



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature  
et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence ..... / 2025

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :  
**GHERRAF Meriem et KARDI Chaima**  
Le : mardi 17 juin 2025

## Synthèse : L'effet antagoniste de quelques agents biologiques et chimiques à l'égard de la fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud)

---

### Jury:

Titre	Membre de jury	Grade	Université	Statut
Dr	BENOMAR Zahia	Grade	Université de Biskra	Président
Dr	LAMRI Halima	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr	MAGDOUD Amal	Grade	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

# Remerciements

Je remercie tout d'abord **Allah**, le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour accomplir ce travail de recherche.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, nous remercions sincèrement notre directrice de mémoire, Mme. **Lamri Halima**, pour sa patience, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de ce travail.

Nous sommes également reconnaissantes envers les membres du jury pour leur lecture attentive et leurs précieux commentaires.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants qui ont partagé leurs connaissances avec nous au cours de nos études.

Enfin, nous remercions nos familles et nos amis pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements

# Dédicaces

En guise de reconnaissance, je dédie ce travail aux êtres qui ont illuminé ma vie:

À mon très **cher père, AbdAlkarim**, source de sagesse et de force, qui a toujours cru en moi

À ma très **chère mère, Naima Legouirah**, fontaine d'amour et de tendresse, dont le soutien indéfectible a été mon roc.

À mes **frères et sœurs** adorés, **Samira, Yasmine, Aymen et Oussama**, pour leur complicité et leur encouragement.

À mes **grands-parents**, que Dieu ait leur âme, dont les prières m'ont accompagnée tout au long de mon parcours.

À mes **amies** fidèles, **Nour et Sara**, pour leur amitié sincère et leur présence réconfortante.

À tous ceux qui m'ont accompagnée de près ou de loin, ce travail est le reflet de votre soutien et de votre amour

Gherraf Meriem.

## Dédicaces

Louange à Dieu, par Sa grâce les bonnes choses s’accomplissent, et par Son aide les difficultés s’aplanissent.

À Lui reviennent mes remerciements en premier et en dernier, dans le visible comme dans le caché, pour la force, la patience et la réussite qu’Il m’a accordées jusqu’à ce moment.

À l’âme de mon **cher père kardi Omar** que Dieu lui accorde Sa miséricorde. Tes paroles et tes conseils continuent d’éclairer mon chemin... Je prie pour que ce travail soit inscrit dans le registre de tes bonnes œuvres, et qu’il illumine ta tombe comme ton amour a illuminé ma vie.

À ma **chère mère kardi Aïcha** que Dieu lui accorde longue vie. Tu as été le soutien, la prière et la source de sécurité inépuisable... Sans ton appui, après Dieu, je ne serais pas arrivé là où je suis aujourd’hui.

À mes **frères Lahcen, Mokhtar, selimene, Noureddine et Oussama** et **sœurs Habiba, Halima, Salma, Meriem et Mounia**, vous êtes ma force dans cette vie, mes compagnons fidèles à chaque étape. Votre présence est un pilier précieux.

À ma **tante**, ma seconde mère **Merzaka** toujours présente avec sa tendresse et ses mots doux, et aux **enfants de mon frère Hibaet Layen, Omar, Anfel** et de ma **sœurs Mouad, Ritaj, Asma, Israa et Tasnim**, petits cœurs pleins de joie et d’innocence, je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma gratitude. Et à tous les proches et amis, qui m’ont soutenu par une bonne parole, un sourire sincère ou une prière silencieuse... Je vous dédie cette réussite, car chacun de vous en fait partie.

KardiChaima.

## Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des abréviations .....	III
Introduction .....	1

### Synthèse bibliographique

#### Chapitre 01. Palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*)

1. Généralités sur le palmier dattier .....	3
2. Position systématique (taxonomie) .....	3
3. Répartition géographique .....	3
4. Description morphologique.....	4
4.1. Système racinaire.....	4
4.2. Appareil végétatif .....	4
4.2.1. Tronc ou stipe .....	4
4.2.2. Palmes .....	4
4.3. Les organes floraux .....	5
4.3.1. Spathes ou inflorescences .....	5
4.3.2. Fleurs.....	5
4.3.3. Fruit.....	5
5. Importance écologique .....	6

#### Chapitre 02

##### La fusariose vasculaire du palmier dattier

1. Introduction .....	7
2. Définition du Bayoud .....	7
3. Origine et distribution géographique .....	7
4. La Symptomatologie .....	7
4.1. Symptômes externes .....	7
4.2 Symptômes internes.....	8
5. Caractères physiologiques.....	9
5.1. Caractères microscopiques .....	9
5.2. Caractères macroscopiques.....	10

6. Moyen de lutte.....	10
6.1. Lutte chimique .....	10
6.2. Lutte biologique.....	11

## Partie expérimentale

### Chapitre 03. Matériel et méthodes

1. Stratégie de travail.....	12
2. Matériel utilisé .....	12
3. Méthodes de travail .....	17
3.1. Tests d'Antagonisme <i>in vitro</i> par l'utilisation des souches bactériennes .....	17
3.1.1. Culture duale .....	18
3.2. Tests d'Antagonisme <i>in vitro</i> par l'utilisation des champignons antagonistes .....	19
3.3. Tests d'antagonisme par l'utilisation des fongicides chimique.....	20
3.4. Tests d'Antagonisme <i>in vitro</i> par l'utilisation des extraits végétaux .....	20
3.4.1 Technique du milieu empoisonné .....	20
3.4.2 Méthode de microdilution .....	21
3.4.3 Méthode de macrodilution.....	21
3.4.4 Test d'extrait en puits.....	22

### Chapitre 04. Résultats et discussions

1. Résultats du test d'antagonisme entre le <i>Foa</i> et les souches bactériennes.....	23
1.1. Paramètres étudiés .....	23
1.1.1. Croissance du mycélium .....	23
1.1.2. Taux de mortalité .....	25
2. Résultats du test d'antagonisme entre le <i>Foa</i> et les champignons antagonistes testés .....	27
2.1. Paramètres étudiés .....	27
2.1.1. Taux de mortalité .....	27
2.1.2. Croissance du mycélium .....	28
3. Résultats du test d'antagonisme entre le <i>Foa</i> et les fongicides chimiques testés .....	31
3.1. Paramètres étudiés .....	31
3.1.1. Croissance du mycélium .....	31
4. Résultats du test d'antagonisme entre le <i>Foa</i> et les extraits végétaux testés.....	32
4.1. Paramètre étudiées .....	32
4.1.1. Croissance du mycélium .....	32
4.1.2. Concentration minimale inhibitrice .....	34

Conclusion.....	38
Références	
Résumé	

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> l'ensemble du matériel utilisé dans les 15 études. ....	12
<b>Tableau 2.</b> Résultats des tests d'antagoniste <i>in vitro</i> vis-à-vis de <i>Fusarium oxysporum</i> <i>F.sp.albedinis</i> . ....	23
<b>Tableau 3.</b> Effet antagoniste du champignon endophyte <i>Trichoderma harzianum</i> sur l'incidence et l'agressivité de Bayoud sur 9 variétés de palmier dattier. ....	27
<b>Tableau 4.</b> Taux d'inhibition de la croissance mycélienne (%) de <i>Fusarium oxysporum f. sp.</i> <i>Albedinis (Foa)</i> sur milieu PDA en présence de différentes espèces de champignons Antagonistes. ....	28
<b>Tableau 5.</b> l'effet de trois fongicides chimiques sur la croissance mycélium (mm) de quatre Isolats du <i>Foa</i> après 16 jours d'incubation. ....	31
<b>Tableau 6.</b> L'effet des extraits de différente plante sur l'inhibition de la croissance mycélium. .....	32



# Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Une palme ( Peyron, 2000). .....	4
<b>Figure 2.</b> Spathes, inflorescences, et fleurs du palmier dattier (Munier, 1973). .....	5
<b>Figure 3.</b> Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier (Munier, 1973).	6
<b>Figure 4.</b> Classement des dix plus grands producteurs de dattes au monde en tonnes (Faostst, 2018).....	6
<b>Figure 5.</b> Photo et représentation d'une palme atteinte de fusariose (Fernandez, 1995). .....	8
<b>Figure 6.</b> Forme macroscopique du champignon (type sauvage) (Djerbi, 1988). .....	10
<b>Figure 7.</b> Influence des souches bactériennes X7 et n° 1 sur l'évolution de la mortalité des plantules de palmier dattier (Lamarriet <i>al.</i> , (2014).....	26

# Liste des abréviations

**Foa:** *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis*.

**R. solani** : *Rhizoctonia. Solani*.

**F. solani** : *Fusarium. Solani*.

**LPV** : Laboratoire de protection végétale.

**SIBE** : Site d'intérêt de Ben Karrich.

**APDA:** Acidified Potato Dextrose Agar.

**PDA:** Potato Dextrose Agar.

**PSB:** Potato Sucrose Broth.

**PSA:** Potato Sucrose Agar.

**PIC** : Pourcentage d'inhibition de croissance.

**Ag** : *Bacillus amyloliquefaciens strain*.

**Cs** : *Burkholderia cepacia strain*.

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice.

**HE** : Huiles essentiels.

# Introduction

## Introduction

L'écosystème oasien est principalement constitué de palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) (Addi(2010). Selon Aberlenc-Bertossi (2008), au sein du désert du Sahara en Algérie, le palmier dattier occupe une place prépondérante dans les écosystèmes oasiens. Il contribue à la prévention de l'ensablement et assure une protection contre l'exposition intense au rayonnement solaire pour les cultures qui se trouvent en dessous, telles que les arbres fruitiers, les cultures maraîchères et les céréales. La présence d'une diversité de formes de vie animale et végétale dans ces régions désertiques est essentielle pour assurer la subsistance et la survie des populations qui y habitent.

Selon Abdelmotaleb (2008), la production de phoeniciculture en Algérie est confrontée à diverses contraintes, notamment phytosanitaires, qui diminuent la quantité de production et altèrent la qualité des récoltes en raison de l'attaque de certaines maladies.

Depuis plus d'un siècle, les palmeraies d'Algérie sont ravagées par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (*Foa*), un champignon du sol qui entraîne un flétrissement rapide des palmiers dattiers. La maladie vasculaire fusarienne, connue sous le nom de Bayoud, cible principalement les variétés de dattes les plus productives (Fernandez et al., 1995).

Il est estimé que cette maladie a entraîné la disparition des deux tiers de la palmeraie marocaine (Fernandez et al., 1995) et continue d'être à l'origine de la mortalité annuelle de 4,5 % à 12 % des palmiers dattiers (Djerbi, 1983). Ce sont principalement les cultivars commerciaux de haute qualité qui en subissent les effets destructeurs. À titre d'exemple, sur les 15 millions de palmiers qui peuplaient autrefois les oasis situées au sud de l'Atlas, majoritairement composés de variétés de grande valeur, seuls 4,7 millions subsistent aujourd'hui. Ces derniers se composent en grande partie de variétés à faible intérêt économique (Pereau-Leroy, 1954). En Algérie, la maladie du Bayoud a provoqué la destruction de plus de 3 millions d'arbres, affectant particulièrement les régions du Tidikelt, du Touat et du M'Zab (Brochard et Dubost, 1970; Dubost, 1972).

Toutefois, depuis plusieurs années plusieurs méthodes ont été utilisées pour lutter contre cette maladie. Notre travail vise à faire une base de données sur l'état actuel de ces méthodes pour faire ressortir le meilleur moyen de lutte contre le *Foa*.

Le travail a été présenté en parties principales : La partie bibliographique qui aborde un aperçu général sur le palmier dattier et la menace à laquelle il est confronté en raison de la

maladie de la fusariose vasculaire. La deuxième partie a défini la méthodologie de recherche adoptée, et la troisième partie a résumé les résultats des études étudiées puis leur discussion. Enfin, une conclusion générale.

# **Synthèse**

# **Bibliographique**

# **Chapitre 01**

## **Palmier dattier (*Phoenix Dactylifera L.*)**

## 1. Généralités sur le palmier dattier

Le *Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque, monocotylédone qui fait partie de la famille des Palmaceae et de la sous-famille des Coryphineae. La famille des Palmaceae comprend approximativement 235 genres et 4000 espèces (Munier, 1973). Le palmier joue un rôle crucial dans l'écosystème de l'oasis (Djoudi, 2013), en raison de son adaptation exceptionnelle aux conditions météorologiques, de la grande valeur nutritionnelle de ses fruits, des diverses applications de ses produits (Bousdira et *al.*, 2003 ;Bakkaye, 2006) ainsi que de sa morphologie qui favorise d'autres cultures subséquentes (El Homaizi, 2002).

## 2. Position systématique (taxonomie)

Linné a nommé le palmier dattier *Phoenix dactylifera* en 1734. Selon certaines sources, le nom Phoenix dériverait du mot grec *phoinix*, qui désignait le dattier à l'époque de l'Antiquité. Le terme *dactylifera*, qui tire son origine du latin *dactylus* et de l'hébreu *dachel*, fait référence au fruit en raison de sa forme (Gros-bathazard, 2013). Cette espèce se démarque des autres membres de son genre par sa culture destinée à la production de fruits.

Ci-dessous comment la classification est présentée selon (Munier, 1973).

- **Embranchement** .....Phanérogame
- **Sous-embranchement**.....Angiospermes
- **Classe**.....Monocotylédones
- **Groupe**.....Phoenocoides
- **Famille**.....Arecaceae
- **Sous-famille**.....Coryphoideae
- **Genre**.....*Phoenix*
- **Espèce**.....*Phoenix dactylifera L.*

## 3. Répartition géographique

Près de 50% des dattiers se situent en Asie, plus précisément en Iran et en Irak. On estime que le patrimoine phœnicicole de l'Afrique du Nord représente 26 % de la totalité mondiale. Le dattier se développe dans une latitude qui varie entre 10° Nord (Somalie) et 39° Nord (Elche, Espagne). Cependant, la plage principale s'étend de 24° à 34° latitudes Nord, où les conditions écologiques idéales pour cette espèce sont réunies. Le palmier dattier aux États-Unis d'Amérique est situé entre la latitude 33° et 35° Nord (Toutain, 1973).

En Algérie, le palmier dattier est la culture prédominante dans le Sahara, entre les latitudes 25° et 35° nord. Il se trouve dans toutes les régions situées au sud de l'Atlas saharien, depuis la frontière marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière tuniso-libyenne à l'est (Djerbi, 1988). Le climat en Algérie est propice au développement du palmier dattier ainsi qu'à la



maturation de ses fruits. Sa zone de culture s'étend principalement dans le secteur septentrional et central du Sahara algérien, notamment : Oued Righ, Souf, Ziban, Touat, Gourara et Tidikelt ainsi que M'Zab et Tassili (Messar, 1996).

#### **4. Description morphologique**

##### **4.1. Système racinaire**

Le type de système racinaire est fasciculé. Les racines ne se divisent pas et présentent principalement des radiculles, tandis que le bulbe ou le plateau racinaire est de grande taille et émerge partiellement au-dessus du niveau du sol (Munier, 1973).

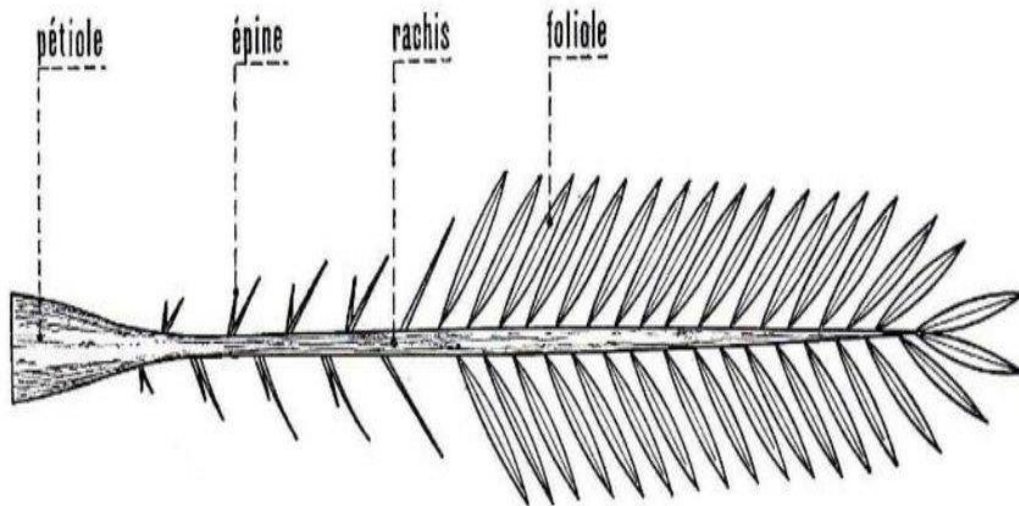
##### **4.2. Appareil végétatif**

###### **4.2.1. Tronc ou stipe**

Le palmier dattier est une monocotylédone dont la tige unique, recouverte par les bases de ses feuilles, est appelée stipe. Elle prend généralement une forme cylindrique, parfois conique, et est recouverte par les bases de palmes plus anciennes. Elle possède un seul bourgeon terminal (phyllophore) qui garantit sa hauteur. Le tronc s'allonge en moyenne de 20 à 30 cm par an (Bouguedoura, 1979).

###### **4.2.2. Palmes**

Une palme, aussi appelée djerid, est une feuille composite et pennée (Fig.1). La base pétiolaire, ou Kornaf, enveloppe partiellement le tronc et est en partie cachée par le fibrillum ou lif (Peyron, 2000).



**Figure 1.** Une palme (Peyron, 2000).

### 4.3. Organes floraux

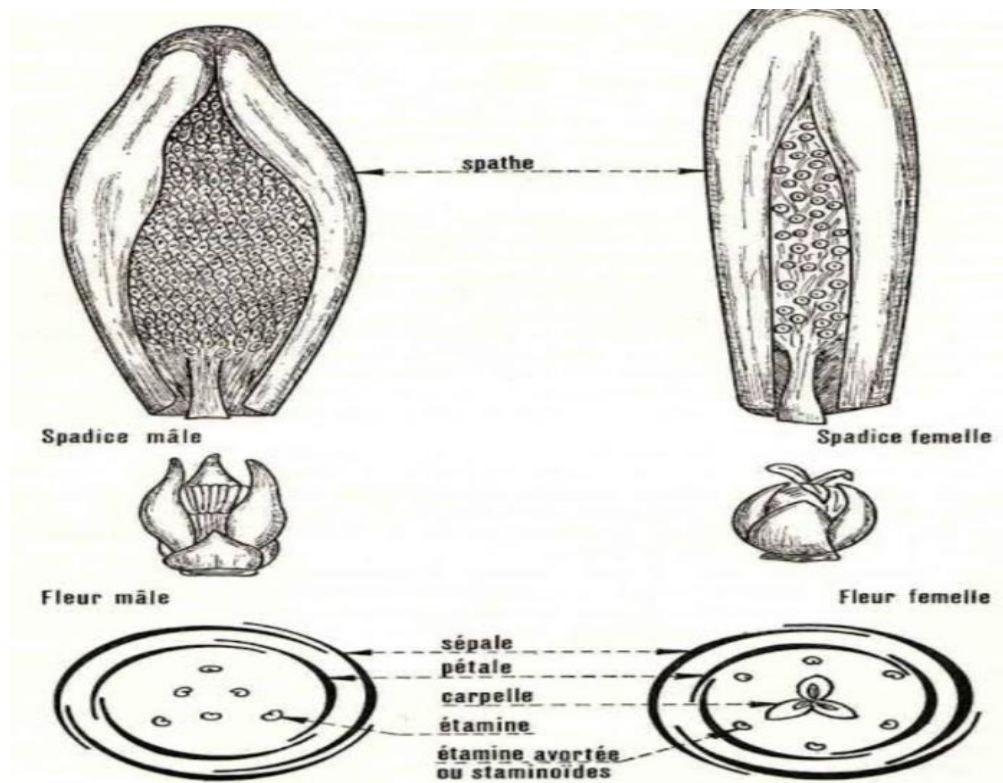
#### 4.3.1. Spathes ou inflorescences

La plante de palmier dattier est dioïque. Les inflorescences mâles ou femelles, qui composent les organes reproducteurs, sont portées par des palmiers distincts. Les spathes présentent une configuration de grappes d'épis entourés par une bractée fusiforme close et ligneuse. Elles Présentent sous une teinte vert-jaunâtre et résultent de bourgeons qui se sont développés dans les aisselles des palmes (Sedra, 2003).

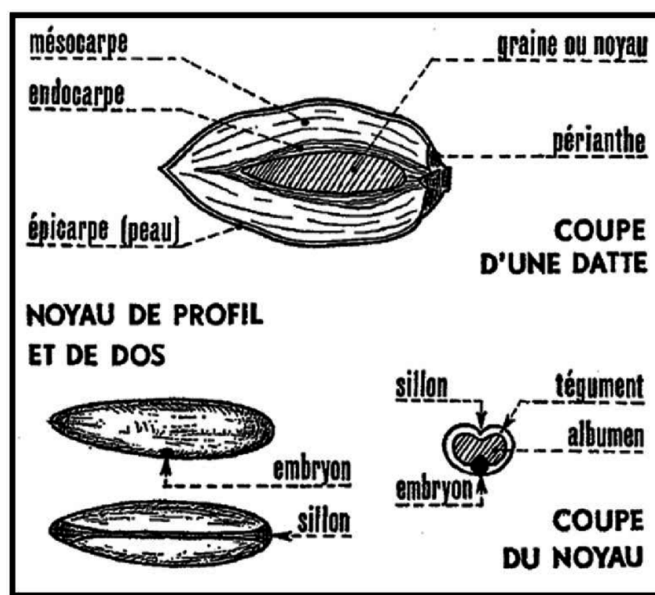
#### 4.3.2. Fleurs

Les fleurs sont unisexuées et possèdent un pédoncule très court. Elles arborent une couleur allant de l'ivoire au jaune-verdâtre, en fonction du sexe et du cultivar ou de la variété. Durant la phase de pollinisation, les spathes s'ouvrent spontanément le long de la ligne médiane du dos (Fig. 2) (Sedra, 2003).

Le fruit est une baie qui renferme une graine souvent appelée noyau (Fig. 3). Suite à la fécondation, l'ovule se transforme en un fruit de teinte verte (il commence par la taille d'un pois, puis d'un raisin avant d'atteindre sa taille standard de dattes) (Sedra 2003).



**Figure 2.** Spathes, inflorescences, et fleurs du palmier dattier (Munier, 1973).

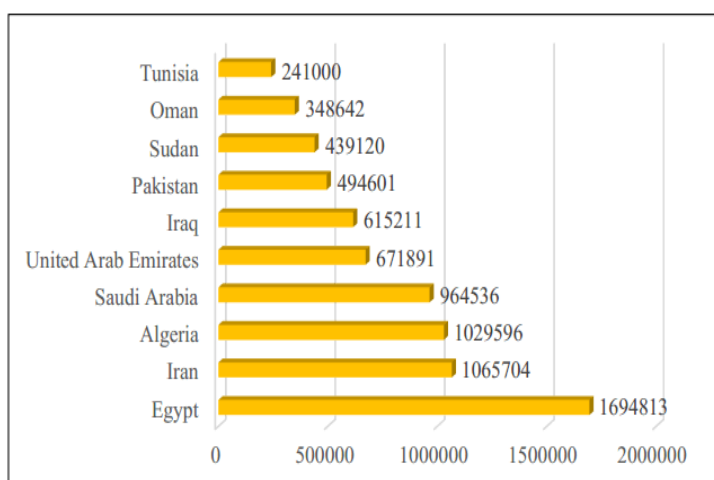


**Figure 3.** Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier (Munier, 1973).

### 5. Importance écologique

Au niveau mondial, la surface dédiée à la culture du palmier dattier a connu une progression de 7 570 764 ha en 1994 à 10 353 159 ha en 2016. De même, sur cette même période, la production s'est accrue, passant de 4 569 532 tonnes à 8 460 443 tonnes (Faostat, 2018).

Avec une production de 1 029 596 tonnes, l'Algérie se classe troisième, après l'Égypte et l'Iran (Faostat, 2018) (Fig. 4).



**Figure 4.** Classement des dix plus grands producteurs de dattes au monde en tonnes (Faostat, 2018).

# **Chapitre 02**

## **La fusariose vasculaire du palmier dattier**

### 1. Introduction

La culture du palmier dattier est menacée comme toute culture à des dégâts considérables causés par multiple des ennemis, notamment ceux causés par des insectes (Pyrale de ladatte et Cochenille blanche), Pardes acarions (Boufaroua) et par des champignons (Bayoud, Khmadj et Blaât) dont la maladie la plus grave reste le Bayoud.

### 2. Définition du Bayoud

L'expression (Bayoud) trouve son origine dans le mot arabe (abyed) blanc, en référence à la coloration blanchâtre des palmes affectées par la maladie. Il s'agit d'une maladie de la trachéomycose provoquée par le champignon tellurique imparfait le *Fusarium oxysporum* sp. *albedinis* (Zaid, 2002).

### 3. Origine et distribution géographique

La maladie du Bayoud est probablement originaire de la vallée du Draa au Maroc, où elle fut observée en 1870, Puis elle a ensuite progressé dans les oasis de frontière algérienne, dans les palmeraies de Boudenib et de Figuig en 1980 et 1898 respectivement. Cette fusariose est entrée en Algérie et a touché Beni Ounif en 1898 et Béchar en 1900. La progression de la maladie s'est élargie entre les années 1920-1940, notamment dans la région d'Adrar et in Saleh (Djerbi, 1988). Puis durant la période 1960-1978, le Bayoud s'est propagé les palmeraies du centre de sud algérien, la région de Mzab et El-Goléa (Kada et Dubost, 1975). Ce champignon est identifié par Malencon (1934) et dénommé *Fusarium oxysporum*. Les premières descriptions de ce pathogène sont réalisées par Malencon (1950) et Pèreau-Leroy (1958).

### 4. Symptomatologie

La symptomatologie de la maladie du Bayoud a fait l'objet de nombreuses études et publication. L'analyse de ces symptômes permet de les classer en deux catégories :

Les symptômes externes, qui peuvent être soit typiques, soit atypiques, et les symptômes internes.

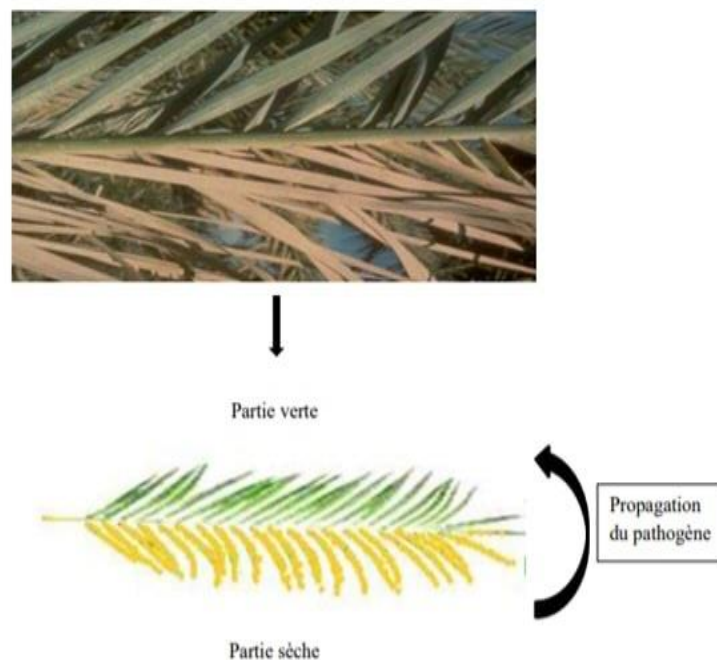
#### 4.1. Symptômes externes

Lors d'une attaque de Bayoud, le premier indice visible est un dessèchement et une décoloration unilatérale (Fernandez et al., 1995), la couleur des feuilles touchées devient plombée (grisâtre) (Fig.5), montrant un blanchiment sur une ou plusieurs palmes (folioles et rachis) au niveau de la couronne cendrée. La maladie s'étend de la base vers l'apex (Djerbi, 1983).

Dans certaines situations, les premiers signes se caractérisent par l'émergence d'une tache brune située au centre de la nervure médiane de la feuille de palmier.

Le phénomène de brunissement se prolonge le long du rachis jusqu' à ce que celui-ci atteigne une largeur telle que tous les tissus sont affectés, entraînant une décoloration et la mort de la feuille

Il arrive parfois que certaines palmes d'un arbre en bonne santé commencent à jaunir de façon générale plusieurs semaines avant l'apparition des symptômes caractéristiques. Quand la base du rachis est fendue à ce stade, on peut observer des marques de tissu affecté de couleur rougeâtre. Les symptômes et le décès varient de 6 mois à 2 ans, en fonction des conditions, du cultivar, etc. Cependant, certaines variétés présentent des éléments vasculaires. La période moyenne séparant l'émergence de cette manifestation inhabituelle peuvent être essentiellement dues à la configuration complexe des arbres, qui peuvent périr en quelques semaines ou sur une durée de 10 ans (Djerbi, 1982).



**Figure 5.** Photo et représentation d'une palme atteinte de fusariose (Fernandez, 1995).

#### 4.2 Symptômes internes

Un palmier atteint de dénutrition montre un nombre limité de racines malades, des faisceaux vasculaires teintés se distinguent, les fondes présentant des signes extérieurs ont une teinte brun-rougeâtre et des faisceaux vasculaires fortement colorés lorsqu'on les sectionne.

IL est brunâtre, tout comme le parenchyme et le sclérenchyme qui l'entourent. Au bas du stipe, les marques sont vastes et nombreuses. Les feuilles apicales du palmier sont formées lors de son élévation dans l'arbre. Les signes sur les pédoncules, les fleurs ou les fruits correspondent à divers ensembles de faisceaux vasculaires du stipe qui ont pris une coloration. Par conséquent, il y a une continuité des symptômes vasculaires allant des racines aux rougeâtres, qui ne correspond pas proportionnellement aux dommages constatés sur l'arbre. (Boulenouar et *al.*, 2009).

## **5. Caractères physiologiques**

Ce champignon se développe idéalement à une température allant de 27 à 28°C, et il privilégie principalement la pectine, le mannose et le glucose comme substrats. Ce champignon prospère efficacement sur un milieu gélosé dérivé de la pomme de terre (PDA). La germination du micro conidies se produit à 27°C. Le pH idéal se situe entre 5 et 6. Les sources de carbone organique sont plus efficacement métabolisées que l'azote minéral (Bounaga, 1975).

### **5.1. Caractères microscopiques**

Le *Foa* se manifeste avec un mycélium hyalin cloisonné. Il est mince et homogène dans les cultures qui se manifestent en chaînes, elles sont sphériques, ressemblant fortement aux chlamydospores. Cependant dans les cultures matures, elles présentent des cellules hypertrophiées sans épaississement de la paroi (Djerbi, 1990).

Le champignon produit trois types de spores asexuées

#### **• La micro conidies**

Les hyalines, qui varient en forme et en taille, mesurant de 3 à 15 µm de longueur et de 3 à 5 µm de largeur, s'allongent progressivement pour adopter une forme elliptique, se redressant ou se courbant légèrement (Rahmani, 2000).

#### **• La macro conidies**

Sont peu nombreuses, possèdent de 2 à 3 cloisons et sont soutenues par des structures peu ramifiées. Elles se caractérisent généralement par leur abondance et leur forme variable, allant de l'ovale à l'ellipsoïde.

Ces structures, droites et légèrement monophiales courtes et non ramifiées, proviennent soit latéralement des hyphes soit des conidiospores courbés (Bani, 2011).

#### **• Les chlamydospores**

Ou la forme de résistance. Ils sont sphériques et mesurent entre 6 et 2  $\mu$ m de diamètre. Elles possèdent une paroi lisse et épaisse de 0,6  $\mu$ m constituée de trois couches (Rahmania, 1982).

### 5.2. Caractères macroscopiques

Décrit par un mycélium mince, ondulé, lisse et gras, de teinte rose saumonée. L'apparence et la coloration des colonies sur les milieux de culture standard produisent divers types de thalles (Fig.6). La forme typique ou naturelle de *Foa* est lente (Djerbi, 1990).



**Figure 6.** Forme macroscopique du champignon (type sauvage) (Djerbi, 1988).

## 6. Moyen de lutte

Pour combattre cette maladie, l'agriculture d'aujourd'hui fait appel à plusieurs méthodes de protection, dont, la lutte chimique, la lutte biologique, la lutte Microbiologique.

### 6.1. Lutte chimique

La fumigation du sol sert à réduire le potentiel infectieux présent dans le sol. L'emploi également de bromure de méthyle et divers fongicides à action systémique a été évalué sur des palmiers atteints, mais aucun n'a réussi à éradiquer les agents pathogènes du sol (Essarioui et Sedra, 2017).

Toutefois, un inconvénient de l'élimination des parasites du sol par solarisation, fumigation ou une combinaison des deux peut endommager la microflore bénéfique (Balakrishna *et al.*, 2015).



### **6.2. Lutte biologique**

Divers agents biologiques ont été testés : bactériens tels que *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* et *Bacillus subtilis*, fongique comme *Trichoderma* sp. La lutte biologique contre les pathogènes du sol s'opère principalement via des mécanismes tels que le parasitisme, l'antibiose, la compétition et l'induction de réaction (Baysal et al., 2008). Par ailleurs, l'utilisation de sols résistants (suppressifs) qui empêchent le développement de la maladie est également une stratégie évoquée (Sedra et Rouxel, 1989).

# **Chapitre 03**

## **Matériel et méthodes**

## 1. Stratégie de travail

La maladie de la fusariose vasculaire causée par le champignon *Fusarium oxysporum* est considérée comme l'un des défis majeurs auxquels est confrontée la culture du palmier dans les zones touchées.

Dans le but de connaître les méthodes les plus efficaces pour lutter contre ce fléau, et en utilisant plusieurs moteurs de recherche scientifique tels que : NCBI, SNDL, ResearchGate ..., puis en sélectionnant les mots-clés suivants : palmier dattier, *Phoenix dactolofera L.*, *fusarium oxysporum*, la lutte ..., nous avons analysé les travaux de recherche précédents qui ont abordé ce sujet.

En se concentrant sur les nouvelles études, nous avons sélectionné 15 études de l'année 2012 à l'année 2023.

Après avoir obtenu un ensemble d'études (15 articles), nous avons procédé à une synthèse du matériel et des méthodes utilisés dans chaque étude, puis on a discuté l'ensemble des résultats obtenus, afin de déterminer le meilleur moyen de lutter contre la maladie de la fusariose vasculaire qui menace le palmier dattier.

## 2. Matériel utilisé

Le tableau 1 présente les différents isolats du champignon *Fusarium oxysporum* qui cause la maladie de la fusariose vasculaire, et leur origine au sein du palmier dattier (*Phoenix dactolofera L.*). Il répertorie également les divers agents biologiques qui ont été testés dans les 15 travaux sélectionnés, incluant les bactéries et champignons antagonistes, ainsi que les plantes et composés chimiques employés dans le développement de stratégies de lutte.

**Tableau 1.** L'ensemble du matériel utilisé dans les 15 études.

Les études	Matériel fongique : L'agent causal de la fusariose		Matériel biologique à testé	
	Les souches	L'origine	L'espèce	La source
<b>1</b> <b>Dihazi</b> <b>Et al., (2012)</b>	Champignon <i>Fusarium oxysporum f. sp. albedinis</i> (Foa).	Rachis de palmier dattier (Zagora, sud du Maroc) (El Idrissi-Tourane, 1995).	Deux bactéries : ✓ <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain Ag1 (Ag). ✓ <i>Burkholderia cepacia</i> strain Cs5	Laboratoire des Biopesticides, Centre de Biotechnologie de Sfax Tunisie, ils ont été isolés de la

			(Cs).	sphère rhizoctone des amandiers de la région de Sfax.
<b>2</b> <b>Lamari</b> <b>Et al., (2014)</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> (F.o.a. 66b). <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i> (F.o.ln 3-5).	laboratoire et de celle de l'INRA de Dijon.	14 souches de bactéries : ✓ Cinq d'entre elles appartiennent au genre <i>Bacillus</i> . ✓ Une au genre <i>Brevibacillus</i> ✓ Trois au genre <i>Pseudomonas</i> (fluorescents). ✓ Trois au genre <i>Burkholderia</i> . ✓ Deux à des bactéries <i>corynéformes</i> .	Sols rhizosphériques et de l'intérieur des racines jeunes ou des pneumatodes des cultivars résistant (Takerbucht) ou sensible (Aghamu sain ou malade).
<b>3</b> <b>Benabbes</b> <b>Et al., (2015)</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> .	Rachis de palmier BouffaggousGharas infectés par la fusariose vasculaire (Locke, 1974).	Trois extraits naturels de : ✓ Poudre de romarin ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ). ✓ <i>Qleander</i> ( <i>Nerium Oleander</i> ). ✓ Pomegranate( <i>Punica granatum</i> ).	-
<b>4</b> <b>AbdAllah</b> <b>Et al., (2016)</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> .	Racines infectées du palmier dattier de différentes régions au nord	Trois fongicides chimiques : ✓ Tachigaren 30% SL. ✓ RhizolexT 50%	-

		Sinai.	<p>WP.</p> <p>✓ Dithane M45</p> <p>80% WP.</p> <p>Trois espèces de champignons :</p> <p>✓ <i>Trichoderma album</i>.</p> <p>✓ <i>T. harzianum</i>.</p> <p>✓ <i>T. strigosum</i>.</p> <p>Deux bactéries :</p> <p>✓ <i>Bacillus megaterium</i>.</p> <p>✓ <i>B. subtilis</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produit Commercial De lutte biologique appelé « Bio zeid ».</li> <li>• Sol sec.</li> <li>-</li> <li>• Le produit commercial de lutte biologique appelé « Bio Arc ».</li> <li>• Le produit commercial de lutte biologique appelé « Clean Root ».</li> </ul>
5 <b>Benzohra et Megateli, (2017)</b>	Dix isolats de <i>Foa</i> .	Régions de Mizab, Saoura, Touat et Gourrara (Sud-Ouest de l'Algérie).	<p>Cinq souches d'espèces de champignons antagonistes :</p> <p>✓ <i>Aspergillus niger</i>.</p> <p>✓ <i>Fusarium</i></p>	Unité Ouest de Recherche, Institut National Algérien de Recherche Agronomique (INRAA-URO),

			<i>oxysporum</i> . ✓ <i>Trichodermaharzi</i> <i>anum</i> . ✓ <i>T. aureoviride</i> . ✓ <i>T.</i> <i>longibachiatum</i> .	Sidi Bel Abbes, Algérie.
<b>6</b> <b>Khene</b> <b>Et al., (2017)</b>	<i>Fusarium</i> <i>oxysporum f. sp.</i> <i>Albedinis</i> .	Des palmeraies contaminées par la fusariose à travers cinq communes de la région de Ghardaïa (DPSB, 2016 ; Wilaya de Ghardaïa, 1991).	Des Microorganisme : ✓ Six <i>Micrococcus</i> <i>sp.</i> ✓ Deux <i>Pseudomonas sp.</i> ✓ Une <i>Acetobactersp.</i> ✓ Une <i>Enterococcus</i> <i>sp.</i>	De sol de palmier sains et malades (contaminé).
<b>7</b> <b>Abouamamaet</b> <b>al.,</b> <b>(2018)</b>	23 isolats de <i>Fusarium</i> <i>oxysporum f. sp.</i> <i>albedinis (Foa)</i> .	20 isolats de l'épine ont été prélevés au niveau de la couronne moyenne des palmiers, et trois isolats de <i>Fusarium sp.</i> Près de la rhizosphère des palmiers infectés dans trois régions différentes (Adrar, Ghardaïa et Bechar) du Sud algérien	✓ Champignons antagonistes <i>Trichodermalongi</i> <i>brachiatum</i> .  ✓ Huile essentielle <i>d'Armoise herba-</i> <i>alba</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le sol de la région d'Aïn sefra, dans le sud-ouest de l'Algérie.</li> <li>La localité de Bouilef dans le provider de Batna, à l'est de l'Algérie.</li> </ul>

		(Sidaouiet <i>al.</i> , 2017).		
<b>8</b> <b>Benzohra</b> <i>Et al.</i> , (2019)	Trois souches de <i>Fusarium oxysporum f. sp. albedinis</i> (Foa)	Mycothèque du CRSTRA à la Station Expérimentale de Saoura de Béchar	✓ L'extrait méthanolique d'espèces végétales de <i>retem</i> ( <i>Retama raetam</i> (Forssk.))	Les zones de la commune de Taghit (95 km au sud-est de la wilaya de Béchar)
<b>9</b> <b>Chibane</b> <i>Et al.</i> , (2020)	<i>Foa.</i>	L'épine d'un palmier dattier, atteint du Bayoud.	✓ Les parties aériennes de la plante <i>Asteriscus graveolens</i> (Forssk.).	Maroc
<b>10</b> <b>Boumaaza</b> <i>Et al.</i> , (2022)	La souche B7b7245 de <i>Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis</i> .	Centre de Recherche Scientifique et Technique de Biskra, en Algérie.	Huiles essentielles de trois plantes médicinales : ✓ <i>Artemisia herba-alba</i> . ✓ <i>Foeniculum vulgare</i> . ✓ <i>Citrus sinensis</i> .	-
<b>11</b> <b>Belaidiet al.</b> , (2022)	20 isolats de <i>Foa.</i>	Sud du Sahara.	Trois espèces de bactéries : ✓ <i>B. subtilis</i> , ✓ <i>B. amyloliquefasciens</i> ✓ <i>Plecoglossicida</i>	Département d'Agronomie, Laboratoire de Recherche en Biologie et Gyromancie.
<b>12</b> <b>Benzohra</b> <i>Et al.</i> , (2023)	<i>Fusarium oxysporum f. sp. albedinis</i> (Foa.	Les rachis contenant les symptômes typiques.	Espèce fongique antagoniste : ✓ <i>Trichoderma harzi ananum</i> .	Laboratoire de Protection Végétale (LPV) de l'Université de Mostaganem.

<b>13</b> <b>Bouderbaet al.,</b> <b>(2023)</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> .	La palmeraie d'Igli dans le sud de l'Algérie.	Extraits de flavonoïdes de deux plantes : ✓ <i>Salvia officinalis</i> .  ✓ <i>Ocimum basilicum</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Béchar (le nord).</li> <li>• Igli.</li> </ul>
<b>14</b> <b>Benlarbi Et al., (2023)</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> .	Des rachis de palmiers en Algérie présentant des symptômes du Bayoud.	✓ Goudron ( <i>Pistacia atlantica</i> )	Béchar, en Algérie
<b>15</b> <b>Ettakifet al.,</b> <b>(2023)</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> (Foa).	Le sol autour des racines et des feuilles d'un palmier dattier ( <i>Phoenix dactylifera</i> L).	✓ Les parties aériennes (tiges, feuilles et fleurs) de la plante <i>Tanacetum annuum</i> .	Site d'Intérêt Biologique et Écologique (SIBE) de Ben Karrich, un site d'intérêt biologique et écologique appartenant à la province de Tétouan, au nord-ouest du Maroc.

### 3. Méthodes de travail

#### 3.1. Tests d'Antagonisme *in vitro* par l'utilisation des souches bactériennes

Ce test concernent les études suivantes : Dihaziet al., (2012), Lamariet al., (2014), AbdAllahet al., (2016), Kheneet al., (2017), Belaidiet al., (2022). Ils ont testé un ensemble d'espèces bactériennes pour évaluer leur capacité à contrôler la maladie de la fusariose vasculaire



### 3.1.1. La culture duale

La culture duale ou de la double confrontation, où le champignon et la bactérie sont placés dans la même boîte et l'interaction entre eux est surveillée, puis l'antagonisme est mesuré en observant la zone d'inhibition autour de la colonie bactérienne.

Toutes les études de Dihazi *et al.*, (2012) et AbdAllah *et al.*, (2016) et Khene *et al.*, (2017) et Belaidi *et al.*, (2022) ont utilisé le même principe de culture duale avec quelques différences :

- Dans l'étude de Dihazi *et al.*, (2012): ils ont mis 10 µl de suspensions bactériennes (*Bacillus Amyloliquefaciens strain*(Ag1) et *Burkholderia cepacia strain*(Cs5) ( $10^{10}$  CFU/ml). Ils ont été placés au centre des plaques de dosage. Deux bouchons de PDA de 5 mm de diamètre, recouverts de mycélium en croissance active, ont été placés à environ 2 cm de chaque côté de la colonie bactérienne. Des bouchons fongiques ont également été placés sur des plaques de dosage non inoculées en tant que témoins. La croissance du champignon a été mesurée, et les changements morphologiques des hyphes fongiques ont été examinés au microscope.

- Dans l'étude de AbdAllah *et al.*, (2016) : des disques de *F. oxysporum* ont été placés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu APDA, et une strie de la bactérie antagoniste (*Bacillus megaterium* et *Bacillus subtilis*) a été déposée du côté opposé. L'inhibition de la croissance de *F. oxysporum* a été observée.

- Dans l'étude de Khene *et al.*, (2017) : deux disques ont été placés : un disque portant le micro-organisme testé (microorganismes du sol) et un disque portant l'agent pathogène (*Foa*). Les disques ont été placés sur un axe diagonal, à 3 cm de distance et à égale distance du centre de la boîte (Rapilly, 1968). Le diamètre de chaque colonie a été mesuré sur une période de temps déterminée pour évaluer la force de l'antagonisme.

- Dans l'étude de Belaidi *et al.*, (2022): un disque de *Foa* et un pour les bactéries *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* et *P. plecoglossicida* ont été placés en opposition dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA, et la croissance de *Foa* a été suivie pendant 6 jours. La croissance mycélienne de *Foa* a été mesurée, et le taux d'inhibition a été calculé.

#### - Test d'antagonisme suivie par Lamari *et al.*, (2014)

L'évaluation de l'activité antifongique des bactéries contre les champignons *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* et *lini* a été réalisée par des tests d'antagonisme en conditions in planta. Cette méthode a impliqué la préparation d'inocula bactériens (cultures de 48h) et

fongiques (spores de cultures de 10j). La procédure d'inoculation variait selon la plante hôte : pour le lin, les bactéries antagonistes étaient introduites avant le champignon, ou le sol était inoculé avec les bactéries huit jours avant le champignon et la plantation des graines. Pour le palmier dattier, une approche similaire a été suivie avec les souches *Bacillus firmus* n°1 et *Pseudomonas fluorescens* n°X7 sur 54 plantules. Des groupes témoins non traités étaient systématiquement inclus. L'efficacité était évaluée après 20 jours par l'observation des symptômes de la maladie et la confirmation de la présence fongique par culture (Alabouvette, 1983), offrant une évaluation réaliste de la protection des plantes contre la fusariose vasculaire.

### 3.2. Tests d'Antagonisme *in vitro* par l'utilisation des champignons antagonistes

Ces tests concernent l'ensemble d'études de AbdAllah *et al.*, (2016), Benzohra et Megateli, (2017), Abouamama *et al.*, (2018), et Benzohra *et al.*, (2023), qui ont testés ces champignons afin d'évaluer leur effet sur la fusariose vasculaire du palmier dattier.

-Dans l'étude de AbdAllah *et al.*, (2016), des disques de 5 mm de diamètre de *F. oxysporum* et des champignons antagonistes testés ont été placés du côté opposé des boîtes de Pétri contenant du milieu APDA. Les boîtes ont été incubées à 25°C. La croissance linéaire des cultures de *F. oxysporum* a été observée quotidiennement pendant une semaine. (Abd El-Moity *et al.*, (1993) ; Perveen et Bokhari, (2012).

-Dans l'étude de Benzohra et Megateli, (2017) : le test d'antibioses a été réalisé selon la méthode de Küçük et Kivanç, 2003. Il est basée sur la co-culture de *Foa* et les champignons antagonistes. L'inhibition de la croissance mycélienne de *Foa* a été quantifiée par le taux d'inhibition de la croissance (PIC%).

-Dans l'étude de Abouamama *et al.*, (2018), l'antagonisme entre *Foa* et *T. longibrachiatum* a été étudié selon Howell (2003) en plaçant les champignons en face à face sur milieu PDA. La croissance de *Foa* a été mesurée pendant sept jours et comparée à celle du témoin pour évaluer l'inhibition (Benabbes *et al.*, (2015) ; Rashmi *et al.*, (2016).

-Dans l'étude de Benzohra *et al.*, (2023), le test d'inoculation consiste à arroser les racines de jeunes plants de palmier dattier avec une suspension de volume 15ml et de concentration à  $5 \times 10^3$  conidies/ml de *Foa* (Sedra, 2003) pour évaluer le développement de la maladie. Le dispositif expérimental utilise des blocs avec quatre répétitions par variété. Les variétés sont classées selon leur sensibilité ou résistance : R (résistant, 0%), T (tolérant, 1-15%), S (sensible, 16-50%) et TS (très sensible, 51-100%).

### 3.3. Tests d'antagonisme par l'utilisation des fongicides chimique

Dans l'étude de AbdAllah et al., (2016) : des trois fongicides chimiques : Hymexazol (Tachigaren 30% SL), Tolclofométhyl (RhizolexT 50% WP) et Mancozeb (Dithane M45 80% WP), ont été testés pour évaluer leur capacité à contrôler la maladie de la fusariose vasculaire.

L'efficacité de ces fongicides chimiques a été testée individuellement à différentes concentrations (10, 50, 100, 500 et 1000ppm) en utilisant la technique d'empoisonnement alimentaire, selon la méthode décrite par Abdallah et al., (1992). Des disques de 5 mm de diamètre provenant de cultures fongiques âgées de 7 jours ont été placés au centre de boîtes de Pétri contenant du milieu PDA, et la croissance radiale du champignon a été mesurée pendant 16 jours.

### 3.4. Tests d'Antagonisme in vitro par l'utilisation des extraits végétaux

Les travaux restants ont testé des extraits d'huiles essentielles, des extraits méthanoliques, des extraits aqueux et des flavonoïdes, ainsi que des extraits des flavonoïdes d'un ensemble de plantes, dans le but de déterminer leur capacité à contrôler la fusariose vasculaire.

Une série de méthodes a été employée pour cultiver le champignon pathogène avec divers extraits végétaux afin de déterminer leur activité antifongique en calculant le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne du champignon et la CMI.

#### 3.4.1 Technique du milieu empoisonné

- Dans l'étude de Chibane *et al.*, (2020), l'activité antifongique de la plante *Asteriscus gravelons* a été évaluée en mesurant l'inhibition de la croissance mycélienne. (El Ouadi *et al.*, (2017).

Pour l'inhibition de la croissance mycélienne, différentes concentrations d'huiles essentielles (2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm, 3500 ppm et 4000 ppm) ont été préparées dans une suspension aqueuse contenant 0,2% d'agar et le milieu de culture Czapek. Un disque mycélien de 7 mm de diamètre d'une colonie de *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* (Foa) âgée de 7 jours a été placé au centre de chaque boîte de Pétri, et la croissance a été mesurée après incubation à 28 °C. Un témoin, constitué d'une boîte de Pétri contenant le milieu Czapek stérile et 1 ml de la suspension d'agar à 0,2%, a été inclus.

- Dans l'étude de Boudierba *et al.*, (2023), l'activité antifongique de deux plantes (*Salvia officinalis* et *Isotimum basilicum*) a été évaluée en incorporant des flavonoïdes extraits de

plantes dans un milieu de culture à des volumes de 20, 40, 60, 80, 100 µl) pour 150 µl de milieu PDA. Ce milieu a ensuite été inoculé avec des spores fongiques, et la croissance du mycélium fongique a été mesurée. Un témoin sans extrait a été utilisé pour comparaison. (Soro *et al.*, (2010) ; Kran *et al.*, (2009)).

- Dans l'étude de Benabbes *et al.*, (2015), des extraits de plantes (*Rosmarinus officinalis*, *Nerium Oleander*, *Punicagranatum*) préparés à partir de feuilles séchées ont été utilisés pour évaluer l'inhibition fongique. Pour ce faire, le champignon a été inoculé sur un milieu de culture contenant les extraits à différentes concentrations (0, 5, 1, 2, 3.4 g/l), et la croissance résultante a été mesurée et comparée à celle d'un témoin.

### 3.4.2 Méthode de microdilution

- Dans l'étude de Abouamama *et al.*, (2018), l'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* a été évaluée par la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI), en utilisant une méthode de microdilution en tube, adaptée de Saxena *et al.*, (2012). L'huile essentielle a été diluée en série dans du Diméthylsulfoxyde (1%) pour obtenir des concentrations finales de 80, 40, 20, 10, 5 et 2,5 µl/ml. Un millilitre de chaque concentration a été mélangé avec 1 ml de milieu PSB et 1 ml de suspension fongique, puis incubé à 25°C pendant sept jours. La CMI a été définie comme la plus faible concentration inhibant toute croissance visuelle.

- Dans l'étude de Ettakifiet *al.*, (2023), l'activité antifongique de la plante *Tanacetum annuum* a été évaluée par une méthode de microdilution pour déterminer la concentration minimale inhibitrice. Différentes concentrations d'huile essentielle (entre 0,09 et 10,00 µl/ml) à tester ont été mises en contact avec une suspension de spores de *Foa* (10000 spores/ml). La croissance mycélienne a été observée.

### 3.4.3 Méthode de macrodilution

- Dans l'étude de Boumaaza *et al.*, (2022), l'activité antifongique de l'huile essentielle de trois plantes médicinales (*Artemisia herba-alba*, *Foeniculum vulgare*, *Citrus sinensis*) contre le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* a été étudiée par la méthode de macrodilution en bouillon (Balouiriet *al.*, 2016). Pour ce faire, 100 µl de l'huile essentielle ont été versés dans les plaques, et l'inhibition de la croissance mycélienne a été évaluée en plaçant 30 µl de l'inoculum contenant 10<sup>5</sup> spores / ml au centre d'une plaque de PDA.

#### **3.4.4 Test d'extrait en puits**

- Dans l'étude de Benzohraet *al.*, (2019), l'activité antifongique a été déterminé par le test d'extrait en puits. Le test consiste à ensemençer l'inoculum fongique à la surface du milieu de culture PDA gélosé coulé dans des boîtes de Pétri. Des puits ont ensuite été découpés dans la gélose, remplis avec l'extrait végétal à tester (Kutzner, 1981), et la croissance mycélienne a été mesurée quotidiennement pendant sept jours.

# **Chapitre 04**

## **Résultats et discussion**

## 1. Résultats du test d'antagonisme entre le *Foa* et les souches bactériennes

Ces résultats concernent l'ensemble d'études : Dihaziet *al.*, (2012), Lamariet *al.*, (2014), AbdAllahet *al.*, (2016), Kheneet *al.*, (2017), et Belaidiet *al.*, (2022).

### 1.1. Paramètres étudiés

#### 1.1.1. Croissance du mycélium

Les études suivantes : AbdAllahet *al.*, (2016), Kheneet *al.*, (2017), Belaidiet *al.*, (2022), et Dihaziet *al.*, (2012) ont suivis la croissance du mycélium pour juger l'efficacité de différentes souches bactériennes testées.

**Tableau 2.** Résultats des tests d'antagonisme in vitro vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

L'étude	Isolats de <i>Foa</i>	Traitement	PIC (%)
AbdAllahet <i>al.</i> , (2016)	North Sinai	"B2" de Bear Al Abd	<i>B. megaterium</i> 44,44 %
			<i>B. subtilis</i> 50 %
		"D2" de Rafah	<i>B. megaterium</i> 50 %
			<i>B. subtilis</i> 58,8 %
		"E1" de Al Shaikh Zewayed	<i>B. megaterium</i> 46,66 %
			<i>B. subtilis</i> 53,33 %
		"F7" de Al Arish	<i>B. megaterium</i> 46,66 %
			<i>B. subtilis</i> 50 %
Kheneet <i>al.</i> , (2017)	<i>F.o.a</i> Degletnour (Metlili)	(S'1) <i>Micrococcus</i> sp.	54,9 %
		(S'5) <i>Pseudomonas</i> sp.	27 %
		(G1) <i>Micrococcus</i> sp.	31,3 %
		(S0) <i>Micrococcus</i> sp.	44,2 %
	<i>F.o.a</i> Azerza (Metlili)	(S'1) <i>Micrococcus</i> sp.	56,9 %
		(S'5) <i>Pseudomonas</i> sp.	45,1 %
		(G1) <i>Micrococcus</i> sp.	41,2 %
		(S0) <i>Micrococcus</i> sp.	43,1 %

	<i>F.o.a</i> Azerza (Daïa)	(B0) <i>Acetobactersp.</i>	56,7 %
		(B55) <i>Enterococcus sp.</i>	31,3 %
		(B60) <i>Micrococcus sp.</i>	29,8 %
		(B42) <i>Pseudomonas sp.</i>	71,6 %
		(B21) <i>Micrococcus sp.</i>	53,7 %
		(B52) <i>Micrococcus sp.</i>	43,3%
	<i>F.o.a</i> Bentkbala (Ghardaïa)	(B0) <i>Acetobactersp.</i>	68,1%
		(B55) <i>Enterococcus sp.</i>	47,8%
		(B60) <i>Micrococcus sp.</i>	31,9%
		(B42) <i>Pseudomonas sp.</i>	66,7%
Belaidiet al., (2022)	S1 à S20	(BS) <i>Bacillus subtilis</i>	Entre 30,2 % et 56,7 % (entre 1,76 et 2,86mm/j)
	S1 à S20	(BA) <i>B. amyloliquefasciens</i>	Entre 28,05% et 59,7% (1,7 et 2,86mm/j)
	S1 à S20	(PP) <i>P. plecoglossicida</i>	Entre 36,2 % et 64,2%(1,51 et 2,57mm/j)
Dihaziet al., (2012)	<i>Fusarium oxysporum</i> albedinis	<i>Burkholderiacepacia</i>	83%
		<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	75%

- Dans l'étude de AbdAllahetal., (2016) : les résultats ont révélé l'activité inhibitrice de deux espèces bactériennes (*Bacillus megaterium* et le *Bacillus subtilis*) sur la croissance radiale du *Fusarium oxysporum*. Avec des taux d'inhibition de la croissance qui varie de 44,44 % et 58,8 %.

- Pour l'étude de Kheneet al., (2017) : les résultats ont permis d'identifier souches actives exerçant une action significative (plus de 50% de réduction) sur la vitesse de croissance du pathogène. Ces souches sont S'1, B0, B42 et B21. La souche B60 a réduit la vitesse de croissance de *F.o.a* d'Azerzaà 29,8% et celle de *F.o.a* de Bentkbalaà 31,9%. La plus faible inhibition a été observée avec la souche S'5, induisant une réduction de vitesse de 27% (tab. 2) sur *F.o.a*Degletnour et de 45,1% sur *F.o.a*Azerza. L'action inhibitrice la plus marquée est celle de la souche B42 (*Pseudomonas sp.*), isolée de la palmeraie Daïa, qui a



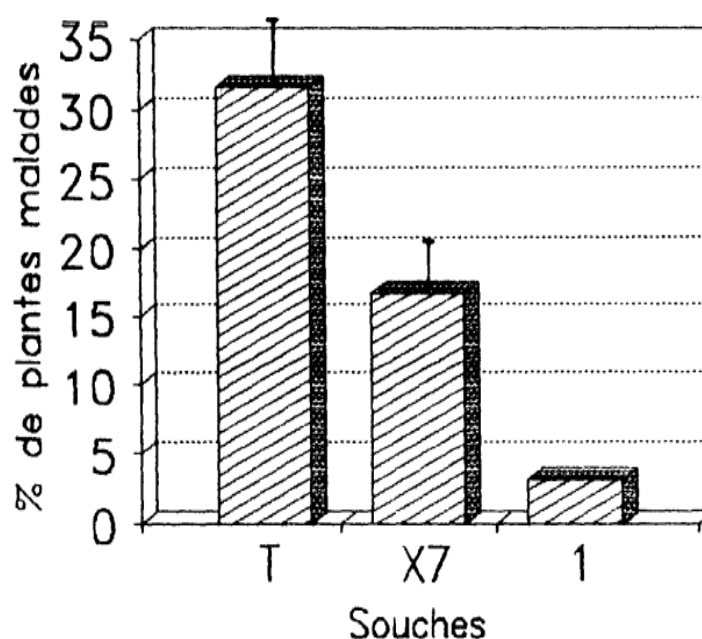
provoqué une réduction de 71,6% (tab.2) de la vitesse de croissance de *F.o.a* d'Azerza, suivie par la souche B0, isolée de la palmeraie d'El Atteuf sur *F.o.a*. Il est à noter que les souches B21 et B52 ont inhibé la croissance de *F.o.a* d'Azerza uniquement, mais elles sont sans effet sur *F.o.a* de Bentkbal.

- A partir de l'étude de Belaidiet *al.*, (2022), les résultats ont montré que les trois bactéries antagonistes testées (*Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefasciens* et *P. plecoglossicida*) ont toutes réduit la croissance mycélienne des isolats de *Foa*. Les taux d'inhibition variaient significativement selon la souche de *Foa* et l'antagoniste, allant de 30.2 à 56.1% pour *B. subtilis*, de 28.05 à 59.7% pour *B. amyloliquefasciens*, et de 36.2 à 64.2% pour *P. plecoglossicida*.

- Pour l'étude de Dihaziet *al.*, (2012) : Les Deux souches bactériennes (Cs et Ag) ont démontré une activité antifongique significative contre le *Fusarium oxysporum albedinis* (*Foa*) en inhibant sa croissance sur le milieu PDA avec un taux d'inhibition de 83 % pour la souche de *Burkholderiacepacia*, et un taux de 75 % pour le *Bacillus amyloliquefasciens*.

### 1.1.2. Le taux de mortalité

- Dans l'étude de Lamariet *al.*, (2014), parmi les 14 souches bactériennes étudiées seules le *Bacillus firmus* n° 1 et le *Pseudomonas fluorescens* X7 ont montré une forte action antifongique contre le *F. o. aalbedinis* et le *F. o. lini*. Plus précisément, le *Bacillus firmus* n° 1 qui a permis de réduire le taux de plants malades à seulement 3,7%, tandis que le *Pseudomonas fluorescens* X7 a ramené ce taux à 16,7%, comparativement à 31,7% pour les plants non traités. Ainsi, ces deux bactéries, et en particulier le *Bacillus firmus* n° 1, contribuent à diminuer considérablement le développement de la maladie chez le palmier dattier. (Fig.7).



**Figure 7.** Influence des souches bactériennes X7 et n° 1 sur l'évolution de la mortalité des plantules de palmier dattier (Lamari et al., (2014).

- Le test d'antagonisme pour les études qui ont utilisé des souches bactériennes a révélé l'efficacité de plusieurs souches bactériennes testées. Selon ces résultats on conclut que les souches bactériennes les plus efficaces sont la *Burkholderiacepacia* et le *Pseudomonas* avec un taux d'inhibition trop élevé de 83 % et 71,6 respectivement Dihaziet al., (2012) et Kheneet al., (2017).
- Ces résultats se concordent avec ceux observés par Lahlali et Hijri (2010) sur *Rhizoctoniasolani*, où un groupe de souches bactériennes a été testé comme agents de la lutte biologique contre *R. solani*. L'étude a révélé que trois souches bactériennes appartenant aux genres *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Streptomyces*, ont montré une efficacité contre *R. solani*.
- Selon l'étude de Mezaache-Aichouret al., (2017), les plants inoculés par *Fusarium oxysporum* sp. Avaient développé des nécroses foliaires en plus du flétrissement. L'évolution de l'infection a été très rapide chez les plants non bactérisés. Alors que les taux d'infection sont significativement moindres (entre 0 et 10%) chez les plants bactérisés.
- D'après Quan, 2006, le composé CF66I produit par *Burkholderiacepacia*, a exercé une action significative sur la morphologie des hyphes de *F. solani*. À une concentration de

20 µg/ml, il a induit des modifications structurelles notables, incluant un gonflement des hyphes, un épaissement considérable de la paroi cellulaire et un dépôt anormal de chitine. Ces observations sont révélatrices d'altérations profondes de la structure de la paroi cellulaire fongique, suggérant une interférence avec l'intégrité et la formation de cette composante essentielle.

- Buyer (1990), Weller (1988), Haas *et al.*, (2005) et Lemanceau *et al.*, (2009) ont découvert que l'efficacité de *pseudomonas* a été expliquée par la production de sidérophores, composés chélatant le fer et le rendant indisponible pour les agents pathogènes lesquels sont alors inhibés, ainsi que par des composés antifongiques tels que les phénazines et la pyrrolnitrine.

## 2. Résultats obtenus pour le test d'antagonisme entre le *Foa* et les différents champignons antagonistes testés

Ces résultats concernent l'ensemble d'études : AbdAllah *et al.*, (2016), Benzohra et Megateli., (2017) et Abouamama *et al.*, (2018), et de Benzohra *et al* (2023).

### 2.1. Paramètres étudiés

#### 2.1.1. Taux de mortalité

Ce paramètre concerne l'étude de Benzohra *et al* (2023).

**Tableau 3.** Effet antagoniste du champignon endophyte *Trichoderma harzianum* sur l'incidence et l'agressivité de Bayoud sur 9 variétés de palmier dattier.

L'étude	Isolats de <i>Foa</i>	Cultivas de palmier dattier	Champignons antagonistes	Taux de mortalités (%)	
				Témoin	Traité
Benzohra <i>et al.</i> , (2023)	<i>Foa</i> (Adrar, Bacher, Timomine, Ghardaia)	Feggous	<i>Trichoderma harzianum</i>	12,5%	0%
		Figuig		68,7%	50%
		Toudent		43,75%	0%
		Azarza		43,75%	0%
		Deglet Nour		68,75%	15%
		H'mira		25%	0%
		Hartan		25%	0%
		Sbaa Soltan		100%	0%
		Tanboucht		43,75%	0%

		Taux de mortalité Globale (%)		47,9 %	7,2 %
--	--	-------------------------------	--	--------	-------

Le taux de mortalité des plantes inoculées en présence de l'antagoniste est de 0% pour sept variétés testées (tab.3), 15% pour « Deglet Nour », et 50% pour la variété « Figuig ». Le taux de mortalité global pour le témoin (*Foa* seul) est de 47,9%, tandis que pour les plantes traitées (*Foa* + antagoniste), il est de 7,2%. Ce champignon tellurique a donc réduit le taux de mortalité de plus de cinq fois par rapport au témoin (Tab.3).

### 2.1.2. La croissance du mycélium

Les travaux qui ont étudié ce paramètre sont ceux : de AbdAllah *et al.*, (2016), de Benzohra et Megateli., (2017) et de Abouamama *et al.*, (2018).

**Tableau 4.** Taux d'inhibition de la croissance mycélienne (%) de *Fusarium oxysporum* f. *sp. albedinis* (*Foa*) sur milieu PDA en présence de différentes espèces de champignons Antagonistes.

L'étude	Isolats de <i>foa</i>		ChampignonsAntagonistes	PIC (%)
AbdAllahet <i>al.</i> , (2016)	North Sinai	“B2” de Bear Al Abd	<i>T. strigosum</i>	71.66 %
			<i>T. harzianum</i>	70.27 %
			<i>T. album</i>	78.17 %
		“D2” de Rafah	<i>T. strigosum</i>	72.16 %
			<i>T. harzianum</i>	79.61 %
			<i>T. album</i>	72.42 %
		“E1” de Al Shaikh Zewayed	<i>T. strigosum</i>	71.11 %
			<i>T. harzianum</i>	79.20 %
			<i>T. album</i>	76.81 %
		“F7” de Al Arish	<i>T. strigosum</i>	75.47 %
			<i>T. harzianum</i>	81.21 %
			<i>T. album</i>	80.03 %
Benzohra et Megateli.,	1	<i>T.harzianum</i> (T22)	75 %	
		<i>T.longibachiatum</i>	72 %	

(2017)		<i>T. aureoviride</i>	72 %
		<i>Aspergillusniger</i>	65 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	65 %
	2	<i>T.harzianum (T22)</i>	75 %
		<i>T.longibachiatum</i>	73 %
		<i>T. aureoviride</i>	71 %
		<i>Aspergillusniger</i>	63 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	66 %
	3	<i>T.harzianum (T22)</i>	74 %
		<i>T. longibachiatum</i>	72 %
		<i>T. aureoviride</i>	72 %
		<i>Aspergillusniger</i>	64 %
	4	<i>T. harzianum (T22)</i>	75 %
		<i>T. longibachiatum</i>	71 %
		<i>T. aureoviride</i>	72 %
		<i>Aspergillusniger</i>	61 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	65 %
	5	<i>T. harzianum (T22)</i>	75 %
		<i>T. longibachiatum</i>	72 %
		<i>T. aureoviride</i>	73 %
		<i>Aspergillusniger</i>	60 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	64 %
	6	<i>T. harzianum (T22)</i>	75 %
		<i>T. longibachiatum</i>	74 %
		<i>T. aureoviride</i>	72 %
		<i>Aspergillusniger</i>	65 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	63 %
	7	<i>T. harzianum (T22)</i>	73 %
		<i>T. longibachiatum</i>	73 %
		<i>T. aureoviride</i>	71 %
		<i>Aspergillusniger</i>	63 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	63 %

	8	<i>T. harzianum</i> (T22)	75 %
		<i>T. longibachiatum</i>	73 %
		<i>T. aureoviride</i>	72 %
		<i>Aspergillusniger</i>	61 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	61 %
	9	<i>T. harzianum</i> (T22)	75 %
		<i>T. longibachiatum</i>	74 %
		<i>T. aureoviride</i>	71 %
		<i>Aspergillusniger</i>	62 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	62 %
	10	<i>T. harzianum</i> (T22)	72 %
		<i>T. longibachiatum</i>	73 %
		<i>T. aureoviride</i>	73 %
		<i>Aspergillusniger</i>	64 %
		<i>Fusariumoxysporum</i>	63 %
Abouamama et al., (2018)	T15D	<i>T. longibrachiatum</i>	63,33 %
	M15A1	<i>T. longibrachiatum</i>	63,63 %
	O15T	<i>T. longibrachiatum</i>	63,88 %

- Dans l'étude de AbdAllah et al., (2016), les isolats testés de *Trichodermastrigosum*, *T. harzianum* et *T. album* ont tous inhibé la croissance des isolats de *F. oxysporum* (B2, D2, E1 et F7). Cette inhibition intervenant avant tout contact mycélien direct (tab.4). Le *Trichodermastrigosum* et le *T. harzianum* ont significativement supprimé la croissance des isolats de *F. oxysporum* et ont ensuite mycoparasité le pathogène, sauf dans le cas de l'isolat B2, où ils ne l'ont pas recouvert. Le *Trichoderma album* a également inhibé significativement la croissance des isolats pathogènes de *F. oxysporum* et a ensuite mycoparasité le pathogène, à l'exception de l'isolat B2.

- Selon l'étude de Benzohra et Megateli., (2017), la croissance mycélienne de *Foa* a été inhibée par tous les isolats des champignons antagonistes. Ces champignons antagonistes ont présenté une excellente activité antagoniste contre la croissance mycélienne de *Foa*, avec des valeurs de PIC% supérieures à 70% (Tab. 4). L'isolat T22 a été identifié comme l'antagoniste le plus puissant contre *Foa*, avec une valeur de PIC% significativement élevée (80%). Les

quatre autres isolats des champignons antagonistes ont présenté des valeurs de PIC% comprises entre 60 et 75% (Tab.4).

- D'après l'étude de Abouamama *et al.*, (2018), la croissance mycélienne du pathogène sur milieu PSA a été ralentie par la présence de l'antagoniste *T. longibrachiatum*, avec un taux d'inhibition presque similaire pour les trois isolats (63%) (Tab.4), et un arrêt total de la croissance du pathogène, ainsi que la formation d'une zone d'inhibition claire.

- L'analyse et la comparaison des résultats ont démontré que le champignon antagoniste le plus efficace est le *T. harzianum* qui induit un taux d'inhibition de 81.21 %, De plus un taux de mortalité de 0% pour les tests d'inoculation.
- Des résultats similaires ont été observés dans l'étude de Belaid *et al.*, (2022) où il a été démontré que le champignon antagoniste *T. harzianum* inhibe significativement la croissance de l'agent pathogène *Foa*. L'inhibition était plus forte en contact direct (supérieur à 50%). Ces résultats suggèrent que *T. harzianum* pourrait être utilisé pour protéger les palmeraies contre la maladie de Bayoud.
- Des résultats similaires ont été aussi obtenus par Perveen et Bokhari (2012), où l'étude a évalué l'efficacité antifongique de *Trichoderma harzianum* et *Trichoderma viride* contre *Fusarium solani*, l'agent causal de la pourriture des racines de la tomate. Les résultats ont montré que *T. harzianum* était plus efficace pour inhiber la croissance du champignon pathogène que *T. viride*.

### 3. Résultats obtenus du d'antagonisme entre le *Foa* et les fongicides chimiques testés

#### 3.1. Paramètres étudiés

##### 3.1.1. Croissance du mycélium

Ces résultats concernent l'étude de AbdAllah *et al.*, (2016)

**Tableau 5.** l'effet de trois fongicides chimiques sur la croissance mycélium (mm) de quatre isolats du *Foa* après 16 jours d'incubation.

L'isolat de <i>Foa</i>	Le traitement	La croissance du mycélium (mm)
B2	Tachigaren 30% SL	18.87
	RhizolexT 50 % WP	55.62
	Dithane M45 80 % WP	89.17

D2	Tachigaren 30% SL	0,00
	RhizolexT 50 % WP	21.77
	Dithane M45 80 % WP	65.00
E1	Tachigaren 30% SL	0,00
	RhizolexT 50 % WP	20.90
	Dithane M45 80 % WP	90
F7	Tachigaren 30% SL	0,00
	RhizolexT 50 % WP	21.10
	Dithane M45 80 % WP	90

Tachigaren 30% SL a fortement inhibé la croissance de *F. oxysporum* (isolats D2, E1, F7) mais il est peu efficace sur l'isolat B2. Contrairement au Rhizolex-T 50% WP, qui est le moins efficace sur D2, et au Dithane M-45 80% WP, qui est le moins performant sur tous les isolats.

- L'analyse et la comparaison des résultats ont révélé que le fongicide chimique Tachigaren 30% SL (l'étude de AbdAllahet *al.*, (2016) présentait le taux d'inhibition le plus élevé après 16 jours d'incubation par rapport aux autres agents chimiques testés.
- A partir de l'étude de Haggag et ElGamal., (2012), le Tachigaren 30% SL était le fongicide le plus efficace pour réduire la croissance mycélienne de *Fusarium solani*.
- Par contre, Songet *al.*, (2004) ont démontré que le Prochloraz et le Carbendazim étaient plus efficaces pour réduire la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* comparé au Tachigaren 30% SL et au Dithane M45.

#### 4. Résultats du test d'antagonisme entre le *Foa* et les extraits végétaux testés

Ces résultats concernent l'ensemble d'études : de Chibaneet *al.*, (2020), l'étude de Boudierbaet *al.*, (2023), l'étude de Ettakifiet *al.*, (2023), l'étude de Boumaazaet *al.*, (2022), l'étude de Benabbeset *al.*, (2015), l'étude de Abouamamaet *al.*, (2018), et l'étude de Benzohraet *al.*, (2019).

#### 4.1. Paramètres étudiés

##### 4.1.1. Croissance du mycélium

**Tableau 6.** L'effet des extraits de différentes plantes sur l'inhibition de la croissance mycélium.

L'étude	Le plant	PIC (%)
Benabbes <i>et al.</i> , (2015)	• Poudre de romarin	97,08%



	• <i>Oleander(laurier-rose)</i>	70%
	• <i>Pomegranate</i>	85%
Chibane <i>et al.</i> , (2020)	• Feuillet d' <i>Asteriscusgravelons</i>	71,67%
	• Parties aériennesd' <i>Asteriscusgrave</i> <i>lons</i>	63,33%
Benzohra <i>et al.</i> , (2019)	• R'tem( <i>Retama raetam</i> )	Entre 22% et 62,6%
Bouderba <i>et al.</i> , (2023)	• <i>Salvia</i> <i>officinalis(saugeofficinale)</i>	47,42%
	• <i>Ocimumbasilicum</i>	73,04%

- Selon l'étude de Benabbes *et al.*, (2015), les poudres d'extraits de *Grenade*, de *romarin* et de *laurier-rose* ont montré une inhibition de la croissance fongique. L'inhibition la plus élevée a été observée avec le *romarin* (97,08%), suivi de la *grenade* (85%) et du *laurier-rose* (70%). L'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration.

- Dans l'étude de Chibane *et al.*, (2020), l'efficacité des huiles essentielles de la plante *Asteriscusgravelons* varie en fonction de la partie extraite. Le taux d'inhibition fongique atteint 71,67% pour les parties aériennes, contrairement aux feuilles où le taux d'inhibition est de 63,33%.

- L'étude de Benzohra *et al.*, (2019), les extraits méthanoliques de la plante *R'tem* ont montré un taux d'inhibition atteint jusqu'à 62,6% sur la croissance mycélienne des colonies des souches fongiques. L'extrait a révélé donc une capacité d'inhibition plus importante sur la croissance mycélienne de *Foa*.

- Dans l'étude de Bouderba *et al.*, (2023), une étude comparative de l'activité antifongique des extraits aqueux de la *Salvia officinalis* et du *Ocimum basilicum* contre le champignon pathogène *Fusarium oxysporum* a révélé que les deux extraits possédaient des propriétés inhibitrices de la croissance fongique. Néanmoins, l'extrait de basilic a significativement surpassé l'extrait de sauge en termes d'efficacité. À une concentration de 3,17mg/ml, l'extrait de basilic (*Ocimum basilicum*) a induit une inhibition de la croissance fongique de 73,04%. En revanche, le taux d'inhibition maximal observé avec l'extrait de sauge (*Salvia officinalis*) n'a pas dépassé 47,42% à une concentration de 1,13 mg/ml. Par conséquent, les résultats indiquent clairement que l'extrait aqueux de basilic représente un

agent inhibiteur plus puissant de la croissance du champignon responsable du flétrissement du palmier dattier par rapport à l'extrait de sauge.

#### 4.1.2. Concentration minimale inhibitrice

Ce paramètre concerne les travaux de Ettakifet *al.*, (2023), Boumaazaet *al.*, (2022), Abouamamaet *al.*, (2018).

- Selon l'étude de Ettakifet *al.*, (2023), l'huile essentielle et les extraits bruts de la plante *Tanacetum annuum* ont montré une activité antifongique contre le champignon cible. Cependant, l'huile essentielle était significativement plus efficace pour inhiber la croissance du champignon, présentant des valeurs de CMI plus faibles entre (0,33 et 1,29 mg/ml). Cela indique que des quantités plus faibles d'huile essentielle étaient suffisantes pour arrêter la croissance du champignon. Les extraits bruts des différentes parties de la plante n'ont pas montré de différences significatives dans leur activité antifongique.

- l'étude de Boumaazaet *al.*, (2022), a évalué et a comparé l'efficacité antifongique de trois huiles essentielles :

L'huile d'*Artemisia herba-alba* (armoise blanche), a démontré une efficacité remarquable en tant qu'antifongique, en particulier contre le *Foa*, un agent pathogène majeur responsable du flétrissement fusarien du palmier. Cette efficacité a été confirmée par les faibles valeurs de CMI qui variaient à partir de 0,1ul/ml, indiquant la capacité de l'huile à inhiber la croissance du champignon à de faibles concentrations. Le composant principal responsable de cette activité est le camphre (Camphor) (Lakehalet *al.*, 2016).

L'huile de *citrus sinensis* (orange douce), a montré un large spectre d'activité antifongique, étant efficace contre différents types de champignon. Les valeurs de CMI pour cette huile se situaient dans une fourchette de 0,1 à >50 UI/ml.

L'huile de *Foeniculum vulgare* (fenouil commun), a montré une activité antifongique contre le *fusarium solani* et d'autres espèces. Cependant, son efficacité était généralement inférieure à celle de l'huile d'*Artemisia herba-alba* contre le *Foa*. Les valeurs de CMI étaient également entre 0,1 et 50ul/ml, mais des concentrations plus élevées pourraient être nécessaires pour obtenir une inhibition efficace. Le composant principal est l'anéthole (Anéthole) (Petra *et al.*, 2021).

- Selon l'étude de Abouamamaet *al.*, (2018), le dosage de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) de la plante *Artemisia herba-alba* a mis en évidence une CMI minimale de

2,5 µl/ml pour les isolats T15D et O15T (isolats de *Foa*). Les résultats ont également indiqué que l'isolat M15A1 était moins sensible, avec une inhibition observée à 5 µl/ml.

On conclut que l'extrait végétal le plus efficace est la poudre de *romarin* avec un taux d'inhibition de 97,08%.

- L'étude de lakhdariet *al.* (2016), a montré que les extraits végétaux et la poudre de plantes peuvent être utilisés comme fongicides naturels pour contrôler la croissance des champignons pathogènes du palmier dattier et ainsi réduire la dépendance aux fongicides synthétiques.
- En termes de lutte biologique et selon l'analyse de tous les résultats on peut conclure que les produits biologiques les plus efficaces parmi tous les agents biologiques testés sont : la souche bactérienne *Burkholderiacepacia*, la poudre d'extraits de *romarin* et le champignon antagoniste *Trichoderma harzianum*. Et que malgré l'efficacité des agents chimiques mais ça reste une méthode qui peut entraîner de nombreuses conséquences néfastes pour l'homme et l'environnement.

# Conclusion

## Conclusion

Dans le but de la lutte biologique contre le champignon pathogène *Foa*, agent causal de la maladie du Bayoud chez le palmier dattier, l'efficacité d'une variété d'agents biologiques et chimiques a été étudiée afin de déterminer leur capacité à inhiber cette maladie, et d'en déduire la meilleure méthode de lutte parmi ces agents.

Lors de l'analyse des études précédentes (de 2012 à 2023), l'efficacité d'un ensemble de produits biologiques et chimiques a été déterminée. Concernant les produits biologiques, le pouvoir inhibiteur a varié entre différentes souches bactériennes, champignons antagonistes et extraits végétaux, le taux d'inhibition a atteint 83 % pour la souche bactérienne *Burkholderiacepacia* (l'étude de Dihaziet *al.*, (2012), et 97,08 % pour l'extrait de *Rosmarinus officinalis* (l'étude de Benabbeset *al.*, (2015), contrairement aux champignons antagonistes dont les taux d'inhibition variaient entre 61 et 81,21 %, où le pourcentage a atteint 81,21% chez le *Trichoderma harzianum*. Quant aux produits chimiques, le taux d'inhibition a atteint 100 % pour le fongicide chimique Tachigaren (l'étude de AbdAllah et *al.*, (2016). Cependant, malgré son efficacité, il reste un moyen non sécuritaire et aux effets néfastes à long terme.

Cette efficacité résulte de la sécrétion de substances qui limitent la disponibilité ou entravent l'assimilation de nutriments essentiels à la croissance fongique, provoquant ainsi une inhibition de son développement, ou de composés affectant sa morphologie, notamment l'intégrité de sa paroi cellulaire (l'action antibiotique).

En conséquence de ce qui précède, et à travers les résultats obtenus on conclut que la tentative d'intégrer ces agents dans une stratégie de lutte unique pourrait être une solution prometteuse pour protéger les palmiers contre ce champignon.

En termes de perspectives, nous proposons d'identifier les composés bioactifs dans les agents ayant montré une activité antifongique, et de développer des formulations stables et efficaces de biopesticides basés sur ces agents (poudres, formulations liquides...).

# **Références Bibliographiques**

AbdElMoity, S., Abdalla, M., & Shehata, M. (1993). Evaluation of certain microorganisms for the biological control of chocolate spot disease on faba bean. Bulletin of Suez Canal University, Applied Science, 2, 17–32.

Abdalla, M. Y., Kassem, F. A., Shehata, M. R. A., & Ahmed, A. H. (1992). Etiology and control of offshoot heart rot of date palm in Al-Arish. Bulletin of Suez Canal University, Applied Science, 1, 246–259.

Aberlenc-Bertossi, F., Tregear, J., & Billotte, N. (2008, in press). Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). In Proceedings of the 4th Conference on the Comparative Biology of the Monocotyledons. Copenhagen: AAU Reports, University of Aarhus Press.

Abouamama, S., Karkachi, N., Bertella, A., El Goumi, Y., Haouhach, S., Oguiba, B., & Kihal, M. (2018). Pathogenicity and biological control of Bayoud disease by *Trichoderma longibrachiatum* and *Artemisia herba-alba* essential oil. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 8(4), 161–167.

Alabouvette, C., Rouxel, F., & Louvet, J. (1980). Recherche sur la résistance des sols aux maladies. VII. Étude comparative de la germination des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* au contact de sols résistants et sensibles aux fusarioses vasculaires. Annales de Phytopathologie, 12, 21–30.

Bakkaye, S. (2006). Lexique phoenicicole en arabe et en mozabite. CWANA.

Balakrishna, A. N., Lakshmipaty, R., Bagyaraj, D. J., & Ashwin, R. (2015). Effect of soil solarization on native AM fungi and microbial biomass. Agricultural Research, 4(2), 196–201.

Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for *in vitro* evaluating antimicrobial activity: A review. Journal of Pharmaceutical Analysis, 6(2), 71–79.

Bani, M. (2011). Prospection, isolement et caractérisation phénotypique d'isolats de *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl f. sp. *albedinis* (Killian & Maire) (Doctoral dissertation, INA).

Baysel, O., Çaliskan, M., & Yesilova, O. (2008). An inhibitory effect of a new *Bacillus subtilis* strain (EU07) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici*. Physiological and Molecular Plant Pathology, 73(1–3), 25–32.

Belaidi, H., Toumi-Benali, F., Benzohra, I. E., Megateli, M., Boumaaza, B., Megherbi, A., & Bouzidi, M. A. (2022). Antagonistic activity of three species of bacteria against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, the causal agent of Bayoud disease on date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *South Asian Journal of Experimental Biology*, 12(1), 108–116.

Belaidi, H., Toumi-Benali, F., Benzohra, I. E., Megateli, M., Boumaaza, B., Megherbi, A., & Bouzidi, M. A. (2022). Biocontrol capacity of the soil fungus *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, a causal agent of *Fusarium wilt* (Bayoud) disease of date palm (*Phoenix dactylifera* L.).

Ben Miri, Y., Belasli, A., Djenane, D., & Ariño, A. (2018). Study of antifungal, anti-aflatoxigenic, antioxidant activity and phytotoxicity of Algerian *Citrus limon* var. *Eureka* and *Citrus sinensis* var. *Valencia* essential oils. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(2), 320–334.

Benabbes, R., Lahmass, I., Souna, F., El Youbi, M., Saalaoui, E., Hakkou, A., & Bouakka, M. (2015). *In vitro* inhibitory effect of the extract powder of *rosemary* (*Rosmarinus officinalis*), *oleander* (*Nerium oleander*), *grenadier* (*Punicagranatum*) on the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* and *in vivo* test antagonist fungi on the incidence and the control of vascular wilt disease of date palm in palm grove in Figuig south of Morocco. *Advances in Environmental Biology*, 8, 126–132.

Benabbes, R., Jahmass, I., Souna, F., El Youbi, M., Saâdaoui, E., Hakkou, A., & Bouakka, M. (2015). *In vitro* inhibitory effect of the extract powder of *rosemary* (*Rosmarinus officinalis*), *oleander* (*Nerium oleander*), *grenadier* (*Punicagranatum*) on the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* and *in vivo* test antagonist fungi on the incidence and the control of vascular wilt disease of date palm in Figuig south of Morocco. *Advances in Environmental Biology*, 128–132.

Benzohra, L. E., Megateli, M., Belaidi, H., & Benali, F. T. (2019). Activité antifongique de l'extrait méthanolique de *R'tem* (*Retamaraetam*) sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent de Bayoud du palmier dattier [Antifungal activity of methanolic extract of *R'tem* (*Retamaraetam*) on mycelial growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent of Bayoud disease on date palm]. *Journal Algérien des Régions Arides*, 11(2), 1–11.

Bouderba, N. N., Khalid, M. K., & Kadi, H. (2023). *In vitro* inhibitory effect of some secondary metabolites extracts from *Ocimum basilicum* and *Salvia officinalis* against *Fusarium*



*oxysporum f. sp. albedinis* of *Phoenix dactylifera* L. Applied Biochemistry and Biotechnology, 195(10), 7971–7983.

Boulenwar N., Marouf A., Cheriti A., 2009. Le Bayoud : symptômes et lutte. Annales de l'université de Bechar N°5. ISSN: 1112-6604.

Boumaaza, B., Gacemi, A., Benada, M., Boudalia, S., Benazha, I. E., Belaidi, H., &Khaladi, O. (2022). Effectiveness of essential oils from three medicinal plants against Bayoud disease (*Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*) of date palm (*Phoenix dactylifera* L.).Diyala Agricultural Sciences Journal, 14(2), 24–32.

Bounaga, N. (1975). The date palm and fusariosis V. Comparative study of germination of microconidia and macroconidia of *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* (Killian & Maire) Gordon. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 66(3–4), 39–44.

Brochard, P., & Dubost, D. (1970). Progression du Bayoud dans la palmeraie d'In-Salah (Tidikelt, Algérie). Al Awamia, 35, 143–153.

Buyer, J. S., & Sikora, L. J. (1990).Rhizosphere interaction and siderophores. Plant and Soil, 129, 101-107.

Chibane, E., Essarioui, A., Ouknin, M., Boumezzourh, A., Bouyanzer, A., & Majidi, L. (2020).Antifungal activity of *Asteriscusgraveolens* (Forssk.)Less essential oil against *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*, the causal agent of “Bayoud” disease on date palm. Moroccan Journal of Chemistry, 8(2), 456–464.

Dihazi, A., Jaiti, F., Taktak, W., Kilani-Feki, O., Jaoua, S., Driouich, A., Baaziz, M., Daayf, F., &Serghini, M. A. (2012).Use of two bacteria for biological control of Bayoud disease caused by *Fusarium oxysporum*in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 55, 7–15.

Djerbi M. 1983. Diseases of the date palm *Phoenix dactylifera*. FAO, Baghdad, Iraq.

Djerbi M., 1988 - Les maladies du palmier dattier. Ed. FAO. Rome, 127 p

Djerbi, M. 1990. Méthodes de diagnostic du bayoud du palmier dattier. EPPO Bulletin, 20(4), 607- 613.

Djerbi, M. (1982). Bayoud disease in North Africa: History, distribution, diagnosis and control. Date Palm Journal, 1(2), 153–197.

Djerbi, M. 1983. Diseases of the date palm. *FAO* regional project for palm and dates research center in the Near East and North Africa, 106.

Djerbi, M. 1988 Les maladies du palmier dattier. Projet régional de lutte contre le Bayoud. *FAO*, (Rab/84/0/8), Alger, 127p.

Djerbi, M., 1994. Précis de phoéniculture. *FAO*, 192 p

Djoudi, I. 2013. Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera.*) dans la région de Biskra (Thèse de magister, Université Mohamed Kheider Biskra, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences agronomiques).

DPSB. 2016. Annuaire statistique. Direction de la planification et de suivi du budget. Wilaya de Ghardaïa. (Algérie). 127p.

Dubost, D. (1972). The Bayoud disease in Algeria, history and diagnosis. In: Proceedings of the First International Seminar and Workshop on Bayoud, Algiers, Algeria, Pp. 83-92.

El Idrissi-Tourane, A., Oihabi, A., & El Hadrami, I. (1995). Effet des polyamines et des inhibiteurs de leur biosynthèse sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*, agent causal du Bayoud. *Revue de la Recherche et Amélioration de la Production Agricole en Milieu Aride*, 7, 241–247.

Elhoumaizi, M. A., Saaidi, M., Oihabi, A., & Cilas, C. (2002). Phenotypic diversity of date-palm cultivars (*Phoenix dactylifera L.*) from Morocco. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49(5), 483–490.

Benazha, I. E., & Megateli, M. (2017). Biological control against Bayoud disease of date palm (*Phoenix dactylifera L.*) using antagonistic fungi species: Antibiosis and mycoparasitism studies. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(186-191).

Essarioui, A., & Sedra, M. H. (2017). Lutte contre la maladie du Bayoud par solarisation et fumigation du sol : Une expérimentation dans les palmeraies du Maroc. *Cahiers Agricultures*, 26(4), 45010.

Ettakifi, H., Abbassi, K., Maouni, S., Erbiai, E. H., Rahmouni, A., Legssyer, M., Saidi, R., Lamrani, Z., Esteves da Silva, J. C. G., & Pinto, E. (2023). Chemical characterization and antifungal activity of *blue tansy* (*Tanacetum annuum*) essential oil and crude extracts against *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*, an agent causing Bayoud disease of date palm. *Antibiotics*, 12(9), 1451.

Faostat.2016.Agro-Statistics Database.Food and Agriculture Organization of the United Nations. Accessed 08 August 2018.

Fernandez, D., Lourd, M., Quinten, M., & Geiger, J. P. 1995. Le Bayoud du palmier dattier : une maladie qui menace la phoeniciculture. *Phytoma : La défense des végétaux*, (469), 36- 40.

Fernandez, D., Lourd, M., Quinten, M., Tantooul, A., & Geiger, J. P. 1995. LE BAYOUD DU PALMIER DATTIER Une maladie qui menace la phoeniciculture. *Cultures Fruitières*.

Gros-Balthazard, M., Newton, C., Ivorra, S., Tengberg, M., Pintaud, J. C., & Terral, J. F. (2013). Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Revue d’Ethnoécologie*, (4).

Haas, D., &Défago, G. (2005). Biological control of soil-borne pathogens by *fluorescent pseudomonads*. *Nature ReviewsMicrobiology*, 3(4), 307–319.

Haggag, K. H. E., &ElGamal, N. G. (2012). *In vitro* study on *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* isolates causing damping-off and root rot diseases in tomato. *Nature and Science*, 10(11), 1625–1632.

Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Disease*, 87(1), 4–10.

Kada, A., & Dubost, D. (1975). Le Bayoud à Ghardaïa. *Bulletin de l’Agriculture Saharienne Algérienne*, 1(3), 29–36.

Khene, B., Belghit, S., Mehaya, H., &Attout, F. (2017). Contribution à la recherche d'antagonistes microbiens vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* dans les sols de quelques palmeraies du sud algérien (région de Ghardaïa). *Revue des Bioressources*, 7(2), 80–90.

Kran, K. D., Diallo, H. A., & Kouadio, Y. J. (2009). Activités antifongiques de l’extrait de *Chromolaenaodorata* (L.) King & Robinson sur deux isolats de *Fusarium oxysporum*(E.F. Sm.) responsables du jaunissement mortel des feuilles des bananiers. *Journal of Applied Biosciences*, 24, 1488–1496.Küçük, Ç. and M. Kivanç, 2003.Isolation of *Trichoderma* spp. and their antifungal, biochemical and physiological features.*Turk. J. Biol.*, 27: 247-253.

Küçük, Ç., & Kivanç, M. (2003). Isolation of *Trichoderma spp.* and their antifungal, biochemical and physiological features. *Turkish Journal of Biology*, 27, 247–253.

Kutzner, H. J. (1981). The family of Streptomycetaceae. In M. P. Starr, H. Stolp, H. G. Trüper, A. Balows, & H. G. Schlegel (Eds.), *The prokaryotes: A handbook on habitats, isolation and identification of bacteria* (Vol. 2, pp. 2028–2090). Springer-Verlag.

Lahlali R., Hijri M 2010 Screening, identification and evaluation of potential biocontrol fungal endophytes against *Rhizoctonia solani* AG3 on potato plants. *FEMS Microbiology Letters* 311: 152-159.

Liu, D., Li, K., Hu, J., Wang, W., Liu, X., & Gao, Z. (2019). Biocontrol and action mechanism of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* in soybean *Phytophthora* blight. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(12), 2908.

Lakehal, S., Meliani, A., Benmimoune, S., Bensouna, S. N., Benrebiha, F. Z., & Chaouia, C. (2016). Essential oil composition and antimicrobial activity of *Artemisia herba-alba* Asso grown in Algeria. *Medicinal Chemistry*, 6(6), 435–439.

Lakhdari, W., Dehliz, A., Acheuk, F., Mlik, R., Hammi, H., Maatallah, S., & Doumandji-Mitiche, B. (2016). Essai de lutte biologique contre les maladies du palmier dattier à l'aide d'un extrait aqueux de *Zygophyllum album* dans le sud-est algérien. *International Journal of Herbal Medicine*, 4(6), 31–37.

Lamari, L., Bouras, N., Boudjella, H., Ould El Hadj Khelil, A., Ould El Hadj, M. D., & Sabaou, N. (2014). Influence de quelques souches bactériennes d'origine saharienne sur l'expression de la fusariose du lin et du palmier dattier. *Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), École Normale Supérieure de Kouba, Alger*.

Lemanceau, P., Expert, D., Gaymard, F., Bakker, P. A. H. M., & Briat, J. F. (2009). Role of iron in plant–microbe interactions. *Advances in Botanical Research*, 51, 491–549.

Locke, T. C. J. (1974). Contributions to a method of testing oil palm seedlings for resistance to *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *elaeidis* Toovey. *Journal of Phytopathology*, 79, 77–92.

Malençon, G. (1950). Le “Bayoud”, maladie fusarienne du palmier-dattier en Afrique du Nord. *Fruits*, 5(8), 279–289.

Messar, E. M. (1996). Le secteur phœnicicole algérien : situation et perspectives à l'horizon 2010. *Options Méditerranéennes, Série A*, 28, 23–44.

Mezaache-Aichour, S., Guechi, A., Nicklin, J., Drider, D., Prévost, H., & Strange, R. N. (2012). Isolation, identification and antimicrobial activity of *pseudomonads* isolated from the rhizosphere of potatoes growing in Algeria. *Journal of Plant Pathology*, 94(1), 89–98.

Mohamed, A. S., Abdalla, M. Y. H., & Sourour, M. M. (2016). Efficacy of certain fungicides and antagonistic microorganisms on mycelial growth of *Fusarium oxysporum* isolated from date palm in North Sinai. *Sinai Journal of Applied Sciences*, 5(2), 187–196.

Munier, P. (1973). *Le palmier dattier: Techniques agricoles et productions tropicales*. Paris: Maisonneuve et Larousse.

Nahaibeh, N., & El Hassani, K. M. K. (2023). *In vitro* inhibitory effect of some secondary metabolites extract from *Ocimum basilicum* and *Salvia officinalis* against *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* of *Phoenix dactylifera L.* ResearchGate.

Pereau-Leroy P. 1954. Variétés de dattiers résistantes à la fusariose. *Fruits*, 9: 450-451.

Pérez-de-Luque A, González-Verdejo CI, Lozano MD, et al. 2006. Protein cross-linking, peroxidase and  $\beta$ -1,3-endoglucanase involved in resistance of pea against *Orobanchecrenata*,” *J. Exp. Bot*, 6: 1461–1469.

Pereau-Leroy, P. 1958. *The Date Palm in Morocco*. The Date Palm in Morocco.

Perveen, K. and Bokhari, N.A. 2012. Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* isolated from soil of date palm field against *Fusarium oxysporum*. *African J. Micro. Res*, 6 (13): 3348-3353.

Petra, B., Lucia, G., Veronika, V., Hana, Ď., Nenad, V., Milena, V., Mária, B., and Miroslava, K. 2021. Biological activity of essential oil from *Foeniculum vulgare*. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 24(2), 148–152.

Peyron, G. (2000). *Cultiver le palmier-dattier*.

Quan, C. S., Zheng, W., Liu, Q., Ohta., Y., and Fan, S.D. (2006). Isolation and characterization of a novel *Burkholderia cepacia* with strong antifungal activity against *Rhizoctonia solani*. *Appl Microbiol Biotechnol* 72, 1276–1284.

Rahmani F., 2000. Contribution à la connaissance des relations histocytophysiologique des relations entre palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) et *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* agent causal bayoud Thèse de doctorat d'état. U.S. T. H. B., Alger.

Rahmania, F. 1982. Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et de l'agent du bayoud *Foa* aspects ultra structuraux de la relation hôte-parasite (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat de troisième cycle, USTHB, Alger).

Rapilly F., 1968. Techniques de mycologie en pathologie végétale. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 324 p.

Rashmi S, Sudarshan M, Ram Sanmukh U. 2016. The improvement of competitive saprophytic capabilities of *Trichoderma* species through the use of chemical mutagens. *Brazilian Journal of Microbiology*.; 47: 10–17.

Redouane, B., ILIAS, L., Faiza, S. El Youbi, M., Ennouamane, S., Abdelkader, H., & Mohammed, B. 2015. *In Vitro* Inhibitory Effect of the Extract Powder of *Rosemary* (*Rosmarinus officinalis* L.), *Oleander* (*Nerium oleander* L.), *Grenadier* (*Punicagranatum* L.) on the Growth of *Fusarium oxysporum* F. Sp. *albedinis* and *In Vivo* Test Antagonist Fungi on the Incidence and the Control of Vascular Wilt Disease of Date Palm in Figuig South of Morocco. *Advances in Environmental Biology*, \*9\*(5), 126-132.

Rahmani F., 2000. Contribution à la connaissance des relations histocytologique des relations entre palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) et *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* agent causal bayoud Thèse de doctorat d'état. U.S. T. H. B., Alger.

Rahmania, F. 1982. Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et de l'agent du bayoud *Foa* aspects ultra structuraux de la relation hôte-parasite (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat de troisième cycle, USTHB, Alger).

Rashmi S, Sudarshan M, Ram Sanmukh U. 2016. The improvement of competitive saprophytic capabilities of *Trichoderma* species through the use of chemical mutagens. *Brazilian Journal of Microbiology*.; 47: 10–17.

Redouane, B., ILIAS, L., Faiza, S. El Youbi, M., Ennouamane, S., Abdelkader, H., & Mohammed, B. 2015. *In Vitro* Inhibitory Effect of the Extract Powder of *Rosemary* (*Rosmarinus officinalis* L.), *Oleander* (*Nerium oleander* L.), *Grenadier* (*Punicagranatum* L.) on the Growth of *Fusarium oxysporum* F. Sp. *albedinis* and *In Vivo* Test Antagonist Fungi on the Incidence and the Control of Vascular Wilt Disease of Date Palm in Figuig South of Morocco. *Advances in Environmental Biology*, \*9\*(5), 126-132..

Toutan G., 1973 - Le palmier dattier et sa fusariose vasculaire (Bayoud). Coopération : D.R.A. Maroc et INRA. France, 179

Weller D. M., Howie W. J., Cook R. J., 1988.- Relationship between *in vitro* inhibition of *Gaeumannomyces graminis* var *tritici* and suppression of take-all of wheat by fluorescent *Pseudomonads*. *Phytopathology*, 78: 1094-1100.

Ouadi, Y. E., Manssouri, M., Bouyanzer, A., Majidi, L., Bendaif, H., Elmsellem, H., Shariati, M. A., Melhaoui, A., & Hammouti, B. (2017). Essential oil composition and antifungal activity of *Melissa officinalis* originating from north-east Morocco, against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Microbial Pathogenesis*, 107, 321–326.

Zaid, A. (2002). Date palm cultivation (Rev. 1). *FAO Plant Production and Protection Paper No. 156*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104863-0.

# Résumés



## ملخص

تقيم هذه الدراسة تأثير العديد من العوامل البيولوجية والمركبات الكيميائية في مكافحة مرض البيوض (Bayoud). تستند الدراسة إلى تحليل 15 بحثاً تم إجراؤها بين عامي 2012 و 2023. وقد أكد تحليل النتائج فعالية العديد من العوامل: السلالة البكتيرية *Burkholderiacepacia*، مستخلص *Rosmarinusofficinalis* (الروزماري)، الفطر المضاد *Trichodermaharzianum*، والمبيد الفطري الكيميائي Tachigaren. هذا يؤكد أن استخدام هذه العوامل يمثل حلاً واعداً لحماية أشجار النخيل من هذا الفطر.

**الكلمات المفتاحية:** البيوض، العوامل البيولوجية، السلالة البكتيرية، الفطر المضاد، مستخلص الروزماري.

## Résumé

Cette étude évalue l'impact de plusieurs agents biologiques et des composés chimiques contre le Bayoud. Elle est basée sur l'analyse de 15 études (2012 - 2023). L'analyse des résultats a confirmé l'efficacité de plusieurs agents : la souche bactérienne *Burkholderiacepacia*, l'extrait de *Rosmarinusofficinalis*, le champignon antagoniste *Trichodermaharzianum* et le fongicide chimique Tachigaren. Cela confirme que l'utilisation de ces agents est une solution prometteuse pour protéger les palmiers contre ce champignon.

**Mots-clés :** Bayoud, agents biologiques, la souche bactérienne, le champignon antagoniste, l'extrait de *Rosmarinusofficinalis*.

## Abstract

This study evaluates the impact of several biological agents and chemical compounds in controlling Bayoud disease. It is based on the analysis of 15 studies conducted between 2012 and 2023. The analysis of the results confirmed the efficacy of several agents: the bacterial strain *Burkholderiacepacia*, *Rosmarinus officinalis* (rosemary) extract, the antagonistic fungus *Trichoderma harzianum*, and the chemical fungicide Tachigaren. This confirms that the use of these agents represents a promising solution for protecting date palms against this fungus.

**Keywords:** Bayoud, biological agents, bacterial strain, antagonistic fungus, *Rosmarinus officinalis* extract

## Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: ..... / 2025	PV de soutenance N°: ..... / 2025	
Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) :	لقب و اسم الطالب (ة) :	
KARDI Chaïma / G.H.E.RRAË Meriem	كوردية شايما / عزازة مريم	
La mention التقدير	Note(./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكرة عنوان
très Bien	16	L'effet antagoniste de quelques agents biologiques et chimiques à l'égard de la fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud).

**سريح وقرار الأستاذ المشرف :** **Déclaration et décision de l'enseignant promoteur :**

<p><b><u>Déclaration :</u></b></p> <p>Je soussigné (e), .....          (grade) .....à l'université          de.....,avoir examiné intégralement ce          memoire après les modifications apportées par l'étudiant.</p> <p><b>J'atteste que :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* le document à été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV</li> <li>* toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury.</li> <li>* d'autres anomalies ont été corrigées</li> </ul>	<p><b><u>تصريح:</u></b></p> <p>أنا الممضي (ة) أسفله <u>الأستاذة. الحورية حميدة (MAA)</u>          (الرتبة) <u>بجامعة محمد خديعة</u>.....          بـ.....          أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة          وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه          أشهد بأن :          المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم          طبيعة والحياة.          المذكرة صحت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة          تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة</p>
--	---

<p align="center"><b><u>Décision :</u></b></p> <p>Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, <b>Je décide</b> que ce mémoire doit être classé sous la catégorie</p>		<p align="center"><b><u>قرار :</u></b></p> <p>بتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية على المحتوى العلمي <b>أقرر</b> أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة</p>			
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel مميز
<b>E</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A-</b>

مسؤول المكتبة

الأستاذ المشرف

## التاريخ

2025 / 07 / 0



**NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire**