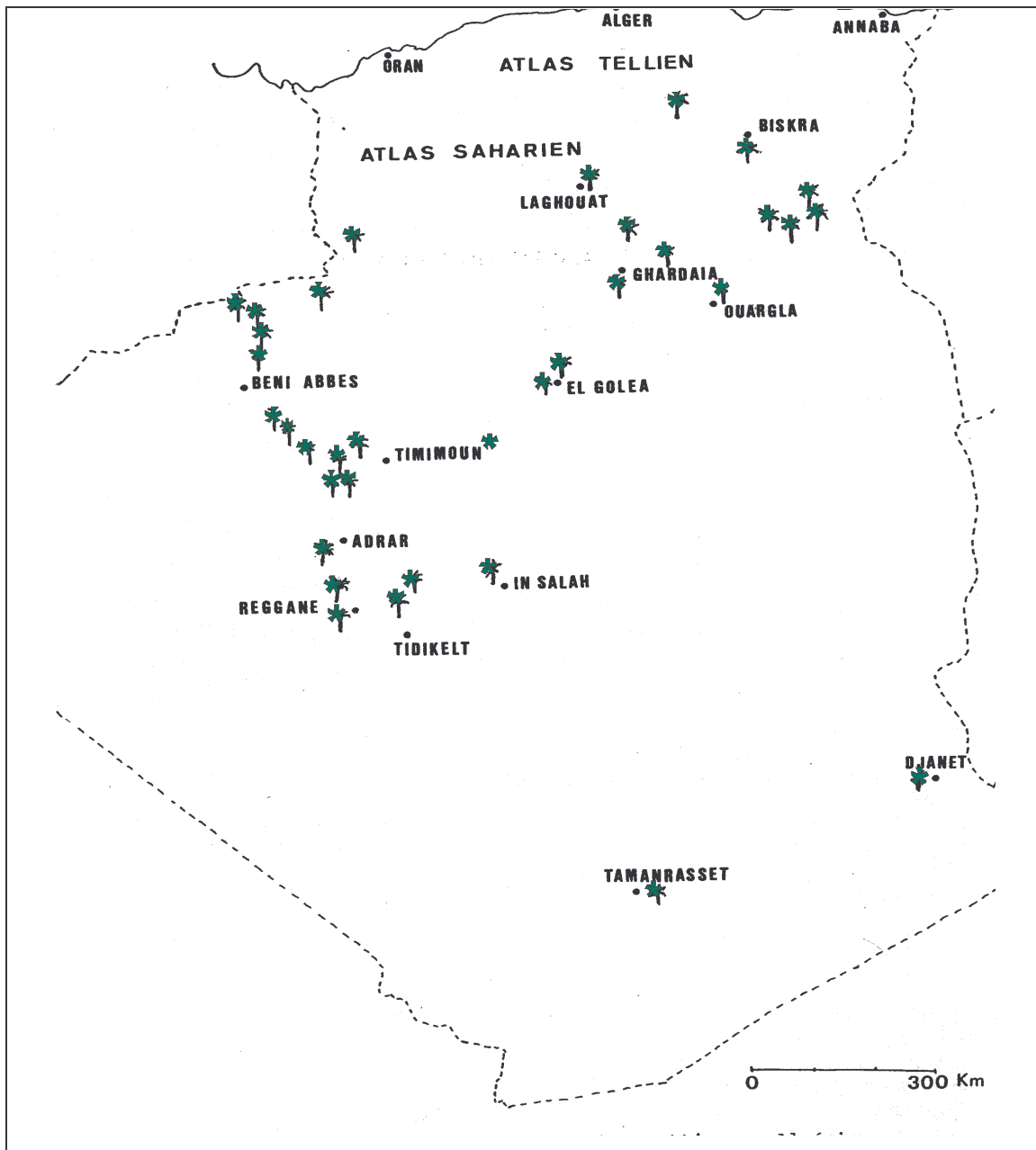


Figure 1 : Distribution du palmier dattier en Algérie, (Hannachi *et al*, 1998).

### I.3- LA FUSARIOSE DU PALMIER DATTIER

#### I.3.1 –L’AGENT CAUSAL

Le Bayoud est probablement apparu en 1887 dans la vallée de Draa au Maroc. Les premiers travaux sur le Bayoud sont réalisés par Foex et Vayssiere en 1919, (in Amir, 1981). Ils émettent l’hypothèse selon laquelle la maladie est d’origine physiologique, roablement provoquée par un excès de calcaire dans le sol. En 1921 Sergent et

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Beguet, isolent un champignon microscopique à partir d'échantillons issus de palmiers malades. Ce champignon est isolé de nouveau par Killian et Maire en 1930 qui lui donnent le nom de *Cylindrophora*. Ils émettent l'hypothèse expliquant que sa pénétration se fait par des blessures au niveau des palmes. Plus tard, Malencon (1934) rattache ce champignon au *Fusarium oxysporum* (Schlecht), (in Bounaga, 1985). En 1965 Gordon le classera dans les « formae speciales » des *Fusarium oxysporum* formae specialis *albedinis* (Killian et Maire) Gordon, nomenclature actuellement admise (In Bounaga, 1985). Il a donc fallu environ 40ans après l'apparition du Bayoud (1877-1934) pour identifier l'agent causal. Ce champignon microscopique fait partie de la microflore du sol. Il appartient au groupe des champignons imparfaits, à l'ordre des Monides, et à la famille des tuberculariacées.

La luzerne et le henné sont des porteurs sains de l'agent du Bayoud. Ce dernier, a montré des aptitudes à coloniser ces deux plantes, sans manifester les symptômes de la maladie. Cette phase de colonisation saprophytique permet à ce mycète de survivre dans les conditions naturelles (Smith Nash et Synder, 1975).

Contrairement aux autres formes spéciales, dont le pouvoir pathogène de souches qualifiées de races physiologiques ou de pathotypes est variable vis à vis de différentes variétés appartenant à une même espèce végétale, (Gordon et Martyn, 1997). Il n'existe actuellement aucune race physiologique reconnue chez *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*. Différentes analyses (compatibilité végétative, RAPD, RFLP) ont été conduites sur un large échantillon d'isolats de *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* provenant d'une vingtaine de palmeraies Algériennes et Marocaines, ont montré que par rapport aux autres formes spéciales de *Fusarium oxysporum*, les populations de *Foa* présentent une remarquable homogénéité génétique, Fernandez et al, 1997.

La croissance du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* débute au dessus de 7°C, elle est faible jusqu'à 12°C et optimale entre 21 et 27°C et s'arrête à 37°C (Djerbi; 1988). Selon

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Ross (1960) cité par Bounaga (1985) le sol de palmeraies dont les températures varient entre 9° et 28°C, constitue un milieu favorable pour la conservation et la survie du champignon.

Au pH voisin de 5, la croissance du champignon pathogène (*Foa*) est favorisée. Les parois des cellules de la plante hôte, riches en acides uroniques, constitueraient un milieu favorable à son développement.

Bounaga (1985), en étudiant la croissance du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* sur différentes sources de carbone a montré que le champignon est plus apte à utiliser les monomères que les polymères glucidiques, et qu'un dérivé de la lignine semble être un inhibiteur de la croissance du champignon.

Enfin, de nombreux résultats de travaux des chercheurs ont montré que les *Fusarium* pathogènes préfèrent l'azote organique à l'azote minéral (Bounaga, 1985).

La sporulation est stimulée par un faible éclairage, et pour la majorité des espèces *Fusaria*, une exposition à la lumière est nécessaire pour la formation de leurs pigments.

Le champignon se trouve dans le sol des palmeraies infestées à plus d'un mètre de profondeur. Il peut s'y multiplier et s'y conserver pendant plusieurs années en l'absence du palmier dattier.

Le parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, aurait dans le sol le même statut écologique qu'un saprophyte, il est soumis comme les autres germes telluriques à un ensemble d'interactions microbiennes qui déterminent sa prolifération ou, au contraire sa raréfaction. L'importance de ces interactions dans le traitement des maladies des végétaux n'est plus à démontrer (Baker et Cook, 1974 ; Louvet *et al*, 1976). Après la mort du palmier, le mycète poursuit sa multiplication, et forme de nombreuses chlamydospores dans les cellules du sclérenchyme, (Bulit *et al*, 1967 ; Louvet, 1977).

I.3.1.1- CARACTERES MACROSCOPIQUES

Les cultures pures de *Foa* sont obtenues généralement à partir de fragments de rachis de palmes montrant des symptômes vasculaires (coloration brune).

En culture *in vitro*, les souches de *Foa* présentent des types morphologiques variées, dues aux mutations.

La forme sauvage du parasite se caractérise par un tapis mycélien frisé au sein duquel se forme de petites sporodochies rose saumon, (figure 2). Des sclérotes de couleur bleue à noire naissent parfois sur le milieu, et sont disséminés dans le mycélium ou parfois groupés, et ont 1 à 3 mm de diamètre (Bounaga, 1985 ; Djerbi, 1988).



Figure 2 : Forme macroscopique du champignon (type sauvage). Djerbi, 1988

A la lumière, le mycélium est généralement rose saumon pâle. A l'obscurité il prend des teintes violacées. Les sclérotes se forment chez les cultures âgées.

### I.3.1.2- CARACTERES MICROSCOPIQUES

Le mycélium est hyalin, cloisonné et ramifié. Lorsque celui-ci est jeune, il est fin et régulier. Dans les cultures âgées, il se forme des hyphes inter-hyphales.

Le *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* présente trois formes de spores :

- Des macroconidies : courbées, cloisonnées, typique du genre,
- des microconidies : ovales qui peuvent avoir parfois des cloisons,
- et des chlamydospores : sphéroïdes à double cloison, qui se présentent solitaires en formant de courtes chaînes terminales ou intercalaires dans le mycélium, ou dans la macroconidie (figure 3).

La reproduction asexuée se réalise par des microphialides et des macrophialides qui produisent respectivement des microconidies et des macroconidies en donnant naissance à de nouvelles souches. Celles ci mènent une vie saprophytique leur permettant de coloniser la rhizosphère et une phase parasitaire qui se produit au dépend de la plante hôte; (Djerbi, 1988 ; Cherrab, 1989).

Enfin, le *Fusarium* est un champignon imparfait. La reproduction sexuée demeure jusque là inconnue. Le thalle se multiplie uniquement par voie végétative (Alexopolus, 1962 in kemmache *et al*, 1995).

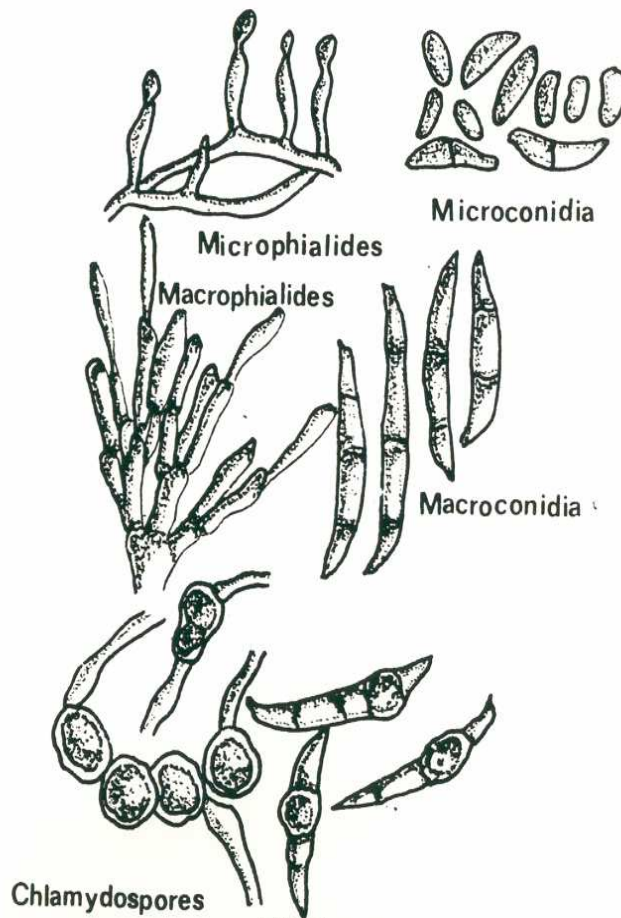


Figure3 : Forme microscopique du champignon, Djerbi (1988).

### I.3.2 – SYMPTOMES DU BAYOUD

Les premiers symptômes externes du Bayoud se manifestent par le dessèchement d'une ou plusieurs feuilles de la couronne moyenne. Le dessèchement est très caractéristique : les folioles d'un côté se dessèchent l'une après l'autre de bas en haut en se repliant sur le rachis et prennent une teinte blanchâtre, Puis le dessèchement gagne les folioles du côté opposé, (figure 4). Une nécrose longitudinale brune, parcourt la nervure principale de la palme. A un stade avancé de la maladie, les palmes voisines atteintes manifestent le même type de symptômes.

Plus tard, l'attaque gagne enfin l'ensemble du bouquet foliaire et l'arbre dépérit et meurt. Il arrive que le bouquet central d'un arbre atteint, reste vert pendant plusieurs années et l'arbre continue de produire des dattes.

Le cheminement du parasite dans les tissus vasculaires provoque une coloration brun rougeâtre ou moutarde.



Figure4 : Symptôme du Bayoud sur les palmes (originale)

### I.3.2 1- INFECTION DE LA PLANTE

Entraîné par le courant de la sève, le champignon monte dans le stipe à travers les vaisseaux jusqu'au bourgeon apical qu'il envahit peu à peu ainsi que les palmes. Les pointes racinaires constituent des sites d'infection idéaux. Belarbi (1986) a observé chez le palmier dattier la présence de manchons blanchâtres au départ des racines secondaires, qui sont des pneumatodes. Ce sont des voies de pénétration idéale pour le pathogène qui y trouve une structure ouverte.

Chez le cultivar résistant l'infection a aussi lieu, mais celui-ci induit une réaction de défense, empêchant la pathogène de pénétrer.

Lors de l'infection, l'agent pathogène secrète des substances toxiques capable d'assimiler les composants des parois vasculaires, il s'agit d'enzymes pectinolytiques et cellulolytiques (Bounaga, 1975). Les travaux de Rahmania (2000), ont montré qu'en

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

présence du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*, la lignification s'accroît. Après sa pénétration le pathogène se retrouve dans les assises corticales sous l'action de différentes enzymes pectinolytiques et cellulolytiques. Les spores contaminatrices atteignent le xylème en un temps réduit, mais les symptômes externes n'apparaissent que trois semaines au plus tôt après l'inoculation. Les mêmes travaux ont montré que sur le plan histologique, l'ensemble des tissus est altéré, en raison de l'accumulation progressive des composés phénoliques, s'étendant verticalement et latéralement. Les faisceaux criblo - vasculaires subissent de sévères perturbations. En effet, il se produit une lignification du phloème, et dans le xylème une modification du complexe lignifiant des parois vasculaires ainsi que l'occlusion des éléments conducteurs de ce tissu par des thylls et par des pelletons d'hyphes, ceci contribuerait à l'occlusion des vaisseaux et donc l'expression plus rapide des symptômes. Au niveau cellulaire, les différents compartiments sont altérés. Le plasmalemme se décolle souvent du cadre pariétal contre lequel il est naturellement plaqué. Les mitochondries ainsi que le noyau deviennent lobés. Le chloroplaste, une semaine après l'inoculation il se dilate et les thylacoïdes se séparent du stroma, l'altération s'accroît avec le temps. Trois semaines environ après l'inoculation, la majorité des vaisseaux est obturée par le parasite ou fortement obstruée par les thylls paralysant ainsi le flux normal de la sève.

Lekchiri *et al*, 2005, ont également montré que dans le végétal lorsqu'il est attaqué par le champignon, il se produit la délignification des parois des variétés sensibles, et ont mis également en évidence le rôle des polyphénols, dans le phénomène de résistance du palmier dattier au Bayoud.

### I.3.2 2- PROPAGATION AU NIVEAU DE LA PALMERAIE

La contamination se fait au niveau des racines. Dans une palmeraie, la contamination s'effectue d'arbre en arbre, d'une manière régulière par le contact des racines malades avec les racines saines et d'autant plus rapidement que les irrigations sont

importantes. En effet les périodes de sécheresse et l'absence d'irrigation entraînent une régression de la maladie, par contre dès que les irrigations deviennent importantes et fréquentes, le Bayoud reprend son caractère épidémique grave surtout pour les variétés sensibles.

### I.3.2 3- PROPAGATION ENTRE PALMERAIE

Le Bayoud est probablement apparu pour la première fois au siècle dernier vers 1870 dans la vallée du Draa au Maroc central où la plupart des palmeraies sont contaminées (Malencon, 1934 ; Pereau-Leroy ; 1958 ; Toutain, 1965). La maladie a ensuite progressé vers l'Est et vers l'Ouest atteignant toutes les palmeraies Marocaines et la plus part des oasis occidentales d'Algérie (figure 5), en suivant deux grands axes géographiques : Ouest Sud-Ouest (Bounaga, 1985). Il a été signalé pour la première fois au Nord Ouest du Sahara Algérien, à Béni Ounif en 1898. La maladie a progressé par la suite à Bechar en 1900, Béni Abbès en 1908, Foggaret Ez Zoua en 1910, Fati et Tabalbala en 1912, Adrar en 1923, Taghit en 1932, In Salah en 1941, Metlili en 1950, à Tidikelt, Touat, Chaamba et M'zab en 1966, Ghardaia en 1975, El Golèa en 1977 et enfin en 1979 à quelques Kilomètres - de Timimoun. Arrivé dans le M'Zab en 1966 (Metlili, Ghardaia) le Bayoud est bien proche des palmeraies de plantations presque monovariétales (Dubost et kada, 1975 ; Djerbi, 1982 ; Bounaga, 1985).

Le Bayoud forme actuellement un front allant du M'zab à Metlili, et menace les palmeraies de l'Est constituées essentiellement de Deglet Nour très sensible à la fusariose. Plus de 3 millions de palmiers sont morts, en particulier à Tidikelt, Touat et M'zab (Brochard et Dubost, 1970 ; Dubost et Kada, 1974). Ces dernières années, la maladie a été découverte dans les palmeraies d'Adrar situées au Nord de la Mauritanie (Sedra, 2003).

L'existence de la maladie dans des foyers plus ou moins éloignés du foyer d'origine, et sur de grandes distances, est due essentiellement au transfert des rejets infectés ou encore des fragments de palmiers hébergeant le champignon (Djerbi, 1988).

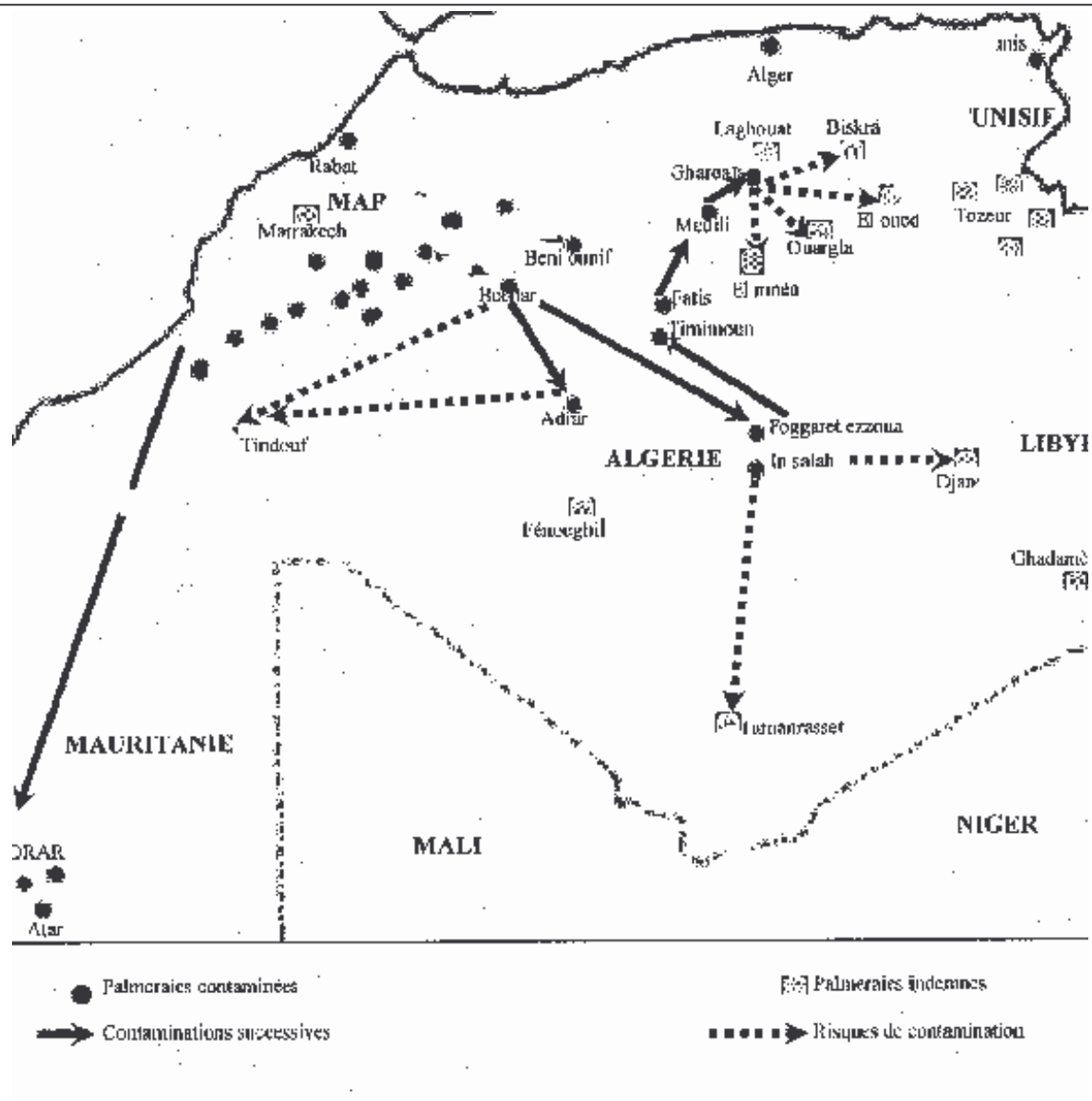


Figure5 : Distribution du Bayoud en Afrique du nord. Tirichine, 2002

En Algérie, plus de trois millions de palmiers sont morts, en particulier à Tidikelt, Touat et Mzab (Brochard et Dubost, 1970 ; Dubost et Kada, 1974). La figure 6 montre l'aspect d'une palmeraie Algérienne (Adrar) qui devient clairsemée après la destruction des cultivars sensibles.



Figure6 : Eradication d'une palmeraie par le Bayoud, (originale).

### I.4- MOYENS ACTUELS DE LUTTE CONTRE LE BAYOUD

#### I.4.1- MOYENS PROPHYLACTIQUES

Il s'agit essentiellement d'empêcher le transport de matériel végétal contaminé d'une palmeraie atteinte à une autre saine. Ce matériel est essentiellement constitué par les rejets, mais il est possible que les bois du palmier, les palmes sèches, le fumier, et la terre qui fait l'objet de transport, soient également vecteurs. Cependant, il est très difficile de contrôler tous les déplacements d'individus et de matériels infectés dans une région aussi vaste que le Sahara.

De telles mesures nécessitent :

- L'établissement d'une police phytosanitaire qualifiée et la présence de textes législatifs permettant la mise en oeuvre des mesures d'application,
- La sensibilisation des phoeniculteurs dans les régions prospectées au risque de dissémination de la maladie,

- Le contrôle continu de la propagation de la fusariose par la mise en jour permanent de la cartographie des foyers de Bayoud, ainsi que la connaissance précise des cultures par jardin (Kellou, 1972; Louvet et Toutain, 1973; Djerbi, 1988).

### I.4.2- ERADICATION DES FOYERS DE BAYOUD

Dans une palmeraie atteinte et après délimitation du foyer avec une marge de sécurité suffisante, les arbres sont arrachés et incinérés sur place, le sol est par la suite traité à la chloropicrine, la zone est ensuite clôturée et reste interdite à la culture pendant une longue période (cette technique est améliorée par l'addition d'un mélange de bromure de méthyle et chloropicrine 50-50%, (Kellou, 1972; Louvet et Toutain, 1973; Nash Smith, 1978; Djerbi, 1988). Cependant, cette méthode d'éradication du Bayoud se heurte à plusieurs problèmes à savoir :

- Il est impossible d'être au courant de la présence de la maladie avant l'apparition des symptômes externes,
- L'arrachage, l'incinération des arbres et le traitement du sol représentent une dépense énorme,
- Il n'y a pas de textes législatifs concernant les modalités d'indemnisation des propriétaires,
- L'emploi de doses élevées de produits stérilisants pour faire disparaître le parasite peut entraîner la destruction des micro organismes utiles comme les bactéries fixant l'azote, les bactéries cellulolytiques...etc., et ce qui est important, les antagonistes au parasite sont tués (Nash-Smith, 1978).

### I.4.3- LUTTE CULTURALE

Elle consiste à placer l'agent pathogène dans de mauvaises conditions, malheureusement, les facteurs favorables à une bonne production du palmier (irrigation, fumure, ...etc.) le sont également pour le parasite.

En effet, une réduction importante des irrigations permet de ralentir le développement du champignon (Djerbi, 1988).

### I.4.4- LUTTE CHIMIQUE

Etant donné que le Bayoud est une maladie vasculaire, ce moyen de lutte fait appel à l'utilisation de fongicides à réaction systémique. Dans cet axe de lutte plusieurs chercheurs ont essayé le traitement chimique. Cependant leur utilisation n'est pas pratique en raison de divers inconvénients :

- Le coût de l'opération est trop élevé pour envisager des traitements préventifs de l'ensemble des organes végétatifs de chaque palmier,
- Le traitement répété des fusarioses vasculaires à l'aide de fongicides systémiques induit souvent l'apparition de souches de parasites résistantes (Tramier et Bettachini, 1974),
- Enfin, en raison de la présence des chlamydospores à de grandes profondeurs et sur de vastes étendues, l'efficacité de cette technique n'est pas garantie. Les propagules du parasite se localisent parfois à plus d'un mètre de profondeur. De plus, l'usage des produits chimiques constitue de plus en plus une préoccupation du public compte tenu des risques importants que ces produits peuvent présenter pour la santé et l'environnement.

### I.4.5- LUTTE GENETIQUE

En vue de reconstituer les palmeraies détruites par le Bayoud la lutte génétique a pour but de sélectionner et de créer de nouvelles variétés résistantes et de bonne qualité dattière par des croisements dirigés (notamment à la station régionale d'Adrar de l'INRAA), ceci entre variétés sensibles et résistantes. En Algérie, il n'existe qu'une seule variété résistante qui est la Takerboucht pour le sud ouest et Akerbouch pour le centre (Kellou et Dubost, 1974).

Les plantules issues de ses graines hybrides subissent une inoculation afin de confirmer leur résistance. Ainsi, plusieurs recherches sont menées, afin de

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

perfectionner la méthode d'infection artificielle pour un tri rapide et commode de l'individu résistant (Sedra, 1994).

Des souches de *Foa* très virulentes et stables (sélectionnées après l'étude de leur biologie et de leur mode d'action sur les plantules) sont utilisées pour les tests d'inoculation, (Tivol *et al*, 1990; Sedra, 1994; Sedra *et al*, 1994). Parallèlement aux croisements dirigés l'intégration de la culture *in vitro* du palmier dattier par l'embryogenèse et l'organogenèse, permet une propagation conforme et rapide des variétés recherchées.

Cette lutte génétique s'est malheureusement heurtée à plusieurs inconvénients à savoir :

- La lenteur de croissance du palmier dattier,
- Les variétés auxquelles appartiennent les palmiers mâles sont inconnues,
- Pour la même variété, la qualité du fruit peut varier avec les conditions pédologiques et climatiques,
- La rareté des variétés résistantes (Toutain et Louvet, 1972),
- L'insuffisance des connaissances actuelles sur la génétique du palmier dattier.

Avec les problèmes cités ci dessus, plusieurs laboratoires dans le monde se sont orientés vers la culture *in vitro* du palmier dattier pour la reconversion des palmeraies menacées, et ont obtenu jusqu'à présent des résultats prometteurs.

### I.4.6- LUTTE BIOLOGIQUE

Le sol qui héberge le pathogène, est un milieu naturel vivant, il conditionne l'infection des racines des plantes et joue un rôle non négligeable dans le développement du parasite. Il constitue un siège d'interactions. Elles peuvent être simultanées, antagonistes ou simplement compétitives (Pochan, 1954). Ces relations entre microorganismes sont utilisées dans la lutte contre les maladies de plantes d'origine tellurique. En effet les agents phytopathogènes telluriques possèdent généralement un cycle comprenant une phase saprophytique se déroulant dans le sol. Au cours de cette phase, les interactions avec la microflore vont conditionner à la

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

fois la survie et l'expression des capacités infectieuses du parasite. L'étude de ces interactions permet de mieux envisager une stratégie de lutte biologique.

L'antagonisme microbien fait appel à trois types de mécanismes : l'antibiose, le parasitisme et la compétition (Garret, 1965).

- L'antibiose : Il s'applique à l'antagonisme exercé par l'intermédiaire de substances toxiques produites par un microorganisme et qui, libérées dans le milieu, inhibent le développement d'un autre microorganisme, Dommergues et Mangenot, 1970. L'antibiotique 2,4 Diacétylphloroglucinol (DAPG) a été détecté comme mode d'action antagoniste (De Sousa *et al*; 2000).
- Parasitisme : Des champignons peuvent être parasités par d'autres champignons. Ce parasitisme peut s'exercer par des actions mécaniques, biochimiques ou les deux à la fois (Mangenot et Diem, 1979).
- Compétition : Elle peut être de nature nutritive. Dans ce cas elle se manifeste quand un élément indispensable au développement du parasite est présent en quantité limitée. Dans le cas du carbone, l'apport de glucose dans les sols réduit la fongistase, et permet la croissance saprophyte des *Fusarium oxysporum* pathogènes, ce qui engendre l'infection des racines, (Alabouvette *et al*, 1985; Lemanceau *et al*, 1988). Par ailleurs, l'augmentation de la concentration en fer disponible pour le pathogène par l'apport de FeEDTA s'accompagne d'une augmentation de l'intensité de la maladie alors que la réduction de la concentration en fer disponible par l'introduction de FeEDDHA conduit à une augmentation de la résistance du sol, Lemanceau (1992), Lemanceau (1993) et Duijff *et al* (1998).

La compétition peut être également de nature spatiale, Lorsque un micro habitat tellurique est très riche en substrat nutritif.

Enfin, outre les mécanismes d'antibiose et de compétition trophique, de nombreux microorganismes ont la capacité d'induction systémique d'une résistance (ISR) chez la plante en lui assurant une protection (Duijff *et al*, 1998 ; Silva *et al*, 2003), il s'agit dans ce cas d'un antagonisme indirect.

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

En réponse à une infection, la plante fait appel à de nombreuses enzymes notamment la peroxydase phénylalanine ammonia lyase, 1-3 glucanase et les chitinases. La souche non pathogène *Fusarium oxysporum* Fo47 induit la résistance chez la tomate, par l'augmentation de l'activité de la chitinase, de la b-1,3-glucanase et de la b-1,4-glucosidase, Fuchs *et al*, 1997.

En plus des paramètres biotiques, et dans le cas d'une maladie d'origine tellurique, la plante est également soumise à l'influence de la qualité du sol (caractères physico-chimiques). Ces deux paramètres sont en relation directe sur l'expression de la maladie des plantes.

Des observations très anciennes (Atkinson, 1892. Reinking et Manns., 1893. in Alabouvette *et al*. 1996) ont montré la relation du type du sol sur la gravité de la maladie. Au niveau des sols sableux la fusariose est plus sévère qu'au niveau des sols argileux.

Les travaux de Baker et Cook (1974), et de Huber et Schneider (1982), ont permis de définir deux types de sols : des sols résistants et des sols sensibles.

Ces phénomènes de résistance de sol aux maladies des plantes, provoquées par des pathogènes d'origine tellurique, ont été décrits dans plusieurs pays du monde, (Smith et Snyder, 1971 ; Louvet *et al*, 1976 ; Scher et Baker, 1982; Tamietti et Alabouvette, 1986 ; Simeoni *et al*, 1987).

Il existe des sols dans lesquels, certaines maladies infectieuses des plantes ne peuvent pas se manifester malgré la présence du parasite (au laboratoire même à des doses élevées d'inoculum), ils sont qualifiés de sols résistants. Contrairement à ces derniers, les sols sensibles sont ceux dans les quels le parasite produit des dégâts sur les plantes (Louvet *et al*, 1976; Alabouvette *et al*, 1982). Ainsi, la capacité d'accueil d'un sol au parasite (ou réceptivité d'un sol), est son aptitude à permettre plus au moins l'installation de l'agent phytopathogène.

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

La microflore tellurique joue un rôle prépondérant dans les mécanismes de résistance de sols aux maladies. Cette résistance est liée à l'activité de la fraction de la microflore antagoniste. Les trois types de mécanismes de l'antagonisme sus cités (l'antibiose, la compétition ou encore le parasitisme), ont été rapportés depuis plusieurs années par de nombreux auteurs, (Lockwood, 1964; Homma *et al*, 1979; Liu et Baker, 1980; Chet et Baker, 1981; Schneider, 1982; Elad et Baker, 1985; Rouxel *et al*, 1991).

L'exemple des sols de la région de Châteaurenard, qui présentent une résistance naturelle à la fusariose vasculaire du melon, a fait l'objet de plusieurs travaux. En effet, Louvet *et al*, 1976 et Scher et Baker, 1980, en étudiant la nature de la résistance de ces sols, ont montré que leur infection artificielle avec le *Fo f sp melonis*, ne modifie pas son caractère de résistance et la culture de plantes sensibles y demeure indemne de fusariose. Dans le même travail, ils ont confirmé que cette résistance n'est pas liée aux conditions climatiques ou culturales, mais elle dépend des phénomènes microbiologiques qui se déroulent dans le sol lui-même. Elle est supprimée par différents traitements biocides et peut être transmise à un sol sensible préalablement traité à la chaleur. Cette résistance est le fait de la flore fongique (Rouxel *et al*, 1977).

Rouxel *et al*. (1979), ont mis en évidence l'existence de propriétés fongistatiques particulières au niveau de ces sols, lesquelles sont à l'origine de leur résistance. Ce sont les champignons non pathogènes à écologie semblable à celle du parasite (flore fusarienne) et plus précisément les *F oxysporum* et les *F solani* qui sont responsables de la fongistase, en inhibant la germination des chlamydospores des formes parasites. Introduites en sol vierge (préalablement désinfecté à la chaleur), elles reproduisent en grande partie l'effet résistant (suppressif).

Le même cas est observé pour trois types de sols provenant d'Italie du nord, Tamietti et Pramotton (1990).

## EXPOSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les travaux portant sur le Bayoud concernant l'aspect microbiologique, ont été déjà abordés (Ali haimoud *et al*, 1979 ; Sabaou *et al*, 1980, 1981, 1983, Amir et Sabaou, 1983, Amir *et al*, 1985 ; Amir, 1991, Riba, 1992). Ces travaux ont permis d'isoler des microorganismes antagonistes, et de mettre en évidence le rôle de la microflore dans le déterminisme de la résistance de sols des palmeraies au Bayoud, en particulier les populations fusariennes. D'une autre part, ces travaux ont montré l'influence des paramètres physico chimique de sols dans la résistance, en particulier les éléments fins et la salinité.

D'autres travaux portant sur la microflore rhizosphérique ont été réalisés, et ont montré que les racines de cultivars sensibles et ou résistants exercent un effet rhizosphérique positif, (Bennaceur, 1981; Lamari, 1992; Moustiri, 1992).

Au terme de cet aperçu bibliographique, et en poursuite des travaux de recherche portant sur la lutte contre la fusariose vasculaire du palmier dattier, la recherche d'un moyen de lutte biologique, pourrait s'inscrire dans un programme d'une lutte intégrée comprenant les différentes mesures, afin de protéger cette ressource indispensable pour le maintien de l'écosystème oasien.

## II.METHODOLOGIE

### II.1- CHOIX DES SITES

Le site d'étude est la région de Touât de la wilaya d'Adrar (sud ouest d'Algérie). Il s'agit d'une zone se situant dans l'étage bioclimatique saharien à pluviosité faible et à saison chaude dominante, les amplitudes thermiques entre le milieu de la journée et la fin de la nuit étant importantes. La phoeniciculture est de type traditionnelle au niveau d'Adrar, l'irrigation se pratique à partir des foggaras. Le drainage se fait par fossé à ciel ouvert, dont la réalisation a été facilitée par la présence d'une pente en direction de la sebkha.

Suite à une pré enquête au niveau des palmeraies d'Adrar, deux parcelles d'une palmeraie de la commune de Timi (région de Touât) ont été choisies. Le choix du site est basé sur les critères suivants :

- Les deux parcelles ne sont séparées que par une seguia. Une parcelle est contaminée, et l'autre indemne,
- Le Bayoud existe depuis 1970,
- Les deux parcelles ont le même éventail variétal,
- Les techniques culturales sont les mêmes.

Le choix des deux parcelles, une contaminée et l'autre non contaminée, nous permettra en déterminant leurs facteurs biotiques et abiotiques de connaître éventuellement la capacité d'accueil du sol au parasite.

Pour cela nous nous proposons d'étudier les facteurs édaphiques et biologiques c'est à dire l'environnement sol avec sa microflore.

---

## II.2- ETUDE DES SOLS

### II.2.1- DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE

Du point de vue agronomique, dans l'ensemble les deux parcelles, sont moyennement entretenus. Ils sont cultivés principalement en blé dur et orge en plus des cultures maraîchères. Les techniques culturales appliquées sont l'irrigation par seguia, l'apport de fumure, pour les cultures annuelles et l'apport d'argile.

- La parcelle bayoudée : Le Bayoud existe depuis 1970, son sol est à apparence limoneux au niveau de la couche superficielle. L'irrigation est pratiquée grâce aux foggaras par seguia par terre, le débit est très faible en été, et moyen en hiver. Le sel n'affleure pas en surface, l'eau est douce et le drainage est naturel. Cultivé essentiellement en céréales (blé et orge). Le nombre de palmiers cultivés est de 100, essentiellement les variétés Tagaza, Takarboucht, et la Telemssou. Du fumier et des engrais chimiques sont appliqués pour les cultures annuelles.
- La parcelle indemne : La couche superficielle du sol apparaît sablo limoneuse. L'irrigation se pratique également par seguia en terre, et dont le débit est de un jour par deux en été, et un jour par semaine en hiver. Le nombre de palmiers est de 96, dont les variétés sont les mêmes que la parcelle indemne.

### II.2.2- PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS DE SOL

#### II.2.2.1- PRELEVEMENT

Les prélèvements de sol sont réalisés en mois d'avril, au niveau des 02 parcelles. Ils sont réalisés à environ 1 mètre d'un pied de Tagaza (sensible à la fusariose).

Avant l'échantillonnage nous avons procédé à une sortie de reconnaissance sur le terrain, et nous avons pris connaissance de son degré de complexité, les observations ont été effectuées à la tarière pédologique. Des sondages tout les 20 mètres ont été réalisés, en suivant les diagonales de chaque parcelle de un demi hectare environ de

superficie. Pour les deux parcelles aucune différence n'a été constatée, c'est une seule unité de sol, (homogène, pas d'horizons différenciés).

### II.2.2.2-MODE D' ECHANTILLONNAGE

Cinq échantillons de sol sont prélevés le long de la diagonale de chaque parcelle, et ont fait l'objet de notre étude (Tableau I). Ils sont prélevés de manière aseptique à 40cm de profondeur. Pour chaque parcelle un prélèvement à 70cm et à 1mètre est réalisé, afin d'étudier la distribution verticale de la microflore.

**Tableau 1 : Lieu des prélèvements**

<i>Commune</i>	<i>Parcelle</i>	<i>Nbr échantillon</i>	<i>Code échantillon</i>	
Timi (Ksar M'louka)	Non Bayoudée	5	S1	
			S2	
			S3	
			S4	
			S5	
	Bayoudée	5	2	S1-H70
				S1-H100
				S6
				S7
				S8
	Bayoudée	5	S9	
			S10	
			2	S10-H70
				S10-H100

### II.2.3- ANALYSE PHYSICO CHIMIQUE

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées par le laboratoire de pédologie de l'INRAA. Il s'agit de la granulométrie (pipette de Robinson), du pH eau, de la conductivité électrique (extrait de pâte diluée au 1/10), du pourcentage du carbone

organique (méthode Anne), d'azote totale (méthode Kjeldhal), de la matière organique, du phosphore soluble (méthode Olsen), et du taux du calcaire total.

## II.3- ETUDE MICROBIOLOGIQUE

### II.3.1- NUMERATION DES PRINCIPAUX GROUPES MICROBIENS

La densité de la microflore est estimée par la méthode de suspension dilution de sol (Pochon, 1954) et étalement sur les milieux de culture solide. Nous avons utilisé quatre milieux de culture sélectifs :

- Le milieu PYA (peptone, yeast extract, agar) additionné d'actidione, pour le comptage de bactéries,
- Le milieu PDA (patato dextrose agar) additionné de streptomycine, pour le dénombrement des champignons,
- Le milieu PDA additionné de streptomycine et de PCNB (Pentachloronitrobenzen), pour le dénombrement des *Fusarium oxysporum* et *solani*. (Rouxel et Bouhot, 1971),
- Le milieu à base de chitine additionné d'actidione pour le dénombrement des actinomycètes.

Pour chaque dilution 3 répétitions sont prévues. Les résultats du dénombrement sont exprimés en nombre d'unités formant des colonies (colony forming unit « cfu ») traduisant le nombre de propagules par g de sol.

### II.3.2- RECHERCHE DE BACTERIES ANTAGONISTES DU FOA IN VITRO

#### II.3.2.1 - CHOIX DES ISOLATS BACTERIENS

A partir des boîtes utilisées pour la numération des bactéries, nous avons choisi les isolats. Le nombre d'isolats prélevés est fonction du nombre de colonies semblables entre elles. Ils ont fait l'objet de purification, et sont ensuite conservées en tubes inclinés à 4°C, pour d'autres tests.

### II.3.2.2- TEST D'ANTIBIOSE

L'effet antifongique de nos souches a été étudié sur milieu gélosé, en boîte de Pétri. La technique utilisée est inspirée de celle des cultures opposées.

En vue de choisir une meilleure technique de confrontation, des tests préliminaires sont réalisés, avant de commencer les tests. Nous avons eu à choisir :

1- Entre trois dispositifs de confrontation : Méthode de disque gélosé, méthode de papier filtre, et méthode de suspension liquide dans des trous sur le milieu gélosée.

2- Entre les paramètres suivants :

- Le temps d'incubation des isolats bactériens (24 h, 48 h, 72 h, et 4 jours), et de la souche *Foa* (48 h, 72 h, et 4 jours).
- Deux milieux de culture différents, Coon et PDA.

#### II.3.2.2.A- EVALUATION DU TAUX D'INHIBITION

Pour évaluer le taux d'inhibition de nos isolats, par conséquent l'effet antagoniste vis à vis du *Foa*. Nous avons utilisé la formule suivante : *Taux de croissance (TC)=R2/R1x100*, dont :

R1 : Rayon de croissance du *Foa* vers le bord de la boîte de Pétri (1,2cm).

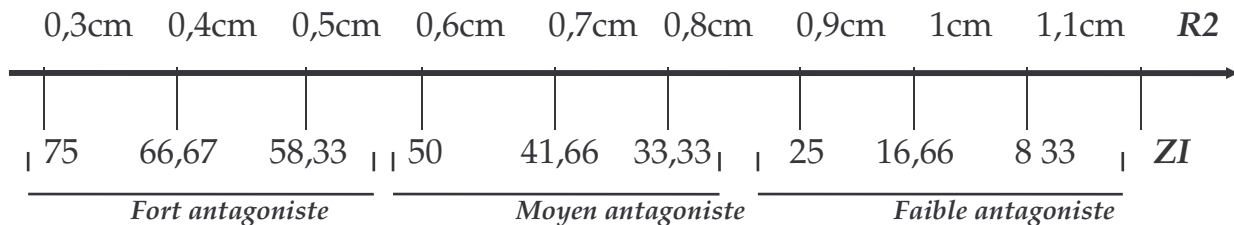
R2 : Rayon de croissance du *Foa*, du côté opposé à la bactérie testée.

A partir du taux de croissance (TC) on déduit la zone d'inhibition (ZH) :

**ZH= 100-TC.**

## METHODOLGIE

Les bactéries antagonistes sont classées selon leur zone d'inhibition définie ci dessus, et suivant l'échelle suivante :



### II.3.2.2.B - SOUCHE DE *FUSARIUM F.SP ALBEDINIS*

La souche agressive utilisée pour notre étude, provient de la collection des souches sélectionnées dans le cadre d'un projet de recherche de l'INRAA MERS I «Evaluation de la résistance des cultivars sélectionnés de palmier dattier vis-à-vis du *Foa* ».

### II.3.3- IDENTIFICATION DES ISOLATS

L'identification des souches isolées a été basée sur l'étude de leurs caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques.

#### II.3.3. 1- CHOIX DES ISOLATS

Cinquante cinq isolats bactériens ont été choisis pour la caractérisation. Nous avons opté pour les isolats ayant montrés une forte activité antagoniste, et ceux ayant montré une inhibition moyenne et ou faible vis-à-vis du *Foa*, mais bien représentées.

#### II.3.3. 2- DETERMINATION DU GENRE

Pour la caractérisation phénotypique détermination du genre nous avons tenu compte de la coloration de GRAM, de la mobilité, du type respiratoire, de la présence ou non de la spore, de la production de la catalase, ainsi que de la forme cellulaire.

Pour les bactéries du genre *Bacillus*, les cellules fixées sur lame, sont colorées avec de la fuschine de manière à noter la présence ou non de granules cytoplasmiques (inclusions de poly bêta hydroxybutyrate) non imprégnés par ce colorant. Sur les mêmes lames nous avons également déterminé la forme des endospores, leur position et leur déformance.

Nous avons également effectué :

1. Des tests de dégradations des substrats carbonés : Glucose, Mannose, lactose, Xylose, Rhamnose, Arabinose, Amidon, Salicine, Fructose, Inositol, Maltose, Raffinose, Saccharose, Sorbitol, Cellobiose, Galactose, et Dulcitol.
2. Des tests physiologique de croissance à des pH (5,7 et 10), de concentrations de NaCl différentes (3%, 6%, 7,5%, et 10%), et de températures différentes (10°C, 40°C, et 50°C).
3. D'autres tests sont également réalisés, il s'agit de l'hydrolyse de la gélatine, de l'amidon (amylase), de la caséine du lait, de la présence ou non de la nitrate réductase, lécithinase, et production ou non de H<sub>2</sub>S et la Production d'acétoïne sur milieu de Clarck et Lubs.
4. Etude de sensibilité à différents antibiotiques :
  - $\beta$ Lactamines : Oxaciline, Penecilline, Ampicilline
  - Aminosides : Gentamycine, Kanamycine
  - Phénicoles : Chloramphénicol
  - Tétracyclines : Tétracycline
  - Macrolides : Erythromycine

Les disques utilisés sont commercialisés par l'institut pasteur d'Algérie.

### II.3.3. 3- TRAITEMENT NUMERIQUE DES ISOLATS

La similitude entre les isolats est estimée par l'indice de similitude de Dice, à partir de la matrice binaire (absence 0, présence 1) des résultats des différents tests réalisés. La construction du dendrogramme UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic averages) a été réalisé à l'aide du logiciel NTSYS-PC (Rohlf, 1990)

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### III-1 CARACTERISTIQUES PHYSICO CHIMIQUES DES SOLS

Les résultats obtenus ont montré que d'après le triangle des textures, (Classification USDA), la texture est sableuse pour l'ensemble des sols, (taux du sable supérieur à 80%). La structure est particulière présentant une forte perméabilité. Ils nécessitent pour la plus part des apports argileux et de la matière organique pour l'amélioration de leur fertilité (tableau I). Contrairement aux résultats obtenus par Amir (1991), que ça soit la parcelle indemne ou infectée, la texture du sol est identique (sableuse), elle ne semble donc pas intervenir dans l'expression du Bayoud. Amir et Alabouvette (1993), en étudiant la nature de résistance de sols à la fusariose du palmier dattier, ont montré que la modification de la texture sableuse par l'addition d'argile augmente l'activité microbienne ainsi que la résistance du sol.

Le taux de carbone est faible pour l'ensemble des échantillons des sols variant de 0,24% à 0,62%, (Tableau I). Ces taux sont inférieurs à 1%, selon Duchaufour (1984). Ce sont des sols pauvres en matière organique. Des résultats similaires ont été obtenus par Amir *et al*, (1985).

Tous les sols étudiés présentent un taux faible en azote total. La teneur la plus faible est de 0.028% pour les échantillons S2 et S7, alors que la teneur la plus élevée est de 0.084% pour l'échantillon S4, (Tableau I).

Le rapport C/N, qui nous renseigne sur l'activité biologique, est inférieur à 10 pour les échantillons S4, S5, S6, S8, et S9, ceci traduit une bonne minéralisation de la matière organique présente dans ces sols, contrairement aux reste des échantillons (S1, S2, S3, S7, et S10), dont le rapport est supérieur à 10. Enfin, la matière organique est très faible, ils nécessitent pour la plus part des apports argileux pour l'amélioration de leur fertilité.

## RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau 2** : Résultats des analyses des sols

Eléments	PH Eau (1/5)	N ‰ Kjeldhal	CE mmhos/cm	P2O5 ppm	C ‰ Anne	MO‰	C/N	Cal tot ‰	GRANULOMETRIE						Na <sup>+</sup> ppm	Cl <sup>-</sup> Meq/ 100gr
									Arg ‰	Lim fin ‰	Lim gro ‰	Sab ‰	Fin ‰	Sab ‰		
Echantillon																
S1	9,15	0,42	0,26	20,92	0,50	0,86	11,90	11,64	3,00	1,50	2,00	86,71	4,97	14	0,09	
S1 H2	8,90	0,56	0,32	7,21	0,38	0,65	6,78	12,00	2,50	3,00	4,00	84,39	4,87	15	0,28	
S1 H3	9,25	0,28	0,32	7,47	0,24	0,41	8,57	14,47	3,00	4,25	3,00	83,76	4,61	23	0,19	
S2	8,10	0,28	0,84	14,73	0,38	0,65	13,57	11,12	5,25	2,50	1,00	86,52	2,85	42	0,28	
S3	8,45	0,56	0,48	14,61	0,62	1,06	11,07	12,35	5,25	1,25	3,50	85,62	2,52	23	0,19	
S4	8,85	0,84	0,32	14,40	0,50	0,86	5,95	12,70	5,50	2,25	3,00	84,13	3,14	17	0,19	
S5	8,80	0,42	0,46	7,99	0,38	0,65	9,04	13,05	4,75	0,25	1,00	89,24	3,18	11	0,19	
S6	8,60	0,70	0,44	56,89	0,50	0,86	7,14	13,05	4,25	2,75	2,00	89,10	2,31	25	0,19	
S7	8,30	0,28	0,86	40,98	0,38	0,65	13,57	12,00	5,25	2,00	2,00	86,97	1,88	42	0,19	
S8	8,50	0,70	0,84	22,22	0,50	0,86	7,14	12,70	4,00	2,00	2,00	87,43	3,30	24	0,19	
S9	9,10	0,42	0,30	14,67	0,24	0,41	5,71	11,64	4,75	1,75	1,00	88,13	3,95	26	0,19	
S10	8,65	0,42	0,68	33,88	0,50	0,86	11,90	13,41	3,25	1,75	1,50	88,70	3,98	44	0,19	
S10 H2	8,70	0,42	0,50	7,20	0,24	0,41	5,71	11,29	3,00	1,00	1,00	90,41	3,57	31	0,28	
S10 H3	8,80	0,42	0,61	14,34	0,50	0,86	11,90	15,17	3,75	2,75	4,00	84,92	2,82	59	0,19	
S11 - JNB	8,45	0,42	0,49	14,55	0,38	0,65	9,04	13,41	4,25	2,75	2,00	87,36	2,55	21	0,19	
S12 - JB	8,50	0,42	0,58	47,71	0,50	0,86	11,90	14,11	4,75	2,00	2,00	86,60	2,74	33	0,28	

## RESULTATS ET DISCUSSION

Le pH est pour l'ensemble des sols étudiés alcalin, supérieur à 8. Ces sols présentent une teneur élevée en calcaire total (supérieur à 60‰). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Benaceur (1981), Amir *et al.* (1985).

Les échantillons S1 du jardin infecté, et S9 du jardin indemne sont les plus alcalins avec respectivement un pH de 9,15 et 9,10. Tivoli *et al* 1990, ont montré qu'aucune relation n'existe entre le pH et le niveau de réceptivité des sols. En effet, l'augmentation artificielle du pH d'un sol réceptif à *Fusarium roseum* (agent de la pourriture sèche de pomme de terre) n'a pas modifié son niveau de réceptivité, et il a conservé ces propriétés biologiques à l'égard de ce parasite, indépendamment du pH. En revanche Sanogo et Yang (2001) étudiant l'influence de différents facteurs sur la maladie du soja causée par *Fusarium solani* f sp *glycine*, ont montré que la sévérité de la maladie est liée non seulement à l'augmentation de la teneur du sable, mais aussi à l'augmentation du pH de 5,5 à 7,7, le nombre de plants atteints a augmenté de 20%.

En ce qui concerne le Na<sup>+</sup> et le Cl<sup>-</sup>, les analyses ont montré leur faible concentration. La salinité des sols est de l'ordre de 0,26 mmhos/cm à 0,86 mmhos/cm, (Tableau I). Ces fortes teneurs en sel (Durand, 1954), sont dues à la remontée capillaire en raison de la température élevée et de la forte perméabilité des sols de la région. La comparaison des résultats de la salinité entre les deux parcelles, a montré qu'elle est plus au moins forte pour la parcelle infectée. En effet, pour la parcelle indemne, et à l'exception de l'échantillon S2 (0,84 mmhos/cm), la conductivité électrique des quatre autres échantillons varie de 0,26 mmhos/cm à 0,48 mmhos/cm, alors que pour la parcelle infectée, elle varie de 0,3 mmhos/cm à 0,86 mmhos/cm. Cette différence est confirmée par l'analyse de la conductivité électrique d'un mélange des échantillons de chacune des deux parcelles. Elle est de 0,49 mmhos/cm pour la parcelle indemne (S11), et de 0,58 mmhos/cm pour la parcelle infectée (S12), (Tableau 2). L'action inhibitrice du sel sur l'agent pathogène a été mise en évidence par (Bulit *et al*, 1967 ; Amir *et al*, 1996; Riba, 1992), en concluant que la résistance naturelle des sols au bayoud est liée à leur salinité, particulièrement au niveau des sols sableux.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Amir (1991) a montré que la majorité des sols salés de l'Est algérien sont résistants à la fusariose vasculaire. La salinité réduirait le pouvoir compétitif du parasite de sorte que la microflore antagoniste, notamment au niveau de la rhizosphère empêcherait le pathogène d'atteindre les sites d'infection. Par ailleurs, selon Bounaga (1985), les eaux d'irrigation des palmeraies, ne contenant pas plus de 14 g/l de sel n'influence pas la croissance du champignon. Dans notre cas, cet élément ne semble pas être discriminant quant à l'absence ou à la présence du bayoud.

Enfin, la comparaison des analyses pédologiques entre les échantillons de sol des deux parcelles, a montré que le seul élément discriminant entre la présence et l'absence du bayoud est le phosphore assimilable. Effectivement, l'analyse de la variance a fait ressortir un effet significatif de cet élément entre les deux jardins, ( $P < 0,05$ ). En effet, les sols de la parcelle infectée sont plus riches en phosphore assimilable que la parcelle indemne. Ce résultat est confirmé par l'analyse des deux échantillons homogènes de la parcelle indemne et contaminée. D'après le tableau 2, la parcelle contaminée est nettement plus riche en phosphore assimilable (47,71 ppm, que la parcelle indemne (S11), dont la teneur en cet élément est de 14,55ppm.

Le phosphore joue un rôle important dans le transfert d'énergie nécessaire à la croissance des microorganismes. Dans le sol, il est adsorbé soit par le calcium présent sur le complexe d'échange, soit par les formes libres de fer ou d'aluminium. Selon Tisdale *et al* (1985), les phosphates précipités par le fer et l'aluminium sont transformés en minéraux très stables, alors qu'avec le calcium les phosphates évoluent régulièrement. En effet, dans une première phase le phosphore réagit avec le calcium en donnant le phosphore octocalcique, et dans une deuxième phase il y'a formation des apatites.

La dissolution de ces phosphates inorganiques est étroitement liée à l'activité des microorganismes du sol (Richardson, 2001). Les bactéries, les champignons, ainsi que les algues interviennent dans la dissolution. Les champignons solubilisent plus efficacement les phosphates que les bactéries, Kucey *et al*, 1989.

Les sols d'Adrar sont modérément riches en calcaire, les valeurs varient entre 10-14% dans les couches supérieures et au delà de 14% dans les couches profondes, cela

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

montre l'origine (grès calcaire) de la roche mère, Djili et Daoud (1999). Dans les conditions des sols calcaires, les minéraux phosphates se trouvent alors sous la forme de composés phosphocalciques. La solubilité des composés phosphocalciques est déterminée par le pH, qui est le facteur principal qui régit la dissolution des phosphates du calcium. Plusieurs chercheurs ont associé la solubilisation des phosphates à une baisse du pH du milieu (Hedly et al, 1990 ; Hinsinger, 2001). Cette diminution est due à la libération d'acides inorganiques et d'acides organiques grâce à l'activité microbienne, Illmer et Schinner (1992). La quantité d'acides produite par oxydation microbiologique varie en fonction du genre et de l'espèce microbienne. En effet, certains microorganismes libèrent dans leurs milieux des acides capables d'extraire le phosphore en chélatant les cations métalliques intervenant dans l'adsorption du phosphore, Sayer *et al*, 1995 ; Vasquez *et al*, 2000.

Dans le cas de nos sols, la présence des phosphates assimilables au niveau du sol contaminée serait liée à l'activité de la mycoflore. Les teneurs élevées en phosphore assimilable, pourraient dans ce cas stimuler l'activité des champignons en général, et du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* en particulier, ce qui traduirait la présence du bayoud dans la parcelle riche en phosphore assimilable.

La teneur en phosphore diminue avec la profondeur pour les deux sites, ceci est due à la très faible mobilité du phosphore dans le sol d'une part, et d'une autre part elle serait due à la diminution de la mycoflore. En effet, les champignons sont des microorganismes aérobies qui se développent plus au niveau des horizons superficiels.

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Sonogo et Yang (2001). Ces auteurs ont montré que la sévérité de la maladie du soja causée par *Fusarium solani* f sp *glycine* est liée à la nutrition phosphatée et au type de phosphate assimilable. La sévérité de la maladie a connu une augmentation de 21% avec l'application du phosphate de calcium, 32% avec le phosphate de potassium, 43% avec le phosphate de sodium. Woltz et Jones (in Jones *et al*, 1989) étudiant l'influence de différents facteurs sur la fusariose vasculaire de la tomate, ont montré que les teneurs élevées en phosphore augmentent la sévérité de la maladie. Les mêmes résultats sont

## RESULTATS ET DISCUSSION

obtenus par Dick et Tisdale (in Jones *et al*, 1989) dans le cas de la fusariose vasculaire du coton. Le phosphore jouerait un rôle important dans la croissance des mycètes. Dans ce contexte, la croissance mycélienne du *Fusarium solani* f sp *glycine* a été améliorée en moyenne de 15,22% et 25% sur milieu de culture amendé avec les sels de phosphates, Sonogo et Yang (2001). D'un autre côté, d'après les résultats de Sedra et Bah (1993), le sol de Marrakech résistant au Bayoud n'est pas favorable à la germination des macroconodies et des chlamydospores du *Fusarium oxysporum* f sp. *albedinis* ainsi que pour d'autres formes spéciales de *Fusarium oxysporum* en dehors des phénomènes de fongistase et d'antibiose. Cette inhibition pourrait être dû à une carence en sels de phosphates. Par ailleurs, la diminution du calcium en raison de son adsorption, inhiberait l'activité de l'enzyme extracellulaire «polygalacturonase», produite par les mycètes phytopathogènes dont le *Fusarium*, laquelle intervient dans la dégradation des parois cellulaires au cours de l'infection, Corden (in Jones *et al*, 1989). De même, Annis et Goodwin (1997) ont montré que la teneur en calcium dans les extraits de feuilles de différents cultivars de canola (*Brassica napus* L) était corrélée positivement et significativement avec le degré d'activité inhibitrice de la polygalacturonase.

Enfin, en vue d'une lutte intégrée vis à vis de la fusariose vasculaire du palmier dattier, il serait nécessaire de sélectionner des microorganismes antagonistes au pathogène et solubilisant les sels de phosphates dont les phosphates de calcium en particulier. Plusieurs bactéries et champignons ont la capacité de solubiliser les phosphates (Johri *et al*, 1999; Illmer *et al*, 1994). Parmi les genres les plus souvent isolés se retrouvent *Aspergillus*, *Penicillium* (Fenice *et al*, 2000 ; Reddy *et al* ; 2002). *Pseudomonas* (Chabot *et al*, 1993; Illmer et Schinner ; 1992), *Bacillus*, *Streptomyces* et *Rhizobium* (Arora et Gaur, 1978).

Les travaux de Khan et Khan (2002), ont montré que l'application de microorganismes solubilisant le phosphore, tel que *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aspergillus awamori*, *Aspergillus niger* et *Penicillium digitatum* a réduit de manière significative la population de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, agent de la fusariose vasculaire de la tomate.

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

Dans une étude des paramètres nécessaires pour une meilleure lutte biologique dans le cas du blé dur, les souches antagonistes *Trichoderma Koningi*, ne sont pas efficaces quand la teneur en phosphore soluble est élevée. En effet, dans les sites d'études qui présentent des teneurs élevées en phosphore soluble, l'utilisation des antagonistes n'a pas réduit la maladie, et que l'effet antagoniste de ces souches sur le pathogène est faible (Brion *et al*, 1999).

III.2 – ETUDE MICROBIOLOGIQUE

III .2-1- NUMERATION DES PRINCIPAUX GROUPES MICROBIENS :

Les résultats obtenus (tableau 3), montrent que la densité des bactéries est plus élevée que celle des actinomycètes. Cette différence est plus marquée pour les échantillons du site indemne (figure 7).

**Tableau 3** : Résultat du dénombrement des différents groupes de microorganismes (g/sol)

Code échantillon	Bactéries x 10 <sup>6</sup>	Champignons x 10 <sup>3</sup>	Fusarium x 10 <sup>3</sup>	Actinomycètes x 10 <sup>5</sup>
S1	14.	21,66	2,33	19,66
S2	161,6.	165,5	14,88	79,33
S3	62	16	1	12
S4	146,33	193,3	3,44	89,33
S 5	47,55	10,22	12,77	13
S6	145,5	492,2	5,88	826,6
S7	54,33	132,2	6	576,6
S8	42,55	474,4	3,66	54
S9	29,83	23,11	17,88	46,33
S10	43,11	125,5	3,77	386,6

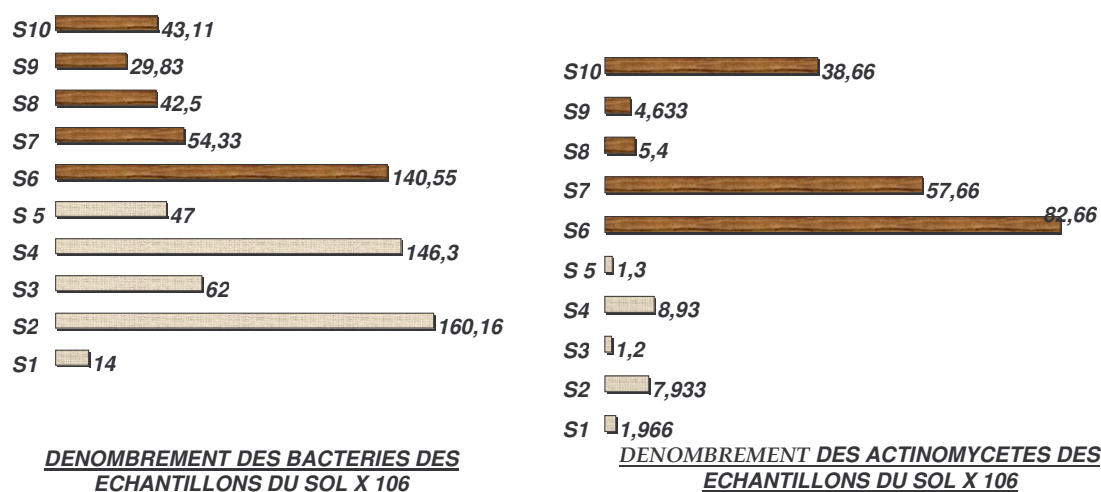
Le nombre de bactéries et d’actinomycètes obtenu au niveau des deux parcelles est nettement plus élevé que celui obtenu par Ali ousalah (2001). En effet, pour les deux prélèvements réalisés de 25 à 40 cm à partir du sol d’un jardin bayoudé de la région de Bouda, les valeurs sont nettement inférieures, elles sont respectivement de 1,4.10<sup>3</sup> prp/gss et 2, 2.10<sup>4</sup> prp/gss pour les bactéries, et de 1,1.10<sup>3</sup> prp/gss et 7,6 .10<sup>3</sup> prp/gss pour les actinomycètes. Cette différence pourrait être liée aux conditions culturales.

Pour la parcelle infectée, la densité des actinomycètes est exceptionnellement plus élevée que celle des bactéries. La densité des actinomycètes est liée aux caractéristiques pédologiques particulièrement à la matière organique. Dans notre cas tous les sols étudiés ne présentent pas de différence dans leur teneur en matière organique, cependant la présence de racines âgées de palmier dattier pourraient favoriser la prolifération de ces microorganismes. En effet, les actinomycètes ont des aptitudes à dégrader des substrats complexes et particulièrement ceux riches en lignine, (Sabaou *et al*, 1980).

## RESULTATS ET DISCUSSION

L'hétérogénéité de la densité des bactéries entre les différents échantillons des deux parcelles, pourrait être due à l'amendement effectué au hasard par les agriculteurs.

La comparaison de la densité de la bactérioflore entre les deux sites, montre que la parcelle indemne est particulièrement plus riche en actinomycètes, (figure 7).



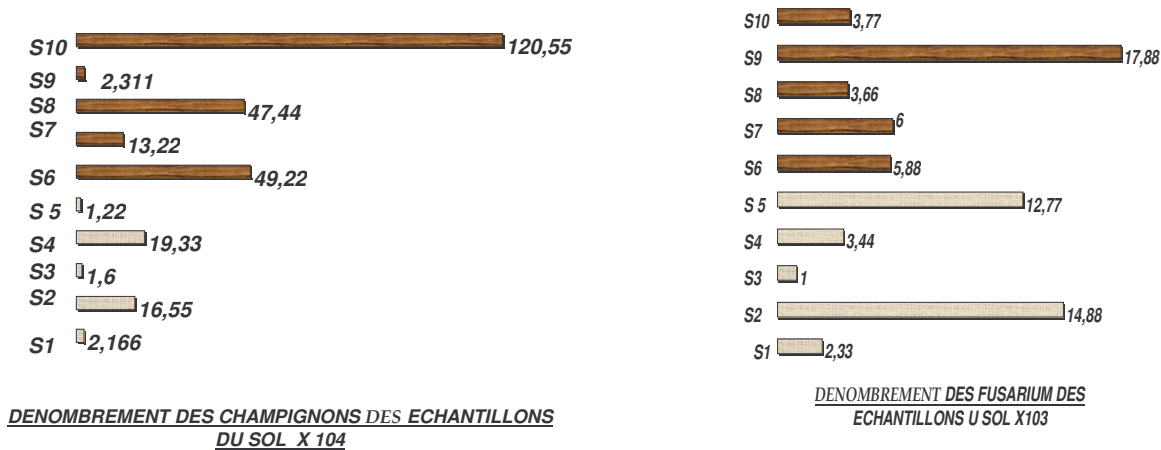
**Fig. 7 : DENOMBREMENT DE LA BACTERIOFLORE AU NIVEAU DES DEUX PARCELLES**

Au Maroc le dénombrement de la microflore tellurique à partir de sols résistants et de sols sensibles au Bayoud, a montré que la flore bactérienne et actinomycétale est plus abondante dans les sols résistants, Sedra, 1990 ; Sedra et Besri , 1990 ; Sedra et Bah, 1993.

Concernant la densité des champignons au niveau des deux parcelles, nous constatons qu'en général la parcelle bayoudée est plus riche que celle indemne, (figure 8). Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Peng *et al* (1999) Leurs travaux ont montré que le sol contaminé par *Fusarium oxysporum* f sp *ubense* comparé au sol indemne a présenté des densités de populations d'actinomycètes et de bactéries plus élevées que celles de champignons et de levures dans le sol indemne.

## RESULTATS ET DISCUSSION

La flore fusarienne est également plus riche au niveau de la parcelle infectée, à l'exception des deux échantillons S2 et S5. Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Sedra et Bah (1993). En effet, l'estimation de la densité des populations du *Fusarium* dans le sol sensible de Zagora est nettement plus élevée que celle du sol résistant de Marrakech.



**Fig. 8 : DENOMBREMENT DE LA MYCOFLORE AU NIVEAU DES DEUX PARCELLES**

Une activité de la mycoflore serait donc plus intense au niveau de la parcelle bayoudée, ceci pourrait être dû à la teneur élevée en phosphore, signalé dans le chapitre précédent. En effet, d'après Narsian *et al*, 2000 ; Legget *et al* ; 2001, les champignons jouent le rôle essentiel par rapport aux autres microorganismes dissolvant les phosphates dans le sol.

En effet, étant donné que le phosphore assimilable est généralement en quantité insuffisante dans le sol, les microorganismes se trouvent en compétition pour cet élément. Cette compétition dépendrait de la nature des microorganismes présents. Dans notre cas, les champignons grâce à leur mycélium, exploiteraient le maximum d'espace et intercepteraient le maximum de points riches en phosphates.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### III.2-2 DISTRIBUTION VERTICALE DE LA MICROFLORE AU NIVEAU DES DEUX PARCELLES

L'observation des résultats de la distribution verticale de la microflore (tableau 4) a montré qu'au delà de 70cm de profondeur, les bactéries sont absentes. Contrairement aux actinomycètes, même si au niveau du profil infecté, la densité semble être diminuée de manière brusque au delà de 70cm, une teneur en ces microorganismes existe car elle est de l'ordre de 71,66 prp/gr de sol sec, pour l'échantillon H3B. Les mêmes résultats sont observés dans le sol d'Adrar, la population des actinomycètes diminue de manière moins brusque avec la profondeur, alors que celle des bactéries est déjà 30 fois plus faible au-delà de 45 cm, (Amir, 1991).

**Tableau 4** : Distribution Verticale des différents groupes de microorganismes (g/sol)

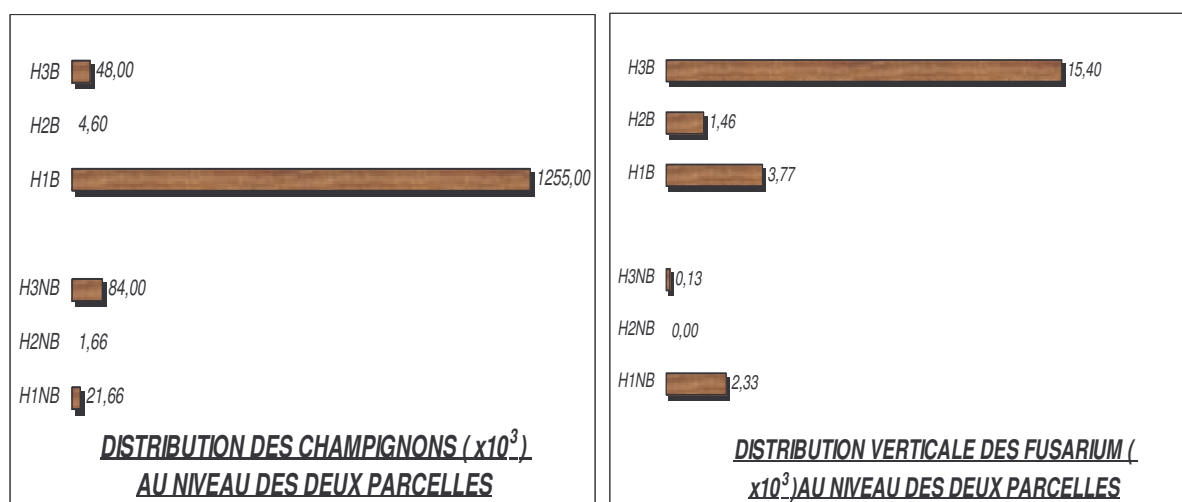
Code échantillon	Bactéries x 10 <sup>6</sup>	Champignons x 10 <sup>3</sup>	Fusarium x 10 <sup>3</sup>	Actinomycètes x 10 <sup>5</sup>
H1NB	14.	21,66	2,33	19,66
H2NB	16,33	1,66	00	32
H3NB	00	84	0,13	42
H1B	43,11	1255.	3,77	386,6
H2B	7,6	4,6	1,46	513,3
H3B	00	48	15,4	71,66

Nous pouvons suggérer que l'abondance de la microflore en générale à 40 Cm de profondeur, pourrait être liée à la disponibles d'éléments trophiques nécessaires, grâce aux exsudats racinaires disponibles, grâce particulièrement aux cultures associées.

En ce qui concerne les champignons, que ce soit pour le profil indemne ou infecté, ils sont abondants au-delà de 70cm (fig. 9). Ceci pourrait s'expliquer par l'augmentation de l'humidité due à la présence de la nappe phréatique. Par ailleurs la diminution brusque de la mycoflore entre 40cm et 70cm peut être expliquée par le peu de travaux effectués en profondeur. Ces résultats sont identiques pour la flore fusarienne. En effet, la densité des deux espèces réunies *Fusarium oxysporum* et *solani*

## RESULTATS ET DISCUSSION

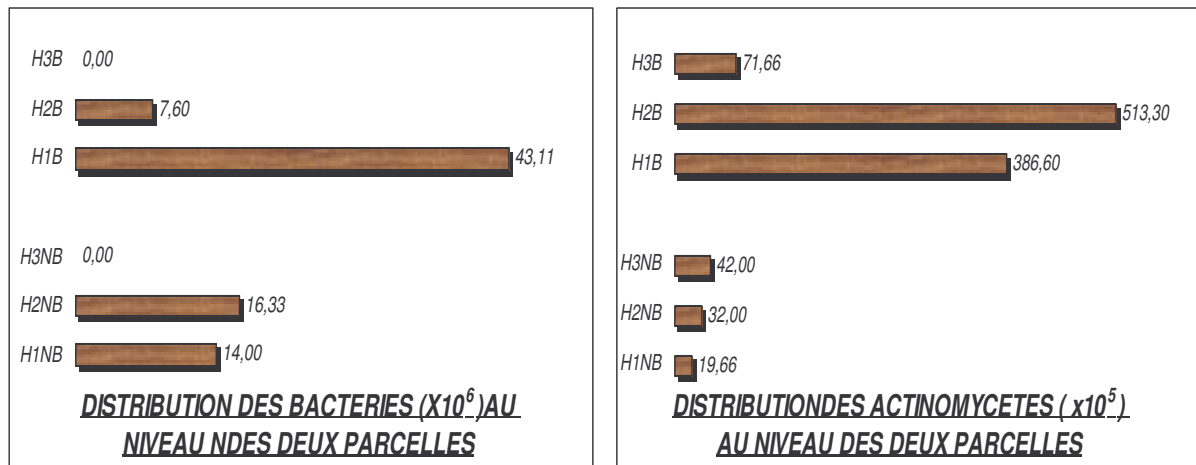
augmente de manière remarquable au-delà de 70cm. Des répétitions du dénombrement ont été effectuées, et ont confirmées ces résultats.



**Fig 9 : DISTRIBUTION VERTICALE DE LA MYCOFLORE AU NIVEAU DES DEUX PARCELLES**

Nos résultats corroborent avec ceux de Amir (1991). Ces travaux ont montré qu'au niveau d'une parcelle en friche et non bayoudée, la population microbienne chute en général assez rapidement avec la profondeur, jusqu'à 45cm, et au-delà, la profondeur ne semble plus intervenir de façon très conséquente.

Il en est de même pour la densité de la bactérioflore (bactéries et actinomycètes), nos résultats rejoignent ceux obtenus par Amir (1991). En effet, dans les deux profils, la densité des actinomycètes est supérieure à celle des bactéries (fig. 10).



**Fig 10 : DISTRIBUTION VERTICALE DE LA BACTERIOFLORE AU NIVEAU DES DEUX JARDINS**

Concernant les *F oxyporum* et *F solani*, les travaux de Amir 1991 ont montré que, Pour la palmeraie d’Adrar la densité de *F oxyporum* et *F solani* dans le sol superficiel. A 15 cm et 30 cm de profondeur ne varie pas significativement, mais à 45 cm elle diminue. Plus profondément, elle devient négligeable, alors que dans le sol de Béni abbés le nombre de germes des 2 *Fusarium*, est plus faible en surface que dans celui d’Adrar. Par contre en profondeur il est plus riche.

### III-2-3 RECHERCHE DE BACTERIES ANTAGONISTES DU FOA IN VITRO

En vue d'envisager un moyen de lutte biologique, par l'utilisation de microorganismes antagonistes, il est nécessaire de tenir compte de l'aptitude de ces derniers à se maintenir dans le sol qui héberge le pathogène. Il est indispensable d'isoler des microorganismes antagonistes appartenant au même environnement que l'agent pathogène.

Les tests préliminaires effectués sur quelques bactéries prises au hasards ont permis de conclure que :

Le milieu PDA est favorable pour le développement du mycète (*Foa*) ainsi que des bactéries, contrairement au milieu Coon, (croissance très lente).

Concernant les autres paramètres, les résultats des tests préliminaires ont montré que :

1. Le temps d'incubation optimum nécessaire, avant la confrontation, est de 24 H pour les bactéries, et de 48H, pour le mycète.
2. L'utilisation d'un explant gélosé et ou d'un disque de papier filtre,ensemencé par le *Foa* et par un isolat de la bactérie à tester, a montré que les résultats sont similaires. Cependant le choix a été porté sur le disque gélose, pour des raisons pratiques.
3. Nous avons par ailleurs choisie entre deux dispositifs pour la confrontation, du *Foa* aux bactéries testées :
  - Dispositif 1 : Un disque du *Foa* au milieu de la boite de Pétri contenant le milieu PDA\_avec autour et à distance égale 04 bactéries à tester.
  - Dispositif 2 : Un seul disque du *Foa* à distance égale avec un autre disque au centre d'une seule bactérie à tester.

Durant les tests préliminaires, nous avons noté que pour les variantes du dispositif 1, un effet de compétition survient dans certain cas. En effet, les colonies des quatre disques périphériques envahissent la boite, et ce tel que soit la variante utilisée. Pour éviter cet effet de compétition, nous avons par conséquent opté pour le dispositif 1, (fig. 11).

## RESULTATS ET DISCUSSION

Après les tests préliminaires, nous avons confronté, 210 bactéries, isolées des différents échantillons de sol, 80 bactéries se sont révélées antagonistes, soit environ 38 %, (tableau 5).

**Tableau 5** : Effet inhibiteur des souches isolées des sols des palmeraies d'Adrar vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*. f sp. *Albedinis* sur le milieu PDA (Potato-dextrose- agar)

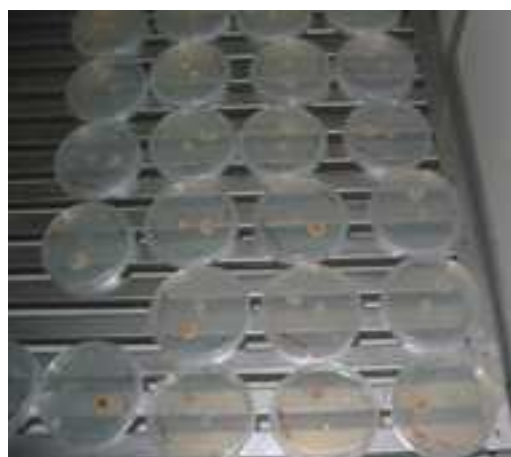
Echantillon	Nombre de bactéries isolées	Nombre de bactéries antagonistes	FA	MA	FbA
S1	12	07	03	03	01
S2	12	05	02	01	02
S3	18	06	02	03	01
S4	12	06	01	02	03
S5	16	03	---	---	03
S6	24	11	05	04	02
S7	22	08	03	01	04
S8	18	04	---	01	03
S9	17	06	---	02	04
S10	21	05	01	03	01
H2S1	08	06	---	01	05
H3S1	01	00	00	00	00
H2S10	24	13	02	02	09
H3S10	05	00	00	00	00
<b>Total</b>	<b>210 bactéries</b>	<b>80 bactéries</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>38</b>

FA : Bactérie à inhibition forte

MA : Bactérie à inhibition moyenne

FbA : Bactérie à inhibition faible

Le reste des bactéries (130), n'a montré aucun effet sur la croissance du *Foa*, aucune zone d'inhibition n'est apparue, (fig.12).



**Figure 11** : Mise en place du test de confrontation in vitro

## RESULTATS ET DISCUSSION

Par ailleurs, le nombre de bactéries antagonistes isolées des échantillons de la parcelle indemne est légèrement plus élevé. En effet, sur 70 bactéries de la parcelle indemne testées, environ 38% ont montré un effet inhibiteur, alors que pour la parcelle bayoudée sur 102 bactéries seules 34 bactéries sont inhibitrices de la croissance du *Foa in vitro* (soit 33 %).

Que se soit pour la parcelle indemne et où la parcelle contaminée, les pourcentages de bactéries antagonistes contre *Fusarium oxysporum f sp albedinis* sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Lamari (1992) et Ali Ousalah (2001).

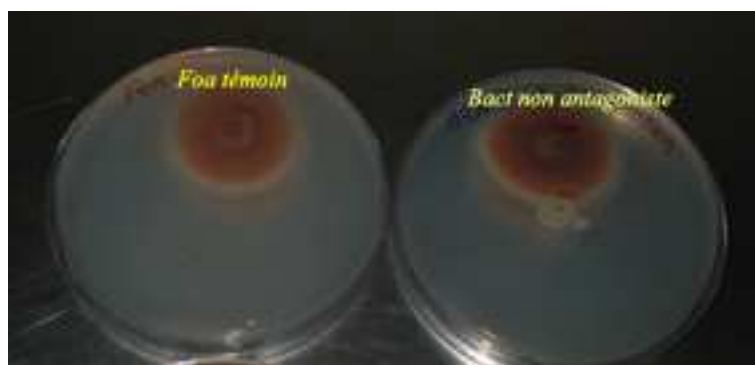


Figure 12 : Test négatif, la bactérie est non antagoniste vis-à-vis du *Foa*

Concernant l'effet inhibiteur, nos résultats ont montré qu'en fonction des isolats, l'intensité est différente. En effet, suivant l'échelle définie, les trois niveaux d'antagonisme ont été observés, (fig., 13).

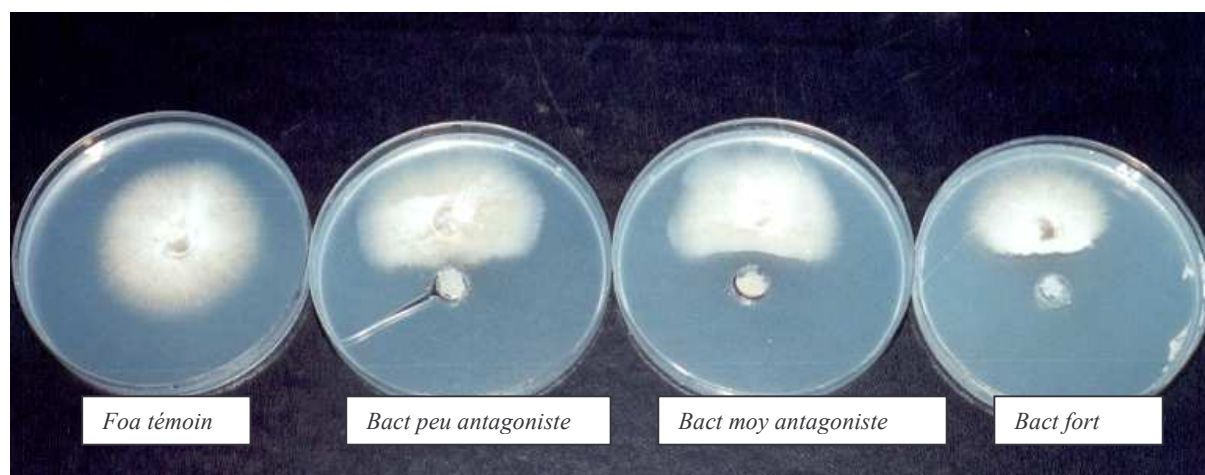


Figure 13 : Présentation des différents niveaux d'antagonisme du *Foa*

## RESULTATS ET DISCUSSION

Du point de vue répartition verticale, les résultats obtenus ont montré que le nombre de bactéries antagonistes isolées est nettement inférieur au delà de 40cm de profondeur, ce qui est relatif au dénombrement. A 1 mètre de profondeur aucune bactérie n'a montré une action antagoniste.

Pour certaines bactéries, l'effet inhibiteur persiste même après une dizaine de jours, et une véritable barrière se crée autour du mycète, (fig.14).

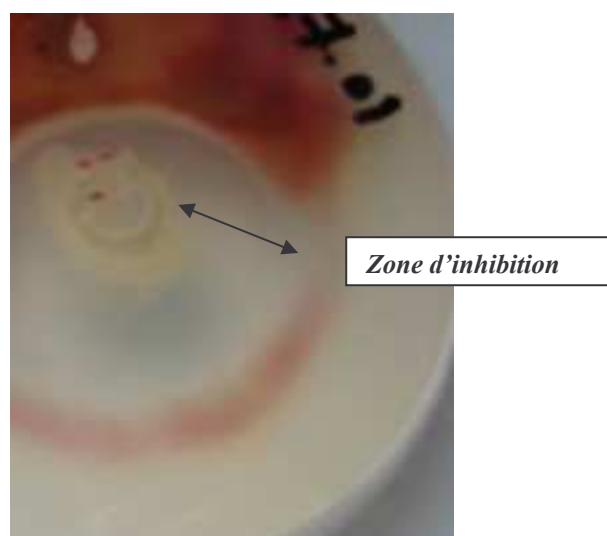


Figure 14 :: Bactérie antagoniste, après 10 jours, a créé une véritable barrière autour du Foa

Plusieurs travaux ont montré l'intérêt des bactéries isolées à partir du sol dans la lutte biologique contre les agents phytopathogènes. Elles appartiennent à plusieurs genres (Weller, 1988). Six différents modèles bactériens sont utilisés généralement, ce sont les genres *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Clavibacter*, et *Corynebacterium*. Au niveau de la rhizosphère, ces bactéries jouent un rôle important dans la protection de la plante hôte, par la stimulation de sa croissance. Elles sont appelées «Plant Growth Promoting Rhizobacteria». Dans le cas de *Pseudomonas fluorescens*, de nombreux régulateurs de croissance ont été produits et révélés *in vitro*, (Young *et al*; 1991).

## RESULTATS ET DISCUSSION

L'antagonisme exercé par les bactéries utilisées en lutte biologique, s'exprime en plusieurs manières par voie d'interaction directe avec le pathogène à l'extérieur de l'hôte, ou de manière indirecte dans l'hôte.

L'antagonisme direct exercé par ces bactéries vis à vis des agents phytopathogènes, est le fait soit de la compétition trophique pour un élément indispensable et présent en quantité insuffisante (Davet, 1996 ; Loper et Bayer, 1991), soit le fait de l'antibiose, grâce à la synthèse d'antibiotiques solubles ou volatiles (Cook *et al*, 1995). Les mécanismes de compétition sont exploités pour freiner le pathogène, particulièrement pour les *Fusarium spp*. L'antibiose est cependant la stratégie la plus connue chez les bactéries antagonistes. En effet, plusieurs auteurs ont montré l'importance de l'activité antibiotique des bactéries dans la limitation de la gravité des maladies d'origine tellurique, (Howelle et Stipanovic, 1980 ; Papavizas et Lumsden, 1980 ; Sneh *et al*, 1984; Rodriguez et Pfender, 1997 ; Hervas *et al*, 1998 ; Robert *et al*, 1998). Les antibiotiques impliqués sont fréquents et diversifiés, et sont létaux pour de nombreux agents phytopathogènes.

L'activité inhibitrice *in vitro* de nos isolats, révèle le rôle des substances de nature chimique. Ces bactéries secrètent des substances chimiques, les quelles sont émises dans le milieu PDA, et agissent directement sur le parasite par une lyse du mycélium et des phialides, ce qui est à l'origine du phénomène d'aplatissement des colonies observées (fig.15).

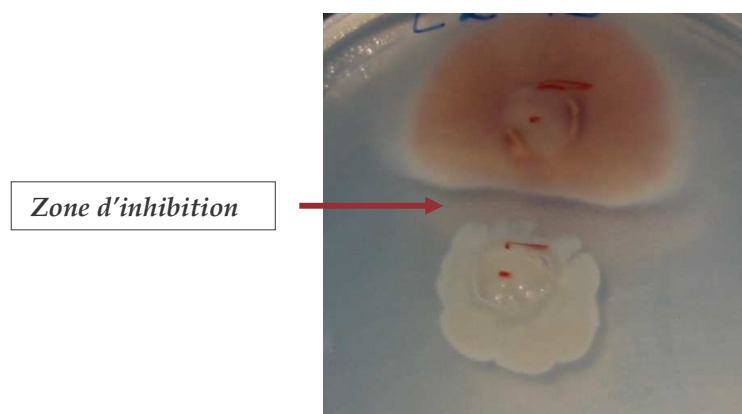


Figure 15 : Test positif, formation d'une zone d'inhibition

## RESULTATS ET DISCUSSION

Par ailleurs, la différence d'intensité du pouvoir inhibiteur observé, pourrait être liée à la nature des substances sécrétées et d'autre part à leur taux de production.

Sedra et Bah (1993), ont montré que l'antagonisme exercé par des microorganismes antagonistes, isolés à partir des sols des palmeraies de Marrakech et du Draa, et composés de 4 bactéries, *Pseudomonas Fluorescents* (MB1, MB2, MB3, MB4), d'un champignon *Stachybotrytis sp.* (MC1), et d'un actinomycète (MA1) non identifié est le fait de leur action inhibitrice sur la germination des spores et sur la croissance mycélienne *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

En plus des différents mécanismes cités ci-dessus, plusieurs travaux portant sur la lutte biologique contre les mycètes phytopathogènes d'origine tellurique, ont rapporté le rôle important joué par les enzymes chitinolytiques d'origine bactérienne, (Chet *et al* ; 1991). Ces enzymes sont impliqués dans le contrôle biologique contre *Sclerotium rolfisii*, *Rhizoctonia solani* et *Fusarium oxysporum* (Chernin *et al* ; 1997).

Dans le cas du pietin échaudage du blé, causé par *Gaeumannomyces graminis var tritici* (Ggt), une souche de *Bacillus* est capable de la lyse des hyphes mycéliens du pathogène, Campbell et Ephgrave (1983). Par ailleurs, Singh *et al* (1999) ont montré que la suppression de la fusariose vasculaire du concombre par *Paenibacillus Sp 38* est réalisée grâce à la conjonction de deux enzymes : la chitinase et la  $\beta$  1,3 glucanase, enzymes ayant la capacité de dégrader les constituants de la paroi cellulaire du *Fusarium oxysporum*. f. sp. *Cucumerinum*.

L'effet inhibiteur de nos isolats observé *in vitro* pourrait donc être lié également à la présence de chitinases. En effet, les parois cellulaires d'un grand nombre de mycètes phytopathogènes dont le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* contiennent de la chitine, un polymère de N acétyl D glucosamine (Sivan et Chet, 1989).

En ce qui concerne l'induction de la résistance systémique (ISR), les bactéries antagonistes stimulent les réactions de défense de la plante (Van Loon *et al*, 1998). Les molécules inductrices de l'ISR peuvent être des sidérophores, de l'acide salicylique, de l'acide jasminique, des lipopolysaccharides, ou encore le 2-4 diacetylphloroglucocinol, et le cyanure d'hydrogène (HCN).

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

Les travaux de Van Peer *et al*, 1991 ont mis en évidence l'induction d'une résistance systémique à la fusariose vasculaire chez l'œillet après inoculation de la souche WCS417r de *Pseudomonas fluorescens*.

Dans le cas de la fusariose vasculaire du palmier dattier, des bactéries ayant montré leur capacité à inhiber fortement la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, ont le potentiel de déclencher les réactions de défense du palmier dattier. En effet, les racines des jeunes plants néosynthétisent des dérivés hydroxycinnamiques non constitutifs qui jouent un rôle primordial dans la résistance du palmier dattier au Bayoud, El Hassnil *et al* (2004). Les bactéries antagonistes obtenues, joueraient un rôle dans l'induction de la résistance, il serait nécessaire de vérifier cette action *in planta*.

Enfin, Les résultats obtenus, ont montré que les sols étudiés renferment des microorganismes intéressants par le pouvoir antifongique qu'ils présentent. Malgré leur différence dans le degré d'inhibition, ils pourraient être des agents de contrôle biologiques très efficaces, car ils sont isolés dans les sols renferment l'agent pathogène; leur introduction serait abordable. En effet, pour prévoir l'inoculation des microorganismes antagonistes dans le sol, il est nécessaire de tenir compte de leur capacité à coloniser la rhizosphère et le sol.

### III-2-4 CARACTERISATION PHENOTYPIQUE DES ISOLATS

L'ensemble des bactéries étudiées sont des bâtonnets droits assez longs, et présentent une réaction Gram positive, et sporulent (annexe 1). Elles appartiennent à la section 13 du Bergey's manual of systematic bacteriology : « Endospore-forming Gram \_ positive rods and cocci ». Ces bactéries ont une croissance en présence d'oxygène, elles n'appartiennent ni au genre *Clostridium*, ni au genre *Desulfatamaculum*. Elles produisent une catalase, ces souches semblent donc appartenir au genre *Bacillus*.

Les *Bacillus* sont des bactéries de l'environnement dont l'habitat principal est le sol où ils jouent un rôle dans les cycles du carbone et de l'azote. La résistance des spores et la diversité physiologique des formes végétatives en font des bactéries ubiquistes.

Par ailleurs, l'ensemble de nos isolats présente une spore centrale, sphérique ou ovoïde, ne déformant pas la cellule. Selon la classification basée sur la morphologie de la spore, les espèces du genre *Bacillus* sont réparties en trois groupes (Gordan *et al*, 1973)

1. Le groupe I est constitué de bacilles à Gram positif. Ils présentent une spore centrale ou terminale, sphérique ou ovoïde, ne déformant pas la cellule.
2. Le groupe II est constitué des espèces à Gram variable et à spore ovoïde, centrale ou terminale, déformante.
3. Le groupe III est caractérisé par des bacilles à Gram variable et présentant une spore sphérique déformante, terminale ou subterminale.

L'ensemble de nos isolats présente une spore centrale sphérique, ne déformant pas la cellule, d'après la classification citée ci dessus ils appartiennent au groupe I.

Ce même groupe est divisé en 2 sous-groupes :

- Le groupe IA : constitué des bacilles contenant des inclusions de poly-bêta-hydroxybutyrate.
- Le groupe IB : rassemble des bacilles dépourvus d'inclusions de poly-bêta-hydroxybutyrate.

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

Les cinquante cinq souches testées sont dépourvues d'inclusions de poly bêta hydroxybutyrate, elles appartiennent donc au sous groupe IB, elles sont susceptibles d'appartenir à *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*.

Les résultats obtenus ont montré que parmi les cinquante cinq souches caractérisées, douze sont aérobies strict (annexe 1). Elles pourraient appartenir soit à *Bacillus subtilis*, soit à *Bacillus pumilus*, et ou à *Bacillus firmus*. Trois souches b25, b35 et b51 correspondent à l'espèce *Bacillus subtilis*. La souche b38 n'utilise pas l'amidon et ne réduit pas les nitrates (annexe 2 et 3), elle est susceptible d'appartenir à *Bacillus pumilus*.

Les souches b2, b4, b15, b18, b28, b31, b37, b40 et b55 ne produisent pas l'acétoïne (annexe 2), elles sont apparentées à l'espèce *Bacillus firmus*.

Le reste des souches sont aérobies anaérobies facultatives (annexe 1). Les cinq souches b10, b14, b24, b27 et b36 ne possèdent pas une gélatinase, et n'utilisent pas la caséine (annexe 2), elles pourraient correspondre à *Bacillus coagulans*.

Enfin le reste des souches (trente-sept souches) possèdent une gélatinase (annexe 2), elles pourraient appartenir à *Bacillus licheniformis*.

Plusieurs travaux ont montré que les bactéries du genre *Bacillus*, jouent un rôle important dans la lutte contre les maladies de plantes d'origine tellurique, (Blanca *et al*, 1997 ; Brian, 2004 ; Yiu-Kwok *et al*, 2003). Une souche D1/2 de *Bacillus subtilis*, a inhibé la croissance des mycéliums d'une collection de champignons phytopathogène incluant huit espèces de *Fusarium*. Cette souche a agit contre la germination de macroconidies et la croissance des hyphes, (Chan Y K *et al*, 2003)

Les *Bacillus spp*, produisent des antibiotiques anti fongiques, inhibant la croissance mycélienne du *Fusarium oxysporum* (Sharifi et Ramezani, 2003), et produisent également des enzymes chitinolytiques capables de détruire les parois des mycètes phytopathogènes (Chet *et al* ; 1991). En effet, les *Bacillus spp* sont très communément utilisés. La lutte biologique dans le cas des maladies de mycètes d'origine tellurique est corrélée positivement avec la production des chitinases par ces bactéries (Haran *et al*, 1996 ; Baek *et al*, 1999).

## RESULTATS ET DISCUSSION

Par ailleurs, les *Bacillus* spp font parti des rhizobactéries qui favorisent la croissance des plantes, connues sous le terme PGPR. En plus de leur effet direct sur les phytopathogènes en général et les *Fusarium oxysporum* en particulier, elles sont capables d'induire la résistance chez la plante en réponse à une infection.

Les *Bacillus* spp joueraient donc un rôle important dans l'inhibition du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*. En effet, l'ensemble de nos souches antagonistes appartient à ce genre. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Ali ousalah (2001). Sur 370 isolats bactériens provenant soit de la rhizosphère sensible et ou résistante, et soit du sol nu, sont apparentés au genre *Bacillus*, précisément aux cinq espèces que nous avons obtenus également.

Par ailleurs, nos résultats ont montré que l'espèce *Bacillus licheniformis* est prédominante avec 37 isolats, soit 67% de l'ensemble des bactéries caractérisées. Les travaux de Ali Ousalah (2001) ont montré qu'après *Bacillus subtilis*, au niveau des sols non rhizosphériques l'espèce *Bacillus licheniformis* est fréquente. La même dominance est notée dans le cas des sols rhizosphériques de variété sensible et résistante. Ces espèces bactériennes semblent donc bien adaptées aux conditions des sols des palmeraies.

L'activité inhibitrice de l'ensemble de nos isolats caractérisés, vis-à-vis du *Fusarium oxysporum*. f sp. *albedinis* pourrait être due soit à la diffusion dans le milieu PDA d'antibiotiques, ayant inhibé la croissance du mycélium, ce qui a laissé apparaître une zone d'inhibition nette (fig 12 et 13), en particulier pour les dix neuf souches ayant montré un fort antagonisme (tableau 6) , soit à la production par ces bactéries d'enzymes chitinolytiques et ou à la conjonction des deux.

Chader et Hacene (1998), ont extrait un antibiotique AC3 à partir de la souche de *Bacillus subtilis* C3, ayant des capacités inhibitrices vis-à-vis du *Foa*. Cet antibiotique inhibe la sporulation du mycète, ainsi que le pourcentage de germination des spores. La paroi et la membrane cytoplasmique du mycète sont également altérées sous l'influence de cet antibiotique, Au niveau des sols des palmeraies marocaines, Sedra et Maslouhy (1994), ont également isolé un *Bacillus* ayant un fort effet inhibiteur vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*.

**Tableau 6 : Répartition des différentes espèces de Bacillus et leur niveau d'antagonisme**

<i>Echantillon sol</i>	N° <i>SOUCHE</i>	<i>ESPECE BACTERIENNE</i>	<i>ANTAGONISME</i>
<b>S1</b>	b1	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b2	<i>B firmus</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b3	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b4	<i>B firmus</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b5	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b39	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
<b>S2</b>	b6	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b7	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b8	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b9	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b10	<i>B coagulans</i>	<i>Faible antagoniste</i>
<b>S3</b>	b11	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b12	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b40	<i>B firmus</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b51	<i>B subtilis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b55	<i>B firmus</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
<b>S4</b>	b13	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b14	<i>B coagulans</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b15	<i>B firmus</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b16	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b41	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
<b>S5</b>	b17	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b18	<i>B firmus</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b19	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
<b>S6</b>	b20	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b21	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b22	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b23	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b42	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b43	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b44	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b45	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
<b>S7</b>	b24	<i>B coagulans</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b25	<i>B subtilis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b26	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b27	<i>B coagulans</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b46	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b47	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
<b>S8</b>	b28	<i>B firmus</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b53	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
<b>S9</b>	b29	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b30	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b31	<i>B firmus</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b32	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
<b>S10</b>	b33	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b48	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b49	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b50	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
<b>H2S1</b>	b34	<i>B licheniformis</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b35	<i>B subtilis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
<b>H2S10</b>	b52	<i>B licheniformis</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b36	<i>B coagulans</i>	<i>Faible antagoniste</i>
	b37	<i>B firmus</i>	<i>Fort antagoniste</i>
	b38	<i>B pumilus</i>	<i>Moyennement antagoniste</i>
	b54	<i>B licheniformis</i>	<i>Fort antagoniste</i>

## RESULTATS ET DISCUSSION

Par ailleurs, les *Bacillus spp* pourraient jouer un rôle dans l'induction de la résistance systémique chez la plante. En effet, les travaux de El hassni *et al* (2004), ont montré que des souches de *Bacillus* antagonistes au *Foa*, ont induit la résistance de plants du palmier dattier au bayoud. Le traitement des racines avec les antagonistes (*Bacillus pumilis*, *Bacillus subtilis*, et *Bacillus cereus*) se traduit par une accumulation de nombreux dérivés hydroxycinnamiques qui jouent un rôle primordial dans la résistance du palmier dattier au bayoud.

Enfin, la différence de niveau d'antagonisme observé *in vitro* vis-à-vis du *Foa*, ne semble pas être lié à l'espèce. En effet, des isolats appartenant à la même espèce, présentent des niveaux d'inhibition différents (tableau, 6).

Par ailleurs, malgré les teneurs fortes du milieu de culture en NaCl (7 et 10 %), certaines souches se sont révélées tolérantes, et elles ont présenté une croissance normale. Les résultats obtenus indiquent que ces souches bactériennes (annexe 4) sont adaptées à la salinité des sols des palmeraies. Cette tolérance est sans doute un facteur très intéressant, en vue de leur utilisation en tant qu'inoculum au niveau de ces sols, grâce à cette aptitude adaptative aux conditions édapho climatiques.

D'autre part, l'interprétation des tests de sensibilité aux antibiotiques *in vitro* est effectuée conformément aux indications du comité de l'antibiogramme de la *société française de microbiologie* (2005). Trois catégories cliniques ont été retenues :

Sensible (-), Résistant (+) et Intermédiaire (I).

Les résultats obtenus ont révélé que la majorité des souches sont résistantes aux antibiotiques testés. Ce caractère est également très intéressant, car en plus de leur capacité à résister aux conditions défavorables grâce aux phénomènes de sporulation, cette multirésistance aux antibiotiques, confère à ces bactéries la capacité de survivre à la concurrence avec le reste des bactéries du sol. Par conséquent, elles pourraient coloniser le sol ainsi que la rhizosphère après leur introduction.

### III-2-6 TRAITEMENT NUMERIQUE DES ISOLATS

L'analyse numérique constitue une des bases pour la caractérisation et la classification des souches. Cependant, elle ne peut pas être utilisée seule pour une analyse taxonomique. Néanmoins les résultats obtenus des différents caractères physiologiques et biochimiques utilisés donnent une indication sur le degré de similitude de l'ensemble des isolats étudiés.

Quarante (40) caractères phénotypiques de cinquante cinq (55) souches, ont été pris en considération pour la construction de la matrice phénotypique. L'analyse numérique de ces caractères a été effectuée par la méthode UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean) et l'utilisation du coefficient de Dice. Les caractères identiques pour toutes les souches, ont été exclus.

Le dendrogramme produit (fig. 16) a montré que d'une manière générale il existe une grande similitude entre les souches. A l'exception de deux souches (27 et 37) qui occupent une position séparée dans le dendrogramme à moins de 60 % de similitude. Ceci indique qu'elles sont phénotypiquement individualisées. Au dessous de la bande de 65% de similitude, trois grands groupes phénotypiques sont distingués. En effet, l'emploi du coefficient de Dice a permis de regrouper les souches en trois grands phénons par un niveau allant de 65% à 78% de similitude (fig. 16).

Des souches appartenant à la même espèce, occupent des positions séparées. Ces résultats confirment l'extrême hétérogénéité du genre *Bacillus*, sur le plan phénotypique (type respiratoire, métabolisme des sucres, composition de la paroi...) et sur le plan génétique. En effet, le pourcentage de guanine (G) et de la cytosine(C) des diverses espèces varie de 32 à 69%; (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 1986). Les études des ARNr 16S et 23S ont confirmé cette hétérogénéité, et elles ont montré que le genre *Bacillus* doit être scindé en plusieurs genres.

Par ailleurs, d'après la figure 16, pour certaines souches, malgré une forte similitude phénotypique, leur pouvoir antagoniste est différent. En effet, nous remarquons que les souches 54 et 5, qui appartiennent à la même espèce *licheniformis*, présentent un fort degré de similitude (96%), leur pouvoir inhibiteur vis-à-vis du *Fusarium*

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

*oxysporum* f sp *albedinis* est différent. La souche 54 étant fortement antagoniste alors que la souche 5 est moyennement antagoniste.

Enfin, et compte tenu des résultats des analyses physico chimiques des sols étudiés, et concernant l'élément « phosphore », ces souches bactériennes, joueraient un rôle important en plus de leur action antibiotique vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*, dans la dissolution du phosphore. Plusieurs travaux de recherche ont montré que les *Bacillus*, contribuent de manière très efficace dans la dissolution du phosphore au niveau du sol, grâce à la libération d'acides organiques tel que l'acide formique, l'acide acétique, l'acide lactique et autres, (Datta.*et al*, 1982 ; Kloepper *et al*, 1992 ; Paulo DS et Ely N, 2002). Des études ultérieures, concernant l'effet de la jonction des deux actions (antibiose et solubilisation du phosphore), sur la croissance et la germination du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*, permettront de mieux entrevoir ce moyen de lutte, en vue de préserver le palmier dattier.

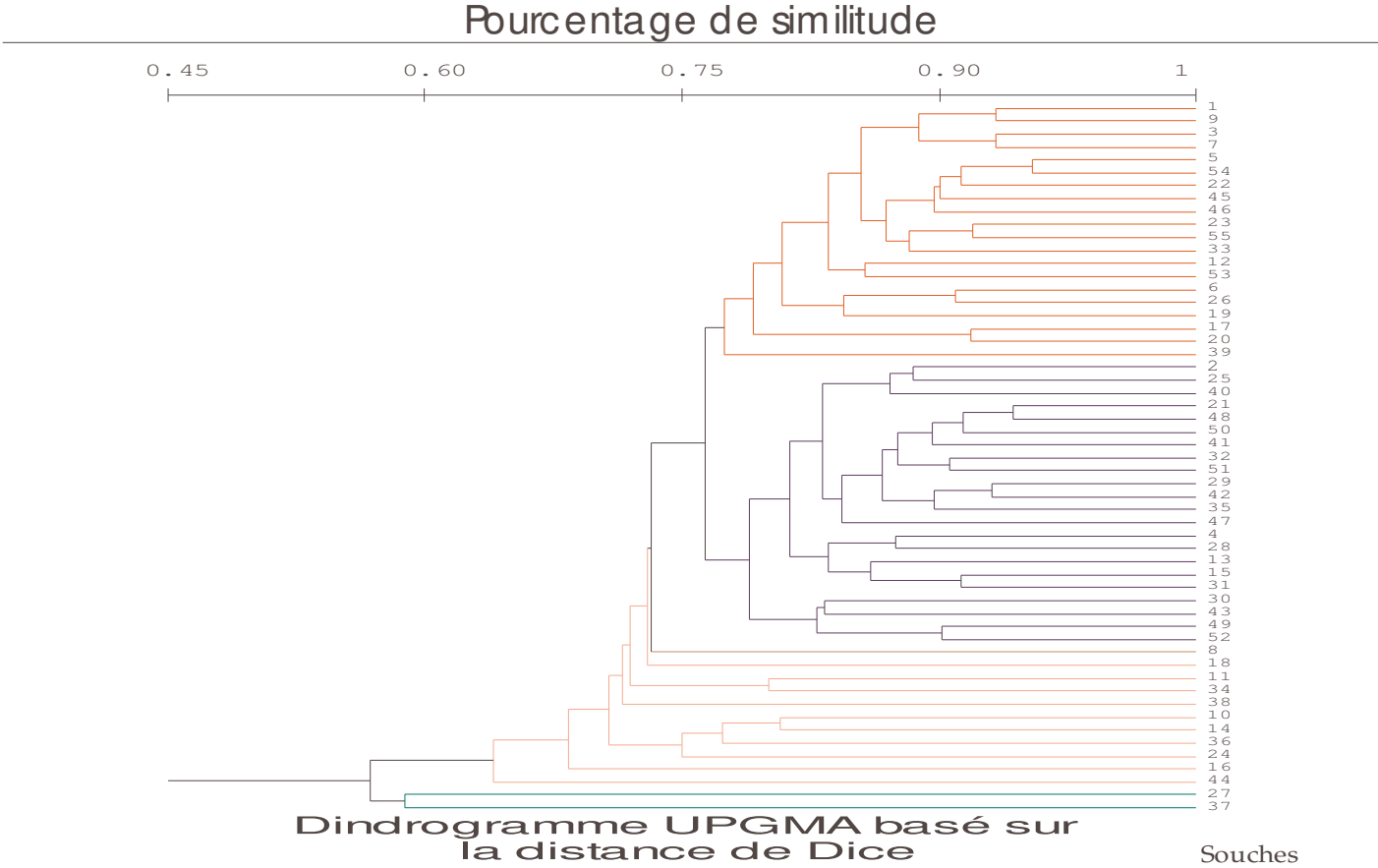


Fig 16 : Dendrogramme des souches antagonistes établi selon le coefficient de Dice

---

### CONCLUSION

Notre étude a été réalisée au niveau d'un site particulier à Timi, dans la région d'Adrar. Il est caractérisé par deux parcelles proches dont l'une est contaminée et l'autre encore indemne. Ce travail consiste à rechercher les facteurs du sol (biologique et ou physicochimique), pouvant influencer l'expression du *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* (agent du bayoud). La démarche expérimentale a consisté à décrire les facteurs physico chimiques des sols étudiés, à évaluer leur microflore, et de mettre en évidence le pouvoir antagonistes *in vitro* des bactéries de ces sols vis à vis du parasite, et enfin la caractérisation des antagonistes sélectionnés.

Les caractères physicochimiques étudiés ont montré que dans notre cas, la salinité n'est pas différente entre les deux sites, et qu'elle ne semble pas intervenir dans le phénomène de résistance des sols au bayoud comme il a été déjà signalé par plusieurs travaux, (Amir *et al*, 1996; Riba, 1992). Le phosphore assimilable semble être un élément discriminant entre les deux parcelles. Les sols de la parcelle contaminée sont plus riches en phosphore assimilable. Cet élément pourrait stimuler la flore fusarienne en général, et l'agent du bayoud en particulier. Du point de vue microbiologique, la mycoflore est plus abondante au niveau des sols de la parcelle infectée. Les actinomycètes sont également, en général plus abondants au niveau des sols infectés. Les mycètes ainsi que les actinomycètes jouent un rôle essentiel dans la dissolution des phosphates.

A l'exception des bactéries, les actinomycètes se maintiennent même au delà de 70cm de profondeur, plusieurs travaux ont montré l'aptitude de ces microorganismes à se développer en profondeur au niveau des sols des palmeraies, (Amir, 1981 ; Amir *et al*, 1985). Les mycètes en général et les fusarium en particulier se retrouvent au delà de 70cm.

## CONCLUSION

---

Trente huit pour cent des bactéries confrontées *in vitro* vis-à-vis d'une souche agressive du *Foa* ont montré un effet inhibiteur. Les antagonistes sélectionnés sont différents quant à leur niveau d'antagonisme, et leur fréquence. En effet, parmi les forts antagonistes, il existe des bactéries pas très répandues. De même, certaines bactéries mêmes si elles sont bien représentées, elles ont montré un effet inhibiteur moyen ou même faible. La caractérisation de ces antagonistes nous a révèlé qu'il s'agit de *Bacillus*. Cinq espèces ont caractérisé les souches. Il s'agit de *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*. L'espèce *Bacillus licheniformis* est prédominante avec 39 isolats. Ces résultats corroborent avec beaucoup de résultats déjà obtenus, et montrant que les *Bacillus spp* en général sont bien répandus dans les sols des palmeraies. Les travaux de Lamari, 1992, et de Ali ou Salah, 1994) ont montré que la distribution des différentes espèces de *Bacillus* au niveau de la rhizosphère, est liée au génotype de la plante résistante ou sensible.

Enfin, au terme de notre étude, et en vue de cerner la problématique énoncée, il est nécessaire, d'entrevoir et ou de poursuivre les opérations suivantes :

- Poursuivre les recherches concernant l'élément « phosphore » au niveau du sol et confirmer son incidence sur la fusariose vasculaire du palmier dattier,
- Etudier la capacité de ces espèces bactériennes à coloniser la rhizosphère, et à se maintenir dans le sol. En effet, l'activité microbienne est stimulée par les exsudats racinaires. La nature de ces derniers pourrait être sélective pour des populations microbiennes antagonistes (Lemanceau, 1992). Il est nécessaire de voir l'effet rhizosphérique sur les *Bacillus* en général, et les espèces que nous vous isolées en particulier,

-

## CONCLUSION

---

- Etudier le mécanisme mis en jeu par les espèces bactériennes citées, il s'agit de voir en plus de l'antibiose, s'il n'y aurait pas en présence de la plante l'induction de la résistance.

---

**BIBLIOGRAPHIE**

- **Alabouvette C; Couteaudier Y; Louvet J; 1982.** Comparaison de la réceptivité de différents sols et substrats de culture aux fusarioses vasculaires. *Agronomie*, 2 : 1-16.
- **Alabouvette C; Couteaudier Y; Louvet J; 1984.** Recherches sur la résistance des sols aux maladies. IX- Dynamique des populations de *Fusarium* spp. Et de *Fusarium oxysporum* f sp *melonis* dans un sol résistant et un sol sensible aux fusarioses vasculaires. *Agronomie*, 4 (8).
- **Alabouvette C; Hoeppe H; Lemanceau P; Steinberg C; 1996.** Soil Suppressiveness Diseases Induced by Soilborne Plant Pathogens. *Soil Bioch.*9: 371-413.
- **Ali Haimoud A; Chami M; Djellali N; Bounaga D; 1979.** Le palmier dattier et la fusariose. VI : Activité microbiologique de la rhizosphère de quelques variétés de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). *Bull.Soc. Hist Nat. Afr. Nord*, 68 : 3-36.
- **Ali ousalah A.** Recherche des activités microbiennes antagonistes des populations fusariennes (cas de la microflore bactérienne et actinomycétale thermophile antagoniste de *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*. Thèse Magister, *Uni Blida*.
- **Amir H; 1981.** Antagonisme de divers microorganismes vis à vis de *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*\_(Killian et Maire) Gordan, agent du bayoud. *Thèse Magister*, USTHB.
- **Amir. H; Sabaou. N; 1983.** Le palmier dattier et la fusariose. XII- Antagonisme dans le sol de deux actinomycètes vis à vis de *Foa* responsables de Bayoud, *mémoires de la soc d'His Nat du Nord* (13), 47-60.
- **Amir. H ; Benaceur. M ; Laoufi. Z ; Amir. A ; Bounaga. N; 1985.** Le palmier dattier et la fusariose. XIII- Contribution à l'étude de l'écologie microbienne du sol de deux palmeraies sahariennes atteintes de bayoud. *Rev Ecol Biol Sol ; 22(3)*, 313-330.
- **Amir H; Amir A; 1988.** Le palmier dattier et la fusariose. XIV- Antagonisme dans le sol de souches de *Fusarium solani* vis à vis de *F o albedinis*, *Rev Ecol Biol Sol*, (25), 161-174.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Amir H;** 1991. Interaction entre population du genre *Fusarium* dans les sols sahariens : Déterminisme de l'aptitude des souches non pathogènes à limiter l'expression de la fusariose vasculaire. *Grade Docteur-es Sciences Naturelles*, USTHB.
- **Amir H; Alabouvette C;** 1993. Involvement of soil abiotic factors in the mechanism of soil suppressiveness to fusarium wilt. *Soil Biol Bioch.* 25: 157-164.
- **Amir. H ; Amir. A; Riba. A ;** 1996. Rôle de la microflore dans la résistance à la fusariose vasculaire induite par la salinité dans un sol de palmeraie. *Soil Biol Biochem* Vol 28 N° 1, 113-122.
- **Ana Espinel-Ingroff;** 2001. Comparison of the E-test with the NCCLS M38-P Method for Antifungal Susceptibility Testing of Common and Emerging Pathogenic Filamentous Fungi. *Journal of Clinical Microbiology*: p. 1360-1367, Vol. 39, No. 4.
- **Annis SL; Goodwin PH;** 1997. Inhibition of polygalacturonase produced by *Leptosphaeria maculans* by leaf extracts of canola and its relationship to calcium. *Can. J. Plant pathology*: 19(1): 1-7.
- **Arora D; Gaur AC;** 1978. Periodic microbial solubilization of <sup>32</sup>P labelled hydroxyapatite. *Indian J Microbiol.* 18: 193-194.
- **Baker. K F; Cook R J;** 1974. Biological control of plant pathogens. W.H. Freeman Co; Ed. San Francisco: 433p.
- **Beak J M; Howell C R; Kelerney;** 1999. The role of extracellular chitinase from *Trichoderma virens* Gv29-8 in the biocontrol of *Rhizoctonia solani*. *Current genetics*, 35: 41-50.
- **Belarbi R ;** 1986. Ultrastructure du pneumatode, son rôle dans la fusariose du palmer dattier. Relations hôte – parasite. *Thèse de Doctorat d'Etat. Uni Nancy* 214 pages
- **Benaceur H M ;** 1981. Sur la fusariose du palmier dattier. Effets des exsudats racinaires sur le Foa. (Killian et Maire) Gordon. Thèse docteur es 3<sup>ème</sup> USTHB.
- **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, vol. 2.** 1986. Ed Williams and Wilkins Co., Baltimore. pp. 1105-1139.

## BIBLIOGRAPHIE

- **Blanca B. Landa; Hervás A; Bettiol W; Jiménez-D'az R M;** 1997. Antagonistic Activity of Bacteria from the Chickpea Rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*. *Phytoparasitica* 25(4): 305-318.
- **Blanca B. Landa; Juana M. Cachinero-Díaz; Philippe Lemanceau; Rafael M. Jiménez-Díaz; Claude Alabouvette ;** 2002. Effect of fusaric acid and phytoanticipins on growth of rhizobacteria and *Fusarium oxysporum*. *Can. J. Microbiol.* 48(11): 971-985.
- **Bouguedoura N;** 1991. Connaissance de la morphogénèse du palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L. Développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. *Thèse de Doctorat d'Etat. USTHB.* 210 pages
- **Bounaga N;** 1975. Germination de microconodites de *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*. *Bull SocHis Afr Nord* 66 :39-44.
- **Bounaga N ;** 1985. Contribution à l'étude de *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* (Killian et Maire) Gordon, agent causal de la fusariose du palmier dattier. *Thèse d'état, USTHB.*
- **Brac De La Perriere ; Benkhalifa A ;** 1994. Progression de la fusariose du palmier dattier en Algérie. *Sech2* : 119-128.
- **Brian B.** 2004. The Nature and Application of Biocontrol Microbes: *Bacillus* spp.—Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in Agricultural Systems. *Phytopathology*, 94:1252-1258.
- **Brion K. Duffy; Genevie V D F;** 1999. Environmental Factors Modulating Antibiotic and Siderophore Biosynthesis by *Pseudomonas fluorescens* Biocontrol Strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 2429–2438 Vol. 65, No. 6.
- **Brochard P ; Dubost D ;** 1970. Progression du «Bayoud» dans la palmeraie de In salah (Tidekel-Algérie). *Al Azwamia. Rev Rech. Agro. Marocaine.* 143pp.
- **Bulit J; Louvet J; Bouhot D; Toutain G;** 1967. Recherche sur les *Fusarium*. I- Travaux sur le bayoud, fusariose du palmier dattier en Afrique du nord. *Ann. Epiphyties.* 18. (2).

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Chabot R, Antoun H, Cescas M P;** 1993. Stimulation de la croissance du maïs et de la laitue romaine par des microorganismes dissolvant le phosphore inorganique. *Can. J. Microbiol*: 39(12): 941-947.
- **Chader S et Hacene H;** 1998. Biological activity of two new antibiotics AC3 et M17 against the bayoud disease causal organism (*Fusarium oxysporum f sp albedinis*). "Date Palm Research Symposium" Réseauderecherches et du développement du palmier dattier. Marrakech, 16-18 février, Maroc, 291-301.
- **Chan Y K; McCormik W A ; Seifert K A ;** 2003. Characterization of antifungal soil bacterium and its antagonistic activities against *Fusarium* species. *Can. J. Microbiol*: 49(4): 253-262.
- **Chet I et BakerR;** 1981. Isolation and biocontrol potentiel of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 71: 286-290.
- **Cherrab Mostafa ;** 1989. Contribution à l'étude morphologique et biochimique de quelques formes spéciales de *Fusarium oxysporum* (SCHLECHT). *Thèse Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle en biologie végétale*. Université Marrakech. 104 pages.
- **Cook, R. J;** 1993. Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol*. 31:53-80.
- **Datta, M; Banik, S. And Gupta, R.P.** 1982: Studies of the efficacy of a phytohormona producing by phosphate solubilizing *B. Firmus* in augmenting paddy field in acid soils of Nagaland. *Plant and Soil*. 69: 365-373.
- **Davet P;** 1995. Vie microbienne du sol et production végétal .INRA Editions.
- **De Sousa JT ; Weller DM ; Raaijmakers JM;** 2002. Frequency, diversity, and activity of 2,4 Diacetylphloroglucinol producing *Fluorescents Pseudomonas* spp. In deutch teke all soils. *Phytopathology*. 93, 54-63.
- **Dijksterhuis. J; Sanders. M; Gorris. LG; Smid. EJ;** 1999. Antibiosis plays a role in the context of direct interaction during antagonism of *Paenibacillus polymyxa* towards *Fusarium oxysporum*. *J Appl Microbiol*: Jan;86 (1): 13-21.

## BIBLIOGRAPHIE

- **Dillee Kumar B S**; 1999. Fusarial wilt suppression and crop improvement through two rhizobacterial strains in chick pea growing in soils infested with *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*. *Biology and fertility of soils*, v.29:87-91.
- **Djerbi M**; 1982. Bayoud disease in North Africa: Hystory distribution, diagnostic and control. *Data Palm Journal*. 1 : 153-197.
- **Djerbi M**; 1988. Les maladies du palmier dattier projet Régional de lutte contre le Bayoud *FAO RAB/84/018* : 127p.
- **Djerbi M**; 1993. Précis de la phoeniciculture. 191p.
- **Djili K ; Daoud Y**. 1999. Relation entre le pH et la teneur en carbonate de calcium des sols. Cas des sols du nord Algérien. *Agrochimica*, Vol. XL III-N.3-4.
- **Dommergues. Y**; 1962. Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. Deuxième partie. *Ann Agron*; 13(5), 391-468.
- **Dommergues Y et Mangenot F**, 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie, Editeurs. 796 pp.
- **Dubost. D ; Kada. A** ; 1975. Le Bayoud à Ghardaïa. *Bulletin d'Agronomie Saharienne*. 3 : 29-61.
- **Duchaufour. P** ; 1984. Abrégé de pédologie. *Masson-édition*. 220 pages.
- **Duijff B J ; Pouhlair P ; Olivain C ; Alabouvette C ; Lemanceau P** ; 1998. Implication of systemic induced resistance in the suppression of fusarium wilt of tomato by *Pseudomonas fluorescens* WCS417r and by non pathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47. *Eur J Plant Pathology* 104, 903-910.
- **Elad Y et Baker R**, 1985. the role of competition for iron and carbon in suppression of chlamydo-spore germination of *Fusarium spp.* *Pseudomonas spp.* *Phytopathology*, 75: 1053-1059.
- **El Hassnil M; Daayf F; El Hadramil I**; 2004. Pathosystème palmier dattier-*Fusarium oxysporum f sp albedinis*: sélection de microorganismes antagonistes et détermination de leur potentiel d'induction des réactions de défense. Meeting international sur l'agriculture et oasisienne et l'arido culture, Djerba. *Revue des régions arides*, ns.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Fenice M, Selbman L, Federico F, Vasslev N.** 2000. Application encapsulated *Penicillium* variable P16 in solubilization of rock phosphate. *Bioresource Technology*. 73: 157-162.
- **Fernandez. D ; Lourd. M ; Ouinten. M ; Tantaoui. A ; Geiger. JP;** 1995. Le Bayoud du palmier dattier, une maladie qui menace la phoeniciculture. *Phytoma*. N°469 : 36-39.
- **Fernandez. D; Ouinten. M; Tantaoui. A; Geiger. J-P;** 1997. Molecular records of micro-evolution within the Algerian population of *Fusarium oxysporum* F. sp. *albedinis* during its spread to new oases. *European Journal of Plant Pathology*, 103: 485-490 - P 242.
- **Fuchs J.-G; Moënne-Loccoz Y; Défago G;** 1997. Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Strain Fo47 Induces Resistance to *Fusarium* Wilt in Tomato. *Plant Dis.* 81:492-496.
- **Garret SD ;** 1966. Spores as propagules of diseases. In fungus spore. *Ed Madelin M F;* Butterworths, Londres pp 309-319.
- **Gordon, R. E ; W. C. Haynes ; C. H.-N. Pang.** 1973. The genus *Bacillus*. Handbook 427. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- **Gordon T. R; Martyn R. D;** 1997. The Evolutionary Biology of *Fusarium Oxysporum*. *Annu rev.phyto*. Vol. 35, pp. 111-128.
- **Haran S H; Schikler A O; Chet I;** 1996. Differential Expression of *Trichoderma harzianum* chitinases during mycoparasitism. *Ann. Phythopathol;* 86: 981-985.
- **Hedley MJ; Hussinh A; Bolan NS;** 1990. New approaches to phosphorus fertilisation. Phosphorus requirement for sustainable agricultur in Asia and Oceana. Proceedings of symposium, 125\_142.
- **Hervas A., Landa B., datnoff L E., Jimenez Diaz RM;** 1998. Effects of commercial and indigenous microorganisms on fusarium wilt development in chickpea, *biological control*, and vol 13 (3): 166-176.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Hinsinger P;** 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root induced chemical changes: a review. *Plant and soil*. 237: 173-195.
- **Homma Y; Sitton J W; Cook R J et Old D M;** 1979. Perforation and destruction of pigmented hyphae and *Gaeumannomyces graminis* by *vampyrellid amoebae* from pacific North West what field soils. *Phytopathology*, 69: 1118-1122.
- **Howelle C R; 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.
- **Illmer P; Schinner F;** 1992. Solubilisation of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 24: 389-395.
- **Illmer P; Barbato A; Schinner F;** 1994. Solubilization of hardly soluble  $AlPO_4$  with P solubilizing microorganisms. *Soil Biol. Biochem.* 24: 389-395.
- **Johri JK, Surange S, Nautiyal CS;** 1999. Occurrence of salt, pH and temperature tolerant phosphate solubilizing bacteria in alkaline soils. *Current Microbiology*. 39: 89-93.
- **Jones JP; Engelhard AW; Woltz SS.** 1989. Management of fusarium wilts of vegetables and ornamentals by macro- and microelement nutrition. p. 18-32. In: A.W. Engelhard (Ed.). Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro and Microelements. *American Phytopathological Society*. 217 p.
- **Jouan. D; Lemaire. J m;** 1974. Modification des biocénoses du sol. I- Etude préliminaire de l'influence de l'incorporation de substrats nutritifs au sol et ses conséquences pour l'évolution d'agents phytopathogènes d'origine tellurique. *Ann. Phythopathol;* 6(3) 297-308.
- **Kemmache ;** 1995. Synthèse bibliographique sur le dépérissement du piment-poivron. *DES*, Institut de biologie. Tizi ouzou
- **Kellou. R; Dubost. D;** 1974. Organisation de la recherche et de la lutte contre le bayoud en Algérie. *Bul. Agr. Sahar;* 1 (1).

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Kellou. R;** 1972. Organisation actuelle de la lutte contre la fusariose du palmier dattier en Algérie. Compte rendu du premier séminaire international sur le bayoud. Alger.
- **Khan MR, Khan SM;** 2002. Effects of root-dip treatment with certain phosphate solubilizing microorganisms on the fusarial wilt of tomato. *Bioresour Technol.* 85(2):213-5
- **Killian. C ; Maire. R.** 1930. Le bayoud, maladie du dattier. *Bull.Soc .Hist.Nat.Afr. Nord ;* 21, 89-101.
- **Kloepper, J.W.; McInroy, J.A.; Bowen, K.L.** 1992. Comparative identification by fatty acid analysis of soil, rhizosphere, and geocarposphere bacteria of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Soil*, 139: 85-90.
- **KuceyRM ; Jansen HH ; Legget ME ;** 1989. Microbioly mediated increases in plant available phosphorus. *Adv Agron.* 42 : 199-223.
- **Lamari L;** 1992. la flore bactérienne de la rhizosphère du palmier dattier. Comparaison entre cultivars sensible et résistant au bayoud et aptitude de quelques souches à limiter la fusariose. *Thèse de magister, ENS.*
- **Lekchiri S; Moueqqit M; Lekchiri A;** 2005. Etude biochimique des composés phénoliques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), sain et infecté par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et sélection d'une souche de champignon ayant une activité ligninase. *Journées Nationales de Microbiologie Oujda 27 et 28 Mai 2005.*
- **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 : 155-162.
- **Lemanceau P;** 1992. Effets bénéfiques de rhizobactéries sur les plantes : Exemples des *Pseudomonas spp Fluorescents*. *Agronomie*, 12, 413-437.
- **Lemanceau P;** 1993. Suppression of fusarium-wilt by *Fluorescents Pseudomonas*: mechanisms and application. *Biocontrol Science and Technology.* 3, 219-234.
- **Liu et Baker;** 1980. Mechanism of biological control I soil suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70: 404-41.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Lockwood;** 1964. Soil fungistasis. *Annu. Rev. Phytopathol* ; 341-362.
- **Louvet. J; Toutain. G;** 1973. Recherches sur les fusarioses. VIII-Nouvelles observations sur la fusariose du palmier dattier et précision concernant la lutte. *Ann. Phythopathol.* 5, 35-52.
- **Louvet. J ; Rouxel. F; Alabouvette. C;** 1976. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. I -Mise en évidence de la nature microbiologique de résistance d'un sol au développement de la fusariose vasculaire du melon. *Ann. Phythopathol* 8(4), 425-436.
- **Louvet. J;** 1977. Observations sur la localisation des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* dans les tissus des plantes parasitées. Travaux dédiés à G Viennot Bourgin, INRA, Société Française de phytopathologie, Paris :193-197.
- **Malencon. G;** 1934. Nouvelles observations concernant l'étiologie du bayoud. C.R.Acad. Sci. Paris, 198:1259.
- **Mangenot F ; Diem HG ;** 1979. Fundamentals of biological control. IN Ecology of root pathogens. *Ed Krupa SV et Dommergues Y.* pp 207-265.
- **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.** 2003. Données chiffrées N°4, les palmiers dattiers en Algérie.
- **Munier. P;** 1973. Le palmier dattier. Edition G. P. Maison neuve et Larose. Paris.
- **Moustiri A ;** 1992. Etude comparative des actinomycètes de la rhizosphère de deux cultivars sensible et résistant au Bayoud. Influence de quelques isolats sur l'expression de la fusariose. Thèse de Magister, ENS. Alger.
- **Narsian V et Patel H;** 2000. *Aspergillus aculeatus* as a rock phosphate solubilizer. *Soil Biol*, 32: 559-565.
- **Ownley B H, Duffy B K et Weller D M;** 2003. Identification and Manipulation of Soil Properties To Improve the Biological Control Performance of Phenazine-Producing *Pseudomonas fluorescens*. *Applied and Env Microbiol*, p. 3333-3343, Vol. 69, No. 6.
- **Papavizas B C et Lumsden R D;** 1980. Biological control of soil borne fungal propagules. *Ann Rev Phytopathol*, 18: 389-413.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Paulo da Silva; Ely Nahas**; 2002. Bacterial diversity in soil in response to different plans, phosphate fertilizers and liming. *Braz. J. Microbiol.* Vol.33 No.4.
- **Peng, H.X.; Sivasithamparam, K**; 1999. Chlamydospore germination and Fusarium wilt of banana plantlets in suppressive and conducive soils are affected by physical and chemical factors. *Soil Biology and Biochemistry (GBR)*, 31, (10), p. 1363-1374
- **Perreau-Leroy. P**; 1954. Recherche sur la fusariose du palmier dattier. *Ann Inst. Fr. Agric. Colon*; 8, 1-27.
- **Pochon. J**; 1954. Manuel technique d'analyse microbiologique du sol.
- **Rahmania F**; 2000. Contribution à la connaissance des relations histo-cytophysiologiques entre le palmier dattier, *Phoenix Dactylifera L.* et l'agent causal du bayoud, *Fusarium oxysporum f.sp albedinis* (KILLIAN et MAIRE) Gordon. Doctorat d'état, USTHB.
- **Reddy M S, Kumar S, kabita K**; 2002. Biosolubilization of poorly soluble rock phosphate by *Aspergillus tubingensis* and *Aspergillus niger*. *Bioressource technology*. 84: 187-189.
- **Riba O**; 1992. Influence de la salinité des sols de palmeraies sur les *Fusarium*. Conséquences sur l'expression du bayoud, fusariose du palmier dattier (*phoenix dactylifera L.*) *Thèse de Magister*. USTHB.
- **Richardson AE** ; 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Aust J plant physiol.* 28, 897-906.
- **Robert P. Larkin; Deborah R. Fravel**; 1998. Efficacy of Various Fungal and Bacterial Biocontrol Organisms for Control of Fusarium Wilt of Tomato. *Plant Dis.* 82 :1022-1028.
- **Rodriguez F, et Pfender W F**; 1997. Antibiosis and antagonism of *Sclerotinia homoeocarpa* and *Drechslera poae* by *Pseudomonas fluorescens* Pf-5 in vitro and in Planta. *Biological control*, 614-620.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Rouxel F; Bouhot D;** 1971. Recherche sur l'écologie des champignons parasites dans le sol. IV. Nouvelles mises au point concernant l'analyse selective et quantitative des *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* dans le sol. *Ann Phytopathol*; 3 : 171-188.
- **Rouxel. F; Alabouvette. C; Louvet. J;** 1977. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. II- Incidences des traitements thermiques sur la résistance microbiologique d'un sol à la fusariose vasculaire du melon. *Ann. Phythopathol.* 9(2), 183-192.
- **Rouxel F ; Alabouvette C; Louvet J;** 1979. Recherche sur la 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. Phythopathol*, (11), 199-207.
- **Rouxel F ; Tivoli A ; Sarniguet et Lucas P;** 1991. La réceptivité des sols aux agents phytopathogènes. *Biofutur*, Mai 1991 : 35-43.
- **Rohlf F J;** 1990. Numerical taxonomy and multivariate analysis system (NTSYS-PC, version 1.6). Exeter Software, New York.
- **Sabaou. N; Amir. H; Bounaga. D;** 1980. Le palmier dattier et la fusariose. X- Dénombrement des actinomycètes de la rhizosphère. Leur antagonisme vis à vis du Foa. *Ann. Phythopathol.*, 12(3). 253-257.
- **Sabaou N ; Bennaceur M ; Bounaga D ;** 1981. Le palmer dattier et la fusariose. VII. Actions parasitaires d'un actinomycète envers *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*. *Ann Microbiol ;* 132 : 319-329.
- **Sabaou N ; Bounaga N ; Bounaga D ;** 1983. Actions antibiotique, mycolytique et parasitaire de deux actinomycètes envers *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* et autres formae speciales. *Can J Microbiol*, 29 : 194-199.
- **Sanogo S et. Yang X.B;** 2001. Relation of sand content, ph, and potassium and phosphorus nutrition to the development of sudden death syndrome in soybean. *Can. J. Plant Pathol.* 23 : 174-180.
- **Sayer JA; ragget S; daad JM;** 1995. solubilization of insoluble metal compounds by soil fungi ; developement in mutagenesis. *J Chem Tech. Biotechnol.* 32 : 354-364.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Scher FM, Baker R;** 1980. Mechanism of biological control in a Fusarium-Suppressive soil. *Phytopathology*, 70, 412-417.
- **Scher FM, Baker R;** 1982. Effect of *Pseudomonas putida* and a sythetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens. *Phytopathology*, 77, 1 057-1 061.
- **Schneider R W,** 1982. Suppressive soils and plant disease. *Ann. Phytopathol; Soc, USA*, 88p.
- **Sedra. My. H; Bah. N;** 1993. Développement saprophytique du *Foa* dans différents sols de palmeraies et activités antagonistes de quelques microorganismes sur son comportement. *Al. Aw.* N° 82.
- **Sedra. My. H;** 1994. Mise au point d'une méthode pour l'évaluation rapide de la résistance au bayoud des plantules de palmier dattier issues de semis. *Al. Aw.* N° 80. Sep.
- **Sedra. My. H; Maslouhy. My. H;** 1994. La fusariose vasculaire (Bayoud) du palmier dattier. I-Isolement des microorganismes antagonistes envers *Foa* à partir des sols résistants de la palmeraie de Marrakech. *Al. Aw.* N° 86 sep
- **Sedra. My. H; Besrim. H. Rouxel. F;** 1994. Comparaison des niveaux de réceptivité des sols de palmeraies Marocaines aux fusarioses vasculaires en particulier le bayoud. *Al. Aw.* N° 86 Sep.
- **Sedra My H ;** 2003. Le bayoud en Afrique du nord. Ed FAO. 125pp.
- **Sharifi T A, Ramezani M;** 2003. Biological control of *Fusarium oxysporum*, the causal agent of onion wilts antagonistic bacteria. *Com Agric Appl Biol Sci.* 68(4 Pt B):543-547.
- **Silva MSA; Romeiro RDS; Macaghan D; Holfoid BDA; Periera MCB; Monteer A;** 2003. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: non specific protection and increase in enzyme activities. *Biological control.* 29, 287-295.
- **Simeoni L A; Lindsay et Baker W L;** 1987. Critical iron level associated with biological control of *Fusarium* wilt. *Phytopathology*, 77: 1057-1061.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Singh P P; Shin Y C; Park C S; Chung Y R;** 1999. Biological control of Fusarium wilt of cucumber by chitinolytic bacteria. *Phytopathology*; Vol 89, N°1, 92-98.
- **Skinner F A;** 1956. Effet of adding clays to mixed cultures of *Streptomyces albidoflavus* and *Fusarium culmorum*. *J Gen Microbiol* (14), 393-405.
- **Smith SN; Snyder WC,** 1971. Relationship of inoculum density and soil types to severity of Fusarium wilt of sweet potato. *Phytopathology*, 61: 1049-1051.
- **Smith SN; Snyder WC;** 1975. Persistence of *Fusarium oxysporum* f sp *vasinfectum* in fields in the absence of cotton. *Phytopathologie*. 65: 190-196.
- **Smith SN;** 1978. Différents points étudiés au cours de la mission dans les oasis Algériennes. *Bul. Agr-Sahar*; 1, (4) 63-71.
- **Sneh B; Dupler M; Elad Y; et Baker R,** 1984. Chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f sp *cucumerinum* as affected by fluorescent and lytic bacteria from *Fusarium* suppressive soil. *Phytopathology*, 74: 1115-1124.
- **Someya N; Kataoka N;** 2000. Biological Control of Cyclamen Soilborne Diseases by *Serratia marcescens* Strain B2. The American Phytopathological Society. *Plant Dis.* 84 :334-340.
- **Tamietti G ; 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.
- **Tamieetti. G; Pramotton. R;** 1990. La réceptivité des sols aux fusarioses vasculaires: rapports entre résistance et microflore autochtone avec référence particulière aux *Fusarium* non pathogènes. *Agr.* 10, 69-76.
- **Tirichine M ;** 2002. La protection du patrimoine phoenicicole: Organisation de la quarantaine végétale, contrôle et réglementation- Cours de formation des cadres mauritaniens.
- **Tisdale S ; Nelson WL ; Beaton JD ;** 1985. Soil land fertilizer phosphorus. In soil fertility and fertilizers. 4<sup>ème</sup> ED. 189-248.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- **Tivol. B; Corbiere. E; Lemarchand;** 1990. Relation entre le Ph des sols et leur niveau de réceptivité à *F solani var coeruleum* et *F roseum var tubercules* de pomme de terre. *Agr.* 10, 63-68.
- **Toutain G ;** 1965. Note sur l'épidémiologie du bayoud en Afrique du Nord. *Al Awamia* (15) : 15-37.
- **Toutain. G; Louvet. J;** 1972. Résistance au Bayoud dans les variétés du palmier dattier. Compte rendu du 1<sup>er</sup> séminaire international sur le bayoud. Alger.
- **Tramier. R; Bettachini. A;** 1974. Mise en évidence d'une souche de *Fusarium oxysporum fsp Dianthi* résistante aux fongicides systémique. *Ann phythopathol.* 6(3), 221-231.
- **Van Peer, R., Niemann, G. J., and Schippers, B.** 1991. Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of *Fusarium* wilt of carnation by *Pseudomonas* sp. CS417r. *Phytopathology* 81:728-734.
- **Van Loon, LC; Bakker PAH. M; Pieterse CMJ.** 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annu. Rev.Phytopathol.* 36:453-483.
- **Vasquez P; Holguin G; Puente M; Lopes cortes A; Bashann Y;** 2000. Phosphate solubilizing microorganisms associated with the rhizosphère of mangroves in a semiarid coastallagoon. *Biol Fertil Soils.* 30: 460-468.
- **Yiu Kwok C, Wayne A M, Keith A S;** 2003 Characterization of an antifungal soil bacterium its antagonistic activities againts *Fusarium* species. *Can J Microbiol* 49(4): 253-262.
- **Weller, D. M;** 1988. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 26:379-407.
- **Wietse de Boer; Patrick Verheggen, Paulien J. A. Klein Gunnewiek, George A. Kowalchuk, and Johannes A. van Veen;** 2003. Microbial Community Composition Affects Soil Fungistasis. *Applied and environmental microbiology:* 835-844 vol. 69, no. 2.

ANNEXE 1

TEST N°SOUCHE	GRAM	FORME CELL	SPORE			MANNITOL MOBILITE			VF	CAT
			Présence	Forme	Position	MAN	MOB	GAZ		
b1	+	bat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b2	+	b ch	+	Sphérique	Centrale	+	-	+	+	+
b3	+	bt ch	+	Sphérique	Centrale	-	+	+	-	+
b4	+	g bat	+	Sphérique	Centrale	+	-	-	+	+
b5	+	g bat ch	+	Ovale	Centrale	-	-	+	-	+
b6	+	p bat	+	Sphérique	Centrale	+	+	-	-	+
b7	+	g b ch	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	++
b8	+	pbat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	-
b9	+	b ch	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b10	+	p b	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	-	+
b11	+	bat	+	Ovale	Centrale	-	+	-	-	+
b12	+	bat	+	Ovale	Centrale	-	+	+	-	+
b13	+	b ch	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	-	+
b14	+	bt ch	+	Sphérique	Centrale	-	-	+	-	+
b15	+	bt ch	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	+	+
b16	+	b ch	+	Sphérique	Centrale	-	+	-	-	-
b17	+	b ch	+	Ovale	Centrale	-	+	-	-	+
b18	+	b ch	+	Ovale	Centrale	-	+	+	+	+
b19	+	bat cha	+	Ovale	Centrale	+	+	-	-	+
b20	+	bat	+	Ovale	Centrale	-	-	-	-	+
b21	+	b bat	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	-	+
b22	+	b ch	+	Ovale	Centrale	-	+	+	-	+
b23	+	B ch	+	Ovale	Centrale	-	+	+	-	+
b24	+	p bat ch	+	Sphérique	Centrale	+	+	-	-	+
b25	+	g bat ch	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	+	+
b26	+	g bat ch	+	Ovale	Centrale	+	+	-	-	+
b27	+	p b chai	+	Ovale	Centrale	-	-	-	-	+
b28	+	bat	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	+	+
b29	+	bat	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	-	+
b30	+	bat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b31	+	bat	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	+	+
b32	+	bat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b33	+	g bat	+	Ovale	Centrale	-	+	+	-	+
b34	+	b ch	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	-	+
b35	+	bt ch	+	Ovale	Centrale	+	+	+	+	+
b36	+	pet bat	+	Ovale	Centrale	+	-	-	-	+
b37	+	p bat	+	Sphérique	Centrale	-	-	-	+	+
b38	+	bat	+	Sphérique	Centrale	+	-	-	+	+
b39	+	bat en chain	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b40	+	bat	+	Ovale	Centrale	+	-	+	+	+
b41	+	bat en chain	+	Ovale	Centrale	+	-	+	-	+
b42	+	long bat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b43	+	long bat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b44	+	long bat chai	+	Sphérique	Centrale	-	-	-	-	+
b45	+	long bat chai	+	Ovale	Centrale	-	+	+	-	+
b46	+	long bat chai	+	Ovale	Centrale	-	+	-	-	+
b47	+	bat	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b48	+	bat en chain	+	Ovale	Centrale	+	+	+	-	+
b49	+	long bat chai	+	Ovale	Centrale	+	+	-	-	+
b50	+	long Bat	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	-	+
b51	+	bat en chain	+	Sphérique	Centrale	+	+	+	+	+
b52	+	long bat chai	+	Ovale	Centrale	+	+	-	-	+
b53	+	long bat chai	+	Sphérique	Centrale	-	+	+	-	+
54	+	long bat chai	+	Ovale	Centrale	-	+	+	-	+
b55	+	long bat chai	+	Sphérique	Centrale	-	+	+	+	+

ANNEXE 2

N° Souche	Nit Red	Vp	Rm	Lécit	Cit	Casei	Gel	Urée	Ind	Tda	Kia			
											glu	Lac	h2s	gaz
b1	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-
b2	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
b3	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+
b4	-+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-
b5	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
b6	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
b7	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
b8	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
b9	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-
b10	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
b11	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
b12	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b13	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
b14	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-
b15	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
b16	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
b17	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
b18	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
b19	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
b20	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-
b21	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-
b22	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b23	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
b24	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
b25	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
b26	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
b27	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
b28	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-
b29	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
b30	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
b31	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-
b32	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
b33	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
b34	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
b35	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
b36	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-
b37	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
b38	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
b39	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
b40	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
b41	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
b42	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
b43	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
b44	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
b45	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
b46	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
b47	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-
b48	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-
b49	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b50	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
b51	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-
b52	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
b53	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
b54	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
b55	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-

## ANNEXE 3-

N°souche	UTILISATION DES SUCRES																
	GLU	MAN	LAC	XYL	RHA	ARA	AMI	SAL	FRU	INO	MAL	RAF	SAC	SOR	CELO	GAL	DUL
b1	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b2	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
b3	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b4	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
b5	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b6	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
b7	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b8	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b9	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b10	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-
b11	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-
b12	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
b13	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-
b14	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b15	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
b16	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
b17	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b18	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b19	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b20	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
b21	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b22	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
b23	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
b24	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b25	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-
b26	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b27	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
b28	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
b29	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b30	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-
b31	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-
b32	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-
b33	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b34	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	--	+	+	-
b35	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	--	+	-	-
b36	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	--	+	+	-
b37	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	--	--	--	--	--	+	-
b38	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	--	--	+	--	+	--	-
b39	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	--	+	+	+	--	-
b40	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	--	--	--	-

SUITE ANNEXE 3

N°SOUCHE	UTILISATION DES SUCRES																
	GLU	MAN	LAC	XYL	RHA	ARA	AMI	SAL	FRU	INO	MAL	RAF	SAC	SOR	CELO	GAL	DUL
b41	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	--	-
b42	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-
b43	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b44	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
b45	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
b46	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
b47	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
b48	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
b49	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
b50	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
b51	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
b52	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-
b53	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-
b54	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	--	+	-	-	-	-
b55	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-

### ANNEXE 4

N° Souche	Croissance à différentes concentrations en Na Cl				Cce à différentes Températures			Cce à différents pH	
	3%	6%	7.5%	10%	10°C	40°C	50°C	5,7	10
b1	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b4	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b5	+	+	+	-	+	+	-	+	+
b6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b8	+	+	+	+	+	-	-	+	-
b9	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b10	+	+	-	-	+	+	-	+	+
b11	+	+	+	-	-	-	-	+	+
b12	+	+	+	-	-	+	+	+	+
b13	+	+	+	+	+	+	-	+	+
b14	+	+	-	-	-	+	-	+	+
b15	+	+	+	-	-	+	-	+	+
b16	+	+	+	-	-	-	-	+	+
b17	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b18	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b19	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b20	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b21	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b22	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b23	+	+	+	-	+	+	-	+	+
b24	+	+	-	-	-	+	-	+	+
b25	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b26	+	+	+	+	+	+	-	+	+
b27	+	+	-	+	+	+	-	+	+
b28	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b29	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b30	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b31	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b32	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b33	+	+	+	-	+	+	-	+	+
b34	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b35	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b36	+	+	-	-	+	+	+	-	+
b37	+	+	-	-	+	+	-	+	+
b38	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b39	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b40	+	+	+	+	+	+	-	+	+
b41	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b42	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b43	+	+	+	-	+	+	+	-	+
b44	+	+	+	-	+	+	-	+	+
b45	+	+	+	-	+	+	-	+	+
b46	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b47	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b48	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b49	+	+	+	+	+	+	-	-	+
b50	+	+	+	+	-	+	-	+	+
b51	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b52	+	+	+	+	-	+	+	+	+
b53	+	+	+	-	+	+	-	+	+
b54	+	+	+	-	+	+	+	+	+
b55	+	+	+	+	+	+	-	+	+

### ANNEXE 5

N°Souche	PENI	AMPI	AMOX	OXAC	TETR	ERYT	KANA	CHLO	GENT
b1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b4	/	+	+	+	+	+	+	+	+
b5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b7	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b8	+	+	+	+	/	/	+	+	+
b9	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b10	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b11	+	+	+	+	+	-	/	+	+
b12	+	+	+	+	+	+	+	+	-
b13	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b14	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b15	+	-	/	+	/	+	+	+	+
b16	+	+	/	+	+	+	+	+	+
b17	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b18	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b19	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b20	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b21	/	/	/	+	+	+	+	+	+
b22	+	+	+	+	+	/	+	+	+
b23	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b24	/	-	/	+	+	+	+	+	+
b25	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b26	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b27	/	+	/	+	-	+	+	+	+
b28	/	+	/	+	+	+	+	/	+
b29	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b30	/	+	+	+	+	+	+	+	+
b31	/	+	+	+	/	+	+	+	+
b32	+	+	+	+	+	/	+	+	+
b33	+	+	+	+	+	/	+	+	+
b34	/	+	+	+	+	+	+	+	+
b35	/	+	+	+	+	+	+	+	+
b36	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b37	+	+	+	+	/	+	+	+	+
b38	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b39	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b40	/	+	+	+	+	+	+	+	+
b41	/	+	/	+	+	/	+	+	+
b42	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b43	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b44	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b45	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b46	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b47	/	+	+	+	+	+	+	+	+
b48	+	+	+	+	+	/	+	+	/
b49	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b50	/	+	/	+	+	+	+	+	+
b51	/	+	+	+	+	/	+	+	+
b52	+	+	+	+	+	+	+	+	/
b53	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b54	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b55	+	+	+	+	+	+	+	+	+